



**DECOMPOSIÇÃO DAS PALHADAS DE
SORGO E MILHETO, MINERALIZAÇÃO
DE NUTRIENTES E SEUS EFEITOS NO
SOLO E NA CULTURA DO MILHO EM
PLANTIO DIRETO**

RAIMUNDO NONATO DE SOUZA MORAES

2001

52374

MFN 37190

RAIMUNDO NONATO DE SOUZA MORAES

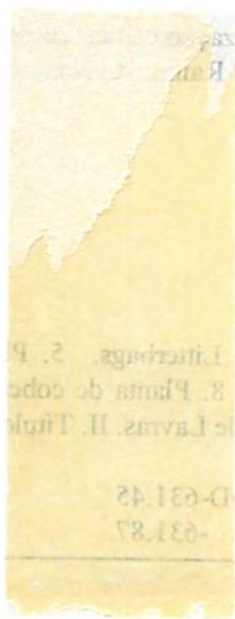
DECOMPOSIÇÃO DAS PALHADAS DE SORGO E MILHETO,
MINERALIZAÇÃO DE NUTRIENTES E SEUS EFEITOS NO
SOLO E NA CULTURA DO MILHO EM PLANTIO DIRETO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Gabriel José de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2001



**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Moraes, Raimundo Nonato de Souza

Decomposição das palhadas de sorgo e milho, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto / Raimundo Nonato de Souza Moraes. -- Lavras : UFLA, 2001.

90 p. : il.

Orientador: Gabriel José de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Decomposição. 2. Mineralização. 3. Palhada. 4. Litterbags. 5. Plantio direto. 6. Ciclagem de nutrientes. 7. Matéria orgânica. 8. Planta de cobertura. 9. Sorgo. 10. Milho. 11. Milho. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.45

-631.87

RAIMUNDO NONATO DE SOUZA MORAES

**DECOMPOSIÇÃO DAS PALHADAS DE SORGO E MILHETO,
MINERALIZAÇÃO DE NUTRIENTES E SEUS EFEITOS NO
SOLO E NA CULTURA DO MILHO EM PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 13 de Agosto de 2001.

Prof. Dr. João Batista Donizeti Corrêa DAG/UFLA

Pesquisador Dr. Moizés de Souza Reis EPAMIG



**Prof. Dr. Gabriel José de Carvalho
Universidade Federal de Lavras - UFLA
(Orientador)**

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

DEDICO

À minha mãe, Terezinha de Souza Moraes (*in memoriam*), que dedicou toda sua vida, sem medir esforços, para educar os filhos. Pelo seu eterno amor, dedicação e apoio em todos os momentos de minha vida, os quais foram fundamentais para minha formação, o meu muito obrigado.

À minha esposa, Celeste Regiane, e aos meus filhos, Lucas Gabriel e Luana Gabriela, pelo amor, amizade, companheirismo, pelos momentos de felicidade e pelo apoio intenso em todos os momentos da minha vida e, principalmente, pela compreensão nos momentos em que não pude está presente, certos de que sempre estavam em meu coração e nos meus pensamentos, o meu agradecimento especial.

Ajude a Natureza!

Não destrua os bens que a
natureza coloca a seu dispor,
para ajudá-lo a progredir.

Coopere com as árvores, porque
elas cooperam com a sua vida,
na purificação do ar que você respira.

Colabore com a pureza das fontes,
porque elas lhe fornecem água
para dessedentar seu corpo.

Auxilie o solo a produzir,
para que o pão seja sempre
farto na mesa de todos.

Ajude a Natureza!

“Minutos de Sabedoria” (C. Torres Pastorino)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pela minha vida, por tudo que até hoje conquistei, e por toda minha família. A DEUS que guia meus passos, ilumina o meu caminho e me protege, que me dá força, saúde, inteligência e amor ao próximo.

À Universidade Federal de Lavras – UFLA e ao Departamento de Agricultura (DAG) pela oportunidade de realização do curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para realização do curso.

Ao meu orientador, professor Dr. Gabriel José de Carvalho, pelos ensinamentos transmitidos, amizade, compreensão e dedicação na orientação durante o curso de mestrado.

Aos co-orientadores, professores Antônio Eduardo Furtini Neto e Paulo César Lima, pelo auxílio, acompanhamento e sugestões durante o planejamento e execução dos trabalhos.

Aos professores João Batista Donizeti Corrêa e Moisés de Souza Reis, pela participação na banca examinadora, pelas sugestões e contribuições para elaboração final desta dissertação.

Ao meu pai, Abel das Chagas Moraes, e aos meus irmãos, Raimunda, Francisco, Maria e Francisca, que mesmo distantes contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho.

A José Tadeu de Souza Marinho e família pela acolhida, quando da minha chegada em Lavras, pela amizade, ajuda, conselhos e pela convivência durante o curso.

Aos amigos e conselheiros, João e Tâmara Gomes, por incentivarem a realizar esse curso.

A Henrique Jorge, Lindomar, Pâmela e Geovana pelo apoio, compreensão e amizade durante todo o curso, e principalmente no período de redação desse trabalho, quando a ajuda foi inestimável.

Aos meus sogros, João Vicente e Maria das Graças, pelo apoio financeiro a mim dispensado, que foi importante na realização desse curso.

Às minhas tias adotivas, Helena e Antônia Cruz, pelas orações de cada dia para que DEUS me iluminasse.

Aos amigos Tadário, Reginaldo, Alcivânia e Sérvulo, companheiros de caminhada que, durante os bons e maus momentos, ajudaram-me a vencer os obstáculos e superar as dificuldades. Pela convivência durante o curso, muito obrigado.

Aos professores e funcionários do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, que direta ou indiretamente contribuíram para realização desse trabalho.

Aos colegas da Pós-Graduação, pela agradável convivência durante o curso na UFLA e em Lavras.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

Raimundo Nonato de Souza Moraes, filho de Abel das Chagas Moraes e Terezinha de Souza Moraes, nasceu em Cruzeiro do Sul – AC, no dia 4 de agosto de 1970.

Iniciou o curso primário na Escola Jucelino Kubitchek, em Cruzeiro do Sul – AC, no ano de 1979, concluindo em 1982, na Escola Padre Frei Tiago Maria Mattiole, em Rio Branco – AC. Nesta cidade, em 1987, concluiu o ensino fundamental na Escola Lourival Sombra.

Em 1988, ingressou no ensino médio no Colégio Estadual Rio Branco – CERB, concluindo o curso na Escola de 2º Grau Rio Branco, em 1991.

Em 1992, iniciou o Curso de Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Acre – UFAC, graduando-se Engenheiro Agrônomo em março de 1997.

Selecionado pelo Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Lavras – UFLA, iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, em Maio de 1999, concluindo-o em 13 de agosto de 2001.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Plantas de cobertura e ciclagem de nutrientes.....	3
2.2 Decomposição da fitomassa	6
2.3 Distribuição dos nutrientes no solo	9
2.4 Matéria orgânica	13
2.5 (A) cultura do milho em sucessão ao sorgo e milheto	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Caracterização da área experimental	17
3.2 Primeira etapa	19
3.2.1 Descrição das espécies estudadas	19
3.2.1.1 Milheto	19
3.2.1.2 Sorgo	20
3.2.2 Implantação e condução das plantas de cobertura	20
3.2.3 Avaliações das plantas de cobertura	21
3.2.3.1 Produtividade de matéria fresca	21
3.2.3.2 Produtividade de matéria seca	21
3.2.3.3 Concentração e quantidade acumulada de macro e micronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura	22
3.3 Segunda etapa	22
3.3.1 Decomposição e Mineralização dos nutrientes	23
3.3.1.1 Delineamento experimental	23
3.3.1.2 Tratamentos	23
3.3.1.3 Trabalho de campo	24
3.3.1.4 Análises de laboratório	25
3.3.2 Influência das palhadas nas características agronômicas do milho	26
3.3.2.1 Delineamento experimental	26
3.3.2.2 Implantação e condução do experimento.....	27
3.3.2.3 Características agronômicas avaliadas da cultura do milho	27
3.3.2.3.1 Altura de plantas.....	27
3.3.2.3.2 Estande final.....	28
3.3.2.3.3 Peso médio de 100 grãos.....	28
3.3.2.3.4 Rendimento de grãos	28
3.3.3 Influência das palhadas nas características químicas do solo	29

3.3.3.1 Descrição geral	29
3.3.3.2 Delineamento experimental	29
3.3.3.3 Tratamentos	29
3.3.3.4 Condução do experimento	29
3.3.3.5 Avaliações	30
3.3.4 Análises estatísticas	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Primeira etapa	32
4.1.1 Produtividade de matéria fresca e matéria seca	32
4.1.2 Concentração e quantidade acumulada de macro e micronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura	33
4.2 Segunda etapa	35
4.2.1 Decomposição da fitomassa	35
4.2.2 Mineralização do nitrogênio	38
4.2.3 Mineralização do fósforo	40
4.2.4 Mineralização do potássio	42
4.2.5 Mineralização do cálcio	43
4.2.6 Mineralização do magnésio	45
4.2.7 Mineralização do enxofre	47
4.2.8 Mineralização do boro	48
4.2.9 Mineralização do cobre	50
4.2.10 Mineralização do ferro	51
4.2.11 Mineralização do manganês	53
4.2.12 Mineralização do zinco	55
4.3 Influência das palhadas de sorgo e milho nas características agronômicas dos três cultivares de milho.....	57
4.4 Influência das palhadas de sorgo e milho nas características químicas do solo	60
5 CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS	85

RESUMO

MORAES, Raimundo Nonato de Souza. **Decomposição da palhada de sorgo e milheto, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e no milho em plantio direto.** Lavras: UFLA, 2001. 90p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia / Fitotecnia)*

Objetivou-se estimar a produção de matéria fresca, matéria seca e o acúmulo de nutrientes da fitomassa produzida pelo sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) e milheto [*Pennisetum americanum* (L.LEEK) Perl millet], bem como, estudar a velocidade de decomposição e mineralização de nutrientes da fitomassa das duas gramíneas e seus efeitos no solo e no milho (*Zea mays* L.) em plantio direto. O trabalho foi conduzido em duas etapas, na área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras – UFLA, em um Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa. A primeira etapa consistiu da implantação das plantas de cobertura (sorgo e milheto) para formação de palhadas. Constatou-se que a produtividade de matéria seca apresentada pelas duas gramíneas foi suficiente para caracterizar essas espécies como boas plantas de cobertura no sistema plantio direto. A segunda etapa do trabalho consistiu da instalação de três experimentos, onde avaliou-se a decomposição e mineralização de nutrientes das palhadas de sorgo e milheto, suas influências nas características químicas do solo e nas características agronômicas de três cultivares de milho em semeadura direta. Verificou-se que a velocidade de decomposição e mineralização dos nutrientes N, K e Mg foi maior na palhada do sorgo, enquanto a taxa de mineralização de P, Ca, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn foi maior na palhada de milheto. As cultivares de milho obtiveram maior rendimento quando cultivados sob palhada de milheto. Com a decomposição das palhadas de sorgo e milheto houve aumento nos teores dos nutrientes do solo, bem como do pH, CTC efetiva (t) e a pH 7,0 (T), soma de bases (SB), saturação por bases (V) e matéria orgânica (MO). Houve também redução do Al, da acidez potencial e da saturação por alumínio.

* Comitê Orientador: Gabriel José de Carvalho - UFLA (Orientador), Antônio Eduardo Furtini Neto - UFLA e Paulo César Lima - UFLA.

ABSTRACT

MORAES, Raimundo Nonato de Souza. **Decomposition of sorghum and millet straws, mineralization of nutrients and their effects in soil and corn in no-tillage system planting.** Lavras: UFLA, 2001. 90p. (Dissertation - Master of Science in Agronomy/Phytotechnology)*.

The objective of this work was to estimate the production of fresh matter, dry matter and accumulation of nutrients of phytomass produced by sorghum (*Sorghum bicolor* L Moench) and millet [*Pennisetum americanum* (L.LEEK) Perl millet], as well as the study of acceleration in decomposition and mineralization of nutrients of phytomass of two gramineous plants and their effects in soil and corn (*Zea mays* L.) in no-tillage system planting. The work was conducted in two stages in the Agriculture Department, Federal University of Lavras in an experimental area with a diffuse dark red argil texture soil. The first step consisted in implantation of covering plants (sorghum and millet) for formation of straw. It verified that the productivity of dry matter presented through two gramineous plants was sufficient to characterize good species of plants on the covering with no-tillage system planting. The second step of the work consisted three experiments in installation, where decomposition and mineralization of nutrients of sorghum and millet straws and their chemical characteristics on soil and agronomical characteristics of three cultivation of corn in direct sowing. It was verified that speeding decomposition and mineralization of nutrients N, K and Mg were more in the sorghum straw, however, the rate of mineralization of P, Ca, S, B, Cu, Fe, Mn, and Zn was more in millet straw. The cultivars of corn obtained better yield when cultivated on the millet straw. There was an increase of nutrient contents of soil as well as pH, effective CTC (t), a pH 7,0 (t), sum of the base (SB), saturation by bases (V) and organic matter (MO) due to decomposition of sorghum and millet straws. There was also reduction of AL, acidity potential and saturation caused by aluminium.

* Adviser's committee: Gabriel José de Carvalho - UFLA (Adviser), Antônio Eduardo Furtini Neto - UFLA and Paulo César Lima - UFLA

1 INTRODUÇÃO

O cultivo contínuo mediante sistemas mecanizados tem demonstrado ser um dos fatores responsáveis pela gradual deterioração das condições físicas e químicas de grandes superfícies de terras produtivas.

Em algumas regiões, os sistemas tradicionais de cultivo não têm sido eficientes em garantir a sustentabilidade agrônômica, ambiental e sócio-econômica das comunidades que os praticam.

Na região de Lavras-MG, predomina o relevo suave ondulado a ondulado, o que induz naturalmente a perda de solo por erosão. Como agravante, predomina na região o sistema de preparo convencional do solo, caracterizado pela intensa movimentação do solo, o que vem a aumentar ainda mais as perdas de solo por erosão, afetando os mananciais de água e dificultando a implantação de culturas, tanto anuais como perenes.

O plantio direto por ser um sistema de cultivo que visa, entre outras finalidades, a conservação do solo, é uma alternativa para esta região. Além disso, o emprego desse sistema de plantio tem demonstrado uma menor demanda de insumos agrícolas, reduzindo os custos de produção, proporcionando uma eficiente estabilização da produtividade durante os anos de cultivo, melhorando as características físicas e químicas do solo, pela adição de matéria orgânica, retenção de umidade, diminuição da compactação por ação das raízes das plantas de cobertura, bem como da erosão eólica e hídrica, haja visto a proteção proporcionada pela cobertura morta.

Por outro lado, a matéria orgânica é encontrada em diferentes estágios de decomposição e sua dinâmica no solo tem papel fundamental nos ecossistemas naturais e na agricultura, nos quais compostos orgânicos chegam a atuar como reservatório temporário de nutrientes, o que resulta em aumento de eficiência na utilização dos nutrientes do solo e dos fertilizantes empregados.

Poucos estudos envolvendo a perda de massa e a liberação de nutrientes através da decomposição de resíduos no sistema de plantio direto, nas nossas condições climáticas, foram até agora desenvolvidos, menos ainda em condições de campo.

Por esta razão, vários pontos merecem melhor estudo, e dentre eles, um é relativo ao tempo de permanência, sobre o solo, das palhadas de cobertura. Sabe-se que os resíduos que permanecem na superfície do solo decompõem-se mais lentamente do que quando são incorporados pelas operações de preparo do solo, além de responderem diferentemente ao ambiente do solo e ao clima. Portanto, para que as plantas de cobertura possam contribuir, de maneira mais eficiente possível, no sistema de plantio direto, é necessário que se tenha maior conhecimento sobre o processo de decomposição e liberação de nutrientes de sua biomassa.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o rendimento de matéria fresca, matéria seca e acúmulo de nutrientes da biomassa produzida pelo sorgo e milheto, bem como estudar a velocidade de decomposição e mineralização de nutrientes da fitomassa das duas gramíneas, e os seus efeitos nas características químicas do solo e no milho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Plantas de cobertura e ciclagem de nutrientes

O cultivo de plantas de cobertura do solo pode reduzir as perdas de água e a temperatura do solo, a infestação de plantas invasoras, além de conservar a umidade e promover a reciclagem de nutrientes, favorecendo a germinação e o desenvolvimento das culturas subsequentes.

O uso de plantas de rápido crescimento e boa produção de biomassa permite, quando em sistemas rotacionais ou em consórcio, diminuir os efeitos da erosão hídrica, através da proteção proporcionada pela cobertura verde ou morta sobre a superfície do solo. Tal proteção reflete-se ainda no aumento da infiltração e retenção da umidade no solo, permitindo maior disponibilidade de água para as culturas no período seco (Oliveira, 2001).

Segundo Bertol et al. (1998) durante o manejo de sistemas de cultura, um fator importante a se considerar é a relação Carbono/Nitrogênio (C/N) dos resíduos das espécies utilizadas, uma vez que, no sistema de plantio direto, a fitomassa produzida pelas plantas de cobertura deve permanecer sobre o solo durante todo o ciclo da cultura subsequente, promovendo, assim, os benefícios relacionados a esta técnica. Portanto, nas condições de cerrado, deve-se utilizar resíduos com maior relação C/N no sistema de plantio direto, pois quanto maior for esta relação, mais lenta será a decomposição destes resíduos (Parr e Pedendick, 1987 citados por Calegari et al., 1993).

De acordo com Calegari et al. (1993) a relação C/N do milho é de 42,9; segundo Fageria, Stone e Santos (1999) a do sorgo é de 36,0, o que torna estas culturas recomendáveis para plantas de cobertura.

Segundo Denardin e Kochhann (1993) e Darolt (1998) no sistema de plantio direto, é indispensável que o esquema de rotação de culturas, além de

propiciar grande quantidade de matéria fresca, promova, na superfície do solo, a manutenção permanente de uma quantidade mínima de 6 t.ha^{-1} de matéria seca. No entanto, para Fiorin (1999) citado por Amado (2000) o aporte de matéria seca a ser adicionado na superfície do solo deve estar em torno de 10 e 12 t.ha^{-1} .

Alcântara e Bufarah (1998), citam que o milho pode produzir de 35 a 55 t.ha^{-1} de matéria fresca, enquanto o sorgo pode alcançar de 60 a 70 t.ha^{-1} , demonstrando o alto potencial de produção de matéria fresca destas espécies. Caixeta (1999), em Lavras-MG, observou a produtividade de $52,0 \text{ t.ha}^{-1}$ de matéria fresca para o milho e de $45,7 \text{ t.ha}^{-1}$ para o sorgo. Já Teixeira (2000) trabalhando na mesma localidade, encontrou resultado inferior, de $34,8 \text{ t.ha}^{-1}$ para o milho, enquanto Oliveira (2001) constatou $45,8 \text{ t.ha}^{-1}$ e $77,2 \text{ t.ha}^{-1}$ de matéria fresca para milho e sorgo, respectivamente.

Em adaptação dos dados do CNPAF e de Calegari, Balbino (1997) recomendou sorgo e milho para cobertura vegetal do solo, produzindo 28 t.ha^{-1} e 23 t.ha^{-1} de massa verde, respectivamente.

Quanto à produtividade de matéria seca, Salton (1993) avaliando a produção de diferentes espécies de verão em cultivo isolado e consorciado, observou produtividade de $3,5 \text{ t.ha}^{-1}$ para sorgo, enquanto Oliveira (2001) observou $15,5 \text{ t.ha}^{-1}$ para a mesma cultura.

Calegari et al. (1993) avaliaram a matéria seca após o corte em plena floração e obtiveram $9,9 \text{ t.ha}^{-1}$ para milho, enquanto Chaves (1997) constatou uma produtividade de $10,3 \text{ t.ha}^{-1}$, Chueire (1998) $3,6 \text{ t.ha}^{-1}$, Oliveira et al. (2000) $8,0 \text{ t.ha}^{-1}$; e Oliveira (2001) $14,2 \text{ t.ha}^{-1}$.

Segundo Oliveira (2001) o teor e a quantidade de nutrientes acumulada pelas espécies produtoras de palha podem influenciar a decomposição do material vegetal e o desempenho da cultura sucessora.

A composição química da matéria seca da parte aérea de milho, avaliada por Salton e Hernani (1994) na fase inicial de formação de grãos,

apresentou teores de 17,6 g.kg⁻¹ para N; 1,9 g.kg⁻¹ para P; 33,5 g.kg⁻¹ para potássio (K); 8,2 g.kg⁻¹ para cálcio (Ca); 3,6 g.kg⁻¹ para magnésio (Mg); 13 mg.kg⁻¹ para cobre (Cu); 24 mg.kg⁻¹ para zinco (Zn) e 143 mg.kg⁻¹ para manganês (Mn).

Estudando adubação verde e sucessão de cultura em semeadura direta e convencional, Carvalho (2000) avaliou a composição química da palha de milho e obteve 18,5 g.kg⁻¹ de N; 2,6 g.kg⁻¹ de P; 15,9 g.kg⁻¹ de K; 6,1 g.kg⁻¹ de Ca; 4,6 g.kg⁻¹ de Mg; 1,3 g.kg⁻¹ de enxofre (S), no ano de 1997, enquanto, em 1998, foram detectados 19,6 g.kg⁻¹ de N; 2,4 g.kg⁻¹ de P; 19,6 g.kg⁻¹ de K; 3,8 g.kg⁻¹ de Ca; 2,0 g.kg⁻¹ de Mg; 1,4 g.kg⁻¹ de S.

Avaliando a composição química da matéria seca da parte aérea de sorgo e milho na fase de floração em Lavras-MG, Oliveira (2001) obteve, para o sorgo, 12,70 g.kg⁻¹ de N; 1,74 g.kg⁻¹ P; 16,31 g.kg⁻¹ de K; 5,25 g.kg⁻¹ de Ca; 3,56 g.kg⁻¹ de Mg; 0,83 g.kg⁻¹ de S; 9,91 mg.kg⁻¹ de boro (B); 17,98 mg.kg⁻¹ de Zn; 6,61 mg.kg⁻¹ de Cu; 100,16 mg.kg⁻¹ de ferro (Fe) e 60,49 mg.kg⁻¹ de Mn; enquanto, para o milho, foram encontrados 10,25 g.kg⁻¹ de N; 1,79 g.kg⁻¹ P; 18,82 g.kg⁻¹ de K; 7,03 g.kg⁻¹ de Ca; 3,90 g.kg⁻¹ de Mg; 1,87 g.kg⁻¹ de S; 13,61 mg.kg⁻¹ de B; 20,89 mg.kg⁻¹ de Zn; 5,04 mg.kg⁻¹ de Cu; 149,36 mg.kg⁻¹ de Fe e 105,86 mg.kg⁻¹ de Mn;

Quanto ao acúmulo de nutrientes nas duas gramíneas, o mesmo autor cita que o sorgo acumulou, em média, 198,52 kg.ha⁻¹ de N; 26,17 kg.ha⁻¹ de P; 247,90 kg.ha⁻¹ de K; 79,65 kg.ha⁻¹ de Ca; 53,66 kg.ha⁻¹ de Mg; 12,88 kg.ha⁻¹ de S; 136,97 g.ha⁻¹ de B; 279,63 g.ha⁻¹ de Zn; 102,26 g.ha⁻¹ de Cu; 1425,77 g.ha⁻¹ de Fe e 922,64 g.ha⁻¹ de Mn; no milho, o acúmulo foi, em média, de 162,71 kg.ha⁻¹ de N; 24,81 kg.ha⁻¹ de P; 267,56 kg.ha⁻¹ de K; 93,28 kg.ha⁻¹ de Ca; 53,80 kg.ha⁻¹ de Mg; 25,59 kg.ha⁻¹ de S; 157,17 g.ha⁻¹ de B; 292,41 g.ha⁻¹ de Zn; 69,86 g.ha⁻¹ de Cu; 1871,66 g.ha⁻¹ de Fe e 1409,10 g.ha⁻¹ de Mn, demonstrando, assim, o

grande potencial dessas gramíneas para cobertura do solo e reciclagem de nutrientes.

Além da quantidade, a qualidade da palhada que é adicionada ao solo é muito importante, devendo-se atentar ainda para fatores como o intervalo de tempo entre o manejo da cultura de cobertura e a semeadura da cultura principal, os quais estão associados à liberação dos nutrientes pela fitomassa, à imobilização pelos microrganismos e a possíveis efeitos de substâncias alelopáticas. Deve-se destacar que a ocorrência e a intensidade de efeitos negativos à cultura em sucessão, devido ao manejo da palhada, são muito variáveis, dependendo das condições de temperatura, umidade, espécie utilizada, tipo de solo, estágio de desenvolvimento da cultura de cobertura e regime de precipitação (Amado, 2000).

2.2 Decomposição da fitomassa

A eficácia do sistema de plantio direto está relacionada, dentre outros fatores, à quantidade e qualidade dos resíduos culturais. A persistência desses resíduos ao longo do tempo, após o manejo das culturas, é fundamental para manter a cobertura do solo, podendo influenciar as suas características físicas, químicas, hídricas e a erosão.

A decomposição da palhada é uma variável importante neste processo, e é fundamental o conhecimento de sua dinâmica para o planejamento de práticas conservacionistas que visem, entre outros objetivos, otimizar os benefícios desses resíduos durante os períodos críticos decorrentes da erosão (Bertol et al., 1998). Os estudos de decomposição, em geral, são feitos mediante a incubação do material vegetal com solo, em laboratório ou no campo; a taxa de decomposição é estimada pela perda de peso, pela perda de carbono como CO_2 , ou com C e N marcados (Wisniewski e Holtz, 1997).

Para Palm e Sanchez (1990) um dos principais indicadores utilizados para medir a decomposição da camada de serrapilheira são as avaliações diretas, através de medidas da perda de massa em bolsas de tela ("litterbags") para o estudo da decomposição.

Os compostos orgânicos caracterizam-se pela natureza variada e complexa, mas na sua composição predominam os carboidratos (principalmente celulose e lignina), os compostos nitrogenados (como proteínas e aminoácidos), além de outros constituintes menores, que sofrem transformações bioquímicas diversas, mediadas pelos microrganismos e suas enzimas (Siqueira e Franco, 1988).

Os resíduos culturais mantidos na superfície do solo apresentam maior resistência à decomposição quando comparados com aqueles incorporados ao solo, podendo ter uma taxa de decomposição equivalente a 33% daquela dos resíduos incorporados (Bertol et al., 1998).

Alguns componentes dos materiais orgânicos incorporados ou mantidos na superfície do solo são prontamente atacados e decompostos pelos microrganismos, outros são altamente resistentes à decomposição. De acordo com Monteiro (2000) os resíduos pobres em nitrogênio (N) e com altos teores de lignina e polifenóis ativos apresentam decomposição e liberação de nutrientes muito lenta, e pouco do N aplicado via material vegetal torna-se disponível para as plantas, embora permaneça no solo. Já os resíduos ricos em N e com baixos teores de lignina e polifenóis decompõem-se rapidamente e promovem a liberação de grande quantidade de nutrientes durante os estádios iniciais do crescimento da cultura, mas podem não contribuir para a manutenção da matéria orgânica do solo.

Nas regiões tropicais, a velocidade de decomposição da matéria orgânica é rápida devido, principalmente, às condições de alta umidade e temperatura. O processo de decomposição caracteriza-se por uma primeira fase rápida de

decomposição do material vegetal, e uma segunda fase, mais lenta, pela transformação de resíduos estabilizados e a transformação bioquímica dos produtos da fitomassa formada (Igue, 1984).

Fialho, Borges e Barros (1991) citam que a cobertura vegetal atua de maneira indireta sobre a atividade da microbiota dos solos e, conseqüentemente, sobre o processo de decomposição da matéria orgânica, através de sua ação diferencial sobre as características desses solos, como temperatura, umidade, aeração, pH e nutrientes minerais.

↘ Estudando a decomposição e liberação de nitrogênio e fósforo da palhada de milho e aveia preta numa rotação aveia-soja sob plantio direto, Wisniewski e Holtz (1997) concluíram que a palhada de milho se decompôs mais lentamente, perdendo 49% de peso em 149 dias, devido à sua mais alta relação C/N, à distribuição heterogênea e à maior quantidade de resíduos inicial. A palhada de aveia preta perdeu 71% de peso em 179 dias. Na palhada do milho, estimou-se uma mineralização de 51% do nitrogênio e 77% do fósforo. Na palhada da aveia preta, 75% do N e 85% do P foram mineralizados.

↘ A persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície de um Cambissolo Húmico álico e uma Terra Bruna Estruturada em semeadura direta foi estudada por Bertol et al. (1998). Após o período de avaliação de 180 dias, o resíduo de aveia apresentou diminuição de 80% na massa, em ambos os solos estudados. O resíduo de milho teve a massa diminuída em 64% e 80%, para os dois solos, respectivamente, em 225 dias de avaliação. Segundo os autores, a taxa de decomposição dos resíduos culturais de aveia e de milho foi, respectivamente, 100 e 90% maior nos primeiros 45 dias do que no restante do período experimental, na média dos dois locais estudados.

2.3 Distribuição dos nutrientes no solo

Muzilli (1983) verificou que em plantio direto houve maior acúmulo de fósforo nas camadas superficiais do solo e maior disponibilidade dos nutrientes para as culturas, evidenciando a possibilidade de redução nos níveis de adubação fosfatada pela adoção desse sistema. Para o autor, potássio, cálcio e magnésio mostraram tendência de diminuição gradativa de sua disponibilidade à medida que se aprofundou na camada arável, sendo os efeitos similares entre plantio direto e convencional.

O mesmo autor afirmou também não existir efeito de acidificação da camada arável do solo sob plantio direto. O mesmo resultado foi constatado por Siqueira (1989), relatando que o pH não apresentou diferença significativa entre os sistemas de plantio direto e convencional, embora, no plantio direto, o autor tenha obtido maiores valores para profundidades de 2 a 5cm e 10 a 20cm. O último autor concluiu ainda não haver diferença entre os teores de K, Ca e Mg para os sistemas estudados.

Avaliando os efeitos de material vegetal na acidez do solo, em Londrina (PR), e utilizando amostras de Latossolo Roxo álico, Latossolo Roxo distrófico e Cambissolo álico, Miyazawa, Pavan e Calegari (1993) observaram que os materiais vegetais aumentaram o pH do solo e diminuíram os teores de Al. Embora os efeitos dos resíduos sejam de curta duração, os materiais vegetais podem ser considerados importantes melhoradores da fertilidade dos solos ácidos, gerando benefícios pelo menos na fase inicial da nova cultura implantada.

De acordo com Testa, Teixeira e Mielniczuk (1992) sistemas de culturas que promoveram o aumento de carbono (matéria orgânica) no solo possibilitaram o aumento da CTC, a qual possivelmente permitiu maior retenção dos cátions adicionados ou liberados pela biomassa das culturas, reduzindo sua

lixiviação, fato que explicaria os aumentos proporcionais nos teores de Ca, Mg, K e, conseqüentemente, da soma de bases.

Segundo Chueiri e Vasconcellos (2000) compostos orgânicos liberados no processo de decomposição de certos resíduos vegetais e, com grande afinidade por cátions, transportam-os para maiores profundidades, promovendo aumento da saturação por bases, diminuindo a acidez e reduzindo o Al em subsuperfície, o que favorece o desenvolvimento das raízes nessa região.

Alves (1992) constatou que houve diferença significativa entre profundidades de estudo no solo em plantio direto para teor de matéria orgânica, teores de fósforo e de potássio, havendo maior acúmulo na camada de 0 a 10cm, para todas as variáveis.

Estudando o plantio direto associado com a rotação de culturas em uma mesma área durante sete anos, Calegari et al. (1992) verificaram acúmulo de matéria orgânica e um maior aumento na disponibilidade dos nutrientes P, K, Ca e Mg, principalmente nas camadas superficiais do solo.

De Maria e Castro (1993) concluíram que o teor de P disponível no solo aumentou com a utilização do plantio direto na camada de 0-5cm de profundidade, a partir do segundo ano de plantio, e na camada de 5-10cm, no sétimo ano. Também avaliaram o K e verificaram que o teor deste elemento foi maior no cultivo mínimo e plantio direto, na camada de 0-5cm.

A distribuição do K no solo, devido à sua mobilidade, depende de fatores relativos ao solo e ao clima, enquanto, para o Ca e Mg, depende principalmente da metodologia de aplicação (incorporado ou em superfície) (Pauletti et al., 1995). Nos resultados obtidos, estes autores observaram um acúmulo destes elementos na camada de 0-2,5cm. O K, segundo eles, provavelmente foi adsorvido às cargas negativas da matéria orgânica, e Ca e Mg pelas aplicações de calcário em superfície.

Em geral, nutrientes como N e S, que possuem alta mobilidade no solo, são os mais influenciados nos processos de perdas por lixiviação, em função do maior movimento descendente. Por outro lado, o P, que possui baixa mobilidade e alta capacidade de fixação pelos sítios de adsorção, tem sido beneficiado pelo não revolvimento do solo, deixando-o com menor superfície de contato e ligado a formas orgânicas no solo, mais estáveis e menos susceptíveis à fixação, aumentando a eficiência de aproveitamento dos adubos fosfatados aplicados, com relevante papel da biomassa microbiana na sua disponibilidade para as plantas (Kurihara et al., 1998 e Bartz, 1998).

Para que o plantio direto se desenvolva sem problemas de fertilidade, Thung e Oliveira (1998) consideram adequados alguns índices: matéria orgânica $> 2 \text{ dag.kg}^{-1}$; pH acima de 5,5; cálcio $> 2 \text{ cmol/dm}^3$; magnésio $> 0,8 \text{ cmol/dm}^3$; fósforo $> 20 \text{ mg/dm}^3$; potássio $> 50 \text{ mg/dm}^3$.

O K pode ser facilmente extraído (lavado) dos tecidos das plantas, tanto pela água da chuva como pela própria umidade do solo. Ele se encontra na forma iônica e não participa na constituição de compostos orgânicos estáveis, o que propicia maior concentração desse nutriente nas camadas superficiais de solos sob plantio direto (Bartz, 1998).

As maiores diferenças para os teores de N no solo aparecem nas primeiras profundidades, nas quais o processo de mineralização da biomassa é mais intenso (Alcântara, 1998).

Bartz (1998) afirmou que o plantio direto proporciona um aporte de matéria orgânica, na camada superficial do solo, que provoca profundas alterações na dinâmica dos nutrientes e suas relações solo-planta. Diz, ainda, que as condições ambientais criadas pelo acúmulo de resíduos modificam a velocidade e a intensidade das reações que controlam a disponibilidade da maioria dos nutrientes no solo. Por meio de um processo estritamente biológico,

o fluxo de liberação de nitrogênio será influenciado pela presença de resíduos com maior ou menor relação C/N.

Observando a dinâmica de íons no solo manejado com resíduos vegetais, dentre estes o milheto, Cassiolo et al. (1998) verificaram que o material vegetal em superfície contribuiu para um aumento do pH, Ca, Mg e K trocável e diminuição do Al trocável ao longo do perfil do solo.

Conforme Kluthcouski (1998) houve homogeneização no perfil, daqueles nutrientes que mais se concentraram na superfície, devido ao revolvimento do solo por meio da aração no cultivo convencional, enquanto, em áreas com sucessivos cultivos sob plantio direto, ocorreu acúmulo de nutrientes em superfície, não havendo efeito significativo sobre o comportamento das culturas.

Estudando as modificações dos atributos químicos de um solo arenoso sob sistema plantio direto, Rheinheimer et al. (1998) constataram que a adoção do sistema plantio direto aumentou o teor de carbono orgânico, de ácidos fúlvicos e húmicos, a capacidade de troca de cátions, a disponibilidade de fósforo e potássio e a acidez potencial, especialmente na camada de 0 a 5cm de profundidade, mostrando os efeitos do sistema na fertilidade do solo.

Pasqualetto (1999) estudando sucessões de culturas como alternativa de produção em plantio direto envolvendo sorgo e milheto, verificou que houve maior valor, para as características químicas avaliadas, nas camadas superficiais do solo, decrescendo à medida que se aprofunda no perfil nas áreas com as duas gramíneas. O autor verificou maiores valores de pH, Ca, soma de bases (SB) e saturação por bases (V) na sucessão sorgo-milho, e maiores valores para K e Mg na sucessão milheto-milho. Também foram encontrados menores valores de acidez potencial (H + Al) e capacidade de troca de cátions (CTC) para essas sucessões, não diferindo entre elas.

O mesmo foi confirmado por Carvalho (2000), estudando adubação verde e sucessão de culturas em semeadura direta e convencional envolvendo milho. Segundo o autor, foram observados maiores valores de Ca, Mg, SB, CTC, V e matéria orgânica (MO) na área cultivada com milho.

Oliveira (2001), avaliando plantas de cobertura em cultivo solteiro e consorciado e seus efeitos no feijoeiro e no solo em plantio direto, verificou que o cultivo das plantas de cobertura não influenciou o pH do solo, mas reduziu a saturação por alumínio, elevou a saturação por bases e o teor de P. Ao final do ciclo do feijoeiro, a acidez potencial foi superior na camada de 0-5cm de profundidade, na qual se aplicaram os tratamentos com palhada de milho consorciado com leguminosas. O teor de fósforo na camada de 0-5cm de profundidade, e o de K na camada de 0-10cm, foram superiores no solo sob palhada de milho em cultivo solteiro. As palhadas de todas as plantas de cobertura aumentaram o teor de Mg, a SB, a CTC efetiva e a CTC a pH 7,0 do solo. O acúmulo de matéria orgânica no solo, o teor de $N-NO_3^-$, a SB, a CTC efetiva e a CTC a pH 7,0 foram maiores na camada de 0-5cm de profundidade. O autor verificou, ainda, que não houve efeito das palhadas nem de profundidades com relação ao teor de nitrogênio amoniacal ($N-NH_4^+$). Quanto ao teor de $N-NO_3^-$, este foi maior no solo sob palhada de sorgo.

2.4 Matéria orgânica

Nas condições tropicais e subtropicais, a intensa movimentação do solo elimina a matéria orgânica, a estrutura e os agregados do solo rapidamente, tornando as áreas agricultáveis cada vez mais vulneráveis aos agentes da erosão (Calegari et al., 1993).

A matéria orgânica tem função química, como fonte de nutrientes para as plantas; função biológica, mantendo a microvida no solo; e função física,

melhorando a aeração e umidade, por meio da estruturação do solo, propiciada pelas hifas dos fungos e compostos cimentantes produzidos por bactérias decompositoras, os quais condicionam a formação de agregados mais estáveis (Fries, 1997).

Em estudos sobre a influência do sistema de plantio direto e convencional no acúmulo de matéria orgânica na camada arável do solo, Muzilli (1983) verificou que houve aumento no teor de matéria orgânica no sistema de semeadura direta com o decorrer do tempo, porém sendo similares os efeitos proporcionados pelos dois sistemas de cultivo. Fato semelhante foi verificado por Siqueira (1989), que comparando o plantio direto com sistemas de preparo do solo por meio de grade pesada, arado de discos e de aiveca, afirmou que embora não havendo diferença significativa, observou-se que, nas profundidades de 0 a 2 e de 2 a 5cm, o plantio direto foi o sistema que apresentou tendência a maiores valores. Nas profundidades de 5 a 10 e de 10 a 20cm, o plantio direto foi superado pelos demais sistemas de manejo, provavelmente devido à incorporação dos resíduos orgânicos nas profundidades citadas.

Avaliando áreas com 15 anos de plantio direto, Sá (1993) observou que o acúmulo de matéria orgânica na camada de 0-5cm foi expressivo, formando-se um gradiente até a profundidade de 10-20cm. De Maria e Castro (1993) verificaram que na camada de 0-5cm, o plantio direto conservou a matéria orgânica em níveis mais elevados. Pauletti et al. (1995) também observaram um maior gradiente nos teores de matéria orgânica na profundidades de 0-5cm.

Alguns autores constataram influência direta da matéria orgânica na CTC do solo. Bayer e Mielniczuk (1997) destacaram um incremento na CTC de um solo Podzólico Vermelho Escuro com a utilização do plantio direto e de sistemas de cultura com alta adição de resíduos. Essa elevação poderia estar relacionada ao aumento dos teores de matéria orgânica, a qual apresentou uma CTC em torno de 314 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$.

Nos solos tropicais e subtropicais a matéria orgânica é responsável por grande parte da CTC, que é o reservatório onde ficam armazenados os cátions básicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) e também os micronutrientes catiônicos (Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} e Fe^{2+}), em equilíbrio com a solução do solo. Com a redução da matéria orgânica, reduz-se a capacidade do solo de armazenar nutrientes, comprometendo inclusive o aproveitamento dos fertilizantes adicionados (Chueiri e Vasconcellos, 2000).

A matéria orgânica (MO) pode neutralizar o Al trocável, formando complexos estáveis, diminuindo sua disponibilidade e eliminando seu efeito tóxico sobre as plantas (Vale et al., 1995a e Bayer e Mielniczuk, 1999). Portanto, segundo Oliveira (2001), no plantio direto haverá sempre a tendência de aumento da capacidade ou do tamanho do reservatório de nutrientes para as plantas pelo aumento no teor de MO do solo. No plantio convencional prevalece a rápida decomposição da matéria orgânica, que leva à formação de compostos orgânicos menos estáveis, resultando na diminuição da fertilidade do solo.

Alternativas que podem propiciar um aumento no teor de matéria orgânica são a rotação de culturas e a adubação verde, ambas integradas ao sistema de plantio direto, que tem grande parte de sua eficiência atribuída ao aumento de matéria orgânica no solo. Dessa forma, haverá uma melhoria nas propriedades físicas e químicas do solo, principalmente na reciclagem de nutrientes.

2.5 A cultura do milho em sucessão ao sorgo e milheto

O milho é uma das espécies comerciais mais utilizadas no plantio direto e é empregada em sistemas de rotação e sucessão de culturas.

Um dos principais objetivos da sucessão de culturas é manter a fertilidade do solo, tanto pela atuação diferenciada das culturas na retirada de

nutrientes pelas raízes como na adição de outros nutrientes com a decomposição de seus resíduos. De acordo com De Maria e Castro (1993) o teor de nutrientes do solo é influenciado pelas diferenças de exigência nutricional, pela quantidade de raízes e pela quantidade de material vegetal que retorna ao solo.

O uso de plantas de cobertura tem demonstrado grande potencial na proteção e recuperação da produtividade do solo e das culturas. No entanto, para alcançar os melhores resultados com o uso dessas plantas de cobertura, é de fundamental importância que seja verificado o comportamento das culturas econômicas utilizadas no sistema de produção.

↙ Em pesquisas realizadas por Lara, Mota e Andreani (1995) com diferentes plantas de cobertura, foi verificado que as maiores produtividades de milho foram obtidas quando se empregaram sorgo e milheto como cultura de cobertura.

Ao serem estudadas as características agronômicas do milho no sistema de plantio direto, Pasqualetto (1999) observou que o milho, após cultivo de milheto, atingiu uma altura de planta de 153,5cm; após o sorgo, 150,1cm; e o mesmo estande final após o cultivo das duas gramíneas, 41000 plantas.ha⁻¹. Quanto ao peso de 100 grãos, o mesmo autor encontrou 32,94g e 32,42g para milho após milheto e sorgo, respectivamente. Foi constatado, ainda, que o milho em sucessão a milheto e sorgo obteve uma produtividade de grãos semelhante, ou seja, 6722,26 kg.ha⁻¹ e 6767,26 kg.ha⁻¹, respectivamente.

Avaliando adubação verde e sucessão de culturas em dois sistemas de cultivo, Carvalho (2000) verificou que na safra de 1997/1998, o milho cultivado em semeadura direta após milheto atingiu altura de planta de 2,02m, estande final de 46527 plantas.ha⁻¹, peso de 100 grãos de 28,5g e uma produtividade de 7201 kg.ha⁻¹. Já na safra de 1998/1999, o milho apresentou altura de planta de 1,98m, estande final de 52222 plantas.ha⁻¹, com peso de 100 grãos de 21,5g e produtividade de 4419 kg.ha⁻¹.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido no campo experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, no ano agrícola 1999/2000, em duas etapas. Lavras está localizada na região sul de Minas Gerais, a 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude ocste, a uma altitude média de 918m acima do nível do mar. A região apresenta uma temperatura média anual de 19,4°C, sendo a mais elevada no mês de fevereiro (22,1°C) e a mais baixa no mês de julho (15,8°C). A pluviosidade se distribui principalmente de outubro a março, em valores anuais de 1529,7mm; a evaporação total no ano é de 1034,3mm e a umidade relativa média anual é de 76,2% (Brasil, 1992). O clima da região se enquadra no tipo Cwa da classificação de Köppen, temperado úmido, com verão quente e inverno seco, caracterizado por um total de chuvas de 23,4mm no mês mais seco e de 295,8mm no mês mais chuvoso (Vianello e Alves, 1991).

As variações climáticas ocorridas no período de condução dos experimentos foram, em média, 1075,2mm de precipitação total, 27,6°C de temperatura máxima do ar, 16,6°C de temperatura mínima do ar e 75,4% de umidade relativa do ar (Dados coletados pela Estação Climatológica Principal de Lavras - MG em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e fornecidos pelo setor de agrometeorologia do Departamento de Engenharia Agrícola da UFLA).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Roxo de textura argilosa, cuja análise química e granulométrica mostrou as características apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 - Resultados da análise química e granulométrica do solo, em quatro profundidades, antes da implantação do experimento. UFLA, Lavras - MG, julho de 1999⁽¹⁾.

Propriedades Químicas	Profundidades			
	0 - 5cm	5 - 10cm	10 - 20cm	20 - 40cm
PH em água (1:2,5)	5,7 AcM	5,7 AcM	5,6 AcM	5,5 AcM
P (mg/dm ³)	4,0 B	3,0 B	2,0 B	1,0 B
K (mg/dm ³)	53,0 M	31,0 B	25,0 B	19,0 B
Ca (cmol _c /dm ³)	2,6 M	2,2 M	2,1 M	1,7 B
Mg (cmol _c /dm ³)	0,7 M	0,5 M	0,4 B	0,2 B
Al (cmol _c /dm ³)	0,4 B	0,4 B	0,5 B	0,5 B
H + Al (cmol _c /dm ³)	2,6	2,6	2,7	2,7
SB (cmol _c /dm ³)	3,4 M	2,8 M	2,6 M	2,0 M
t (cmol _c /dm ³)	3,8 M	3,2 M	3,1 M	2,5 M
T (cmol _c /dm ³)	6,0 M	5,4 M	5,3 M	4,7 M
m (%)	10,5 B	12,5 B	16,1 M	20,0 M
V (%)	56,7 M	51,8 M	49,1 M	42,5 M
N-Amoniacal (mg/dm ³)	15,2	14,0	12,4	12,2
N-Nítrico (mg/dm ³)	19,0	17,4	14,7	13,1
Ca/T (%)	46,9	37,3	37,5	37,8
Mg/T (%)	10,9	8,5	7,1	4,4
K/T (%)	2,1	1,3	1,1	1,1
Ca/Mg	3,3	2,9	2,0	1,5
Ca/K	15,4	40,3	34,3	33,2
Mg/K	4,6	13,8	17,2	21,5
MO (dag/kg)	2,0 M	1,9 M	1,6 M	1,3 B
Granulometria				
Areia (%)	21,0	19,0	20,0	19,0
Silte (%)	26,0	22,0	20,0	18,0
Argila (%)	53,0	59,0	60,0	63,0

(1) Análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciências do Solo da UFLA. AcM = acidez média, AcF = acidez fraca, B = baixo teor, M = médio teor, A = alto teor (Comissão..., 1989). S = soma de bases, t = CTC efetiva, T = CTC a pH 7,0, m = saturação por alumínio, V = saturação por bases, MO = matéria orgânica (Tomé Junior, 1997).

3.2 Primeira etapa

A primeira etapa, que se iniciou em julho de 1999, consistiu da implantação das culturas formadoras das palhadas (sorgo e milho), cultivadas solteiras, que serviram de cobertura morta para a semeadura direta do milho. Nesta etapa, o trabalho foi desenvolvido para fornecer informações sobre as plantas de cobertura e subsidiar os demais experimentos realizados durante o estudo.

3.2.1 Descrição das espécies estudadas

3.2.1.1 Milheto (*Pennisetum americanum* ou *P. typhoideum* (L.LEEK) Perl millet)

É uma espécie muito utilizada no sistema de plantio direto, devido o seu rápido desenvolvimento vegetativo e à abundante produção de massa verde, o que torna a cultura muito competitiva e supressora de infestantes (Pitol, 1993). Entre as principais características da espécie destacam-se a alta resistência à seca (sobrevive com 250 – 300 mm/ano), a adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade, o amplo período de plantio, o rápido crescimento e competitividade, a grande capacidade de produção de massa verde (20 – 70 t/ha), a alta qualidade da forragem, a fácil produção de sementes de baixo custo e o alto valor alimentício dos grãos (Kissmann, 1997). Salton e Kichel (1998) descrevem-na como uma planta anual, de clima tropical, que apresenta crescimento ereto e porte alto e pode atingir até 4 a 5 metros de altura. É recomendada para produção de palha e cobertura do solo no sistema plantio direto por apresentar elevada taxa de crescimento, proporcionando rápida cobertura do solo. Neste experimento, foi cultivada a variedade milheto comum.

3.2.1.2 Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Gramínea de crescimento vegetativo elevado, com boa produção de massa verde. Bastante utilizada no plantio direto como produtora de palha (matéria seca). É uma planta rústica, fácil de ser cultivada, que resiste melhor à falta de chuvas do que o milho, desenvolve-se bem em regiões ou épocas em que chove pouco para o milho. Suporta solos úmidos, impróprios para o milho. Requer temperaturas médias de 26° C e precipitações de 300 mm durante os 3 – 4 meses de seu ciclo vegetativo. Atinge 3 a 5 metros de altura, produz abundante folhagem e razoável quantidades de grãos (Pupo, 1979). Atualmente, vem sendo utilizada na produção de palhada para plantio direto, tendo em vista o seu crescimento vegetativo elevado, com boa produção de matéria fresca e matéria seca. Foi cultivado, neste experimento, o híbrido AG-2002.

3.2.2 Implantação e condução das plantas de cobertura

O solo da área experimental foi preparado de forma convencional, por meio de uma gradagem. Posteriormente, foi realizada a abertura dos sulcos seguida de adubação e semeadura, ambas realizadas manualmente.

Na adubação de plantio, foram utilizados 300 kg.ha⁻¹ de NPK da formulação 4-30-16, de acordo com a análise do solo (Tabela 1) e Van Raij et al. (1996).

O sorgo foi cultivado no espaçamento de 0,50 m entre linhas e 12 a 15 plantas por metro linear (Pereira, 1986 e Van Raij et al., 1996). O milho foi semeado na densidade de 40 a 50 sementes por metro linear (Pitol, 1993), utilizando-se o espaçamento de 0,50 m entre linhas (Maia, 1998). Durante o ciclo das culturas foram realizadas duas capinas. Devido a falta de chuvas na

época da semeadura realizou-se irrigação para facilitar a germinação das sementes e o desenvolvimento das plantas.

O manejo das plantas de cobertura foi realizado quando aproximadamente 50% das plantas se encontravam na fase de florescimento. As plantas foram dessecadas aplicando-se o herbicida sistêmico Sulphosate CS de ação total (ZAPP), na dosagem de 2 L.ha⁻¹, utilizando-se o pulverizador costal. O acamamento das plantas foi realizado por meio do rolo faca a tração animal, visando semeadura subsequente.

Na fase inicial do cultivo, foi observada a desfolha das gramíneas por formigas saúvas (*Atta spp*), necessitando realizar o replantio na primeira semana após a germinação. Para o controle, utilizaram-se formicidas comerciais na formulação isca.

3.2.3 Avaliações das plantas de cobertura

3.2.3.1 Produtividade de matéria fresca

Para determinação da matéria fresca, foram cortadas rente ao solo e pesadas, as plantas de quatro amostras de 1,5m², sendo os valores obtidos, transformados para t.ha⁻¹, conforme o espaçamento das espécies. Após a pesagem, as plantas foram devolvidas ao solo, visando a cobertura do mesmo.

3.2.3.2 Produtividade de matéria seca

Foram retiradas quatro amostras de matéria fresca e colocadas em estufa com ventilação forçada, a 65°C, até atingirem estabilidade no peso. A porcentagem de matéria seca em cada amostra correspondia ao teor de matéria seca da parte aérea das plantas.



A matéria seca foi calculada pelo produto do teor de matéria seca com a produção total de matéria fresca e os valores transformados em $t.ha^{-1}$, de acordo com o espaçamento das espécies.

3.2.3.3 Concentração e quantidade acumulada de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas de cobertura

As amostras retiradas para avaliação de matéria seca, após a secagem em estufa, foram moídas em moinho tipo Wiley para determinação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea das plantas de cobertura, segundo a metodologia de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Por digestão nitroperclórica, foram obtidos extratos da matéria seca da parte aérea, à exceção do B, no qual a extração ocorreu por via seca. Os teores de N foram determinados pelo método Semi-Micro Kjeldahl. Os teores de P e B por colorimetria; K por fotometria de chama; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica e S por turbidimetria.

As quantidades acumuladas de macro e micronutrientes foram obtidas pelo produto da quantidade de matéria seca com a concentração dos nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura, em cada amostra. Para cada tratamento, os valores médios da quantidade acumulada de macronutrientes foram transformados em $kg.ha^{-1}$, e os de micronutrientes, em $g.ha^{-1}$.

3.3 Segunda etapa

Após a primeira etapa para produção de palha iniciou-se a segunda etapa em dezembro de 1999, com a instalação de três experimentos:

O objetivo do 1º experimento foi estudar a decomposição e liberação dos nutrientes das palhadas de sorgo e milho; o do 2º foi para verificar a

influência das palhadas nas características agronômicas de três cultivares de milho no sistema de plantio direto e o 3º foi instalado para verificação da influência das palhadas nas características químicas do solo.

3.3.1 Decomposição e mineralização dos nutrientes

O estudo foi realizado pelo método das "litterbags", que são bolsas de tela comum de polietileno (Palm e Sanchez, 1990), para verificar a velocidade de decomposição e mineralização de nutrientes das palhadas das duas gramíneas descritas anteriormente, no sistema de plantio direto.

3.3.1.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída pelas palhadas das gramíneas (sorgo e milheto), e as subparcelas pelas dez épocas de coleta do material (0, 7, 14, 28, 42, 63, 84, 112, 140 e 168 dias), totalizando 80 subparcelas experimentais.

3.3.1.2 Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos pelas duas palhadas e pelas dez épocas de avaliação da decomposição, quais sejam:

1. Palhada de sorgo no dia da deposição das bolsas no campo;
2. Palhada de milheto no dia da deposição das bolsas no campo;
3. Palhada de sorgo sete dias após a deposição das bolsas no campo;
4. Palhada de milheto sete dias após a deposição das bolsas no campo;

5. Palhada de sorgo 14 dias após a deposição das bolsas no campo;
6. Palhada de milho 14 dias após a deposição das bolsas no campo;
7. Palhada de sorgo 28 dias após a deposição das bolsas no campo;
8. Palhada de milho 28 dias após a deposição das bolsas no campo;
9. Palhada de sorgo 42 dias após a deposição das bolsas no campo;
10. Palhada de milho 42 dias após a deposição das bolsas no campo;
11. Palhada de sorgo 63 dias após a deposição das bolsas no campo;
12. Palhada de milho 63 dias após a deposição das bolsas no campo;
13. Palhada de sorgo 84 dias após a deposição das bolsas no campo;
14. Palhada de milho 84 dias após a deposição das bolsas no campo;
15. Palhada de sorgo 112 dias após a deposição das bolsas no campo;
16. Palhada de milho 112 dias após a deposição das bolsas no campo;
17. Palhada de sorgo 140 dias após a deposição das bolsas no campo;
18. Palhada de milho 140 dias após a deposição das bolsas no campo;
19. Palhada de sorgo 168 dias após a deposição das bolsas no campo;
20. Palhada de milho 168 dias após a deposição das bolsas no campo.

3.3.1.3 Trabalho de campo

As amostras foram acondicionadas em 72 bolsas (“litterbags”) de tela comum de polietileno, de 30 x 30cm, com tamanho de malha de 1mm. As bolsas foram preenchidas com a fitomassa das gramíneas correspondendo a 200g de matéria fresca da parte aérea das plantas, e posteriormente fechadas em máquina vedadora de saco plástico e pesadas em balança eletrônica de resolução 0,005g. As bolsas (36 para cada espécie) foram distribuídas aleatoriamente na superfície do solo para decomposição do material durante o ciclo da cultura do milho, o qual foi plantado para padronizar o microclima no qual a fitomassa das gramíneas foi submetida à decomposição.

A primeira coleta do material foi feita no momento do manejo das palhadas, sendo considerado o tempo zero (inicial) e as "litterbags" de cada parcela coletadas após 7, 14, 28, 42, 63, 84, 112, 140 e 168 dias após a deposição no campo, conforme recomendação de Lopes (1999). Após a coleta, o material remanescente nas "litterbags" foi limpo manualmente para remoção de raízes e resíduos do solo e colocado em estufa de ventilação forçada de ar à temperatura de 65° C até atingir estabilidade no peso. Os valores remanescentes de matéria seca obtidos nas bolsas foram transformados em $t.ha^{-1}$.

Em seguida, o material foi pesado em balança eletrônica de resolução 0,005g e moído em moinho tipo Wiley para determinação das concentrações remanescentes de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn das plantas de cobertura segundo a metodologia de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.3.1.4 Análises de laboratório

Foi realizada a comparação entre a concentração inicial dos nutrientes da matéria seca das plantas, descrita anteriormente, e a concentração remanescente nas "litterbags". Do material remanescente das "litterbags" foi retirada uma subamostra para determinação da concentração dos nutrientes. Os dados foram apresentados como $g.kg^{-1}$ remanescente da massa do material original para os macronutrientes e $mg.kg^{-1}$ para os micronutrientes. O procedimento de análise do material vegetal foi o mesmo descrito no subitem 3.2.3.3. Os valores remanescentes de macronutrientes obtidos nas bolsas foram transformados em $kg.ha^{-1}$, e os de micronutrientes, transformados em $g.ha^{-1}$.

3.3.2 Influência das palhadas nas características agronômicas do milho

Foram feitas avaliações para verificar possíveis efeitos das palhadas nas características agronômicas de três cultivares de milho semeadas no sistema de plantio direto.

3.3.2.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelas palhadas de sorgo e milheto, e as subparcelas, pelas três cultivares de milho com 4 linhas de milho cada, com 4m de comprimento cada, totalizando 16m², com bordaduras laterais de 1m (uma linha) e bordaduras de cabeceiras de 0,50m. Foram utilizadas as duas linhas centrais como área útil (6m²) em cada subparcela para avaliação das características agronômicas do milho.

Os tratamentos consistiram no cultivo de três cultivares de milho em solo sob as duas palhadas das plantas de cobertura, quais sejam:

1. Cultivar 1 (C 929) sob palhada de sorgo;
2. Cultivar 1 (C 929) sob palhada de milheto;
3. Cultivar 2 (XL 251) sob palhada de sorgo;
4. Cultivar 2 (XL 251) sob palhada de milheto;
5. Cultivar 3 (C 333 B) sob palhada de sorgo;
6. Cultivar 3 (C 333 B) sob palhada de milheto.

3.3.2.2 Implantação e condução do experimento

A semeadura do milho foi realizada 15 dias após a aplicação do dessecante nas culturas do sorgo e milheto.

Foram utilizados três cultivares de milho, dentre as mais indicadas para cultivo na região, sendo duas de ciclo precoce (C929 e XL251) e uma semiprecoce (C333B). Na adubação de plantio, foram utilizados 300 kg.ha⁻¹ de NPK na formulação 4-30-16, de acordo com Van Raij et al. (1996). A adubação e semeadura foram realizadas manualmente, em linha. O espaçamento adotado foi de 1,00m entre linhas e 5 plantas por metro linear.

Não houve necessidade de serem efetuadas capinas durante o ciclo da cultura do milho, tendo em vista que a infestação de plantas invasoras foi quase inexistente.

A diferença entre o ponto de colheita das cultivares precoces e a semiprecoce foi de 15 dias, optando-se por realizar a colheita na mesma época, no final de abril de 2000. Após a colheita manual do milho, as plantas permaneceram em pé até completarem os 168 dias do estudo de decomposição, no início de junho de 2000.

3.3.2.3 Características agronômicas avaliadas na cultura do milho

3.3.2.3.1 Altura de planta

Foi obtida pela média da altura de dez plantas, escolhidas ao acaso na área útil de cada subparcela, medindo-se a partir do nível do solo, até a inserção da última folha na época da colheita.

3.3.2.3.2 Estande final

Foi obtido pela contagem do número de plantas na área útil das subparcelas, ao final do cultivo do milho, sendo os valores transformados em número de plantas/ha.

3.3.2.3.3 Peso médio de 100 grãos

Foi determinado pela estimativa do peso médio de três amostras de 100 grãos por subparcela. Para cada bloco, determinou-se a umidade inicial média e, em cada amostra de 100 grãos, realizou-se a correção do peso obtido originalmente para 13% de umidade, segundo a expressão a seguir, sugerida por ABEAS (1987):

$$Pf = \frac{Pi(100 - Ui)}{(100 - Uf)}$$

Onde:

Pf: peso final dos grãos para a umidade requerida (peso corrigido);

Pi: peso inicial dos grãos colhidos;

Ui: umidade inicial por ocasião da pesagem;

Uf: umidade final requerida para correção.

3.3.2.3.4 Rendimento de grãos

Foi determinado com base na produção obtida na área útil de cada subparcela, sendo os valores transformados em kg.ha⁻¹. Foi realizada a correção para 13% de umidade, conforme a expressão sugerida por ABEAS (1987).

3.3.3 Influência das palhadas nas características químicas do solo

3.3.3.1 Descrição geral

Foram retiradas amostras do solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40cm com o objetivo de verificar possíveis modificações nas características químicas do solo, ocorridas em função da decomposição das plantas de cobertura.

3.3.3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Estudou-se, nas parcelas, o efeito das palhadas produzidas pelas plantas de cobertura, e nas subparcelas, o efeito das profundidades.

3.3.3.3 Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos pelo solo sob as duas palhadas (sorgo e milho) produzidas anteriormente e pelas quatro profundidades avaliadas, totalizando oito tratamentos.

3.3.3.4 Condução do experimento

Ao final do cultivo do milho, após a colheita, procedeu-se a amostragem do solo em cada parcela, nas profundidades já mencionadas, segundo sugestões de Balbino et al. (1996) para amostragem de solo em plantio direto. Foram

coletadas cinco amostras simples para constituir uma amostra composta em cada parcela, utilizando-se enxadão.

Todas as amostras, ao término da coleta, foram enviadas ao Laboratório do Departamento de Solos da Universidade Federal de Lavras para a realização das análises químicas.

3.3.3.5 Avaliações

Foram realizadas determinações de pH em água, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al e matéria orgânica, bem como soma de bases (SB), saturação por alumínio (m), CTC efetiva (t), CTC potencial (T), saturação por bases (V), teores de N-NO_3^- e de N-NH_4^+ . As determinações foram efetuadas conforme Vettori (1969), modificada pela EMBRAPA/SNLCS (1979), quais sejam: o pH em água (na proporção de 1:2,5 para solo : água); Ca^{+2} , Mg^{+2} e Al^{+3} (extraídos pelo KCl 1 N); P e K (extraídos pelo HCl 0,05 + H_2SO_4 0,025 N) e acidez extraível (H + Al) (SMP). O carbono orgânico foi determinado pelo método colorimétrico e a matéria orgânica foi estimada multiplicando-se o teor de carbono orgânico por 1,724 (Tomé Júnior, 1997). Os teores de N-NO_3^- e N-NH_4^+ foram determinados por extração com KCl 1 N e destilação com MgO e liga de Devarda (Bremner, 1965).

3.3.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos para cada variável da segunda etapa foram submetidos à análise de variância conforme Banzatto e Kronka (1995) e Ferreira (1996). Para os efeitos significativos, realizou-se comparação entre médias de tratamentos pelos testes F e de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Quanto à decomposição, alguns estudos, relacionando a permanência de resíduos culturais na superfície do solo com o tempo de exposição desses resíduos, têm mostrado que essa relação é predominantemente exponencial (Wieder e Lang, 1982). Outros mostram que essa relação tem comportamento linear (Douglas Júnior et al., 1980). Deve-se considerar que a previsão da taxa de decomposição de resíduos culturais ao longo do tempo, por meio de modelo exponencial, pressupõe que determinada quantidade de resíduos seja preservada da decomposição, num período de tempo relativamente longo, incompatível com a realidade no campo. A tendência natural num período de tempo relativamente curto é de que todo o resíduo tenha sido decomposto no solo, pela ação dos organismos, influenciados pelas variáveis ambientais, o que está de acordo com a previsão de decomposição desses resíduos por meio de modelo linear (Douglas Júnior et al., 1980). Assim, para prever a taxa de decomposição de resíduos culturais no solo ao longo do tempo, devem-se utilizar modelos de regressão linear, relacionando quantidades de resíduos e períodos de tempo (Bertol et al., 1998).

Os dados foram ajustados por meio de modelo de regressão exponencial do tipo $y = ae^{bx}$, conforme Wieder e Lang (1982) e Bertol et al. (1998). O modelo foi linearizado, transformando os dados de quantidade de matéria seca e de nutrientes remanescentes para logaritmo natural, conforme evidenciam os trabalhos de Douglas Júnior et al. (1980) e Bertol et al. (1998).

Para obter os valores de matéria seca e nutrientes, em qualquer tempo, utilizou-se as equações linearizadas sobre as Figuras. As taxas médias diárias de decomposição e mineralização de nutrientes foram obtidas, respectivamente, por meio da relação entre a quantidade de matéria seca decomposta e nutrientes mineralizados e o tempo de avaliação. Para a realização das análises estatísticas, utilizou-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000) e para as análises de regressão, o SigmaPlot 4.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Primeira etapa

4.1.1 Produtividade de matéria fresca e matéria seca

As produtividades de matéria fresca e matéria seca do sorgo e do milho podem ser observadas na Tabela 2. Verifica-se que as produtividades de matéria fresca não atingiu os limites citados por Alcântara e Bufarah (1998) para milho (35 a 55 t.ha⁻¹) e para sorgo (60 a 70 t.ha⁻¹). Também foram inferiores aos resultados encontrados por Caixeta (1999) em Lavras-MG, que destacou o milho com 52,05 t.ha⁻¹ e o sorgo com 45,7 t.ha⁻¹. Resultados encontrados por Oliveira (2001), destacando o milho com 45,8 t.ha⁻¹ e o sorgo com 77,2 t.ha⁻¹, também superaram os encontrados neste trabalho.

De maneira geral, a baixa produtividade de matéria fresca das gramíneas, encontrada neste trabalho, pode ser explicada pelo fato de a semeadura ter sido realizada antecipadamente, no mês de julho, época em que ocorreram baixas temperaturas, prejudicando, portanto, a germinação e o desenvolvimento das plantas.

TABELA 2 – Produção de matéria fresca, teor de matéria seca e matéria seca total, produzidos pelas plantas de cobertura. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Plantas de Cobertura	Matéria fresca (t.ha ⁻¹)	Teor de matéria seca (%)	Matéria seca total (t.ha ⁻¹)
Sorgo	42,33	25,29	10,71
Milho	28,58	33,78	9,65
Média geral	35,458	29,53	10,15

Para produção de matéria seca, os resultados observados neste estudo foram inferiores aos encontrados por Oliveira (2001), 15,48 e 14,18 t.ha⁻¹ para sorgo e milho, respectivamente. No entanto, foram semelhantes aos encontrados por Calegari et al. (1993), com 9,9 t.ha⁻¹; Chaves (1997), com 10,3 t.ha⁻¹; e Oliveira et al. (2000), com 8,0 t.ha⁻¹ para milho, caracterizando estas espécies como recomendáveis para plantas de cobertura no sistema plantio direto, pois a quantidade de matéria seca observada neste estudo está dentro do limite relatado por Denardin e Kochhann (1993); Darolt (1998); e Fiorin (1999) citado por Amado (2000), 6 a 12 t.ha⁻¹, para o bom desenvolvimento desse sistema de cultivo.

4.1.2 Concentração e quantidade acumulada de macro e micronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura

As médias dos tratamentos, para cada nutriente avaliado, podem ser observadas na Tabela 3.

TABELA 3 – Concentração de macro e micronutrientes da fitomassa das plantas de cobertura por ocasião do manejo. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Plantas de Cobertura	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Sorgo	12,48	1,91	13,83	8,04	2,56	1,95
Milho	13,13	2,39	17,20	10,94	2,88	2,37
Média geral	12,80	2,15	15,52	9,49	2,72	2,16
Plantas de Cobertura	Micronutrientes					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Sorgo	12,30	3,61	83,96	34,81	24,25	
Milho	14,77	5,24	96,08	46,52	34,05	
Média geral	13,53	4,42	90,02	40,67	29,15	

Os resultados encontrados para P, Ca e Zn na matéria seca do milho, neste trabalho, foram superiores aos observados por Salton e Hernani (1994), ao contrário dos valores de N, K, Mg, Cu e Mn, que foram inferiores aos desses autores. No entanto, os valores de N, P, K e Mg observados para o milho foram inferiores aos de Carvalho (2000), sendo os valores para Ca e S superiores aos desse autor.

Ainda com relação às concentrações de macro e micronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura, os resultados observados neste trabalho, para milho, foram superiores aos citados por Oliveira (2001), exceto para K, Mg, Fe e Mn, que superaram os resultados obtidos neste trabalho.

Quanto ao sorgo, os valores observados para P e N estão abaixo do limite adequado citado por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), que é de 4,0 a 8,0 g.kg⁻¹ para P e de 13 a 15 g.kg⁻¹ para N.

De maneira geral, as concentrações de nutrientes obtidas para o sorgo, neste trabalho, foram superiores às encontradas por Oliveira (2001), exceto para N, K, Mg, Cu, Fe e Mn, cujos valores foram inferiores.

Observando os dados apresentados na Tabela 4, constata-se que a quantidade acumulada de Ca e S foi superior à observada por Oliveira (2001) para sorgo, sendo os valores dos demais nutrientes inferiores aos encontrados por este autor. Quanto à quantidade acumulada de nutrientes na palhada de milho, os resultados obtidos neste trabalho foram inferiores aos do mesmo autor, exceto para Ca e Zn, que foram superiores.

A baixa concentração e, conseqüentemente, o acúmulo da maioria dos nutrientes na parte aérea de sorgo e milho podem ser explicados pela baixa produtividade de matéria seca destas espécies obtida neste trabalho, comparada à produtividade observada por Oliveira (2001). Também a época de plantio das gramíneas citada anteriormente, quando o frio e a baixa umidade do solo podem ter afetado o desenvolvimento das plantas e, com isso, a absorção e

TABELA 4 – Acúmulo de macro e micronutrientes nas plantas de cobertura por ocasião do manejo. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Plantas de Cobertura	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg.ha ⁻¹					
Sorgo	133,63	20,50	148,05	86,07	27,40	20,87
Milheto	126,66	23,11	166,03	105,62	27,84	22,92
Média geral	130,14	21,81	157,04	95,15	27,62	21,89

Plantas de Cobertura	Micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g.ha ⁻¹				
Sorgo	131,67	38,70	898,79	372,64	259,60
Milheto	142,53	50,57	927,22	448,97	328,58
Média geral	137,10	44,63	913,01	410,80	294,09

ciclagem dos nutrientes. Segundo Primavesi (1990) para que haja absorção dos nutrientes, é necessário que se tenha umidade adequada no solo para que ocorra o processo de difusão.

4.2 Segunda etapa

4.2.1 Decomposição da fitomassa

Observando a análise de variância dos dados remanescentes, verifica-se que houve interação significativa ($P < 0,05$) entre as gramíneas e os tempos de coleta, para todas as variáveis, indicando que houve respostas diferenciadas das palhadas em função do tempo de coleta (Tabela 1A). Dessa forma, as inferências sobre a decomposição e mineralização de nutrientes das duas espécies estudadas foram baseadas na análise de regressão relacionando-se a quantidade de matéria seca e de nutrientes remanescentes com o tempo de exposição na superfície do solo.

O resíduo cultural de sorgo e de milho, que apresentavam uma quantidade de matéria seca de 10,71 e 9,65 t.ha⁻¹ no momento da dessecação/rolagem das culturas, tiveram uma redução de 89 e 74% (9,5 e 7,1 t.ha⁻¹, respectivamente) na matéria seca ao final de 168 dias de avaliação (Tabela 5), assemelhando-se aos dados obtidos por Bertol et al. (1998) ao trabalharem com resíduos de aveia preta e milho.

A taxa média diária de decomposição do resíduo cultural de sorgo e milho foi de 56 e 42 kg.ha⁻¹, respectivamente, como mostram os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 1), sendo superiores aos resultados obtidos por Bertol et al. (1998).

Nos primeiros 42 dias após a dessecação/rolagem, no entanto, a taxa média diária de decomposição dos resíduos foi expressivamente maior do que no período final, ou seja, de 103 e 67 kg.ha⁻¹, enquanto nos 126 dias o valor observado foi de 40 e 33 kg.ha⁻¹, para sorgo e milho, respectivamente. Bertol et al. (1998) também verificaram tendência de maior velocidade de

TABELA 5. Matéria seca e nutrientes de sorgo e milho, avaliados na época da dessecação/rolagem das duas gramíneas e aos 168 dias após o manejo. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Variáveis	Sorgo		Milho	
	Na época do manejo	168 dias após o manejo	Na época do manejo	168 dias após o manejo
Matéria seca (t.ha ⁻¹)	10,71	1,24	9,65	2,55
Nitrogênio (kg.ha ⁻¹)	134,0	7,0	127,0	4,0
Fósforo (kg.ha ⁻¹)	20,4	2,5	23,1	1,5
Potássio (kg.ha ⁻¹)	148,0	2,0	166,0	7,0
Cálcio (kg.ha ⁻¹)	86,1	3,9	105,6	3,3
Magnésio (kg.ha ⁻¹)	27,4	1,6	27,8	2,8
Enxofre (kg.ha ⁻¹)	20,9	2,9	22,9	4,0
Boro (g.ha ⁻¹)	131,7	7,8	142,5	6,6
Cobre (g.ha ⁻¹)	38,7	2,6	50,6	3,8
Ferro (g.ha ⁻¹)	899,0	52,0	928,0	31,0
Manganês (g.ha ⁻¹)	373,0	37,0	449,0	74,0
Zinco (g.ha ⁻¹)	259,0	10,0	329,0	23,0

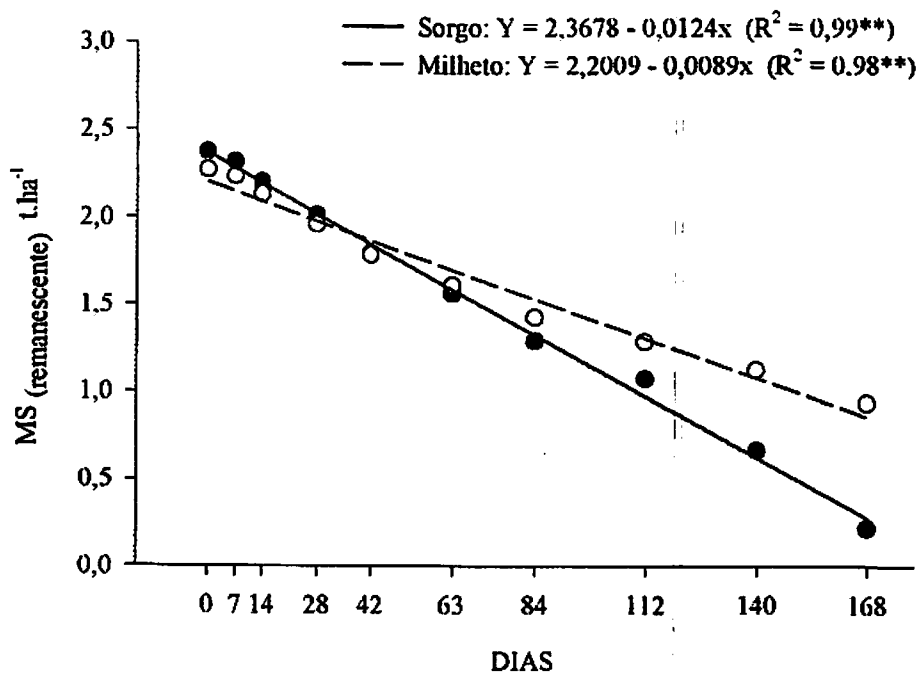


FIGURA 1. Matéria seca remanescente em função do tempo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras - MG, 1999/2000¹.

decomposição dos resíduos de aveia preta e milho nos primeiros 45 dias de avaliação.

As taxas de decomposição dos resíduos de sorgo e milho nos primeiros 42 dias foram, respectivamente, 157 e 103% maiores do que nos 126 dias finais, o que provavelmente é explicado pela presença de grande quantidade de folhas das culturas nos primeiros dias após a dessecação, mais facilmente decomponíveis do que os colmos, os quais, mais resistentes à decomposição, são predominantes na fase final do estudo. Os componentes solúveis e compostos relativamente fáceis de degradação são rapidamente utilizados por

¹ Para melhor compreensão das figuras 1 a 12, rever o item 3.3.4 e a Tabela 5A.

decompositores, enquanto materiais mais resistentes têm taxa de perda relativamente menores, podendo-se caracterizar uma fase rápida e uma mais lenta (Wieder e Lang, 1982; Bertol et al., 1998).

O resíduo cultural de sorgo apresentou uma taxa média diária de decomposição 33% superior à do resíduo de milho, durante o período de 168 dias, o que provavelmente pode ser explicado pela menor relação C/N apresentada pelo sorgo, a qual é de 36, segundo Fageria, Stone e Santos (1999) enquanto a do milho, de acordo com Calegari et al. (1993), é de 42,9. Em seus estudos, Wisniewski e Holtz (1997) verificaram que um dos fatores que contribuíram para a menor decomposição da palhada de milho em relação à aveia preta foi a sua maior relação C/N.

É possível estimar, por meio das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 1), que nas condições do estudo, a decomposição completa do resíduo de sorgo e milho ocorreria num período de aproximadamente 191 e 247 dias, respectivamente.

4.2.2 Mineralização do nitrogênio

Inicialmente, os resíduos de sorgo e de milho continham 134 e 127 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, que se reduziram a 7 e 4 kg.ha⁻¹ ao final do período de avaliação, inferindo-se, assim, uma mineralização de 95 e 97% (127 e 123 kg.ha⁻¹, respectivamente) deste nutriente ao final de 168 dias de avaliação (Tabela 5). Esses resultados foram superiores aos obtidos por Wisniewski e Holtz (1997), que trabalharam com aveia preta e milho.

As taxas médias diárias de mineralização de nitrogênio do resíduo cultural de sorgo e milho foram, respectivamente, de 0,73 e 0,60 kg.ha⁻¹,

conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 2).

De maneira geral, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 2), verifica-se que a maior velocidade de mineralização de nitrogênio ocorreu nos primeiros 63 dias de avaliação, sendo que as taxas médias diárias de mineralização do nutriente nesse período foram expressivamente maiores do que no período final, ou seja, de 1,60 e 1,18 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, enquanto nos 105 dias finais os valores observados foram de 0,21 e 0,26 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para sorgo e milho, respectivamente.

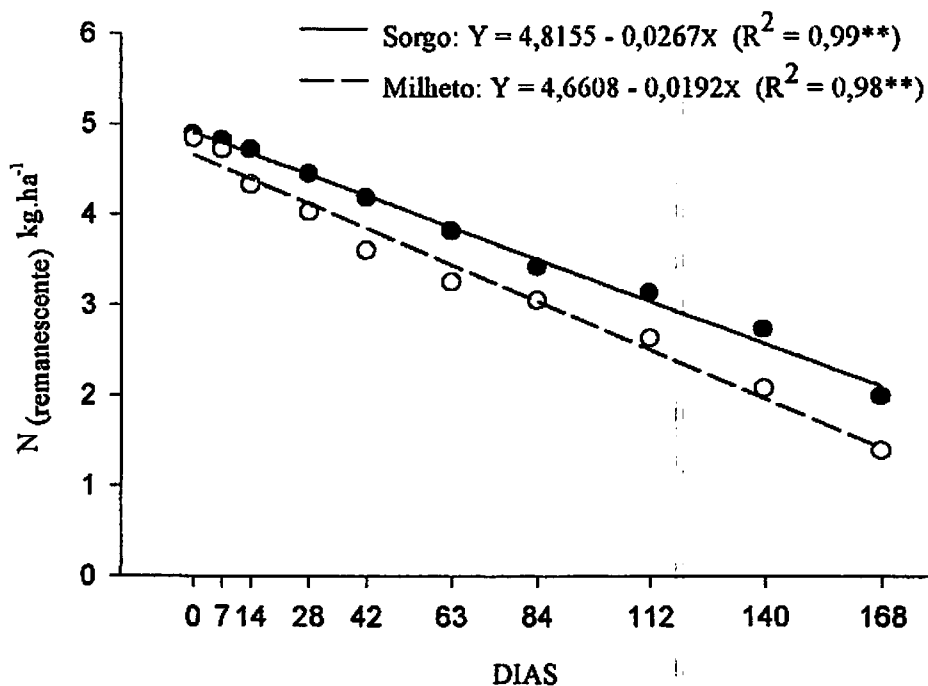


FIGURA 2. Nitrogênio remanescente em função do tempo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras - MG, 1999/2000.

A taxa de mineralização de nitrogênio nos primeiros 63 dias foi 662 e 354% maior do que nos 105 dias finais, para sorgo e milho, respectivamente, sendo que o sorgo apresentou uma taxa média diária de mineralização de nitrogênio 22% superior à do resíduo de milho, durante o período de 168 dias.

É possível estimar, por meio das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 2), que nas condições do estudo, a mineralização completa do nitrogênio do resíduo de sorgo e milho ocorreria num período de aproximadamente 180 e 243 dias, respectivamente.

4.2.3 Mineralização do fósforo

Inicialmente, os resíduos de sorgo e de milho continham 20,4 e 23,1 kg.ha⁻¹ de fósforo, que se reduziram a 2,5 e a 1,5 kg.ha⁻¹ ao final do período de avaliação, inferindo-se, assim, uma mineralização de 88 e 93% (17,9 e 21,6 kg.ha⁻¹, respectivamente) deste nutriente ao final de 168 dias de avaliação (Tabela 5). Esses resultados foram superiores aos obtidos por Wisniewski e Holtz (1997), que trabalharam com aveia preta e milho.

As taxas médias diárias de mineralização de fósforo do resíduo cultural de sorgo e milho foram, respectivamente, de 0,100 e 0,102 kg.ha⁻¹, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 3).

De maneira geral, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 3), verifica-se que a maior velocidade de mineralização de fósforo ocorreu nos primeiros 63 dias de avaliação, sendo que as taxas médias diárias de liberação do nutriente nesse período, foram expressivamente maiores do que no período final, ou seja, de 0,181 e 0,185 kg.ha⁻¹, enquanto nos 105 dias finais os valores observados foram de 0,051 e 0,052 kg.ha⁻¹ para sorgo e milho, respectivamente.

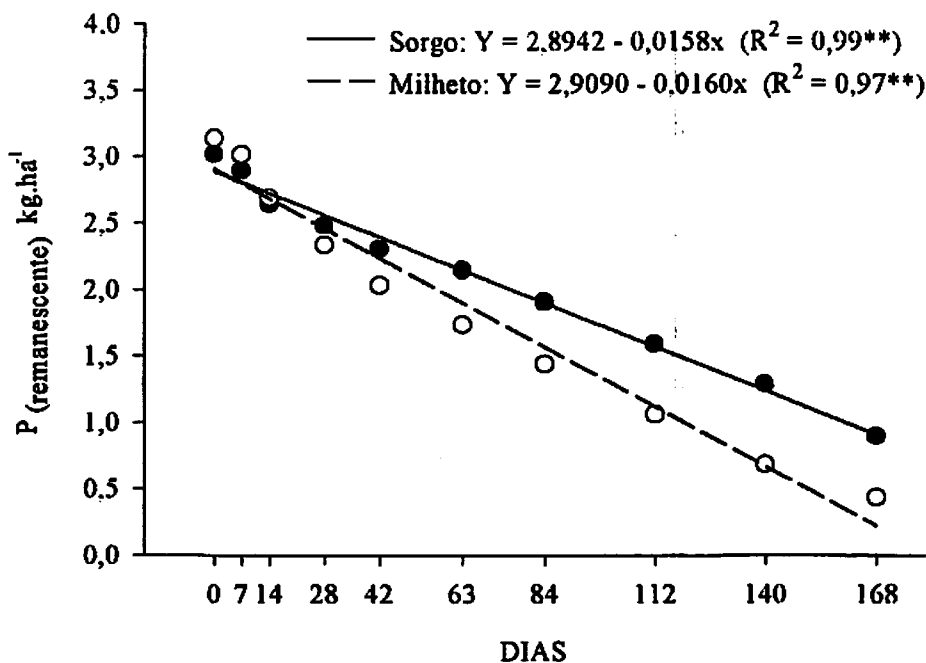


FIGURA 3. Fósforo remanescente em função do tempo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

A taxa de mineralização de fósforo nos primeiros 63 dias foi 255 e 256% maior do que nos 105 dias finais, para sorgo e milho, respectivamente, sendo que, o milho apresentou uma taxa média diária de mineralização de fósforo 2% superior à do resíduo de sorgo, durante o período de 168 dias.

É possível estimar, por meio das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 3), que nas condições do estudo, a mineralização completa do fósforo do resíduo de sorgo e milho ocorreria num período de aproximadamente 183 e 182 dias, respectivamente.

4.2.4 Mineralização do potássio

Inicialmente os resíduos de sorgo e milho continham 148 e 166 kg.ha⁻¹ de potássio, que se reduziram a 2 e a 7 kg.ha⁻¹ ao final do período de avaliação, inferindo-se, assim, uma mineralização de 99 e 96% (146 e 159 kg.ha⁻¹, respectivamente) deste nutriente ao final de 168 dias de avaliação (Tabela 5).

As taxas médias diárias de mineralização de potássio do resíduo cultural de sorgo e milho foram, respectivamente, de 0,864 e 0,841 kg.ha⁻¹, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 4).

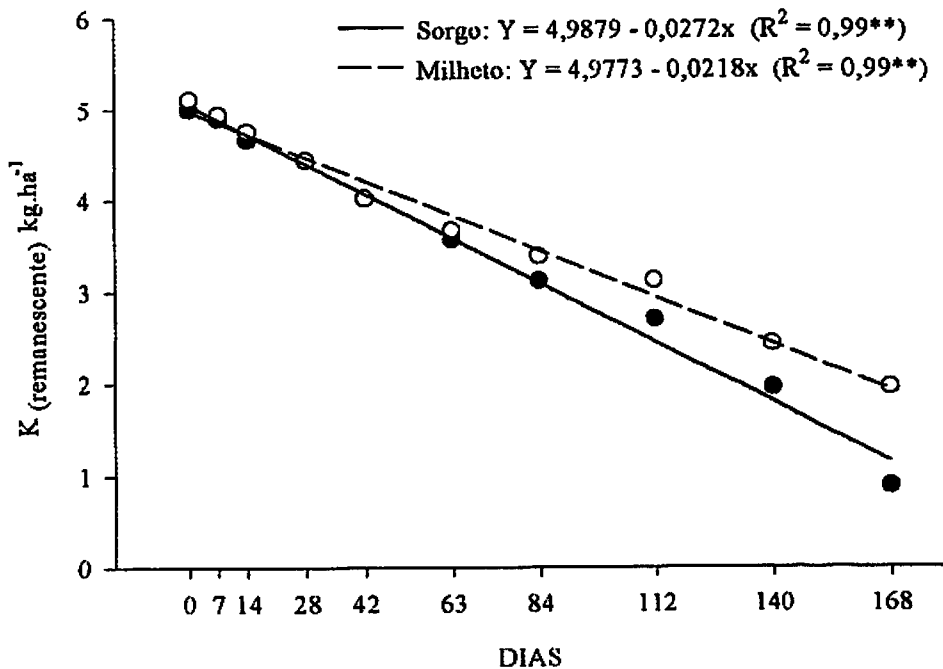


FIGURA 4. Potássio remanescente em função do tempo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

De maneira geral, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 4), verifica-se que a maior velocidade de mineralização de potássio ocorreu nos primeiros 63 dias de avaliação, sendo que as taxas médias diárias de mineralização do nutriente nesse período foram expressivamente maiores do que no período final, ou seja, de 1,91 e 1,72 kg.ha⁻¹, enquanto nos 105 dias finais os valores observados foram de 0,237 e 0,314 kg.ha⁻¹, para sorgo e milho, respectivamente.

As taxas de mineralização de potássio nos primeiros 63 dias foram 706 e 448% maior do que nos 105 dias finais, para sorgo e milho, respectivamente, sendo que o sorgo apresentou uma taxa média diária de mineralização de potássio 7% superior à do resíduo de milho, durante o período de 168 dias.

É possível estimar, por meio das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 4), que nas condições do estudo, a mineralização completa do potássio do resíduo de sorgo e milho ocorreria num período de aproximadamente 183 e 228 dias, para as duas espécies, respectivamente.

De acordo com Bartz (1998) a grande velocidade de mineralização do potássio pode estar relacionada à sua alta facilidade de ser extraído do tecido vegetal. Esse elemento pode ser facilmente extraído dos tecidos das plantas, tanto pela água da chuva como pela própria umidade do solo, por encontrar-se na forma iônica e não participar na constituição de compostos orgânicos estáveis.

4.2.5 Mineralização do cálcio

Inicialmente, os resíduos de sorgo e de milho continham 86,1 e 105,6 kg.ha⁻¹ de cálcio, que se reduziram a 3,9 e a 3,3 kg.ha⁻¹ ao final do período de avaliação, inferindo-se, assim, uma mineralização de 95 e 97% (82,2 e 102,3

kg.ha⁻¹, respectivamente) deste nutriente ao final de 168 dias de avaliação (Tabela 5).

As taxas médias diárias de mineralização de cálcio do resíduo cultural de sorgo e milho foram, respectivamente, de 0,501 e 0,581 kg.ha⁻¹, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 5).

De maneira geral, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 5), verifica-se que a maior velocidade de mineralização de cálcio ocorreu nos primeiros 63 dias de avaliação, sendo que as taxas médias diárias de mineralização do nutriente nesse período, foram expressivamente maiores do que no período final, ou seja, de 1,058 e 1,171

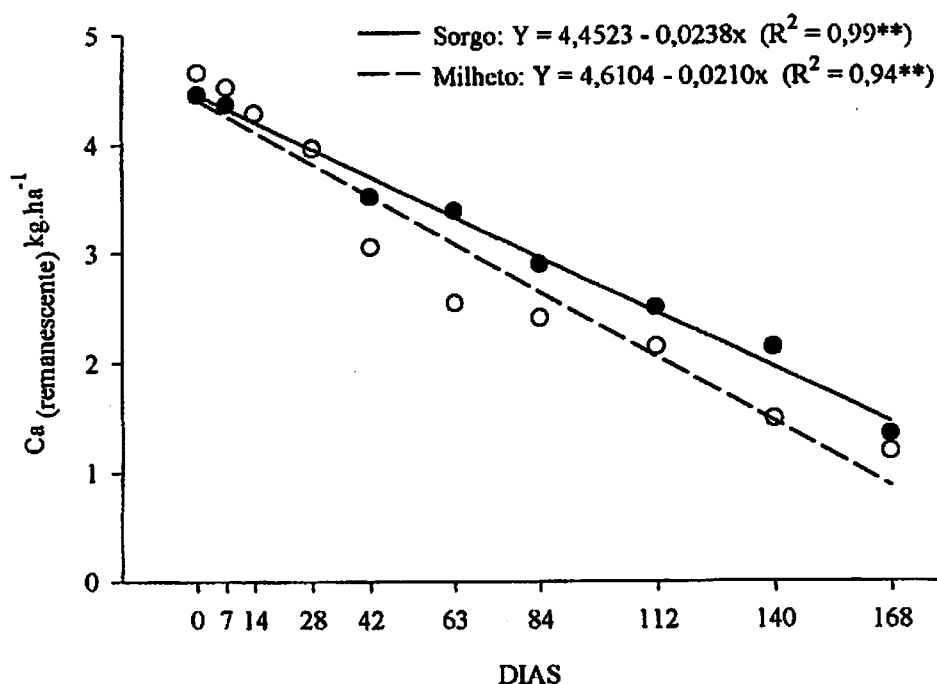


FIGURA 5. Cálcio remanescente em função do tempo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

kg.ha⁻¹, enquanto nos 105 dias finais os valores observados foram de 0,167 e 0,227 kg.ha⁻¹, para sorgo e milho, respectivamente.

As taxas de mineralização de cálcio nos primeiros 63 dias foram, 533 e 416% maiores do que nos 105 dias finais, para sorgo e milho, respectivamente, sendo que o milho apresentou uma taxa média diária de liberação de cálcio 16% superior à do resíduo de sorgo, durante o período de 168 dias.

É possível estimar, por meio das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 5) que, nas condições do estudo, a mineralização completa do cálcio do resíduo de sorgo e milho ocorreria num período de aproximadamente 187 e 219 dias, para as duas espécies, respectivamente.

4.2.6 Mineralização do magnésio

Inicialmente, os resíduos de sorgo e de milho continham 27,4 e 27,8 kg.ha⁻¹ de magnésio, que se reduziram a 1,6 e a 2,8 kg.ha⁻¹ ao final do período de avaliação, inferindo-se, assim, uma mineralização de 94 e 90% (25,8 e 25,0 kg.ha⁻¹, respectivamente) deste nutriente ao final de 168 dias de avaliação (Tabela 5).

As taxas médias diárias de mineralização de magnésio do resíduo cultural de sorgo e milho foram, respectivamente, de 0,140 e 0,130 kg.ha⁻¹, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 6).

De maneira geral, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 6), verifica-se que a maior velocidade de mineralização de magnésio ocorreu nos primeiros 63 dias de avaliação, sendo que as taxas médias diárias de mineralização do nutriente nesse período foram expressivamente maiores do que no período final, ou seja, de 0,264 e 0,227 kg.ha⁻¹, para sorgo e milho, respectivamente, enquanto nos 105 dias finais

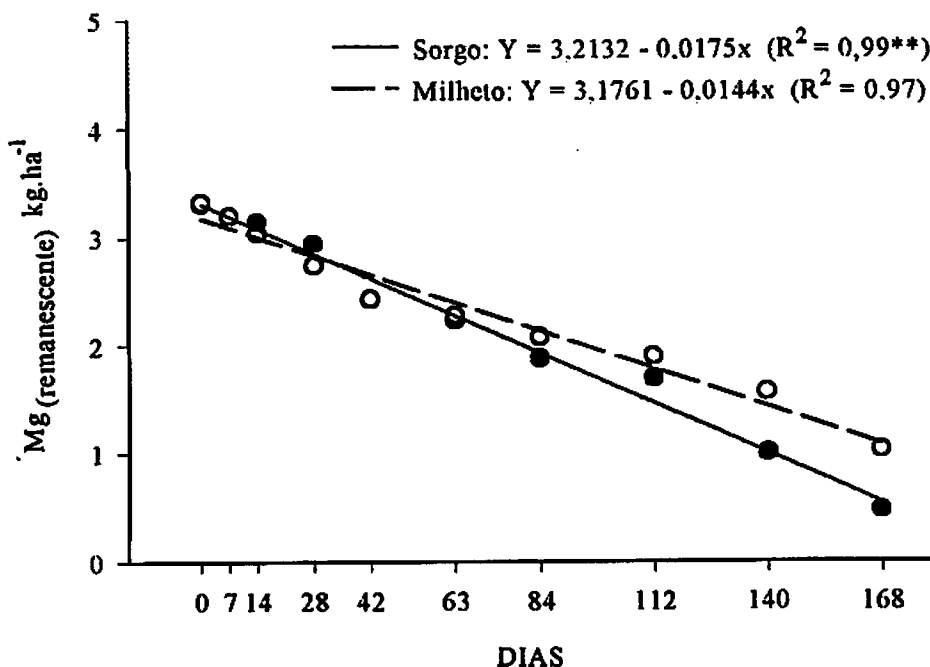


FIGURA 6. Magnésio remanescente em função do tempo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

os valores observados foram de 0,066 e 0,072 kg.ha⁻¹, para sorgo e milho, respectivamente.

As taxas de mineralização de magnésio nos primeiros 63 dias foram, 300 e 215% maiores do que nos 105 dias finais, para sorgo e milho, respectivamente, sendo que o sorgo apresentou uma taxa média diária de mineralização de magnésio 8% superior à do resíduo de milho, durante o período de 168 dias.

É possível estimar, por meio das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 6), que nas condições do estudo, a mineralização completa do magnésio do resíduo de sorgo e milho ocorreria num período de aproximadamente 184 e 221 dias, para as duas espécies, respectivamente.

4.2.7 Mineralização do enxofre

Inicialmente, os resíduos de sorgo e de milho continham 20,9 e 22,9 kg.ha⁻¹ de enxofre, que se reduziram a 2,9 e a 4,0 kg.ha⁻¹ ao final do período de avaliação, inferindo-se, assim, uma mineralização de 86 e 82% (18,0 e 18,9 kg.ha⁻¹, respectivamente) deste nutriente ao final de 168 dias de avaliação (Tabela 5).

As taxas médias diárias de mineralização de enxofre do resíduo de sorgo e milho foram, respectivamente, de 0,105 e 0,112 kg.ha⁻¹, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 7).

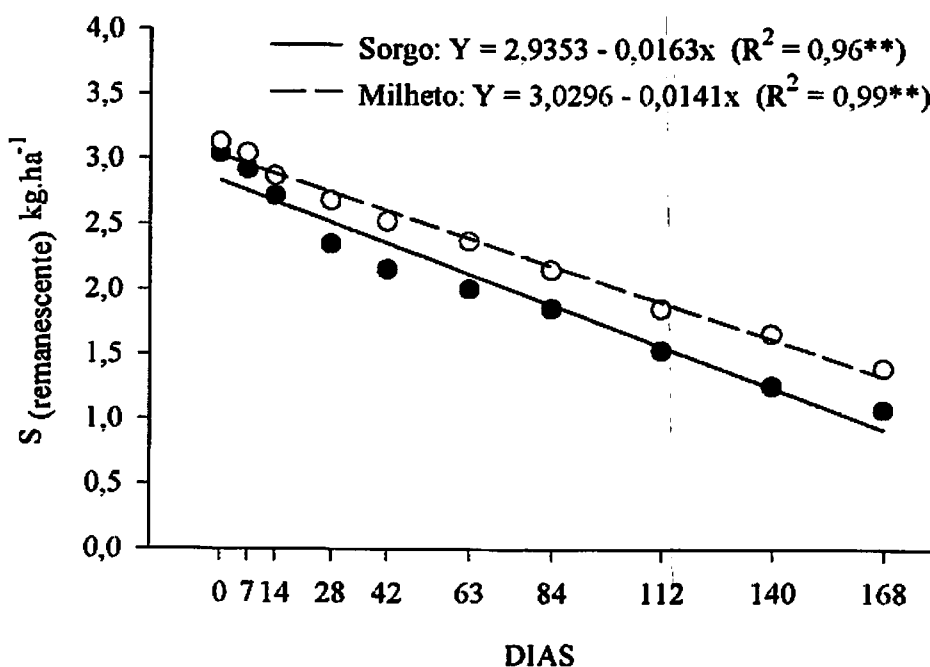


FIGURA 7. Enxofre remanescente em função do tempo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras - MG, 1999/2000.

De maneira geral, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 7), verifica-se que a maior velocidade de mineralização de enxofre ocorreu nos primeiros 63 dias de avaliação, sendo que as taxas médias diárias de mineralização do nutriente nesse período foram expressivamente maiores do que no período final, ou seja, de 0,192 e 0,193 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, enquanto nos 105 dias finais os valores observados foram de 0,053 e 0,063 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para sorgo e milho, respectivamente.

As taxas de mineralização de enxofre nos primeiros 63 dias foram, 262 e 206% maiores do que nos 105 dias finais, para sorgo e milho, respectivamente, sendo que o milho apresentou uma taxa média diária de mineralização de enxofre 7% superior à do resíduo de sorgo, durante o período de 168 dias.

É possível estimar, por meio das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 7), que nas condições do estudo, a mineralização completa do enxofre do resíduo de sorgo e milho ocorreria num período de aproximadamente 180 e 215 dias, para as duas espécies, respectivamente.

4.2.8 Mineralização do boro

Inicialmente, os resíduos de sorgo e de milho continham 131,7 e 142,5 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ de boro, que se reduziram a 7,8 e a 6,6 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ao final do período de avaliação, inferindo-se, assim, uma mineralização de 94 e 95% (123,9 e 135,9 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente) deste nutriente ao final de 168 dias de avaliação (Tabela 5).

As taxas médias diárias de mineralização de boro do resíduo cultural de sorgo e milho foram, respectivamente, de 0,773 e 0,821 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 8).

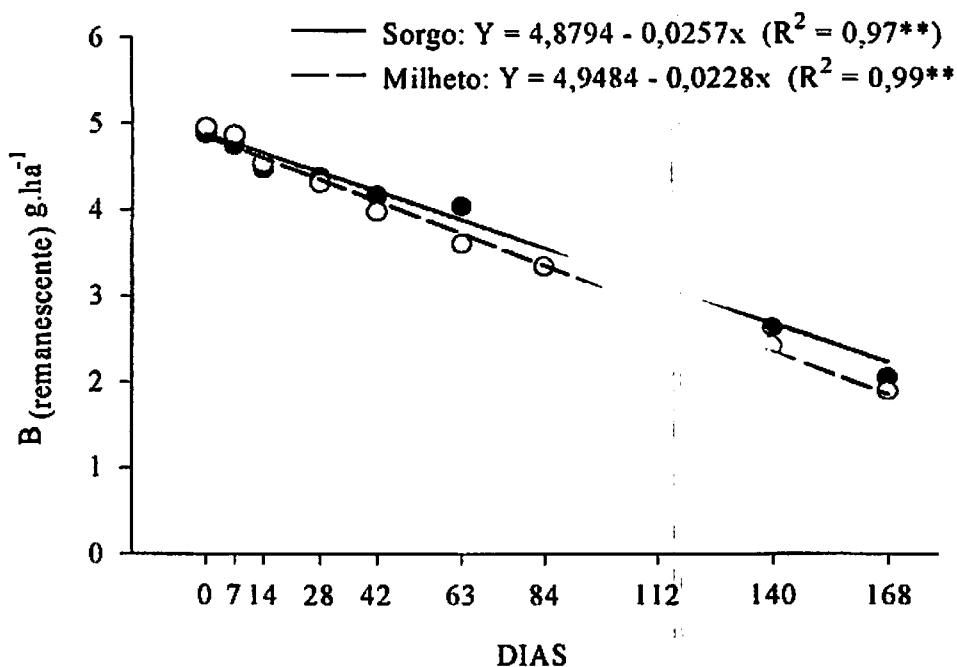


FIGURA 8. Boro remanescente em função do tempo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

De maneira geral, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 8), verifica-se que a maior velocidade de mineralização de boro ocorreu nos primeiros 63 dias de avaliação, sendo que as taxas médias diárias de mineralização do boro nesse período, foram expressivamente maiores do que no período final, ou seja, de 1,675 e 1,705 g.ha⁻¹, enquanto nos 105 dias finais os valores observados foram de 0,231 e 0,290 g.ha⁻¹, para sorgo e milho, respectivamente.

As taxas de mineralização de boro nos primeiros 63 dias foram, 625 e 488% maiores do que nos 105 dias finais, para sorgo e milho, respectivamente, sendo que o milho apresentou uma taxa média diária de mineralização de boro 6% superior à do resíduo de sorgo, durante o período de 168 dias.

É possível estimar, por meio das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 8), que nas condições do estudo, a mineralização completa do boro do resíduo de sorgo e milho ocorreria num período de aproximadamente 190 e 217 dias, para as duas espécies, respectivamente.

4.2.9 Mineralização do cobre

Inicialmente, os resíduos de sorgo e de milho continham 38,7 e 50,6 g.ha⁻¹ de cobre, que se reduziram a 2,6 e 3,8 g.ha⁻¹ ao final do período de avaliação, inferindo-se, assim, uma mineralização de 93 e 92% (36,1 e 46,8 g.ha⁻¹, respectivamente) deste nutriente ao final de 168 dias de avaliação (Tabela 5).

As taxas médias diárias de mineralização de cobre do resíduo cultural de sorgo e milho foram, respectivamente, de 0,184 e 0,270 g.ha⁻¹, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 9).

De maneira geral, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 9), verifica-se que a maior velocidade de mineralização de cobre ocorreu nos primeiros 63 dias de avaliação, sendo que as taxas médias diárias de mineralização do cobre nesse período, foram expressivamente maiores do que no período final, ou seja, de 0,357 e 0,515 g.ha⁻¹, enquanto nos 105 dias finais os valores observados foram de 0,080 e 0,124 g.ha⁻¹, para sorgo e milho, respectivamente.

As taxas de mineralização de cobre nos primeiros 63 dias foram, 346 e 315% maiores do que nos 105 dias finais, para sorgo e milho, respectivamente, sendo que o milho apresentou uma taxa média diária de mineralização de cobre 47% superior à do resíduo de sorgo.

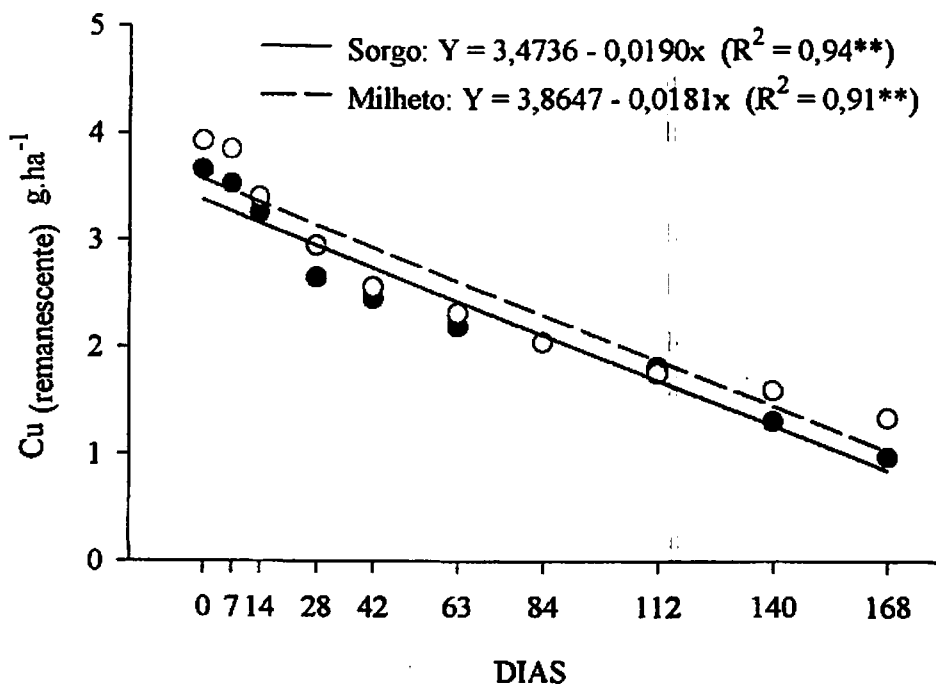


FIGURA 9. Cobre remanescente em função do tempo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

É possível estimar, por meio das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 9), que nas condições do estudo, a mineralização completa do cobre do resíduo de sorgo e milho ocorreria num período de aproximadamente 183 e 213 dias, para as duas espécies, respectivamente.

4.2.10 Mineralização do ferro

Inicialmente, os resíduos de sorgo e milho continham 899 e 928 g.ha⁻¹ de ferro, que se reduziram a 52 e a 31 g.ha⁻¹ ao final do período de avaliação, inferindo-se, assim, uma mineralização de 94 e 97% (847 e 897 g.ha⁻¹, respectivamente) deste nutriente ao final de 168 dias de avaliação (Tabela 5).

As taxas médias diárias de mineralização de ferro do resíduo cultural de sorgo e milho foram, respectivamente, de 5,050 e 5,467 g.ha⁻¹, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 10).

De maneira geral, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 10), verifica-se que a maior velocidade de mineralização de ferro ocorreu nos primeiros 63 dias de avaliação, sendo que as taxas médias diárias de mineralização do nutriente nesse período foram expressivamente maiores do que no período final, ou seja, de 12,117 e 12,518 g.ha⁻¹, enquanto nos 105 dias finais os valores observados foram de 0,809 e 1,236 g.ha⁻¹, para sorgo e milho, respectivamente.

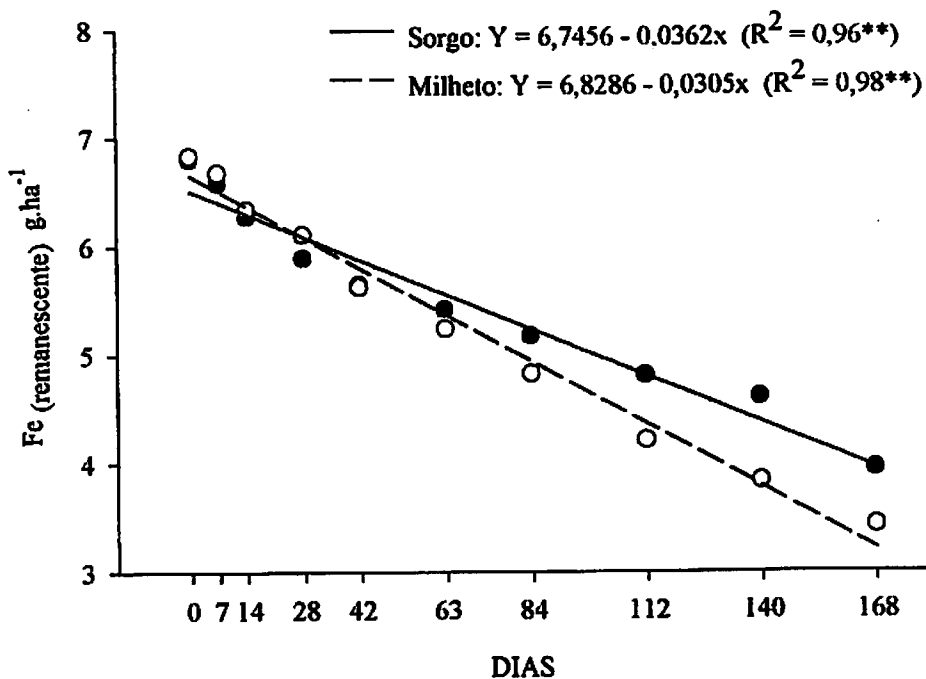


FIGURA 10. Ferro remanescente em função do tempo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

As taxas de mineralização de ferro nos primeiros 63 dias foram, 1398 e 912% maior do que nos 105 dias finais, para sorgo e milho, respectivamente, sendo que o milho apresentou uma taxa média diária de mineralização de ferro 8% superior à do resíduo de sorgo, durante o período de 168 dias.

É possível estimar, por meio das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 10), que nas condições do estudo, a mineralização completa do ferro do resíduo de sorgo e milho ocorreria num período de aproximadamente 186 e 224 dias, para as duas espécies, respectivamente.

4.2.11 Mineralização do manganês

Inicialmente, os resíduos de sorgo e milho continham 373 e 449 g.ha⁻¹ de manganês, que se reduziram a 37 e a 74 g.ha⁻¹ ao final do período de avaliação, inferindo-se, assim, uma mineralização de 90 e 83% (336 e 375 g.ha⁻¹, respectivamente) deste nutriente ao final de 168 dias de avaliação (Tabela 5).

As taxas médias diárias de mineralização de manganês do resíduo cultural de sorgo e milho foram, respectivamente, de 2,133 e 2,639 g.ha⁻¹, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 11).

De maneira geral, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 11), verifica-se que a maior velocidade de mineralização de manganês ocorreu nos primeiros 63 dias de avaliação, sendo que as taxas médias diárias de mineralização do nutriente nesse período foram expressivamente maiores do que no período final, ou seja, de 4,918 e 6,025 g.ha⁻¹, enquanto nos 105 dias finais, os valores observados foram de 0,462 e 0,607 g.ha⁻¹, para sorgo e milho, respectivamente.

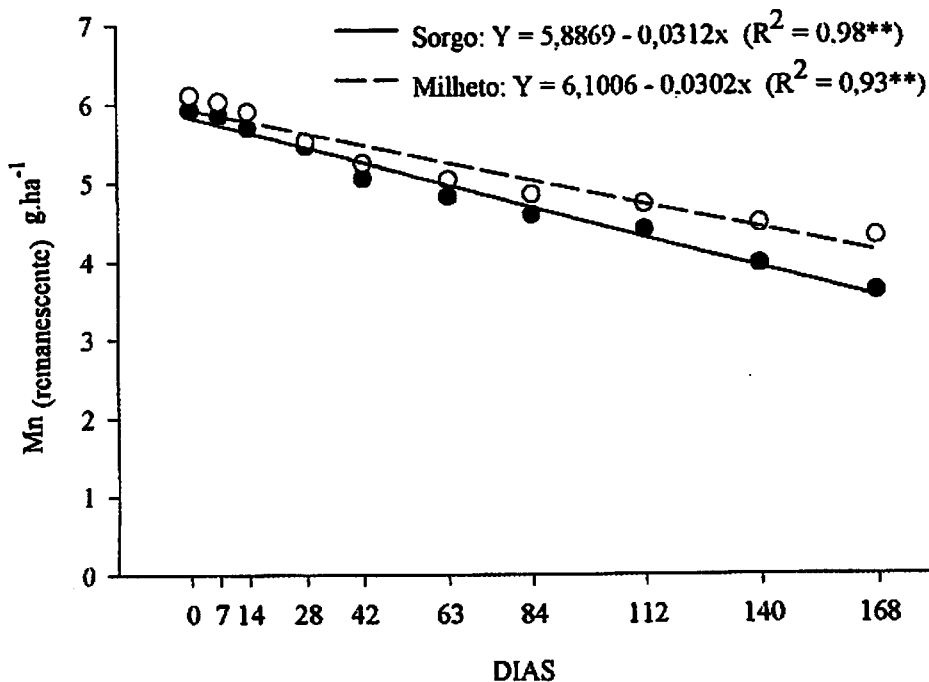


FIGURA 11. Manganês remanescente em função do tempo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras - MG, 1999/2000.

As taxas de mineralização de manganês nos primeiros 63 dias foram, 964 e 893% maior do que nos 105 dias finais, para sorgo e milho, respectivamente, sendo que o milho apresentou uma taxa média diária de mineralização de manganês 24% superior à do resíduo de sorgo, durante o período de 168 dias.

É possível estimar, por meio das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 11), que nas condições do estudo, a mineralização completa do manganês do resíduo de sorgo e milho ocorreria num período de aproximadamente 189 e 202 dias, para as duas espécies, respectivamente.

4.2.12 Mineralização do zinco

Inicialmente, os resíduos de sorgo e milho continham 259 e 329 g.ha⁻¹ de zinco, que se reduziram a 10 e a 23 g.ha⁻¹ ao final do período de avaliação, inferindo-se, assim, uma mineralização de 96 e 93% (249 e 306 g.ha⁻¹, respectivamente) deste nutriente ao final de 168 dias de avaliação (Tabela 5).

As taxas médias diárias de mineralização de zinco do resíduo cultural de sorgo e milho foram, respectivamente, de 1,488 e 1,864 g.ha⁻¹, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 12).

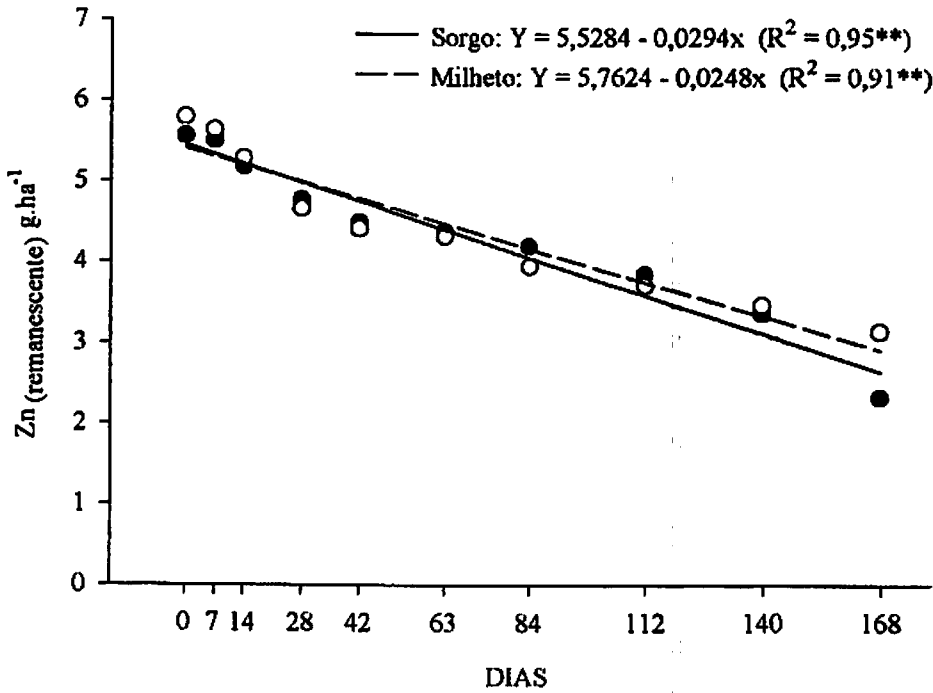


FIGURA 12. Zinco remanescente em função do tempo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras-MG, 1999/2000.

De maneira geral, conforme os coeficientes angulares das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 12), verifica-se que a maior velocidade de mineralização de zinco ocorreu nos primeiros 63 dias de avaliação, sendo que as taxas médias diárias de mineralização do nutriente nesse período, foram expressivamente maiores do que no período final, ou seja, de 3,37 e 3,99 g.ha⁻¹, enquanto nos 105 dias finais os valores observados foram de 0,36 e 0,59 g.ha⁻¹, para sorgo e milho, respectivamente.

As taxas de mineralização de zinco nos primeiros 63 dias foram, 838 e 579% maiores do que nos 105 dias finais, para sorgo e milho, respectivamente, sendo que o milho apresentou uma taxa média diária de mineralização de zinco 25% superior à do resíduo de sorgo, durante o período de 168 dias.

É possível estimar, por meio das equações de regressão exponencial linearizadas (Figura 12), que nas condições do estudo, a mineralização completa do zinco do resíduo de sorgo e milho ocorreria num período de aproximadamente 188 e 232 dias, para as duas espécies, respectivamente.

As informações sobre a velocidade de decomposição das palhadas de sorgo e milho e mineralização dos nutrientes, são importantes, pois indicam que qualquer cultura anual, semeada após a dessecação/rolagem das culturas do sorgo e milho, poderá ser beneficiada, durante o seu ciclo, pela cobertura residual das plantas de cobertura e pela mineralização gradual dos nutrientes.

Segundo Büll e Cantarella (1993), a exigência da cultura do milho pela maioria dos nutrientes encontra-se em torno de 60 dias após a germinação, o que está de acordo com os resultados observados neste trabalho, onde a maior velocidade de mineralização dos nutrientes foi verificada nos primeiros 63 dias após a dessecação/rolagem das culturas de sorgo e milho.

De acordo com Bertol et al. (1998) a maior velocidade de mineralização dos nutrientes no início da avaliação, provavelmente é explicada pelo ataque microbiano à fração mais facilmente decomponível dos resíduos na fase inicial

do processo de decomposição, composta principalmente de proteínas e carboidratos simples, em relação ao ataque de compostos mais resistentes nas fases finais, tais como lignina e celulose, promovendo maior mineralização dos nutrientes na primeira fase.

4.3 Influência das palhadas de sorgo e milho nas características agrônômicas de três cultivares de milho

Verifica-se, pela Tabela 4A, que houve efeito isolado das plantas de cobertura e das cultivares para as variáveis altura de plantas e estande final, e interação significativa entre plantas de cobertura e cultivares, para as variáveis peso médio de 100 grãos e produtividade.

Com relação à altura de planta (Tabela 6), o menor valor observado foi para a cultivar C929, enquanto os demais apresentaram valores semelhantes para esta característica. Para a característica estande final, a cultivar C333B apresentou a maior população de plantas ao final do ciclo, enquanto a C929, o menor estande final. Estes resultados podem ser explicados pelas características intrínsecas das cultivares.

TABELA 6 – Altura de plantas e estande final em função das cultivares de milho. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

CULTIVARES	Características agrônômicas do milho	
	Altura de Planta (cm)	Estande Final (plantas/ha)
C 929	115,15 b	33681 c
XL 251	137,90 a	38194 b
C 333 B	133,79 a	42187 a
Média geral	128,95	38021

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Para altura de planta e estande final, as cultivares apresentaram resultados superiores quando cultivadas em solo sob palhada de milho (Tabela 7). A palhada de milho, por ter apresentado maior persistência na superfície do solo (Figura 1), oferecendo maior proteção e maior retenção de água no mesmo, além de ter proporcionado melhores características químicas ao solo, pode ter contribuído positivamente com o melhor desenvolvimento das plantas de milho e proporcionando maior altura e estande final.

TABELA 7 – Altura e estande final de plantas de milho, em função das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Plantas de Cobertura	Características agronômicas do milho	
	Altura de Planta (cm)	Estande Final (plantas/ha)
Sorgo	112,45 b	32060 b
Milho	145,44 a	43981 a
Média geral	128,94	38020

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Pelos resultados apresentados na Tabela 8, verifica-se que os maiores valores médios para peso de 100 grãos foram obtidos quando as cultivares foram semeadas em solo sob palhada de milho. A cultivar C929 obteve o menor peso de 100 grãos, enquanto as outras duas apresentaram valores semelhantes quando cultivadas sob palhada de sorgo. Esses resultados foram inferiores aos observados por Pasqualetto (1999), com exceção da cultivar C333B, que apresentou valor superior quando cultivada em solo sob palhada de milho.

Verifica-se também que o maior rendimento de grãos foi obtido quando as cultivares foram semeadas em solo sob palhada de milho. Resultados semelhantes foram observados por Lara, Motta e Andreani (1995), verificando maiores produtividades quando o milho foi cultivado após milho.

TABELA 8 – Peso médio de 100 grãos e produtividade do milho, em função dos cultivares e das palhadas de sorgo e milheto. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Plantas De Cobertura	Características agronômicas do milho					
	Peso médio de 100 Grãos (g)			Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)		
	Cultivares			Cultivares		
	C 929	XL 251	C 333 B	C 929	XL 251	C 333 B
Sorgo	21,3 bB	24,7 bA	24,9 bA	1139 bA	1261 bA	1356 bA
Milheto	26,3 aC	28,4 aB	33,6 aA	1562 aC	2305 aB	2848 aA
Média geral*	23,8	26,55	29,25	1351	1783	2102

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada cultivar.

Em solo sob palhada de sorgo, as cultivares tiveram rendimento de grãos semelhantes e inferiores aos obtidos por Pasqualetto (1999) e Carvalho (2000). No solo com palhada de milheto, destacou-se a cultivar C333B com maior rendimento de grãos, embora com produtividade inferior à observada por esses autores.

As cultivares de milho apresentaram maiores valores para todas as características avaliadas, quando semeadas em solo sob palhada de milheto. Isso pode ser explicado pela menor velocidade de decomposição apresentada pelo milheto (Figura 1), persistindo por mais tempo na superfície do solo, contribuindo para a maior proteção e maior retenção de água no mesmo, além da palhada do milheto ter proporcionado melhores características químicas ao solo, tais como: maior pH, maiores teores de P, K, Ca, Mg, N-NO₃⁻, MO, maior t, T, SB, V e menor teor de Al e m, principalmente na camada superficial. Também a decomposição da palhada de sorgo promoveu maior concentração de N-NH₄⁺ no solo ocasionando maior acidez do mesmo prejudicando o desenvolvimento da cultura do milho. Segundo Vale et al. (1995b) a decomposição da matéria orgânica produz N-NH₄⁺, que pode acidificar o solo através da reação de nitrificação.

Vale ressaltar que o baixo rendimento da cultura do milho observado neste trabalho pode ter sido influenciado por vários fatores, tais como, a não realização de adubação em cobertura, a imobilização pelos microorganismos dos nutrientes liberados das palhadas durante o processo de decomposição, a baixa população de plantas obtida pelas cultivares e a época de plantio. A população de plantas ideal para a cultivar C929 é de 65 a 70 mil plantas/ha; para a XL251, de 55 a 60 mil plantas/ha; e para a C333B de 55 mil plantas/ha.

De acordo com Souza (1989) o atraso na semeadura do milho promove perdas de produtividade. Segundo Ribeiro (1998) a época recomendada para plantio do milho em Minas Gerais é de outubro a novembro. A partir da segunda quinzena de outubro, as perdas podem chegar a 28 kg/ha/dia na produtividade de espigas despalhadas.

4.4 Influência das palhadas de sorgo e milheto nas características químicas do solo

O resumo das análises de variância dos dados referentes às propriedades químicas do solo, avaliadas em quatro profundidades após o ciclo do milho em plantio direto, encontram-se nas Tabelas 2A e 3A. Houve efeito significativo da interação das palhadas das plantas de cobertura e das profundidades, para todas as variáveis analisadas.

Pelos dados apresentados na Tabela 9, verifica-se que o pH do solo foi maior no tratamento com palhada de milheto, principalmente nos primeiros 10cm de profundidade.

No solo com palhada de sorgo, o maior pH foi encontrado na profundidade de 0-5cm, não havendo diferença entre as demais profundidades. O mesmo aconteceu na área com milheto, porém nesta, o valor encontrado na camada de 5-10cm foi superior aos das camadas de 10-20 e de 20-40cm, que

TABELA 9 – pH em água e concentração Al do solo, ao final do estudo de decomposição, em função das profundidades e das palhadas das plantas de cobertura. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Plantas de Cobertura	PH				Al (cmol./dm ³)			
	Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40
Sorgo	5,92 bA	5,70 bB	5,65 aB	5,50 aB	0,22 aB	0,25 aB	0,25 bB	0,45 aA
Milheto	6,35 aA	6,02 aB	5,75 aC	5,55 aC	0,12 bB	0,15 bB	0,35 aA	0,37 aA
Média geral*	6,13	5,86	5,70	5,52	0,17	0,20	0,30	0,41
Valor inicial**	5,70	5,70	5,60	5,50	0,40	0,40	0,50	0,50

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial antes da implantação do experimento.

apresentaram valores semelhantes. Estes resultados conferem com os observados por Siqueira (1989) e Pasqualetto (1999), que encontraram maiores valores de pH nas camadas superficiais do solo, diminuindo gradativamente ao se aprofundar no perfil do solo.

Miyazawa, Pavan e Calegari (1993) também observaram que materiais vegetais aumentaram o pH na camada superficial do solo. No entanto, estes resultados diferem daqueles obtidos por Oliveira (2001), quando observou que o cultivo das plantas de cobertura não influenciou o pH do solo.

Por outro lado, verifica-se que houve um aumento no valor do pH do solo em relação aos valores iniciais encontrados antes da implantação do experimento, principalmente na profundidade de 0-5cm e 5-10cm (Tabela 9), assemelhando-se aos resultados observados por Cassiolato et al. (1998), que verificaram aumento do pH do solo pelo efeito do material vegetal em superfície. Pasqualetto (1999) constatou maiores valores de pH em áreas cultivadas com sorgo e milho, demonstrando o benefício causado por estas espécies nas propriedades químicas do solo.

Quanto ao teor de Al (Tabela 9), verifica-se que este foi menor nas camadas superficiais do solo, sendo que, nas profundidades de 0-5cm e de 5-10cm, os maiores valores foram observados na área com palhada de sorgo. Na profundidade de 10-20cm o teor de alumínio foi superior na área com palhada de milho, enquanto, na camada de 20-40cm, os valores foram semelhantes nas duas áreas.

De maneira geral, pode-se observar, pelos dados apresentados na Tabela 9, que houve diminuição dos teores de Al no solo em relação aos valores iniciais, especialmente nas camadas superficiais. Provavelmente, a adição de matéria orgânica na superfície pelas palhadas das plantas de cobertura tenha sido responsável pela redução na concentração deste elemento, uma vez que, segundo Vale et al. (1995a) e Bayer e Mielniczuk (1999), a matéria orgânica pode neutralizar o Al trocável, formando complexos estáveis e diminuindo seu efeito prejudicial sobre as culturas. Em seus estudos avaliando os efeitos de material vegetal na acidez do solo, Miyazawa, Pavan e Calegari (1993) e Cassiolato et al. (1998) também observaram influência do material vegetal na redução do teor de Al no solo.

Pelos resultados apresentados na Tabela 10, pode-se observar que a acidez potencial foi maior na área com palhada de sorgo em todas as profundidades. Seguindo a mesma tendência do Al, a acidez potencial também apresentou menores valores nas camadas superficiais do solo. Estes resultados diferem dos observados por Rheinheimer et al. (1998) que constataram aumento da acidez potencial na camada de 0-5cm de profundidade em solo sob plantio direto.

No solo com palhada de milho, na camada de 0-5cm de profundidade, a acidez potencial foi menor do que na camada de 5-10cm, a qual se diferenciou das demais profundidades, que apresentaram resultados semelhantes. No solo com palhada de sorgo, as camadas de 0-5cm e de 5-10cm de

TABELA 10 – H + Al e saturação por alumínio (m) do solo, ao final do estudo de decomposição, em função das profundidades e das palhadas das plantas de cobertura. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Plantas de Cobertura	H + Al (cmol./dm ³)				m (%)			
	Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40
Sorgo	2,22 aC	2,35 aC	2,55 aB	2,77 aA	7,87 aD	10,42 aC	13,22 aB	15,27 aA
Milheto	1,52 bC	1,97 bB	2,32 bA	2,50 bA	8,47 aB	8,85 bB	11,97 aA	12,12 bA
Média geral*	1,87	2,16	2,43	2,63	8,17	9,63	12,59	13,69
Valor inicial**	2,6	2,6	2,7	2,7	10,50	12,50	16,1	20,0

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial antes da implantação do experimento.

profundidade apresentaram menores valores de acidez potencial, diferindo da camada de 10-20cm, a qual diferiu da camada de 20-40cm, que apresentou maior valor de acidez potencial. Pasqualetto (1999) estudando diversas sucessões de culturas, encontrou menores valores de H + Al nas sucessões sorgo-milho e milheto-milho, as quais não diferiram entre si.

De maneira geral, os valores apresentados na Tabela 10 mostram que houve diminuição da acidez potencial em relação aos valores iniciais observados antes da implantação do experimento, principalmente nas camadas superficiais do solo, demonstrando o possível efeito das plantas de cobertura na redução da acidez potencial.

Quanto à saturação por Al (Tabela 10), observam-se valores menores nas camadas superficiais do solo, aumentando gradativamente com a profundidade. Nas camadas de 0-5cm e de 10-20cm, a saturação por Al apresentou valores semelhantes nas duas áreas, enquanto, nas camadas de 5-10cm e de 20-40cm, o solo sob palhada de sorgo apresentou valores superiores aos da área com milheto.

No solo com palhada de sorgo, o menor valor da saturação por Al foi encontrado na camada de 0-5cm, diferindo das demais profundidades, sendo que o maior valor foi encontrado na camada de 20-40cm. No solo com palhada de milho, esta variável foi igual nas camadas de 0-5cm e de 5-10cm, diferindo das camadas de 10-20cm e de 20-40cm, que apresentaram os maiores valores, sendo semelhantes entre si.

De forma geral, pode-se verificar que houve diminuição da saturação por Al em relação aos valores iniciais, corroborando os resultados observados por Oliveira (2001), que detectou redução da saturação por Al pelo efeito das plantas de cobertura no sistema de plantio direto.

Com relação ao teor de P no solo, observa-se, pelos resultados apresentados na Tabela 11, que os maiores valores foram encontrados na área com palhada de milho nas profundidades de 0-5cm e de 5-10cm, enquanto, nas demais camadas, os valores foram semelhantes nas duas áreas. Estes resultados assemelham-se aos encontrados por Alves (1992), que constatou diferença significativa entre profundidades e maior acúmulo de P na camada de 0-10cm, e com os obtidos por Oliveira (2001), que avaliando plantas de cobertura em plantio direto, constatou que o teor de P foi maior na camada de 0-5cm, no solo sob palhada de milho.

No solo com palhada de sorgo, os maiores valores de P foram encontrados nas duas primeiras camadas, que diferiram das camadas de 10-20cm e de 20-40cm, as quais foram semelhantes entre si, o mesmo ocorrendo na área com palhada de milho. A constatação de que a maior concentração de P foi encontrada nas camadas de 0-5cm e de 5-10cm de profundidade confere com os resultados encontrados por diversos autores, como Muzilli (1983); Calegari et al. (1992) e Sá (1993), os quais verificaram que em plantio direto houve maior acúmulo de P nas camadas superficiais do solo.

TABELA 11 – Concentrações de P e K do solo, ao final do estudo de decomposição, em função das profundidades e das palhadas das plantas de cobertura. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

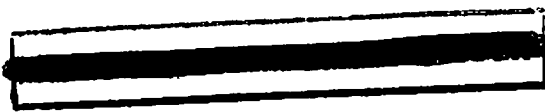
Plantas de Cobertura	P (mg/dm ³)				K (mg/ dm ³)			
	Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40
Sorgo	4,87 bA	4,60 bA	3,60 aB	2,95 aB	55,30 bA	47,65 bB	33,32 aC	19,82 aD
Milheto	6,45 aA	5,90 aA	3,77 aB	3,07 aB	73,40 aA	67,17 aB	34,02 aC	20,20 aD
Média geral*	5,66	5,25	3,68	3,01	64,35	57,41	33,67	20,01
Valor inicial**	4,00	3,00	2,00	1,00	53,00	31,00	25,00	19,00

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial antes da implantação do experimento.

Ainda pela Tabela 11, pode-se observar que houve aumento na concentração de P, comparada aos resultados iniciais encontrados antes da implantação do experimento, reforçando as conclusões de De Maria e Castro (1993) e Rheinheimer et al. (1998), que observaram, na adoção do sistema de plantio direto, aumento no teor de P disponível no solo, principalmente nas camadas de 0-5cm e de 5-10cm de profundidade, demonstrando os efeitos do sistema na fertilidade do solo.

Quanto ao K, observa-se, pela Tabela 11, que para os solos sob as duas palhadas, as maiores concentrações encontram-se na camada de 0-5cm, diferindo estatisticamente das demais camadas. Este resultado confere com os observados por Alves (1992), Calegari et al. (1992), De Maria e Castro (1993), Pauletti et al. (1995) e Rheinheimer et al. (1998), que também observaram maior concentração de K na camada superficial do solo.

Provavelmente, a maior concentração de K encontrada na camada superficial foi devida à maior quantidade de material vegetal, proporcionando maior mineralização deste elemento durante a decomposição. Segundo Bartz (1998), a maioria do K está na forma iônica e não participa na constituição de



orgânicos estáveis, podendo ser facilmente extraído dos tecidos das plantas, tanto pela água da chuva como pela própria umidade do solo, o que propicia maior concentração desse nutriente nas camadas superficiais do solo sob plantio direto.

Comparando as palhadas, verifica-se, pela Tabela 11, que a de milho destacou-se também para a concentração de K no solo, no qual se observam as maiores concentrações até 10cm de profundidade. Muzilli (1983), Pasqualetto (1999) e Oliveira (2001) também verificaram maiores teores de K no solo sob palhada de milho na mesma profundidade.

Observa-se, ainda, que houve aumento na concentração de K, comparada aos resultados iniciais encontrados antes da implantação do experimento, da mesma forma que diversos autores como, Calegari et al. (1992), Testa, Teixeira e Mielniczuk (1992), Cassiolato et al. (1998) e Rheinheimer et al. (1998) observaram aumento deste elemento com a adoção do sistema plantio direto.

O solo sob palhada do sorgo na camada de 0-5cm e sob palhada do milho nas camadas de 0-5cm e de 5-10cm apresentaram concentrações de K adequadas ao plantio direto, que é acima de 50mg/dm^3 , segundo Thung e Oliveira (1998).

Quanto ao Ca, observa-se, pelos dados da Tabela 12, que a maior concentração no solo foi encontrada na área com palhada de milho na profundidade de 0-5cm, sendo que, nas demais camadas, os resultados das duas palhadas foram estatisticamente iguais, corroborando os resultados observados por Carvalho (2000), que verificou maiores concentrações deste nutriente em área cultivada com milho. Verifica-se ainda, independentemente do tipo de palhada, que houve diminuição da concentração de Ca à medida que se aprofundou no perfil do solo. Muzilli (1983) e Calegari et al. (1992) também observaram diminuição do teor de Ca com o aumento da profundidade.

TABELA 12 – Concentrações de Ca e Mg do solo, ao final do estudo de decomposição, em função das profundidades e das palhadas das plantas de cobertura. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Plantas de Cobertura	Ca (cmol _c /dm ³)				Mg (cmol _c /dm ³)			
	Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40
Sorgo	3,10 bA	2,50 aA	2,12 aB	1,72 aC	0,80 bA	0,55 bB	0,45 aC	0,27 aC
Milheto	3,65 aA	2,82 aB	2,45 aB	2,00 aC	1,07 aA	0,90 aB	0,50 aC	0,35 aD
Média geral*	3,37	2,66	2,28	1,86	1,87	0,72	0,47	0,31
Valor inicial**	2,60	2,20	2,10	1,70	0,70	0,50	0,40	0,20

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial antes da implantação do experimento.

Pelos valores médios da Tabela 12, verifica-se ainda que houve aumento da concentração de Ca com relação à encontrada inicialmente, conferindo com os resultados de Testa, Teixeira e Mielniczuk (1992) e Cassiolato et al. (1998), que verificaram aumento das concentrações deste elemento no solo pelo uso de plantas de cobertura. Segundo os primeiros autores, o sistema plantio direto por promover o aumento de matéria orgânica no solo aumenta a CTC, possibilitando maior retenção dos cátions adicionados ou liberados pela biomassa das culturas, e reduzindo sua lixiviação, o que explicaria o aumento proporcional nas concentrações de Ca.

Vale ressaltar que a concentração de Ca encontrada neste trabalho está em nível adequado ao plantio direto, o qual, segundo Thung e Oliveira (1998) deve ser acima de 2 cmol_c/dm³.

Com relação ao Mg (Tabela 12), as concentrações deste elemento foram superiores no solo sob palhada de milho nas camadas de 0-5cm e de 5-10cm, sendo semelhantes às observadas no solo sob palhada de sorgo nas demais profundidades. Pasqualetto (1999) e Carvalho (2000) também observaram maior concentração de Mg em solo sob palhada de milho. Independente do tipo de

palhada, observou-se maiores teores de Mg nas camadas superficiais, assemelhando-se aos resultados observados por Calegari et al. (1992).

Pode-se ainda verificar, pela Tabela 12, que houve aumento das concentrações de Mg comparadas às encontradas inicialmente antes da implantação do experimento. Segundo Testa, Teixeira e Mielniczuk (1992) o plantio direto proporciona aumento de matéria orgânica no solo, permitindo maior retenção dos cátions liberados pelo material vegetal, promovendo o aumento de nutrientes como o magnésio. Cassiolato et al. (1998) também verificaram que o material vegetal em superfície contribuiu para o aumento do teor desse elemento no solo.

A média da concentração de Mg apresentava-se em nível adequado ao plantio direto apenas na camada de 0-5cm de profundidade para a área com palhada de sorgo, e até os 10cm de profundidade na área com palhada de milho, de acordo com Thung e Oliveira (1998).

Quanto à soma de bases (SB), observa-se, pelos valores apresentados na Tabela 13, que o maior valor foi encontrado nos primeiros 5cm de profundidade, no solo sob palhada de milho, sendo que nas demais profundidades os resultados das duas palhadas foram semelhantes. Estes resultados diferem dos observados por Pasqualetto (1999), que verificou maior valor para SB em solo sob palhada de sorgo, no entanto, conferem com os dados observados por Carvalho (2000), o qual verificou que a SB foi maior no solo sob palhada de milho.

Verifica-se, ainda, que houve diferença entre todas as profundidades, para os resultados das duas palhadas, os quais foram maiores na camada de 0-5cm e menores na de 20-40cm de profundidade. Oliveira (2001) também verificou maior SB na camada de 0-5cm de profundidade, sugerindo que a palhada produzida pelas plantas de cobertura foi eficiente na melhoria da SB do solo.

TABELA 13 – Soma de bases (SB) e saturação por bases (V) do solo, ao final do estudo de decomposição, em função das profundidades e das palhadas das plantas de cobertura. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Plantas de Cobertura	SB (cmol _c /dm ³)				V (%)			
	Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-40	0-5	5-10	10-20	20-40
Sorgo	4,10 bA	3,52 aB	3,00 aC	2,45 aD	65,30 bA	60,00 bA	53,77 aB	45,07 aC
Milheto	4,97 aA	3,60 aB	2,72 aC	2,10 aD	76,55 aA	64,67 aB	53,95 aC	46,42 aD
Média geral*	4,53	3,56	2,86	2,27	70,92	62,33	53,86	45,74
Valor Inicial**	3,40	2,80	2,60	2,00	56,70	51,80	49,10	42,50

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial antes da implantação do experimento.

Ainda pelos dados da Tabela 13, observa-se que após o ciclo do milho houve aumento da SB nos solos sob as duas palhadas, em todas as profundidades, quando comparada ao valor inicial encontrado antes da implantação do experimento. De acordo com Testa, Teixeira e Melniczuk (1992) sistemas de culturas que promovem o aumento de matéria orgânica no solo possibilitam maior retenção dos cátions liberados pela biomassa vegetal, reduzindo sua lixiviação e proporcionando aumento da SB no solo.

Quanto à saturação por bases (V), os valores apresentados na Tabela 13 mostram que o maior valor foi encontrado nos primeiros 10cm de profundidade, no solo sob palhada de milho, sendo que os resultados das duas palhadas foram semelhantes nas duas últimas profundidades, diferindo dos resultados observados por Pasqualetto (1999), que encontrou maiores valores para esta característica em solo sob palhada de sorgo nas mesmas profundidades.

Com relação ao solo sob palhada de sorgo, as camadas de 0-5cm e de 5-10cm apresentaram valores de V estatisticamente iguais, e superiores aos valores das demais camadas, sendo que a camada de 20-40cm de profundidade apresentou o menor valor para esta característica. No solo sob palhada de

milheto, todas as profundidades foram diferentes estatisticamente, com maior valor de V na camada de 0-5cm, e o menor, na camada de 20-40cm de profundidade. Estes resultados permitem concluir que a V foi maior nas camadas superficiais do solo sob as duas palhadas, corroborando os resultados observados por Pasqualetto (1999).

Observa-se, pela Tabela 13, que após o ciclo do milho houve aumento da V no solo sob as duas palhadas e em todas as profundidades, quando comparada ao valor inicial encontrado antes da implantação do experimento. Estes resultados assemelham-se aos observados por Oliveira (2001), o qual verificou que o cultivo das plantas de cobertura elevou a V ao final do ciclo do feijoeiro. Isso demonstra a eficiência das palhadas na manutenção e melhoria da fertilidade do solo no sistema de plantio direto.

Quanto à CTC efetiva (t), verifica-se, pela Tabela 14, que na profundidade de 0-5cm observou-se o maior valor no solo sob as duas palhadas, com destaque para o solo sob palhada de milheto.

TABELA 14 – CTC efetiva (t) e CTC a pH 7,0 (T) do solo, ao final do estudo de decomposição, em função das profundidades e das palhadas das plantas de cobertura. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Plantas de Cobertura	t (cmol/dm ³)				T (cmol/dm ³)			
	Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-40	0-5	5-10	10-20	20-40
Sorgo	4,32 bA	3,77 aB	3,25 aC	2,90 aC	6,27 bA	5,72 aB	5,50 aB	5,12 aC
Milheto	5,20 aA	3,85 aB	3,07 aC	2,50 aD	6,75 aA	5,75 aB	5,15 aC	4,60 bD
Média geral*	4,76	3,81	3,16	2,70	6,51	5,73	5,32	4,86
Valor inicial**	3,80	3,20	3,10	2,50	6,00	5,40	5,30	4,70

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial antes da implantação do experimento.

Pela Tabela 14, verifica-se ainda que de um modo geral, em todas as profundidades, houve aumento da CTC efetiva ao final da decomposição. Oliveira (2001) avaliando plantas de cobertura em cultivo solteiro e consorciado e seus efeitos no feijoeiro e no solo em plantio direto, também verificou que a palhada de todas as plantas de cobertura aumentaram a CTC efetiva, com maiores valores na camada de 0-5cm e tendência de diminuição com a profundidade.

Quanto à CTC a pH 7,0 (T), observa-se, pelos dados apresentados na Tabela 14, que o maior valor observado foi na camada de 0-5cm de profundidade no solo sob as duas palhadas, e o menor valor foi encontrado na camada de 20-40cm no solo sob palhada de milho. De um modo geral, houve aumento para T em todas as profundidades ao final da decomposição para o solo sob ambas as palhadas, exceto para as profundidades de 10-20 e 20-40cm, sob palhada de milho. De acordo com Testa, Teixeira e Mielniczuk (1992) sistemas de culturas que promovem o aumento de matéria orgânica no solo possibilitam o aumento da CTC. Pasqualetto (1999) verificou, em seus estudos com sucessões de culturas, que os maiores valores de CTC foram encontrados nas camadas superficiais do solo, decrescendo com a profundidade, e ainda Carvalho (2000) constatou maiores valores para essa característica na área sob palhada de milho. Oliveira (2001) também verificou, em seus estudos, que a palhada produzida pelas plantas de cobertura aumentaram a CTC potencial, apresentando valores superiores na camada de 0-5cm de profundidade.

Através da Tabela 15, observa-se que os maiores valores para teor de $N-NH_4^-$ foram encontrados no solo sob palhada de sorgo, até os 10cm de profundidade, sendo que, nas demais camadas, os valores para esta característica foram semelhantes nos solos sob as duas palhadas.

TABELA 15 – Concentrações de $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ e matéria orgânica (MO) do solo, ao final do estudo de decomposição, em função das profundidades e das palhadas das plantas de cobertura. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Plantas de Cobertura	$N-NH_4^+$ (mg/dm ³)				$N-NO_3^-$ (mg/dm ³)				MO (dag.kg ⁻¹)			
	Profundidade (cm)				Profundidade (cm)				Profundidade (cm)			
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40
Sorgo	21,37 aA	16,30 aB	13,50 aC	13,32 aC	19,90 bA	17,77 bB	14,27 aC	13,65 aC	2,37 bA	2,05 bB	1,67 bC	1,35 aD
Milheto	16,32 bA	13,85 bB	13,67 aB	12,85 aB	24,55 aA	20,25 aB	16,40 aC	13,05 aD	3,30 aA	2,65 aB	2,10 aC	1,55 aD
Média geral*	18,84	15,07	13,58	13,08	22,22	19,01	15,33	13,35	2,83	2,35	1,88	1,45
Valor inicial**	15,20	14,00	12,40	12,20	19,00	17,40	14,70	13,10	2,00	1,90	1,60	1,30

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. * Média geral das plantas de cobertura para cada profundidade. ** Valor inicial antes da implantação do experimento.

Verifica-se também que houve diferença entre as profundidades nos solos sob as duas palhadas, sendo que, na área com palhada de sorgo, o menor valor observado foi nas profundidades de 10-20 e 20-40cm, enquanto, sob palhada de milho a camada de 0-5cm de profundidade foi a que apresentou maior valor, diferindo das demais profundidades, que apresentaram valores semelhantes. Estes resultados diferem dos encontrados por Oliveira (2001), o qual verificou que não houve efeito das plantas de cobertura nem de profundidades para essa característica.

Verifica-se ainda, pela Tabela 15, que os resultados encontrados no final do período de decomposição, para $N-NH_4^-$, foram superiores aos encontrados inicialmente, antes da implantação do experimento.

Para as concentrações de $N-NO_3^-$, observa-se, pelos dados da Tabela 15, que os maiores valores encontram-se nos primeiros 5cm de profundidade do solo, independente do tipo de palhada. Todavia, verifica-se que o solo sob palhada de milho até a profundidade de 10cm apresentou concentrações superiores às do solo sob palhada de sorgo.

As duas palhadas proporcionaram aumento da concentração de $N-NO_3^-$ do solo após 168 dias de decomposição das palhadas de sorgo e milho. Oliveira (2001) também constatou que a palhada das plantas de cobertura aumentaram a concentração de $N-NO_3^-$, sendo superior na camada de 0-5cm de profundidade após o cultivo do feijoeiro. De acordo com Fageria, Stone e Santos (1999), ambas as formas de nitrogênio ($N-NH_4^-$ e $N-NO_3^-$) são absorvidas e metabolizadas pelas plantas, sendo o $N-NO_3^-$ a fonte preferencial da cultura do milho.

Ainda pela Tabela 15, observa-se que o solo sob palhada de milho apresentou maiores teores de matéria orgânica até os 20cm de profundidade. O menor teor de MO foi observado na camada de 20-40cm de profundidade. Independente do tipo de palhada, verifica-se também, que os teores foram

superiores aos encontrados na análise inicial, antes da implantação do experimento.

Estes resultados são semelhantes aos observados por diversos autores, como Alves (1992), Calegari et al. (1992), Sá (1993), De Maria e Castro (1993) e Pauletti et al. (1995), os quais também verificaram maior porcentagem de matéria orgânica na camada superficial do solo. De acordo com observações de Thung e Oliveira (1998), os teores de matéria orgânica encontrados neste estudo, para o solo sob palhada de milho até 20cm de profundidade e sob palhada de sorgo até 10cm, ao final do ciclo do milho, são adequados para o bom desenvolvimento do plantio direto, pois estão acima de 2 dag/kg (Tabela 15).

Vale citar que os resultados observados no presente trabalho permitem afirmar que a palhada das plantas de cobertura na superfície proporcionou algumas mudanças no solo, seja de ordem química, física ou biológica. Com isso, pode-se dizer que a matéria orgânica, como componente essencial do solo, deve ser preservada e mantida em nível apropriado pela adição, uso e manejo adequado, considerando que o uso contínuo do solo está condicionado ao fornecimento constante de matéria orgânica.

5 CONCLUSÕES

A produção de matéria seca do sorgo e do milheto, foi suficiente para caracterizar essas espécies como boas plantas de cobertura no sistema plantio direto na região.

As taxas de decomposição dos resíduos culturais de sorgo e de milheto diminuem exponencialmente com o aumento do período de exposição dos resíduos sobre a superfície do solo, no sistema de semeadura direta.

No sistema de plantio direto, a velocidade de decomposição da palhada do sorgo é maior do que a da palhada de milheto. A velocidade de mineralização de N, K e Mg é maior na palhada do sorgo, e a de P, Ca, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn é maior na palhada de milheto.

As taxas médias diárias de decomposição das palhadas de sorgo e milheto são maiores nos primeiros 42 dias, e a de mineralização dos nutrientes, nos primeiros 63 dias após a dessecação/rolagem dos resíduos. A velocidade de decomposição e mineralização de nutrientes da palhada de sorgo e milheto indicam que qualquer cultura anual semeada após a dessecação/rolagem das mesmas poderá ser beneficiada durante todo seu ciclo.

Com a decomposição, as palhadas do sorgo e do milheto aumentam as concentrações dos nutrientes do solo, bem como do pH, CTC efetiva e a pH 7,0, SB, V e MO, e contribuem para a redução do Al, da acidez potencial e da saturação por alumínio.

No sistema de plantio direto, as cultivares de milho C929, XL251 e C333B apresentaram melhores rendimentos quando cultivadas sob palhada de milheto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, F.A. de. **Adubação verde na recuperação da fertilidade de um solo degradado.** Lavras: UFLA, 1998. 104p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas.** 5.ed. São Paulo: Nobel, 1998. 162p.

ALVES, M.C. **Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em Latossolo Roxo: efeitos nas propriedades físicas e químicas.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1992. 173p. (Tese – Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas).

AMADO, T.J.C. **Manejo da palha, dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em plantio direto.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA: harmonia do homem com a natureza, desafio do 3º milênio, 7., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: FEBRAPDP, 2000. p. 105-111.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR – ABEAS. **Secagem de sementes.** Brasília: 1987. 37p.

BALBINO, L.C.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, J.G. da; OLIVEIRA, E.F. de; OLIVEIRA, I.P. de. **Plantio direto.** In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Potafos, 1996. p. 301-352.

BALBINO, L.C. **Sistema plantio direto.** In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA/CNPAF/APA, 1997. v.2, p. 219-228. (EMBRAPA/CNPAF. Documentos, 70).

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola.** 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.

BARTZ, H. **Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistema de produção sob plantio direto.** In: FRIES, M.R. **Plantio direto em solos arenosos: alternativas de manejo para a sustentabilidade agropecuária.** Santa Maria: UFSM/Pallotti, 1998. p. 52-63.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.1, p. 105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 9-26.

BERTOL, L.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A.S. Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p. 705-712, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normas climatológicas: 1961-1990**. Brasília: MA/SNI/INMET, 1992. 84p.

BREMNER, J.M. Total nitrogen. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, F.E.; CLARK, F.E. (ed.). **Methods of soil analysis chemical and microbiological properties Agronomy**. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1965. p. 1149-1178.

BÜLL, L. T; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 301p.

CAIXETA, C.C. Avaliação de diferentes espécies de gramíneas para produção de matéria seca no sistema de cultivo plantio direto com e sem adubação cultivadas no verão e no inverno. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 12., 1999, Lavras. **Resumos...** Lavras: CNPq/UFLA/FAPEMIG, 1999. p. 85.

CALEGARI, A.; FERRO, M.; GRZESIUK, F.; JACINTO JÚNIOR, L. **Plantio direto e rotação de culturas: experiência em Latossolo Roxo/1985-1992**. Paraná: COCAMAR/ZENECA Agrícola, 1992. 64p.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; COSTA, M.B.B. da; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.B. da, CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L. do P.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: ASPTA, 1993. p. 01-56.

CARVALHO, M.A.C. Adubação verde e sucessão de culturas em semeadura direta e convencional em Slvíria-MS. Jaboticabal: UNESP, 2000. 189p. (Tese – Doutorado em Agronomia / Produção Vegetal).

CASSIOLATO, M.E.; MEDA, A.R.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. Dinâmica de íons no solo manejado com resíduos vegetais. In: FERTBIO 98/ REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., 1998, Caxambu. Resumos... Lavras: UFLA, 1998. p. 358.

CHAVES, C.A. dos S. Produção e valor nutritivo das silagens de capim-sudão [*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf], milho [*Pennisetum americanum* (L.) Leeke], teosinto (*Euchlaena mexicana* Schrad) e milho (*Zea mays* L.). Lavras: UFLA, 1997. 56p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia / Forragicultura e Pastagens).

CHUEIRE, F.B. Efeito de plantas de cobertura e sistemas de controle de plantas daninhas em semeadura direta na produção de biomassa, propriedades do solo e produtividade do milho (*Zea mays* L.). Jaboticabal: UNESP, 1998. 69p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia / Produção Vegetal).

CHUEIRI, W.A.; VASCONCELLOS, H.P. Dinâmica de nutrientes no plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA: harmonia do homem com a natureza, desafio do 3º milênio, 7., 2000, Foz do Iguaçu. Resumos... Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000. p. 129-130.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Lavras, 1989. 176p.

DAROLT, M.R. Princípios para implantação e manutenção do sistema. In: DAROLT, M.R. Plantio direto: pequena propriedade sustentável. Londrina: IAPAR, 1998. p. 16-45 (Circular, 101).

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. de. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo roxo, sob diferentes sistemas de manejo com milho e soja. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.17, n.3, p. 471-477, set./dez. 1993.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: CNPT/EMBRAPA. FUNDACEP/FECOTRIGO. FUNDAÇÃO ABC. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 19-27.

DOUGLAS JUNIOR, C.L.; ALLMARAS, R.R.; RASMUSSEN, P.E.; RAMING, R.E.; ROAGER JUNIOR, N.C. Wheat straw composition and placement effects on decomposition in dryland agriculture of the Pacific Northwest. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.44, p. 833-837, 1980.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS – EMBRAPA/SNLCS. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1979. n.p.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 294p.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada a agronomia**. 2.ed. Maceió: EDUFAL, 1996. 606p.

FIALHO, J.F.; BORGES, A.C.; BARROS, N.F. Cobertura vegetal e as características química e física e atividade da microbiota de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.1, p. 21-28, 1991.

FRIES, M.R. Microbiologia e matéria orgânica: recuperação pelo sistema plantio direto. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO E CALAGEM, ênfase em plantio direto, 3., 1997, Santa Maria. **Palestras apresentadas...** Santa Maria: UFSM/Pallotti, 1997. p. 47-75.

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ADUBAÇÃO VERDE, 1983, Rio de

Janeiro. Adubação verde no Brasil. Campinas: Fundação Cargil, 1984. p. 232-267.

✓ KISSMANN, K.G. Plantas infestantes e nocivas. 2.ed. São Paulo: BASF, 1997. 825p.

KLUTHCOUSKI, J. Efeito de manejo em alguns atributos de um Latossolo Roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após oito anos de plantio direto. Piracicaba: ESALQ/USP, 1998. 179p. (Tese – Doutorado em Fitotecnia).

KURIHARA, C.H.; FABRÍCIO, A.C.; PITOL, C.; STAUT, L.A.; KICHEL, A.N.; MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; WIETHOLTER, S. Adubação. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa/SPI, 1998. p. 135-144. (Coleção 500 perguntas 500 respostas).

LARA, W.A.R.C.; MOTTA, S.A.; ANDREANI, D.B. Primeiros resultados de pesquisa em Uberlândia. Revista Plantio Direto, Passo Fundo: Aldeia Norte, p. 30-35, 1995.

✓ LOPES, V.M.B. Velocidade de decomposição da fitomassa de *Pueraria phaseoloides*, *Desmodium ovalifolium* e *Flemingia congesta* em um sistema agroflorestal. Rio Branco: UFAC/CCEMRN, 1999. 66p. (Dissertação – Mestrado em Ecologia).

9 MAIA, M.C. Cultivo de milheto [*Pennisetum americanum* (L) Leeke] e seu uso no estabelecimento de pastagens no sul de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 1998. 77p. (Dissertação – Mestrado Zootecnia / Forragicultura e Pastagens).

✓ MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.17, n.3, p. 411-416, set./dez. 1993.

MONTEIRO, H.C. de F. Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio, em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras. Viçosa: UFV, 2000. 41p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p. 95-102, jan./abr. 1983.

OLIVEIRA, H.C. de; LEANDRO, W.M.; OLIVEIRA JUNIOR., J.P. de; LIMA, J.H.S.; BOTELHO, S.A. Biomassa total de coberturas verdes plantadas no verão em sistema de plantio direto em Goiás. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., 2000, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/CEPEC/MA/SBCS, 2000. CD-Rom.

OLIVEIRA, T.K. de. **Plantas de cobertura em cultivo solteiro e consorciado e seus efeitos no feijoeiro e no solo em plantio direto**. Lavras: UFLA, 2001. 109p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia/Fitotecnia).

PALM, C.A.; SANCHEZ, P.A. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three tropical legumes. **Biotropica**, Washington, v.232, n.4, p. 330-338, 1990.

PASQUALETTO, A. **Sucessão de culturas como alternativa de produção em plantio direto no cerrado**. Viçosa: UFV, 1999. 135p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).

PAULETTI, V.; VIEIRA, S.M.; SANTOS, A.F. dos; OLIVEIRA, S.O. de; MOTTA, A.C.V. Avaliação da fertilidade do solo em profundidade e da palhada em áreas sob plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: SBCS, 1995. p. 630-632.

PEREIRA, C.A.T. **Comportamento de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] em diferentes espaçamentos e densidades**. Lavras: UFLA, 1986. 70p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

PITOL, C. Espécies para cobertura do solo no Mato Grosso do Sul. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 163-166.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 9.ed. São Paulo: Nobel, 1990. p. 258-285.

PUPPO, N.I.H. **Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação, utilização**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1979. 233p.

RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.F.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.22, p. 713-721, out./dez. 1998.

RIBEIRO, P.H.E. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas de semeadura, níveis de adubação e locais do estado de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 1998. 126p. (Tese – Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 37-60.

SALTON, J.C. Alternativas para produzir palha no Mato Grosso do Sul. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 159-162.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C. Cultivos de primavera: alternativa para produção de palha no Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis. *Resumos...* Florianópolis: SBCS, 1994. p. 248-249.

SALTON, J.C.; KICHEL, A.N. Milheto, uma alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. *Revista Plantio Direto: Passo Fundo*, n.45, p. 41-13, mai./jun. 1998. Especial Cerrado.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, Fort Collins, v.30, n.3, p. 507-512, Sept. 1974.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. *Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas*. Brasília: MEC/ESAL/FAEPE/ABEAS, 1988. 235p.

SIQUEIRA, N.S. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre a cultura do feijoeiro e sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo. Viçosa: UFV, 1989. 106p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

SOUZA, F.R.S. Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais. Lavras: ESAL, 1989. 80p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

TEIXEIRA, C.M. Avaliação dos componentes de produção do feijoeiro cultivado sob palhadas de diferentes plantas de cobertura no plantio direto. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 13., 2000, Lavras. Resumos... Lavras: CNPq/UFLA/FAPEMIG, 2000. p. 29.

TESTA, V.M.; TEIXEIRA, L.A.J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico vermelho escuro afetadas por sistemas de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.1, p. 107-114, jan./abr. 1992.

THUNG, M.D.T.; OLIVEIRA, I.P. Problemas abióticos que afetam a produção do feijoeiro e seus métodos de controle. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA/CNPAF, 1998. 172p.

TOMÉ JUNIOR, J.B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

VALE, F.R. do; GUEDES, G.A. de A.; GUILHERME, L.R.G.; FURTINI NETO, A.E. Manejo da fertilidade do solo. Lavras: UFLA/FAEPE, 1995a. 206p.

VALE, F.R. do; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A. de A.; FURTINI NETO, A.E. Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes. Lavras: UFLA/FAEPE, 1995b. 171p.

VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa: UFV, 1991. 449p.

WIEDER, R.K. ; LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology*, Washington, v.63, n.6, p. 1636-1642, 1982.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G.P. Decomposição da palhada e mineralização de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.32, n.11, p. 1191-1197, nov. 1997.

ANEXOS

Página

- TABELA 1A – Resumo das análises de variância para matéria seca e concentração de macro e micronutrientes nas palhadas de sorgo e milho, nos 10 tempos de colta. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 86
- TABELA 2A – Resumo da análise de variância para as características altura de planta, estande final, peso de 100 grãos e rendimento de grãos das cultivares de milho C929, XL251 e C333B plantados sob palhada de milho e sorgo. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 87
- TABELA 3A – Resumo das análises de variância para as características químicas do solo, pH, Al, H+Al, m, concentrações de K, Ca, Mg, e P, avaliadas em quatro profundidades, após o estudo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 88
- TABELA 4A – Resumo das análises de variância para as características químicas do solo, SB, t, V, T, MO, N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻, avaliadas em quatro profundidades, após o estudo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 89
- TABELA 5A – Médias ajustadas para as quantidades de matéria seca e de nutrientes remanescentes durante 168 dias de avaliação, destransformadas de logaritmo natural para exponencial. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000. 90

TABELA 1A – Resumo das análises de variância para matéria seca e concentração de macro e micronutrientes nas palhadas de sorgo e milho, nos 10 tempos de coleta. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios						
		MS (t)	N (kg)	P (kg)	K (kg)	Ca (kg)	Mg (kg)	S (kg)
Blocos	3	0,008917	2,7395	0,220410	1,4247	1,9557	0,647617	0,280110
Palhadas	1	0,184320	5276,5385*	14,078420*	784,0024*	22,2922	0,196020	125,100020*
Resíduo (a)	3	0,030730	5,6777	0,065690	4,3629	3,9276	0,364250	1,017590
Tempo	9	72,947972*	16291,1758*	379,109772*	24252,2900*	9587,4180*	659,677039*	331,679567*
Palhadas x Tempo	9	1,339176*	260,3745*	8,122626*	59,4517*	254,3569*	6,069117*	1,884353*
Resíduo (b)	54	0,015856	0,8831	0,037824	0,4788	1,0962	0,157060	0,120533
TOTAL	79							
CV (%) (a)		3,01	4,23	2,65	3,26	5,08	4,59	9,10
CV (%) (b)		2,16	1,67	2,01	1,08	2,68	3,01	3,13

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios				
		B (g)	Cu (g)	Fe (g)	Mn (g)	Zn (g)
Blocos	3	9,059902	1,947145	166,924025	37,139010	57,910335
Palhadas	1	273,208320*	294,720031*	5,913281	35694,490320*	1884,808201*
Resíduo (a)	3	8,051830	1,232491	149,051471	43,053643	60,981621
Tempo	8	16227,081616*	1831,340764*	735997,622668*	138904,960405*	76735,917483*
Palhadas x Tempo	8	303,286731*	46,756962*	5605,499509*	879,298578*	1370,253296*
Resíduo (b)	54	0,733733	0,328147	16,613503	34,074337	6,404510
TOTAL	79					
CV (%) (a)		4,63	6,43	3,52	3,26	6,68
CV (%) (b)		1,40	3,32	1,18	2,90	2,16

GL – Graus de Liberdade. *, indica significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 2A – Resumo da análise de variância para as características altura de planta, estande final, peso de 100 grãos e rendimento de grãos das três cultivares de milho C929, XL251 e C333B plantados sob palhada de sorgo e milho. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios			
		Altura planta (cm)	Estande Final plantas/ha	Peso 100 grãos (g)	Produtividade (kg/ha)
Blocos	3	246,159	1580084,11	0,324	17010,77
Palhadas (P)	1	6530,700*	852709130,67*	200,926*	5833522,48*
Resíduo (a)	3	203,116	294950,33	0,231	23784,93
Cultivares (C)	2	1175,775*	144906038,04*	57,927*	1138381,16*
Interação P x C	2	145,665	8279597,54	15,785*	576184,21*
Resíduo (b)	12	87,724	3509655,85	0,765	23169,55
TOTAL	23				
CV (%) Palhadas		11,05	1,43	1,81	8,84
CV (%) Cultivares		7,26	4,93	3,29	8,72

GL – Graus de Liberdade. *, indica significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 3A – Resumo das análises de variância para as características químicas do solo, pH, Al, H+Al, m, concentrações de K, Ca, Mg, e P, avaliadas em quatro profundidades, após o estudo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Fontes de Variação	GL	Características químicas do solo							
	 Quadrados médios							
		pH	Al	H+Al	m	K	Ca	Mg	P
Blocos	3	0,040	0,002	0,018	0,246	5,036	0,377	0,002	0,116
Palhadas	1	0,405*	0,015	1,240*	14,445*	748,845*	0,070	0,180*	3,315*
Resíduo (a)	3	0,006	0,002	0,036	0,268	7,132	0,152	0,006	0,076
Profundidades	3	0,542*	0,094*	0,881*	52,490*	3402,527*	3,293*	0,606*	12,664*
Palhadas x Profundidades	3	0,064*	0,019*	0,091*	4,735*	223,362*	0,369*	0,077*	1,706*
Resíduo (b)	18	0,019	0,003	0,014	0,937	9,745	0,066	0,007	0,352
TOTAL	31								
CV (%) (a)		1,32	16,36	8,35	4,69	6,09	15,31	12,47	6,27
CV (%) (b)		2,35	21,35	5,23	8,78	7,12	10,12	13,33	13,48

GL – graus de liberdade; pH - potencial hidrogeniônico; Al - alumínio; H + Al - hidrogênio e alumínio; saturação por Al (m); K - potássio; Ca - cálcio; Mg - magnésio e P- fósforo. *, indica significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

TABELA 4A – Resumo das análises de variância para as características químicas do solo, SB, t, V, T, MO, N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻, avaliadas em quatro profundidades, após o estudo de decomposição das palhadas de sorgo e milho. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Fontes de Variação	GL	Características químicas do solo						
	 Quadrados médios						
		SB	t	V	T	MO	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Blocos	3	0,366	0,409	12,025	0,001	0,025	4,922	0,469
Palhadas	1	0,053	0,070	103,680*	0,340*	2,311*	30,420*	37,411*
Resíduo (a)	3	0,173	0,213	4,782	0,002	0,028	2,876	1,919
Profundidades	3	7,579*	6,394*	940,959*	1,915*	2,854*	54,376*	124,029*
Palhadas x Profundidades	3	0,629*	0,618*	65,621*	0,068*	0,187*	11,034*	9,279*
Resíduo (b)	18	0,073	0,072	9,283	0,016	0,024	2,062	1,544
TOTAL	31							
CV (%) (a)		12,56	12,78	3,76	0,73	7,84	11,19	7,92
CV (%) (b)		8,17	7,44	5,23	2,10	7,32	9,48	7,11

GL – graus de liberdade; SB - soma de bases; t - CTC efetiva; V - saturação por bases; T - CTC a pH 7,0; MO - teor de matéria orgânica; N-NH₄⁺ - nitrogênio amoniacal; N-NO₃⁻ - nitrogênio nítrico. *, indica significativo pelo teste F, a 5% probabilidade.

TABELA 5A – Médias ajustadas para as quantidades de matéria seca e de nutrientes remanescentes durante 168 dias de avaliação, destransformadas de logaritmo natural para exponencial. UFLA, Lavras – MG, 1999/2000.

Tempo (dias)	Matéria Seca		Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	t.ha ⁻¹		Kg.ha ⁻¹		Kg.ha ⁻¹		Kg.ha ⁻¹		Kg.ha ⁻¹		Kg.ha ⁻¹		Kg.ha ⁻¹	
	Sorgo	Milheto	Sorgo	Milheto	Sorgo	Milheto	Sorgo	Milheto	Sorgo	Milheto	Sorgo	Milheto	Sorgo	Milheto
0	10,67	9,03	123,41	105,72	18,07	18,34	146,63	145,08	85,82	100,52	24,85	23,95	18,82	20,69
7	9,78	8,54	121,36	92,41	16,64	16,40	132,21	127,77	76,32	71,05	24,48	21,96	15,74	19,28
14	8,97	8,08	108,01	80,77	15,32	14,67	112,43	112,53	67,38	61,33	21,82	20,13	14,53	17,96
21	7,54	7,22	85,52	61,71	12,99	11,73	81,29	87,27	52,54	45,70	17,33	16,91	12,40	15,60
42	6,33	6,46	67,73	47,15	11,01	9,38	58,77	67,68	40,96	34,06	13,76	14,21	10,58	13,55
63	4,88	5,46	47,73	31,49	8,60	6,71	36,14	46,23	28,20	21,91	9,74	10,95	8,34	10,96
84	3,76	4,61	33,63	21,03	6,71	4,80	22,22	31,57	19,41	14,10	6,89	8,43	6,57	8,87
112	2,65	3,69	21,09	12,28	4,83	3,07	11,62	18,99	11,80	7,83	4,35	5,95	4,78	6,69
140	1,87	2,95	13,23	7,17	3,47	1,96	6,07	11,42	7,17	4,35	2,74	4,20	3,48	5,04
168	1,32	2,36	8,29	4,18	2,49	1,25	3,17	6,87	4,36	2,41	1,73	2,97	2,53	3,80

Tempo	Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	g.ha ⁻¹		g.ha ⁻¹		g.ha ⁻¹		g.ha ⁻¹		g.ha ⁻¹	
	Sorgo	Milheto	Sorgo	Milheto	Sorgo	Milheto	Sorgo	Milheto	Sorgo	Milheto
0	131,55	140,94	32,25	47,68	850,31	923,90	360,29	446,12	251,74	318,11
7	117,84	112,58	26,27	31,79	607,29	674,11	308,55	346,09	208,89	202,11
14	105,55	99,38	23,65	28,61	545,88	584,12	280,59	321,15	185,88	182,22
21	84,70	77,44	19,17	23,17	441,11	438,61	232,01	276,47	147,22	148,12
42	67,96	60,34	15,54	18,76	356,42	329,31	191,87	238,01	116,58	120,40
63	48,85	41,50	11,34	13,67	258,86	214,26	144,27	190,11	82,16	88,23
84	35,11	28,55	8,28	9,96	188,01	139,41	108,49	151,85	57,91	64,66
112	22,60	17,33	5,44	6,53	122,76	78,59	74,19	112,54	36,32	42,73
140	14,55	10,52	3,57	4,29	80,14	44,31	50,73	83,41	22,78	28,23
168	9,37	6,39	2,35	2,81	52,33	24,98	34,69	61,82	14,29	18,65