

LUIZ FERNANDO FAVARATO

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UMA ADUBADORA PARA  
INCORPORAÇÃO MECÂNICA DE COMPOSTO ORGÂNICO EM  
SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA DE MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2012

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

F272d  
2012

Favarato, Luiz Fernando, 1987-

Desenvolvimento e avaliação de uma adubadora para  
incorporação mecânica de composto orgânico em sistema de  
semeadura direta de milho / Luiz Fernando Favarato. –  
Viçosa, MG, 2012.

xii, 52f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: João Carlos Cardoso Galvão.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 48-52

1. Mecanização agrícola. 2. Agricultura orgânica.
3. Adubos e fertilizantes orgânicos. 4. *Zea mays*.
- I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 631.3

LUIZ FERNANDO FAVARATO

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UMA ADUBADORA PARA  
INCORPORAÇÃO MECÂNICA DE COMPOSTO ORGÂNICO EM  
SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA DE MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 16 de fevereiro de 2012.




---

Júlio Cezar de Oliveira



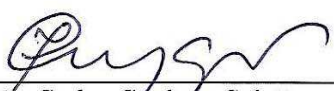
---

Haroldo Carlos Fernandes  
(Coorientador)



---

Caetano Marciano de Souza  
(Coorientador)



---

João Carlos Cardoso Galvão  
(Orientador)

Ao SENHOR, por me dar a vida e por estar sempre ao meu lado.

À minha amada mãe Maura Cuzine, fonte de amor incondicional e de ensinamentos que me fizeram compreender a importância e o valor de cada conquista. Ao meu Pai Edilson, pelos ensinamentos, pela força e companheirismo durante todo esse tempo.

Aos meus avós Abílio (*in memoriam*) e Helena, fonte de alegrias e amor constante mesmo estando distantes, dando-me força e me encorajando para continuar.

À minha noiva Lydiane, fonte de amor, paciência, amizade, companheirismo e apoio tanto nos momentos difíceis quanto nas alegrias vivenciadas ao longo dessa caminhada.

Com todo o carinho,

Dedico.

À Jesus Cristo, por todas as bênçãos concedidas, sem as quais não alcançaria tamanho feito; por me dizer: “para Deus, tudo é possível, meu filho”...

Ofereço.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por iluminar meus caminhos, por estar sempre ao meu lado, encorajando-me a seguir adiante: “é do Senhor que vem o socorro”.

À minha mãe Maura e ao meu pai Edilson, pelos ensinamentos de vida que me deram, por todo o sacrifício e renúncia e pela presença mesmo estando tão distantes.

A toda a minha família amada, que sempre me deu força em todas as etapas da minha vida.

À minha noiva Lydiane, que sempre esteve presente nos momentos difíceis dessa caminhada, pelo amor, pela ajuda, compreensão, amizade e pelo grande carinho.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) ao Departamento de Fitotecnia e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pelo apoio e oportunidade de realização do Curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de auxílio financeiro.

Ao Professor João Carlos Cardoso Galvão, pelos ensinamentos, pela amizade e pela orientação.

Ao Professor Caetano Marciano de Souza, pela amizade, sugestões e críticas.

Ao Professor Haroldo Carlos Fernandes, pela amizade e contribuição no desenvolvimento dos trabalhos.

Aos amigos Gessimar, Robson, Guilherme, Darlan e Lucinéia pela convivência, pelo companheirismo e por ajudar no trabalho.

Aos amigos Júlio Cruz, José Soares, Paul Lama, Jaime Barros, Leonardo pela amizade e pelo convívio.

Aos funcionários do Laboratório de Mecanização Agrícola Marcelo, Danilo e Vantuil pela contribuição para a concretização deste trabalho.

Aos funcionários da Estação Experimental de Coimbra Carlinhos, Sebastião, José Pereira, Nilson, Ademir.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram, cada um à sua maneira, para a concretização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

LUIZ FERNANDO FAVARATO, filho de Edilson Favarato e Maura Cuzine, nasceu em 30 de novembro 1987, na cidade de Colatina, ES.

Em janeiro de 2010, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa, localizada em Viçosa, MG.

Em fevereiro de 2010, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, onde atuou na área de Produção Vegetal, na linha de pesquisa em Mecanização Agrícola e Técnicas Culturais no milho, submetendo-se à defesa da dissertação em 16 de fevereiro de 2012.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELA .....	ix
RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVO.....	6
2.1. OBJETIVO GERAL.....	6
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	7
3.1. DESENVOLVIMENTO DO MECANISMO.....	7
3.2. AVALIAÇÃO DA ADUBADORA .....	10
3.3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....	13
3.4. PRIMEIRO EXPERIMENTO.....	14
3.5. SEGUNDO EXPERIMENTO.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1. DEMANDA DE POTÊNCIA E CONSUMO DE ÓLEO DEISEL DA ADUBADORA .....	21
4.2. INCORPORAÇÃO DO COMPOSTO ORGÂNICO NO PERFIL DO SOLO <sup>23</sup>	
4.3. INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DO COMPOSTO ORGÂNICO NO CRESCIMENTO DO MILHO .....	26
4.3.1. PRIMEIRO EXPERIMENTO .....	26
4.3.2. SEGUNDO EXPERIMENTO .....	33
5. VERIFICAÇÕES .....	46
6. CONCLUSÕES .....	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> – Semeadora-adubadora FNI-HOWARD Rotacaster utilizada .....	7
<b>FIGURA 2</b> – Chassi da semeadora-adubadora FNI-HOWARD Rotacaster após a desmontagem e limpeza .....	8
<b>FIGURA 3</b> – Confecção da caixa de distribuição de composto orgânico (A). Detalhe interno da caixa com a saída do composto orgânico (B) .....	8
<b>FIGURA 4</b> – Eixo de movimentação e transporte do composto orgânico (A). Detalhe do eixo de movimentação e transporte do composto orgânico sobre o orifício de saída (B).....	9
<b>FIGURA 5</b> – Caixa de distribuição do composto orgânico acoplada ao chassi da rotacaster (A). Detalhe da montagem do sistema de transmissão para a movimentação do eixo no interior da caixa (B).....	9
<b>FIGURA 6</b> – Adubadora após o trabalho de pintura (A). Detalhe dos tubos de decida do composto orgânico (B).....	10
<b>FIGURA 7</b> – Esquema da primeira e segunda etapa da avaliação da demanda de potência da adubadora.....	11
<b>FIGURA 8</b> – Célula de carga utilizada no teste de demanda de potência da adubadora .....	11
<b>FIGURA 9</b> – Detalhe do fluxômetro instalado no trator (A). Leitura do volume de combustível gasto no teste (B).....	13
<b>FIGURA 10</b> – Incorporação do composto orgânico no solo com adubadora (A), Composto aplicado na superfície do solo ao lado da linha de plantio após a emergência das plântulas de milho (B).....	15
<b>FIGURA 11</b> – Tubo utilizado para a coleta das amostras para a determinação de carbono orgânico.....	17
<b>FIGURA 12</b> – Aveia preta no estágio de pleno florescimento (A). Roçada da aveia preta (B) .....	19
<b>FIGURA 13</b> – Roçada das plantas daninhas nas entre linhas do milho 20 dias após a emergência .....	20

<b>FIGURA 14</b> – Valores médios de carbono orgânico no solo em razão da incorporação do composto orgânico e presença e ausência de palhada de milho...	24
<b>FIGURA 15</b> – Valores médios de carbono orgânico no solo em razão da incorporação e aplicação do composto orgânico na superfície do solo e presença e ausência de palhada de aveia preta.....	25
<b>FIGURA 16</b> – Plantas de milho no estágio de quatro folhas cultivadas com o composto orgânico incorporado no solo na linha de plantio (A) e aplicado na superfície do solo (B).....	32
<b>FIGURA 17</b> – Detalhe do composto orgânico incorporado no solo na linha de plantio (A) e aplicado na superfície do solo (B).....	32
<b>FIGURA 18</b> – Precipitação acumulada em cinco dias e temperaturas máxima e mínima do período de condução em campo do segundo experimento .....	34
<b>FIGURA 19</b> – Valores médios de crescimento do diâmetro da base do colmo de milho .....	37

## LISTA DE TABELA

<b>TABELA 1</b> – Características químicas e físicas do Argissolo Vermelho-Amarelo da área experimental .....	14
<b>TABELA 2</b> – Característica química do composto orgânico, com base na matéria seca, utilizado no primeiro experimento .....	15
<b>TABELA 3</b> – Tratamentos utilizados no segundo experimento .....	18
<b>TABELA 4</b> – Características químicas do composto orgânico, com base na matéria seca utilizado no segundo experimento .....	19
<b>TABELA 5</b> – Valores de velocidade, força de tração e potência, da primeira (com adubadora) e da segunda (sem adubadora) etapas da avaliação da demanda de potência de uma adubadora para sistema orgânico de semeadura direta .....	22
<b>TABELA 6</b> – Valores de capacidade de trabalho teórica, consumo horário de óleo diesel e consumo operacional de óleo diesel do conjunto trator-adubadora para sistema orgânico de semeadura direta .....	23
<b>TABELA 7</b> – Valores médios do Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de milho .....	26
<b>TABELA 8</b> – Valores médios de altura de plantas de milho até a inserção da quarta folha, em centímetros .....	27
<b>TABELA 9</b> – Valores médios de altura de plantas de milho até a inserção da sexta folha, em centímetros .....	28
<b>TABELA 10</b> – Valores médios de diâmetro da base do colmo de plantas de milho no estádio de sexta folha, em milímetros .....	29
<b>TABELA 11</b> – Valores médios de massa seca de plantas de milho no estádio de quatro folhas, em kg ha <sup>-1</sup> .....	30
<b>TABELA 12</b> – Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio no tecido foliar de plantas de milho no estádio de quatro folhas, em dag kg <sup>-1</sup> .....	31
<b>TABELA 13</b> – Valores médios de altura, em centímetros, de inserção da quarta, da sexta, da oitava e folha bandeira de plantas de milho, respectivamente, nos estádios V4, V6, V8 e R1 .....	33
<b>TABELA 14</b> – Valores médios de diâmetro da base do colmo de plantas de milho, em milímetros, nos estádios V4, V6, V8 e R1 .....	36
<b>TABELA 15</b> – Valores médios de massa seca de plantas de milho, em gramas por planta, nos estádios V4, V6, V8 e R1 .....	38

<b>TABELA 16</b> – Acúmulo de nitrogênio, em miligramas por planta, nos estádios V4, V6, V8 e R1 .....	39
<b>TABELA 17</b> – Acúmulo de fósforo, em miligramas por planta, nos estádios V4, V6, V8 e R1 .....	41
<b>TABELA 18</b> – Acúmulo de potássio, em miligramas por planta, nos estádios V4, V6, V8 e R1 .....	42
<b>TABELA 19</b> – Acúmulo de cálcio, em miligramas por planta, nos estádios V4, V6, V8 e R1 .....	44
<b>TABELA 20</b> – Acúmulo de magnésio, em miligramas por planta, nos estádios V4, V6, V8 e R1 .....	45

## RESUMO

FAVARATO, Luiz Fernando, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2012. **Desenvolvimento e avaliação de uma adubadora para incorporação mecânica de composto orgânico em sistema de semeadura direta de milho.** Orientador: João Carlos Cardoso Galvão. Coorientadores: Haroldo Carlos Fernandes e Caetano Marciano de Souza.

O sistema orgânico de semeadura direta integra o benefício da conservação do solo com a produção orgânica de alimentos. A utilização de adubo orgânico é prática usual, aplicado sempre na superfície do solo e sobre a palhada, em razão da falta de máquinas apropriadas. Com isso, os riscos de volatilização de nitrogênio na forma amoniacal e a baixa disponibilidade de nutrientes para a cultura são inerentes. Dessa forma, a incorporação mecânica do composto orgânico minimizaria esses problemas além de maximizar os efeitos benéficos do mesmo. Neste trabalho objetivou-se desenvolver e avaliar um mecanismo para incorporação mecânica de composto orgânico em sistema de semeadura direta de milho. Foi realizada uma avaliação de demanda de potência e consumo de óleo diesel da adubadora desenvolvida e dois experimentos para avaliar a eficiência da incorporação mecânica do composto orgânico sobre a emergência e o crescimento de plantas de milho. A adubadora desenvolvida mostrou-se eficiente em incorporar o composto orgânico no solo, influenciando positivamente a emergência, o crescimento e o desenvolvimento das plantas de milho no sistema orgânico de semeadura direta. Desse modo a prática da incorporação do composto orgânico utilizando uma máquina apropriada para tal fim torna-se uma alternativa viável para a mecanização do sistema orgânico de semeadura direta de milho, no entanto, são necessários mais estudos para o aprimoramento de tal tecnologia, com o desenvolvimento de novas máquinas específicas para o sistema orgânico de semeadura direta que também disponham de um mecanismo de semeadura e maior capacidade de trabalho.

## ABSTRACT

FAVARATO, Luiz Fernando, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2012. **Development and evaluation of a fertilizer to mechanical incorporation of organic compound in direct seeding system of corn.** Adviser: João Carlos Cardoso Galvão. Co-advisers: Haroldo Carlos Fernandes and Caetano Marciano de Souza.

The organic direct seeding system integrates the benefit of soil conservation with organic production of food. The use of organic fertilizer is usual practice, always applied on the surface of the soil and about the straw, due to lack of appropriate machines. With this, the risk of ammonia volatilization and the low nutrient availability for the inherent culture. In this way, the mechanical incorporation of organic compound minimize these problems and maximize the beneficial effects of the same. The objective of this work was to develop and evaluate a mechanism for embedding mechanics of organic compound in direct seeding system of maize. An assessment was made of power demand and consumption of diesel oil of fertilizer developed and two experiments to evaluate the efficiency of mechanical incorporation of organic compound on the emergence and growth of maize plants. The fertilizer developed proved to be efficient in incorporating the organic compound in the soil, influencing positively the emergence, growth and development of maize plants in organic system of direct seeding. Thus the practice of incorporating organic compound using a machine suitable for this purpose becomes a viable alternative to the mechanization of the organic system of direct seeding of corn, however, further studies are needed for the improvement of this technology, with the development of new specific machines for the organic system of direct seeding that also have a mechanism for seeding and greater ability to work.

# 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas foram observadas mudanças no padrão de consumo de alimentos. Novos valores, sociais e ambientais, antes pouco relevantes, estão sendo agregados aos produtos e influenciando a escolha dos consumidores. A crescente demanda por alimentos mais saudáveis, de melhor qualidade, com elevado valor nutricional gerou a necessidade de se adotar novos modelos de produção (FONTANETTI et al., 2006).

Tais modelos devem estar embasados em um novo paradigma – sustentabilidade, que preconiza o uso equilibrado do solo e da água, a maximização das contribuições biológicas, o incremento da biodiversidade e o fortalecimento da agricultura familiar. A percepção desse paradigma contribuiu para a ampla difusão das correntes de agricultura ecológica, entre elas a agricultura orgânica (FONTANETTI et al., 2006),

A agricultura orgânica pode ser definida como sistema de manejo sustentável da unidade de produção, com enfoque holístico que privilegia a preservação ambiental, a agrobiodiversidade, os ciclos biológicos e a qualidade de vida do homem, visando à sustentabilidade social, ambiental e econômica no tempo e no espaço. Baseia-se na conservação dos recursos naturais e não utiliza fertilizantes de alta solubilidade, agrotóxicos, antibióticos, aditivos químicos sintéticos, hormônios, organismos transgênicos e radiações ionizantes (NEVES et al., 2004).

No Brasil as normas de produção, certificação e comercialização dos produtos orgânicos começaram a ser regulamentadas por meio da Instrução Normativa nº 7 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), de 17 de maio de 1999 (BRASIL, 1999), e posteriormente pela Lei no 10.831, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003). Em 11 de junho de 2004 foi publicada a Instrução Normativa nº 16, que estabelece os procedimentos a serem adotados no registro e na renovação de registro de matérias-primas e produtos orgânicos de origem animal e vegetal no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2004). Em meados de 2003, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento criou o Programa de Desenvolvimento da Agricultura Orgânica (Pró-

Orgânico), que fortaleceu os segmentos de produção, processamento e comercialização, possibilitando implantar a Comissão Nacional da Produção Orgânica (CNPOrg) e comissões nos estados. Dentre as ações do Pró-Orgânico, destaca-se a implantação de um selo oficial do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica nos produtos e adoção de mecanismos de controle para garantia da qualidade. Algumas alterações nas exigências ainda podem ser feitas pelas certificadoras, principalmente ao atender o mercado internacional, de acordo com as diretrizes da International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM).

Entre as culturas produzidas no sistema orgânico no Brasil destacam-se a soja, o açúcar e o café, destinados à exportação, e as olerícolas, destinadas principalmente ao mercado interno (DAROLT, 2002). No entanto, outros setores como produção de cereais, carnes, leite e seus derivados, deverão ser incrementados, devido à inserção de suas cadeias produtivas no mercado orgânico. Nesse contexto, a produção de milho orgânico assume grande relevância, uma vez que é intensamente utilizado na alimentação animal, sendo fundamental na consolidação das cadeias produtivas de carnes e leite orgânicos.

Segundo CRUZ et al. (2006) a importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. O uso do milho em grão na alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo. No Brasil, varia de 60 a 80%, dependendo da fonte da estimativa e de ano para ano.

Além disso, a importância do milho não está apenas na produção de uma cultura anual, mas em todo o relacionamento que essa cultura tem na produção agropecuária brasileira, tanto no que diz respeito a fatores econômicos quanto a fatores sociais. Pela sua versatilidade de uso, pelos desdobramentos de produção animal e pelo aspecto social, o milho é um dos mais importantes produtos do setor agrícola no Brasil.

Os preços dos grãos de milho e de soja orgânicos chegam a ser 40 a 100% mais elevados que os desses grãos produzidos convencionalmente (FONTANETTI et al., 2006). Quase toda a produção orgânica de soja é exportada, diminuindo a oferta

do produto no mercado interno, o que tem dificultado o avanço da produção de carnes orgânicas no Brasil, principalmente de aves.

Entre as premissas da produção orgânica estão o uso adequado do solo, da água e do ar, a redução, ao mínimo possível, de todas as formas de contaminação desses elementos e o incremento da atividade biológica do solo (BRASIL, 2003).

Pode-se definir o sistema de semeadura direta como o processo de semeadura em solo minimamente revolvido, em que a semente é depositada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para a adequada abertura e o contato da semente com o solo. Trata-se de um processo de semeadura com revolvimento do solo somente ao longo da linha de plantio ou na cova. Esse conceito assume visão integrada de um sistema, envolvendo a combinação de práticas culturais e biológicas para manter a cobertura vegetal sobre o solo com o revolvimento deste somente nos sulcos de semeadura, o que traria benefícios ao controle da erosão, de plantas invasoras, com menor variação térmica e hídrica do solo (MUZILLI, 1991; RIBEIRO, 1998).

Uma das principais críticas dos defensores do sistema de semeadura direta é a de que os agricultores orgânicos costumam revolver demasiadamente o solo no cultivo convencional. Os produtores orgânicos fazem uso de implementos como arado, grade e enxada rotativa para a descompactação, uniformização e mistura de compostos orgânicos, movimentando excessivamente o solo, o que não está totalmente de acordo com os princípios orgânicos segundo DAROLT (2000).

Por outro lado, os agricultores orgânicos criticam os usuários do sistema de semeadura direta pelo uso exagerado de herbicidas, a grande dependência de empresas químicas, a possibilidade de contaminação das fontes de água com agroquímicos e o possível uso de sementes transgênicas. Sendo assim, a melhor saída para atender os preceitos da sustentabilidade seria a prática da semeadura direta seguindo os princípios orgânicos. Muitos agricultores, que têm trabalhado com semeadura direta no sentido de reduzir a utilização de agroquímicos, já se aproximam, em certa medida, do ideário da agricultura orgânica. Para se tornarem efetivamente orgânicos será necessário que a unidade de produção passe por um período de conversão do sistema tradicional para o orgânico (SKORA NETO, 1998).

Porém, adaptar o sistema de semeadura direta tradicional às normas da produção orgânica não tem sido tarefa fácil. Estudos preliminares com a cultura do

milho têm revelado dificuldades, principalmente em relação à adubação orgânica. A aplicação do composto orgânico nesse sistema é feita na superfície do solo, o que possivelmente diminui a absorção de nutrientes pelas raízes e acarreta perdas de nitrogênio por volatilização de  $\text{NH}_3$ . A perda por volatilização de  $\text{NH}_3$  do nitrogênio lábil da decomposição do adubo orgânico pode diminuir seu benefício à cultura principal (JANZEN & MCGINN, 1991).

Para CORRENTE et al. (2001) o processo de perda de nitrogênio é de extrema importância, seja para compostos orgânicos ou para fertilizantes nitrogenados, pois pode variar de 9 a 86% do N-fertilizante aplicado. ALEXANDER (2011) afirma que a liberação de amônia torna-se mais provável quando o teor de nitrogênio do resíduo é maior que 2,4%, pois qualquer quantidade que excede o necessário para os microrganismos decomporem o material orgânico será descartada na forma de  $\text{NH}_3$ .

CELESTINO (2008) comparando a volatilização de N- $\text{NH}_3$  no sistema de semeadura direta tradicional e orgânico de milho constatou que com aplicação do composto orgânico em superfície houve volatilização de amônia no sistema orgânico de semeadura direta, totalizando 7g de N- $\text{NH}_3 \text{ m}^{-2}$  e uma perda de 12 g de N- $\text{NH}_3 \text{ m}^{-2}$  no sistema de semeadura direta tradicional, com a aplicação de uréia.

A incorporação de esterco de animais ou outros materiais orgânicos no solo tem sido recomendada em virtude de proporcionar benefícios agronômicos, como elevação do pH do solo (SILVA et al., 2001), redução da acidez potencial e aumento na disponibilidade de macronutrientes (VIEIRA & CARDOSO, 2003), além de promover efeitos benéficos nas características físicas do solo, tais como: melhora a drenagem e a aeração do solo, incrementa a capacidade de armazenamento de água, níveis de nutrientes e a população de microrganismos benéficos ao solo e à planta, estimulando o desenvolvimento radicular (MALAVOLTA et al., 2006).

Diversos trabalhos têm mostrado aumento na produção de matéria seca e grãos em espécies de interesse agronômico cultivadas com a incorporação de materiais orgânicos no solo (OLIVEIRA et al., 2009). Em alguns casos, o aumento é equiparável ou superior aos obtidos com a adubação mineral recomendada para as culturas (DA ROS et al., 1993).

Atualmente os cultivos de soja ou mesmo milho orgânicos no sistema de semeadura direta são feitos com máquinas utilizadas no sistema de semeadura direta

tradicional como semeadoras-adubadoras que dispõem de sistemas de distribuição e incorporação para adubos químicos, que possuem fontes concentradas de nutrientes, sendo exigidos em pouca quantidade, quando comparados com os adubos orgânicos. A aplicação de adubo orgânico, na maioria das vezes, composto orgânico, é realizada pela distribuição superficial por esparramadoras de esterco. Isso acontece porque no mercado de máquinas não se encontra uma semeadora-adubadora que faça a distribuição e incorporação do composto orgânico e semeadura simultaneamente. O não desenvolvimento de projetos de máquinas para tal fim, por parte das grandes empresas, deve-se a reduzida demanda do mercado de máquinas específicas para o sistema orgânico de semeadura direta, pois este novo sistema de cultivo ainda é pouco divulgado, com poucos agricultores que o praticam, necessitando ainda de estudos para ser aperfeiçoado.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Desenvolver e avaliar um mecanismo para incorporação mecânica de composto orgânico em sistema de semeadura direta de milho.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desenvolver uma adubadora para trabalhar com a incorporação de composto orgânico no solo;
- Determinar a demanda de potência e consumo de óleo diesel da adubadora;
- Avaliar as características operacionais: profundidade de incorporação e distribuição do composto orgânico no perfil do solo;
- Avaliar a eficiência da incorporação mecânica do composto orgânico sobre a emergência e o crescimento de plantas de milho em sistema orgânico de semeadura direta.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos propostos foi realizada uma avaliação de demanda de potência e consumo de óleo diesel da adubadora e dois experimentos à campo.

#### 3.1. DESENVOLVIMENTO DO MECANISMO

A adubadora utilizada foi desenvolvida e montada no Laboratório de Máquinas Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola, utilizando o chassi de uma semeadora-adubadora FNI-HOWARD Rotacaster, modelo RT 6010 (Figura 1). A máquina trabalha montada no sistema de engate de três pontos e apresenta mecanismo de abertura do sulco acionado pela tomada de potência.



*Figura 1* – Semeadora-adubadora FNI-HOWARD Rotacaster utilizada.

A semeadora-adubadora rotacaster foi desmontada e lavada para a retirada de resíduos de óleo e graxa. Após a lavagem seu chassi foi transportado para o galpão do Laboratório de Máquinas Agrícolas (Figura 2).



**Figura 2** – Chassi da semeadora-adubadora FNI-HOWARD Rotacaster após a desmontagem e limpeza.

Após a desmontagem e limpeza do chassi da rotacaster foi desenvolvido um sistema de distribuição de composto orgânico tendo como referência um protótipo da Van Dick Metalúrgica Indústria e Comércio. Para a confecção da caixa do sistema de distribuição do composto orgânico foi utilizada uma chapa metálica com espessura de 1,5 mm moldada no formato de semi-elipse e para o escoamento do composto orgânico foram feitas duas saídas com diâmetro de 100 mm espaçada entre si 0,80 m (Figura 3).



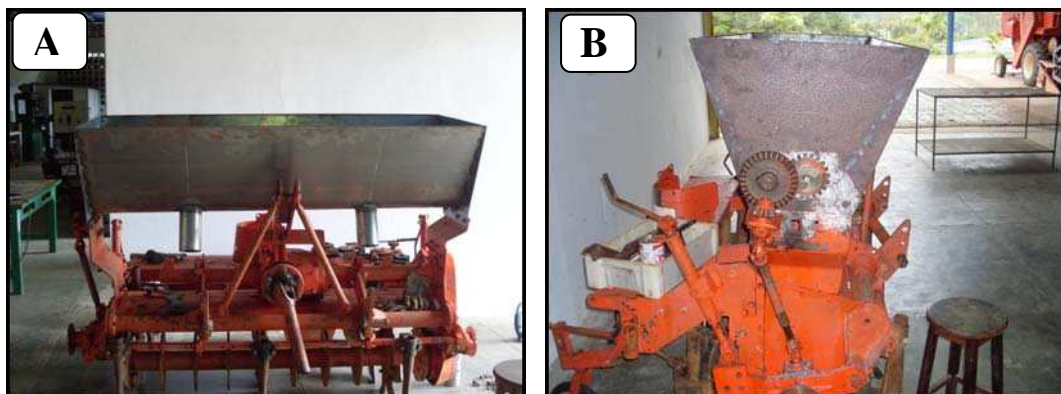
**Figura 3** – Confecção da caixa de distribuição de composto orgânico (A). Detalhe interno da caixa com a saída de composto orgânico (B).

Para a movimentação e transporte do composto orgânico para as saídas da caixa, foi desenvolvido um sistema semelhante a uma rosca sem fim, utilizando um eixo de seção quadrada e palhetas metálicas (Figura 4).



**Figura 4** – Eixo de movimentação e transporte do composto orgânico (A). Detalhe do eixo de movimentação e transporte do composto orgânico sobre o orifício de saída (B).

Após a confecção, a caixa de distribuição de composto orgânico foi acoplada ao chassi da rotacaster para a montagem do sistema diferencial de transmissão com a relação de um volta na roda motriz proporciona quatro voltas no eixo de transporte do composto orgânico no interior da caixa de distribuição (Figura 5).



**Figura 5** – Caixa de distribuição do composto orgânico acoplada no chassi da rotacaster (A). Detalhe da montagem do sistema de transmissão para a movimentação do eixo no interior da caixa (B).

Após a montagem da máquina foi realizada a mudança das facas do eixo rotativo para trabalhar com o espaçamento de 0,80 cm, de forma que o composto orgânico fosse aplicado, pela caixa de distribuição, na frente das facas. Logo após foi feito o trabalho de pintura de toda a máquina. Com a tinta seca foram acopladas as rodas e os tubos de descida (Figura 6).



**Figura 6** – Adubadora após o trabalho de pintura (A). Detalhe dos tubos de decida do composto orgânico (B).

### 3.2. AVALIAÇÃO DA ADUBADORA

Para determinação da demanda de potência foram utilizados dois tratores com potência nominal do motor de 80 cv, disponíveis para a realização das avaliações, um Agrale modelo 5080.4 Turbo 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar) para acionar a adubadora e um Valtra modelo 800 4x2 TDA para tracionar o conjunto trator-adubadora. A avaliação foi realizada em duas etapas (Figura 7), sendo três repetições para cada. A primeira etapa consistiu na avaliação com a adubadora acoplada e a segunda etapa sem adubadora. Para a determinação da força de tração utilizou-se uma célula de carga marca KRATOS (Figura 8), com capacidade de 50 kN e fator de correção 583,64. Determinou-se a leitura média da célula de carga e o tempo gasto para percorrer uma distância de 20 m. Com estes dados foram calculadas a força de tração requerida e a velocidade de deslocamento. Através dos valores de força de tração e velocidade de deslocamento foi obtida a potência demandada, utilizando a equação (1):

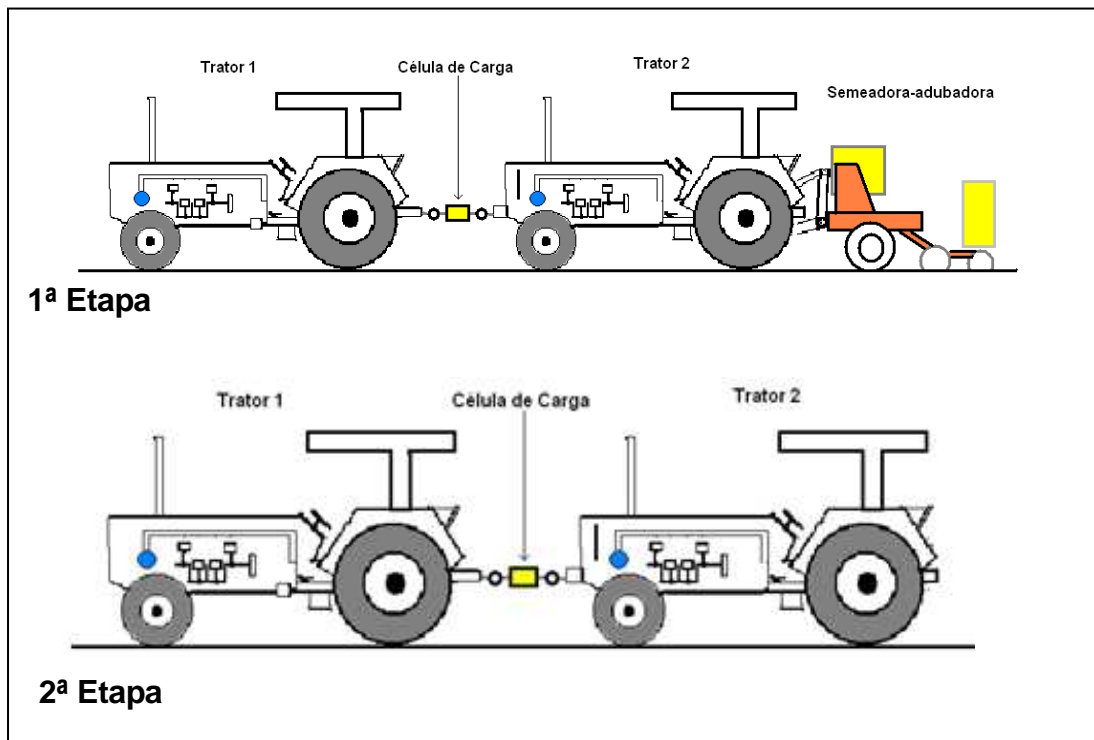
$$P = \frac{F \times V}{1000} \quad eq. (1)$$

em que:

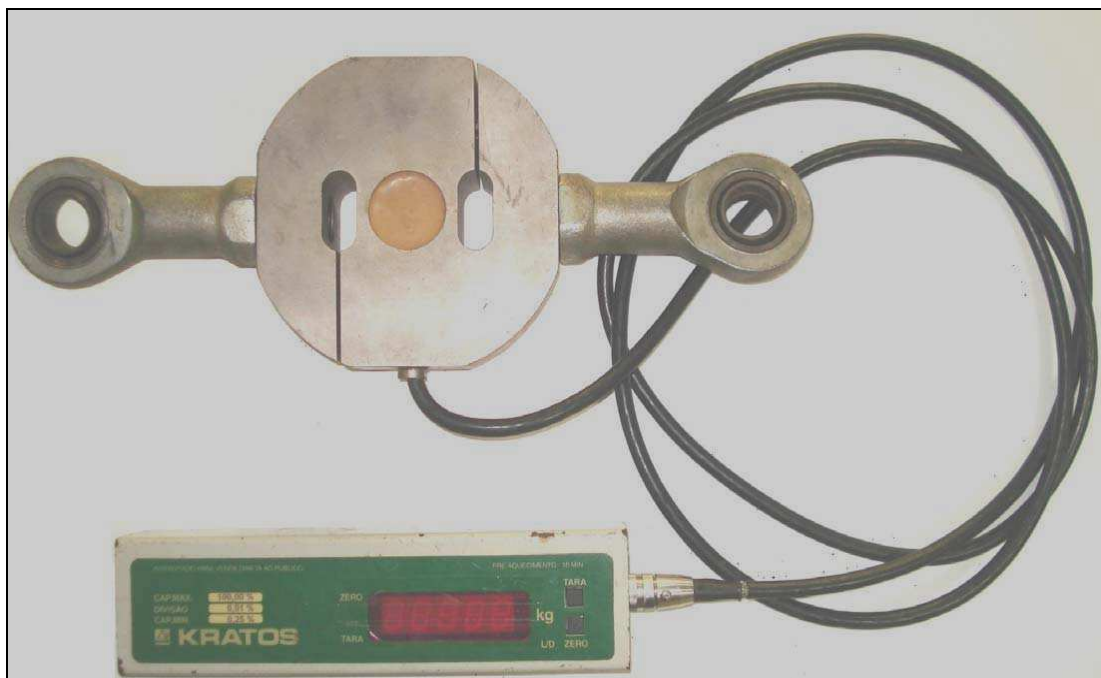
P = Potência, kW;

F = Força de tração, N; e,

V = Velocidade de deslocamento, m s<sup>-1</sup>.



**Figura 7** – Esquema da primeira e segunda etapa da avaliação da demanda de potência da adubadora.



**Figura 8** – Célula de carga utilizada na avaliação da demanda de potência da adubadora.

O consumo de combustível foi determinado utilizando um trator Valtra modelo 800 4x2 TDA adaptado com um fluxômetro (Figura 9) para tracionar e acionar a adubadora com a rotação do motor correspondente a 540 rotações por minuto na tomada

de potência do trator. Para o cálculo do consumo de combustível foram determinados o volume de combustível e o tempo gasto para percorrer uma distância de 20 m, conforme a equação (2).

$$Ch = \frac{3,6 C}{t} \quad eq. (2)$$

em que:

Ch = consumo horário de combustível, L h<sup>-1</sup>;

C = volume de combustível na unidade experimental, mL; e,

t = tempo gasto na unidade experimental, s.

A capacidade de trabalho teórica média foi determinada em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-adubadora e largura da faixa trabalhada conforme a equação (3).

$$Ct = \frac{V \times L}{10} \quad eq. (3)$$

em que:

Ct = capacidade de trabalho teórica, ha h<sup>-1</sup>;

V = velocidade de deslocamento do conjunto, km h<sup>-1</sup>; e,

L = largura da faixa trabalhada pelo conjunto, m.

O consumo operacional de combustível foi determinado em função do tempo gasto para trabalhar uma área correspondente a um hectare e o consumo horário de combustível conforme a equação (4).

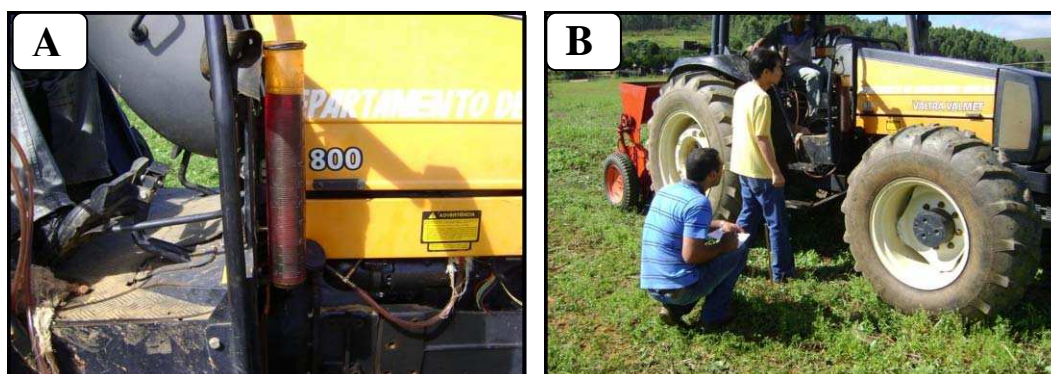
$$Co = T \times Ch \quad eq. (4)$$

Em que:

Co = consumo operacional de combustível, L ha<sup>-1</sup>;

T = tempo gasto para trabalhar um hectare, h ha<sup>-1</sup>; e,

Ch = consumo horário de combustível, L h<sup>-1</sup>.



**Figura 9** – Detalhe do fluxômetro instalado no trator (A). Leitura do volume de combustível gasto na avaliação (B).

### **3.3.LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA**

Os trabalhos foram realizados na Estação Experimental de Coimbra pertencente à Universidade Federal de Viçosa, na cidade de Coimbra, MG. A área caracteriza-se, climaticamente, por temperatura média anual de 19°C e precipitação média anual de 1.300 a 1.400 mm, concentrada, principalmente, durante o período de outubro a março, com média anual de umidade relativa do ar de 80 a 85% e temperatura média, neste período, de 23°C.

O solo foi classificado como um Argissolo Vermelho-Amarelo, fase terraço, segundo EMBRAPA (2006), classe de solo muito utilizada na região para a cultura do milho. As características físicas e químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1** – Características químicas e físicas do Argissolo Vermelho-Amarelo da área experimental. Viçosa-MG, 2012

ANÁLISE	UNIDADE	VALORES
<b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b>		
pH	-----	5,7
P	mg dm <sup>-3</sup>	11,5
K <sup>+</sup>		89
Ca <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,20
Mg <sup>2+</sup>		1,00
Al <sup>3+</sup>		0,00
H+Al		3,96
SB		3,43
CTC(t)		3,43
CTC(T)		7,39
V	%	46
m		0
MO	dag kg <sup>-1</sup>	3,60
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>		
Argila	%	77
Silte		6
Areia		17

As determinações químicas foram efetuadas conforme Embrapa (2009); pH em água na proporção de 1: 2,5 para solo: água; Ca, Mg e Al = extrator KCl 1N; P e K = extrator Mehlich-1; e acidez extraível H+Al = extrator SMP.

### 3.4. PRIMEIRO EXPERIMENTO

O primeiro experimento foi idealizado com o intuito de ser realizado um teste preliminar para avaliar se a adubadora desenvolvida seria capaz de incorporar o composto orgânico no solo e para identificar eventuais ajustes que seriam necessários para realização do experimento definitivo, o segundo experimento.

O primeiro experimento foi realizado no período de janeiro a maio de 2011 e disposto em um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições seguindo um esquema fatorial 2x2, sendo o primeiro fator constituído por 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de composto orgânico incorporado na linha de plantio com adubadora ou aplicado na superfície do solo ao lado da linha de plantio após a emergência das plântulas de milho; o segundo fator foi composto pela presença e ausência de palhada (Figura 10). As características químicas do composto orgânico estão apresentadas na Tabela 2.

Utilizou-se um trator da marca Massey Ferguson modelo 235 4x2 com potência nominal do motor de 40 cv para acionar e tracionar a adubadora para a realização do experimento.

**Tabela 2** - Características químicas do composto orgânico, com base na matéria seca, utilizado no primeiro experimento. Viçosa-MG, 2012

NUTRIENTES	UNIDADES	VALORES
N		1,32
P		0,73
K		1,44
Ca	dag kg <sup>-1</sup>	1,45
Mg		0,53
S		0,74
CO	%	37,4
C/N	---	28,3
Zn		203
Fe		45077
Mn	mg dm <sup>-1</sup>	422
Cu		220
B		25,9

As determinações foram efetuadas de acordo com o método descrito por Kiehl (1985) e umidade de 13%.



**Figura 10** – Incorporação do composto orgânico no solo com adubadora (A), Composto aplicado na superfície do solo ao lado da linha de plantio após a emergência das plântulas de milho (B).

Utilizou-se milho como planta formadora de palhada com a distribuição, a lanço, de 22 kg ha<sup>-1</sup> de sementes com valor cultural 75 %, realizada no dia 07/01/2011. No estágio de pleno florescimento do milho, dia 25/04/2011, foi realizada roçada das plantas. Foi feita a quantificação da massa seca da palhada por meio da coleta de todo o material presente em um perímetro quadrado com 0,50 m de lado lançado aleatoriamente na área.

Cada parcela foi constituída por doze linhas de plantio espaçadas de 0,80 m e comprimento de dez metros. Após a marcação e preparo das parcelas foi realizada, no dia 04/05/2011, semeadura por meio de matraca manual da variedade de milho UFV M100 preconizando uma população de 40.000 pl ha<sup>-1</sup>.

Foram feitas coletas de solo nas camadas de 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10 cm de profundidade em uma linha de plantio em cada parcela após a incorporação do composto orgânico com a adubadora e antes da aplicação dos tratamentos com o composto orgânico disposto na superfície do solo ao lado da linha de plantio, utilizando um tubo de metal com diâmetro de 75 mm e comprimento de 120 mm, recortado em sessões de 20 mm (Figura 11). As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solo Viçosa para determinação do teor de carbono orgânico.

Foi determinado o índice de velocidade de emergência (IVE) por meio de avaliações diárias de emergência de plântulas de milho, a partir da primeira plântula emergida até a obtenção de número constante, em quatro linhas de quatro metros em cada parcela. O índice de velocidade de emergência de plântulas foi calculado utilizando-se a equação (5) (MAGUIRE, 1962).

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n} \quad eq. (5)$$

em que:

IVE - índice de velocidade de emergência;

E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>n</sub> - número de plantas emergidas, na primeira, segunda, até a última contagem;

N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>n</sub> - número de dias da semeadura à primeira, segunda, até a última contagem.



**Figura 11** – Tubo utilizado para a coleta das amostras de solo para a determinação do carbono orgânico.

Foram realizadas irrigações conforme a necessidade. O controle das plantas daninhas foi feito por meio de uma roçada nas entrelinhas do milho 20 dias após a emergência da cultura.

Avaliaram-se, aleatoriamente, em dez plantas na parcela útil, a altura de planta até a inserção da quarta e da sexta folha, respectivamente, nos estádios de quatro (V4) e seis (V6) folhas do milho, diâmetro da base do colmo no estádio de seis folhas (V6), massa seca das plantas e teores de N, P, K, Ca e Mg, nos tecidos das plantas no estádio V4.

A quantificação da matéria seca no estádio V4 foi realizada após secagem a 65 °C, até peso constante, em estufa com circulação forçada de ar; a matéria seca dos tecidos foi triturada em moinho de facas e devidamente acondicionada para as determinações dos teores dos nutrientes minerais.

Para determinação do N total, as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica e analisadas pelo método de Kjeldahl. As determinações de P, K, Ca e Mg foram realizadas no extrato nitroperclórico, sendo o P quantificado colorimetricamente pelo método do molibdo-vanadato, o K por fotometria de chama e Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA et al., 2006). Os resultados das avaliações feitas foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelos testes de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SAEG versão 9.1 (2007).

### 3.5. SEGUNDO EXPERIMENTO

O segundo experimento foi realizado no período de junho de 2011 a janeiro de 2012, foi disposto em um delineamento de blocos casualizados com quatro repetições seguindo um esquema fatorial 3x2, totalizando seis tratamentos (Tabela 3).

**Tabela 3** – Tratamentos utilizados no segundo experimento. Viçosa-MG, 2012

<b>T1</b>	Composto orgânico incorporado com a adubadora com a presença de palhada.
<b>T2</b>	Composto orgânico incorporado com a adubadora sem a presença de palhada.
<b>T3</b>	Composto orgânico aplicado na superfície do solo com a presença de palhada.
<b>T4</b>	Composto orgânico aplicado na superfície do solo sem a presença de palhada.
<b>T5</b>	Sem aplicação de composto orgânico com a presença de palhada.
<b>T6</b>	Sem aplicação de composto orgânico sem a presença de palhada.

Utilizou-se aveia preta como planta formadora de palhada. Sua semeadura foi realizada na primeira quinzena de junho de 2011. No estágio de pleno florescimento foi feita roçada das plantas de aveia preta com roçadora costal (Figura 12). Após secagem ao sol, foi realizada a quantificação da massa seca da palhada por meio da coleta de todo o material presente em um perímetro quadrado com 0,50 m de lado lançado aleatoriamente na área.

Para os tratamentos nos quais foi utilizado o composto orgânico aplicou-se a dose de 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Diferentemente do primeiro experimento, a aplicação do composto orgânico na superfície do solo ao lado da linha de plantio foi feita no mesmo dia em que o composto foi incorporado com a adubadora e não após a emergência das plantas de milho. As características químicas do composto orgânico utilizado no segundo experimento estão apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4** - Características químicas do composto orgânico, com base na matéria seca, utilizado no segundo experimento. Viçosa-MG, 2012

NUTRIENTES	UNIDADES	VALORES
N		1,32
P		0,56
K		1,44
Ca	dag kg <sup>-1</sup>	1,09
Mg		0,43
S		0,61
CO	%	59,3
C/N	---	44,9
Zn		140
Fe		45077
Mn	mg dm <sup>-1</sup>	412
Cu		134
B		27,8

As determinações foram efetuadas de acordo com o método descrito por Kiehl (1985) e unidade de 13%.



**Figura 12** – Aveia preta no estágio de pleno florescimento (A). Roçada da aveia preta (B).

Cada parcela foi constituída por seis linhas de plantio espaçadas de 0,80 m e comprimento de cinco metros. No dia 14/10/2011, após a marcação das parcelas e a retirada da palhada para os tratamentos sem palhada, foi realizada a incorporação do

composto orgânico com a adubadora e a aplicação do mesmo na superfície do solo ao lado da linha de plantio.

Após a aplicação dos tratamentos foram feitas coletas de solo em uma linha de plantio em cada parcela nas camadas de 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10 cm de profundidade, utilizando um tubo de metal com diâmetro de 75 mm e comprimento de 120 mm, recortado em sessões de 20 mm. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solo Viçosa para determinação do teor de carbono orgânico.

O milho foi semeado no dia 17/10/2011 por meio de matraca manual preconizando uma população de 40.000 pl ha<sup>-1</sup> da variedade de milho UFV M100. Foram realizadas duas roçadas das plantas daninhas nas entre linhas do milho (Figura 13), a primeira aos 20 DAE (dias após a emergência) e a segunda aos 50 DAE. Somente foi feita uma irrigação após a semeadura do milho.



**Figura 13** – Roçada das plantas daninhas nas entre linhas do milho 20 dias após a emergência.

Após a emergência das plantas de milho avaliaram-se, aleatoriamente, em dez plantas na parcela útil, diâmetro da base do colmo e altura de planta até a inserção da quarta, da sexta, da oitava e da folha bandeira, respectivamente, nos estádios de quatro folhas (V4), seis folhas (V6), oito folhas (V8) e florescimento (R1). Também, nos referidos estádios, determinou-se a massa seca das plantas e acúmulo de N, P, K, Ca e Mg.

Determinou-se a taxa de crescimento para altura de planta em centímetros por dia, utilizando os valores médios de altura de inserção de folha em cada estágio fenológico avaliado e o intervalo de dias entre cada estágio. A taxa de crescimento para o diâmetro do colmo em milímetros por dia foi determinada utilizando os

valores médios de diâmetro da base do colmo em cada estágio fenológico avaliado e o intervalo de dias entre cada estágio.

A quantificação da matéria seca em cada estágio foi realizada em dezesseis plantas por parcela após secagem das mesmas a 65 °C, até peso constante, em estufa com circulação forçada de ar; após a secagem a matéria seca dos tecidos foi triturada em moinho de facas e devidamente acondicionada para as determinações dos teores dos nutrientes minerais.

Determinaram-se o N total, P, K, Ca e Mg conforme a metodologia descrita para o primeiro experimento. Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelos testes de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SAEG versão 9.1 (2007).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. DEMANDA DE POTÊNCIA E CONSUMO DE ÓLEO DEISEL DA ADUBADORA**

Com base na Tabela 5 observa-se que a potência demandada para tracionar somente o trator utilizado na segunda etapa da avaliação foi de 2,02 kW (2,75 cv) e a demanda de potência do conjunto trator-adubadora na primeira etapa da avaliação foi de 3,98 kW (5,43 cv), desta forma, a potência demandada pela adubadora foi de 1,96 kW (2,68 cv) a uma velocidade de trabalho de 3,3 km h<sup>-1</sup>, com base neste resultado, nota-se que a adubadora poderá ser tracionada e acionada por tratores com potência na classe I, até 40 cv segundo ANFAVEA (2011). O valor de demanda de potência para cada linha da adubadora (0,98 kW) pode ser considerado baixo quando comparado ao valor de 3,57 kW por linha de plantio obtido de uma semeadora-adubadora dotada do mecanismo de disco de corte de palhada e facão para deposição de adubo trabalhando em um solo com textura argilosa sob sistema de semeadura direta com uma velocidade de trabalho de 3,4 km h<sup>-1</sup> (FURLANI et al. 2008).

Este menor valor deve-se ao mecanismo de trabalho da adubadora, pois quando as enxadas rotativas são acionadas pela tomada de potência do trator, funcionam como se fossem um eixo auxiliar empurrando o conjunto trator-

adubadora, diferentemente da semeadora-adubadora utilizada por FURLANI et al. 2008, que somente é tracionada.

**Tabela 5** - Valores de velocidade, força de tração e potência, da primeira (com adubadora) e da segunda (sem adubadora) etapas da avaliação da demanda de potência de uma adubadora para sistema orgânico de semeadura direta. Viçosa - MG, 2012

Repetição	Sem adubadora			Com Adubadora		
	Velocidade (m s <sup>-1</sup> )	Força (N)	Potência (kW)	Velocidade (m s <sup>-1</sup> )	Força (N)	Potência (kW)
1	0,92	1774,30	1,63	0,91	4098,06	3,73
2	0,91	2346,65	2,14	0,90	4498,71	4,05
3	0,93	2461,12	2,29	0,90	4670,42	4,20
<b>Média</b>	0,92	2194,02	2,02	0,90	4422,40	3,98

O consumo horário de óleo diesel da adubadora (Tabela 6) apresentou-se equivalente ao obtido por REIS et al. (2002), que trabalhou com uma semeadora-adubadora rotacaster com duas linhas de plantio em diferentes tores de água em um Argissolo com textura argilosa e obteve o valor médio de 4,14 L h<sup>-1</sup>. O consumo horário de óleo diesel por linha de plantio da adubadora adaptada (2,44 L h<sup>-1</sup> linha<sup>-1</sup>) apresentou-se próximo ao valor de uma semeadora-adubadora de semeadura direta tradicional (2,50 L h<sup>-1</sup> linha<sup>-1</sup>) composta por disco de corte e facão sulcador, utilizada por FURLANI et al. (2008).

Isto ocorre devido ao fato da adubadora necessitar ser acionada pela tomada de potência do trator, o que contribui para maior consumo de óleo diesel. No entanto, o consumo operacional de óleo diesel do conjunto trator-adubadora (18,74 L ha<sup>-1</sup>) foi três vezes maior que o consumo operacional do conjunto trator-semeadora-adubadora de semeadura direta tradicional (6,3 L ha<sup>-1</sup>) obtido por FURLANI et al. (2008).

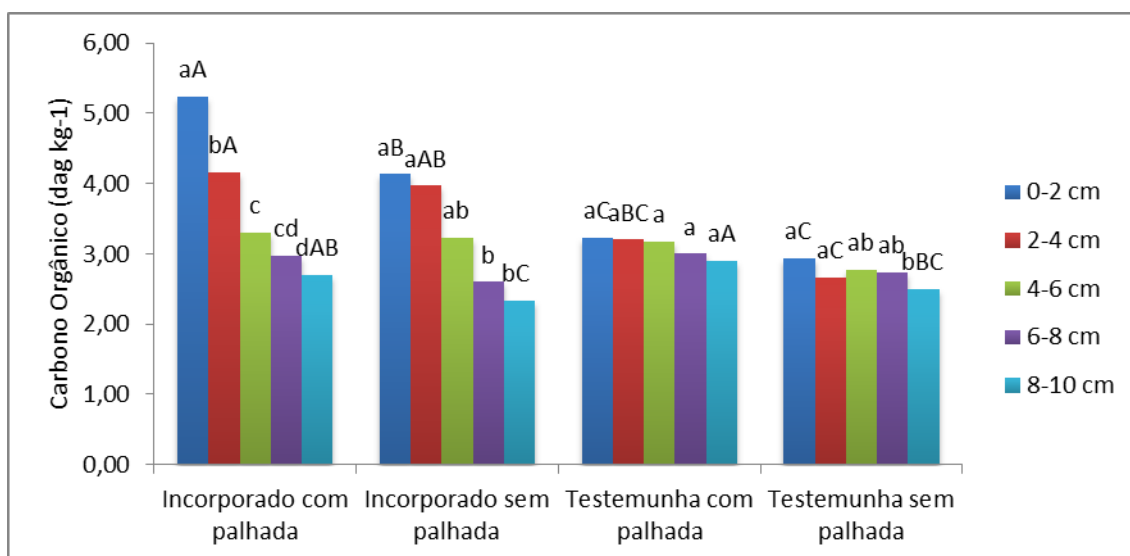
Este maior consumo operacional deve-se ao fato do conjunto trator-adubadora possuir baixa capacidade de trabalho teórica média (0,26 ha h<sup>-1</sup>) comparada a do conjunto trator-semeadora-adubadora de semeadura direta tradicional (1,3 ha h<sup>-1</sup>).

**Tabela 6** - Valores capacidade de trabalho teórica, consumo horário de óleo diesel e consumo operacional de óleo diesel do conjunto trator-adubadora para sistema orgânico de semeadura direta. Viçosa - MG, 2012

<b>Repetição</b>	<b>Capacidade de Trabalho (ha h<sup>-1</sup>)</b>	<b>Consumo horário (L h<sup>-1</sup>)</b>	<b>Consumo operacional (L ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>1</b>	0,26	4,96	18,73
<b>2</b>	0,25	4,76	18,74
<b>3</b>	0,26	4,90	18,74
<b>Média</b>	0,26	4,87	18,74

#### **4.2. INCORPORAÇÃO DO COMPOSTO ORGÂNICO NO PERFIL DO SOLO**

A incorporação do composto orgânico no perfil do solo no primeiro experimento encontra-se representada na Figura 14 pelos teores médios de carbono orgânico até 10 cm de profundidade. Observa-se que o maior teor de carbono orgânico do solo no primeiro experimento (5,20 dag kg<sup>-1</sup>) foi obtido na profundidade de 0-2 cm com a incorporação dos 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de composto orgânico na área com a presença da palhada de milho, havendo um incremento de 2,00 dag kg<sup>-1</sup> em relação ao tratamento sem aplicação de composto orgânico com palhada (testemunha). Para os tratamentos com a aplicação do composto orgânico nota-se que à medida que se aprofunda no perfil do solo ocorre redução dos teores de carbono orgânico, no entanto, percebe-se, para tais tratamentos, efeito mais pronunciado nas profundidades de 0-2 e 2-4 cm, mostrando a eficiência da adubadora desenvolvida em incorporar o composto orgânico no solo, podendo contribuir com a minimização do processo de volatilização do nitrogênio na forma de NH<sub>3</sub> e aumentar o contato do mesmo com as raízes das plantas.

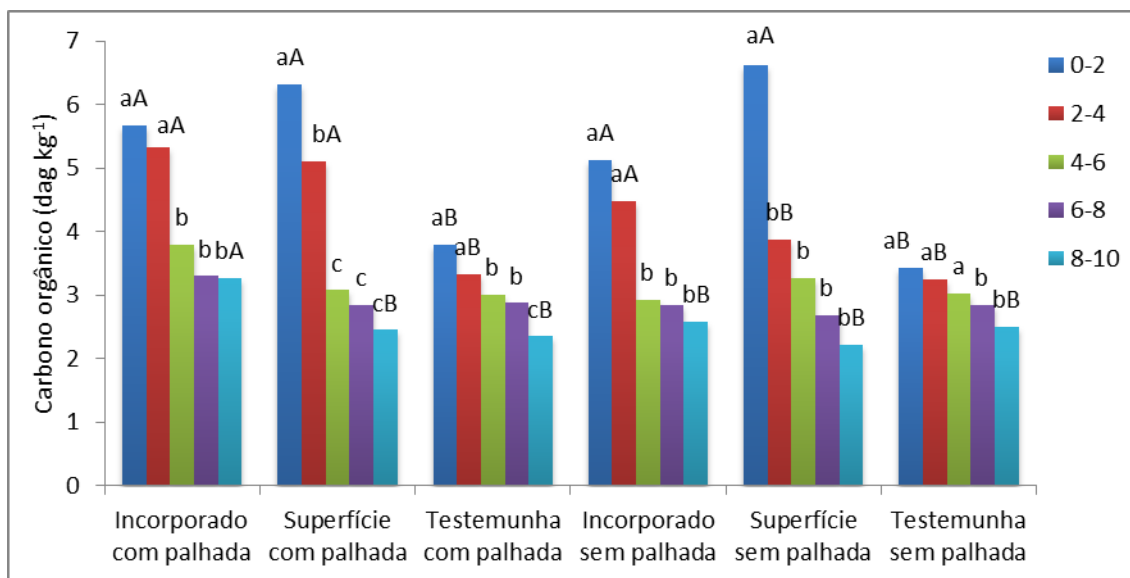


Barras seguidas pelas mesmas letras minúsculas não apresentaram diferença significativas entre profundidades dentro de cada tratamento. Barras seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não apresentaram diferença significativas entre tratamentos dentro da mesma profundidade.

**Figura 14** – Valores médios de carbono orgânico no solo em razão da incorporação do composto orgânico e presença e ausência de palhada de milho. Primeiro experimento.

Para os tratamentos sem a aplicação do composto orgânico (testemunha) com a presença de palhada observa-se que não houve diferença estatística entre as camadas avaliadas, com valores situados próximos a 3,00 dag kg<sup>-1</sup>. Já para a testemunha com a ausência de palhada apenas a profundidade de 8-10 cm diferiu das demais apresentando menor valor (2,50 dag kg<sup>-1</sup>).

No segundo experimento observa-se incremento de 49 e 60 % no teor de carbono orgânico do solo (Figura 15), respectivamente, nas camadas de 0-2 e 2-4 cm com a presença da palhada de aveia preta quando o composto orgânico foi incorporado no solo com a adubadora, evidenciando novamente que a adubadora foi eficiente em incorporar o composto orgânico em tais camadas. No entanto, quando o composto orgânico é aplicado na superfície do solo ao lado da linha de plantio com a presença da palhada de aveia preta observa-se incremento de 66 e 53 % no teor de carbono orgânico do solo, respectivamente, nas camadas de 0-2 e 2-4 cm. Desta forma, nota-se que a maior parte do composto orgânico ficou restrita na camada superficial do solo, sobre a palhada, o que pode agravar a perda de nitrogênio pela volatilização do NH<sub>3</sub> e restringir o fornecimento dos nutrientes para as plantas de milho.



Barras seguidas pelas mesmas letras minúsculas não apresentaram diferença significativas entre profundidades dentro de cada tratamento. Barras seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não apresentaram diferença significativas entre tratamentos dentro da mesma profundidade

**Figura 15** – Valores médios de carbono orgânico no solo em razão da incorporação e aplicação do composto orgânico na superfície do solo e presença e ausência de palhada de aveia preta. Segundo experimento.

Sem a presença da palha de aveia preta, nota-se incremento mais acentuado no teor de carbono orgânico do solo na camada de 0-2 cm para o tratamento com aplicação superficial do composto orgânico, atingindo valor de 6,60 dag kg<sup>-1</sup>. Quando o composto orgânico passa a ser incorporado com a adubadora ocorre menor incremento no teor de carbono orgânico do solo em tal camada, em contra partida, a camada de 2-4 cm apresentou incremento significativo de 1,12 dag kg<sup>-1</sup>, evidenciando novamente que a adubadora foi capaz de incorporar eficientemente o composto orgânico na camada de 0-4 cm de profundidade.

Em comparação com o primeiro experimento, no segundo observa-se que os valores de carbono orgânico do solo são maiores, para os tratamentos nos quais o composto orgânico foi incorporado no solo. Esta diferença deve-se aos teores de carbono orgânico dos compostos orgânicos utilizados nos experimentos, sendo 37,4 % para o primeiro e 59,3 % para segundo e também à massa seca da cobertura do solo, sendo 4 t ha<sup>-1</sup> para a palhada de milho e 9 t ha<sup>-1</sup> para a palhada de aveia preta, que foram incorporadas juntamente com o composto orgânico, contribuindo com aumento do teor de carbono orgânico do solo.

### 4.3. INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DO COMPOSTO ORGÂNICO NO CRESCIMENTO DO MILHO

#### 4.3.1. PRIMEIRO EXPERIMENTO

Para os valores de índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de milho observa-se, na Tabela 7, efeito significativo da interação da presença e ausência de composto orgânico com a presença e ausência de palhada de milho, mostrando a importância da presença da cobertura do solo no processo de emergência das plântulas de milho, como evidenciado por NUNES et al. (2003), que testou a influência da cobertura do solo com palhada de sorgo na emergência de plântulas de milho e soja, obtendo um resultado positivo para milho, com incremento de 16 % no IVE, elevando-se a dose de palhada de 0 t ha<sup>-1</sup> para 30 t ha<sup>-1</sup>. Este resultado positivo para presença de palhada sobre o IVE de plântulas de milho pode ser devido à redução do processo de evaporação da água do solo com a presença da palhada, mantendo por mais tempo umidade que favoreça a germinação, elevando o IVE (CRUZ et al., 2011).

**Tabela 7**– Valores médios de Índice de velocidade de emergência (IVE) de plantas de milho. Viçosa - MG, 2012

Palhada	Composto orgânico		MÉDIA
	Incorporado	Sem composto	
Com	6,09 aA	4,73 aA	5,41
Sem	5,60 aA	3,47 bB	4,10
MÉDIA	5,84	4,54	
CV%	23,37		

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A incorporação do composto orgânico no solo favoreceu o IVE das plântulas de milho no solo sem a presença da palhada de milho. Alguns autores evidenciam que a incorporação de esterco de animais ou outros materiais orgânicos podem promover efeitos benéficos nas características físicas do solo, tais como: aumento da microporosidade e retenção de água em solos arenosos (HAFEZ, 1974; WEIL & KROONTJE, 1979). Este efeito positivo pode ser devido à alteração das características físicas do solo no qual foi incorporado composto orgânico,

favorecendo a manutenção do teor de água do solo. Este benefício da presença de composto orgânico sobre o IVE também foi observado em pimenta malagueta por DIAS et al. (2008).

Com base nos resultados da Tabela 8 nota-se incremento de 13% no valor médio para altura de inserção da quarta folha quando as plantas de milho foram cultivadas com o composto orgânico incorporado mecanicamente com a adubadora na linha de plantio.

Este maior crescimento das plantas de milho deve-se ao benefício da incorporação de materiais orgânicos na qualidade do solo, caracterizando-se pela liberação gradativa de nutrientes, reduzindo processos como lixiviação, fixação e volatilização, embora dependa essencialmente da taxa de decomposição, controlada pela temperatura, umidade, textura e mineralogia do solo, além da composição química do material orgânico utilizado (LEITE et al., 2003).

Além disso, o material orgânico promove a retenção de cátions e fornecimento de nutrientes (SILVA et al., 2004), desempenhando também outras funções como melhoria da estrutura, agregação, descompactação, aeração e também o aumento da atividade biológica do solo (ZHANG et al., 1997; OELSEN et al., 1997). Deste modo, o material orgânico influencia o crescimento dos vegetais, o que torna sua utilização importante para a agricultura (STEVENSON, 1982). Segundo ALVES et al. (2009) para o crescimento e desenvolvimento satisfatório da cultura, são necessárias boas condições de água disponível no solo, a qual pode ser garantida com a incorporação de matéria orgânica no mesmo.

**Tabela 8** – Valores médios de altura de plantas de milho até a inserção da quarta folha, em centímetros. Viçosa-MG, 2012

Palhada	Composto orgânico		MÉDIA
	Incorporado	Superfície	
Com	8,78	7,55	8,17 <b>A</b>
Sem	6,76	6,20	6,48 <b>B</b>
<b>MÉDIA</b>	7,77 <b>a</b>	6,88 <b>b</b>	
<b>CV%</b>	18,83		

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 8 também pode ser observado o efeito positivo para a presença da cobertura do solo com palhada de milheto, proporcionando incremento de 26 % na

altura de inserção da quarta folha para as plantas de milho. Este maior valor médio para altura de plantas de milho nos tratamento com palhada deve-se ao benefício da mesma em manter a umidade do solo (CRUZ et al., 2007), favorecendo o crescimento das plantas (FERREIRA et al., 2009).

No estágio V6 as plantas de milho cultivadas com composto orgânico incorporado com a adubadora apresentaram altura de inserção da sexta folha 23% maior em relação às plantas cultivadas com o composto orgânico aplicado na superfície do solo ao lado da linha de plantio (Tabela 9). Este incremento é superior ao observado no estágio V4 devido à elongação acelerada do colmo e o sistema radicular nodal estar em pleno funcionamento e crescimento (MAGALHÃES et al., 2002). Desta forma, a incorporação do composto orgânico no solo na linha de plantio favoreceu a absorção dos nutrientes pelas plantas de milho e influenciou sua altura.

**Tabela 9** – Valores médios de altura de plantas de milho até a inserção da sexta folha, em centímetros. Viçosa-MG, 2012

Palhada	Composto orgânico		MÉDIA
	Incorporado	Superfície	
Com	18,81	15,31	17,06
Sem	18,20	14,06	16,13
<b>MÉDIA</b>	18,12 <b>a</b>	14,68 <b>b</b>	
CV%	7,35		

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo BEGNA et al. (2001), um rápido desenvolvimento da cultura proporciona vantagens competitiva com plantas daninhas, reduzindo perdas da cultura por competição. Elevado vigor de plântulas, emergência precoce, rápida expansão foliar e elevada estatura de plantas são consideradas as principais características de planta que proporcionam vantagens competitivas com plantas daninhas (BALBINOT JÚNIOR & FLECK, 2005). Por outro lado, o maior crescimento das plantas de milho nos estádios iniciais promove maior cobertura do solo e melhor capacidade das plantas concorrerem com as plantas daninhas. Deve-se lembrar de que no sistema orgânico de semeadura direta não se aplica dessecante e o manejo das plantas daninhas é realizado com roçada.

Alterações nas relações de competição por água, luz e nutrientes entre o milho e as plantas daninhas, em favor da cultura, podem ser alcançadas por meio de práticas de manejo como a incorporação de composto orgânico no solo na linha de plantio.

Com base nos resultados da Tabela 10 nota-se o efeito positivo da incorporação do composto orgânico na linha de plantio com a adubadora, elevando em 15% o valor médio de diâmetro da base do colmo das plantas de milho (de 23,21 mm com o composto aplicado na superfície ao lado da linha de plantio para 26,74 mm com o composto incorporado no solo). Este incremento no diâmetro da base do colmo também foi observado por DAGA et al. (2009) trabalhando com doses de cama de aviário incorporada na linha de plantio.

Maior diâmetro de colmo das plantas de milho a partir do estágio V6 pode ser correlacionado com maior espaço físico para o acúmulo de nutrientes absorvidos e fotoassimilados produzidos durante a fase vegetativa, que serão utilizados na fase reprodutiva para o enchimento dos grãos, além de propiciar plantas mais resistentes ao acamamento e ao quebramento (ANDREOTTI et al., 2001).

**Tabela 10** – Valores médios de diâmetro do caule de plantas de milho no estágio de sexta folha, em milímetros. Viçosa-MG, 2012

Palhada	Composto orgânico		MÉDIA
	Incorporado	Superfície	
Com	26,77	24,64	25,71
Sem	26,70	21,77	24,23
<b>MÉDIA</b>	26,74 <b>a</b>	23,21 <b>b</b>	
<b>CV%</b>	6,35		

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A massa seca de plantas de milho no estágio V4 somente foi influenciada pela presença e ausência da cobertura do solo com palhada de milho (Tabela 11), produzindo 36 kg ha<sup>-1</sup> nos tratamentos com cobertura do solo, cerca de 30% a mais que os tratamentos sem cobertura do solo com palhada de milho. Este resultado deve-se ao benefício da palhada de milho em manter a umidade do solo por período mais prolongado após as irrigações realizadas, pois a semeadura do milho foi realizada em época não recomendada (mês de maio), com a escassez de chuva e baixa temperatura. Portanto, após uma irrigação, o solo sem cobertura da palhada de

milheto pode ter apresentado redução mais acentuada de umidade, devido à evaporação da água, reduzindo a disponibilidade desta para a cultura o que acarretou no fechamento dos estômatos, reduzindo o influxo de CO<sub>2</sub> e também a taxa transpiratória, conseqüentemente, menor absorção de nutrientes, proporcionando redução no acúmulo de massa seca pelas plantas de milho.

NUNES et al. (2003) avaliando influência de doses de palhada de sorgo sobre o desenvolvimento do milho observou incremento linear na massa seca das plantas de milho com o aumento da dose de palhada na superfície do solo de 0 a 30 t ha<sup>-1</sup>.

Conforme CRUZ et al. (2007), a manutenção da palha na superfície do solo atua principalmente na proteção contra o impacto das gotas de chuva, reduzindo a desagregação, o escoamento superficial, o transporte de sedimentos e, conseqüentemente, a erosão. Além disso, atua na proteção do solo contra o efeito dos raios solares, reduzindo a evaporação, a temperatura e a amplitude térmica do solo, contra a ação de ventos e auxilia no controle de plantas daninhas, pela supressão ou efeito alelopático (SÁ et al., 2010).

**Tabela 11** – Valores médios de massa seca de plantas de milho no estágio de quatro folhas, em kg ha<sup>-1</sup>. Viçosa-MG, 2012

Palhada	Composto orgânico		MÉDIA
	Incorporado	Superfície	
Com	38	34	36 A
Sem	31	24	27 B
MÉDIA	34	29	
CV%	22,40		

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores dos nutrientes nos tecidos das plantas de milho no estágio V4 não foram influenciados pelo modo de aplicação do composto orgânico nem pela presença e ausência da palhada de milheto, exceto os teores de nitrogênio (Tabela 12), sendo superior para os tratamentos onde o composto orgânico foi incorporado no solo na linha de plantio (4,22 dag kg<sup>-1</sup>). Este maior teor de nitrogênio presente nos tecidos das plantas deve-se ao fato da maior disponibilidade deste nutriente no solo, proveniente do composto orgânico.

Esta mineralização do nitrogênio do composto orgânico é influenciada pela incorporação deste no solo e também pela sua relação C/N, afetando a dinâmica populacional dos microrganismos, proporcionando aumento da disponibilidade de alguns nutrientes, em especial o nitrogênio (SEVERINO et al., 2004). Segundo ALEXANDER (2011), a concentração e atividade dos microrganismos do solo são influenciados pela disponibilidade de matéria orgânica no solo e pela qualidade dos resíduos orgânicos adicionados. Fatores inerentes à matéria orgânica, como a relação C/N, presença de lignina e granulometria, são fatores que interferem na composição microbiana.

**Tabela 12** – Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nos tecidos das plantas de milho no estágio de quatro folhas, em dag kg<sup>-1</sup>. Viçosa-MG, 2012

Nutriente	Palhada	Composto orgânico		MÉDIA	CV (%)
		Incorporado	Superfície		
N	Com	4,16	4,04	4,10	4,25
	Sem	4,27	3,94	4,11	
	MÉDIA	4,22 a	3,99 b	4,10	
P	Com	0,26	0,27	0,27	6,96
	Sem	0,25	0,25	0,25	
	MÉDIA	0,26	0,26	0,26	
K	Com	2,97	2,86	2,92	8,33
	Sem	2,78	2,71	2,75	
	MÉDIA	2,88	2,79	2,83	
Ca	Com	0,41	0,46	0,44	12,37
	Sem	0,44	0,41	0,43	
	MÉDIA	0,43	0,44	0,43	
Mg	Com	0,34	0,40	0,37	9,04
	Sem	0,36	0,37	0,37	
	MÉDIA	0,35	0,39	0,37	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

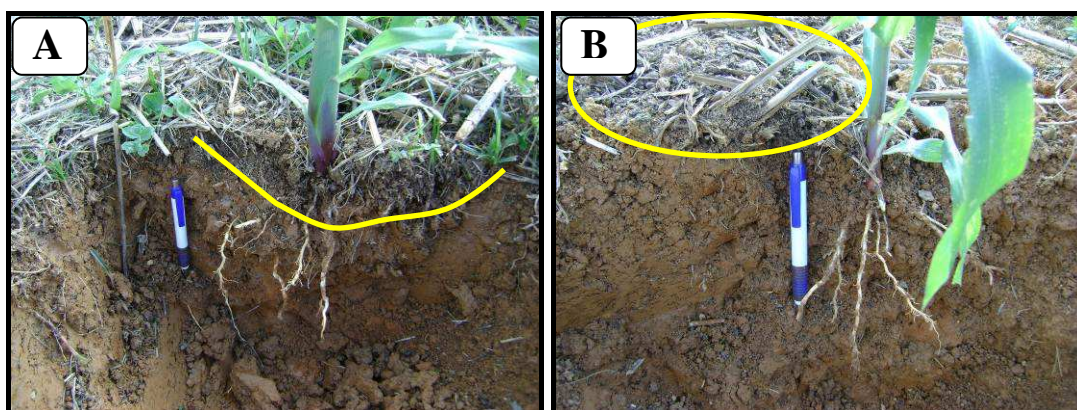
Na Figura 11 B observam-se os tratamentos em que o composto orgânico foi aplicado na superfície do solo, ficando exposto à temperatura elevada, favorecendo a volatilização do NH<sub>3</sub> e onde foi incorporado no solo com a adubadora adaptada

(Figura 11 A). Também pode ser observada uma diferença no desenvolvimento das plantas, sendo aquelas cultivadas com o composto incorporado no solo apresentaram grau desenvolvimento superior às que foram cultivadas com o composto aplicado na superfície do solo.



**Figura 16** – Plantas de milho no estágio de quatro folhas cultivadas com o composto orgânico incorporado ao solo na linha de plantio (A) e aplicado na superfície do solo (B).

Na Figura 12 fica evidenciado o contato direto das raízes do milho com o composto orgânico incorporado no solo (Figura 12 A), além disso, nota-se que o composto orgânico não foi somente incorporado verticalmente, mas também lateralmente na linha de plantio.



**Figura 17** – Detalhe do composto orgânico incorporado no solo na linha de plantio (A) e aplicado na superfície do solo (B).

### 4.3.2. SEGUNDO EXPERIMENTO

Os resultados de altura de inserção da quarta, sexta, oitava folhas e folha bandeira estão apresentados na Tabela 13. Observa-se que houve apenas diferença significativa para o efeito isolado da ausência e presença de composto orgânico.

**Tabela 13** – Valores médios de altura, em centímetros, de inserção da quarta, da sexta, da oitava e folha bandeira de plantas de milho, respectivamente, nos estádios V4, V6, V8 e R1. Viçosa-MG, 2012

Estádios	Palhada	Composto Orgânico			MÉDIA	CV (%)
		Incorporado	Superfície	Sem Composto		
V4	Com	7,7	8,1	5,0	6,9	14,4
	Sem	7,0	7,3	4,3	6,2	
	MÉDIA	7,3 a	7,7 a	4,6 b	6,6	
V6	Com	18,4	17,9	10,9	15,7	8,5
	Sem	18,8	17,0	9,7	15,2	
	MÉDIA	18,6 a	17,4 a	10,3 b	15,5	
V8	Com	40,3	33,0	21,5	31,6	5,9
	Sem	39,4	29,8	18,9	29,4	
	MÉDIA	39,9 a	31,4 b	20,2 c	30,5	
R1	Com	177,9	166,7	137,7	160,8	4,2
	Sem	175,5	159,7	125,2	153,5	
	MÉDIA	176,7 a	163,2 b	131,4 c	157,1	

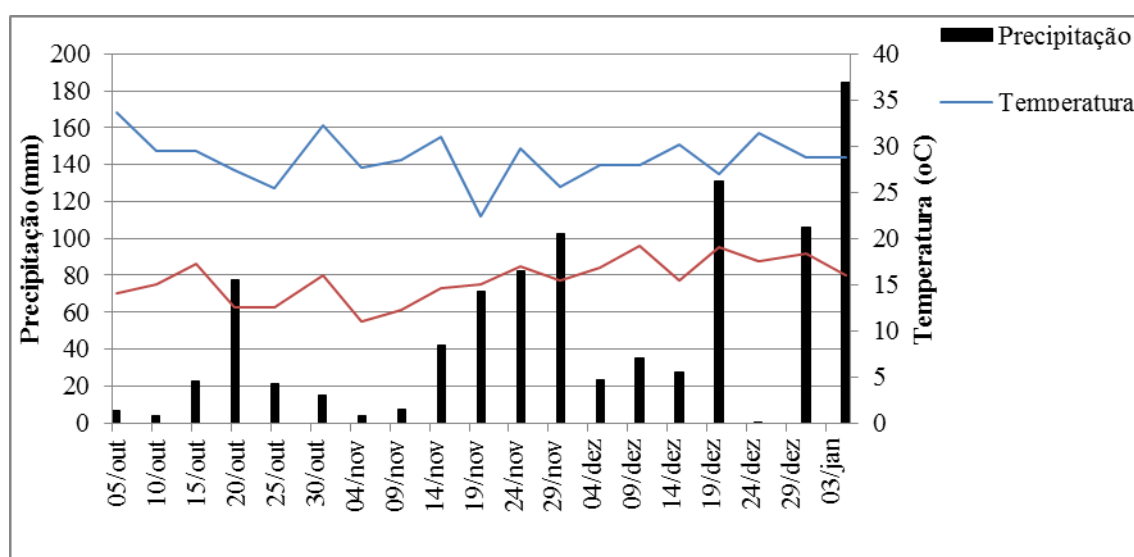
Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Diferentemente do que foi observado no primeiro experimento, não houve diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre os tratamentos com a aplicação do composto orgânico, tanto na superfície do solo quanto incorporado no solo com a adubadora, para as alturas de inserção da quarta e sexta folhas, respectivamente, nos estádios V4 e V6 (Tabela 13). Este mesmo resultado também foi observado para os valores de diâmetro da base do colmo (Tabela 14) e massa seca das plantas de milho (Tabela 15).

Tal resultado pode estar associado ao regime pluviométrico da época em que foi feita a aplicação do composto orgânico no campo (Figura 13). Dessa forma, após a aplicação do composto orgânico no solo, tanto na superfície quanto incorporado com a adubadora, realizada no mesmo dia 16/10/2011, ocorreu um acumulado de chuva de 77 mm entre os dias 15 e 20 de outubro, esta chuva foi responsável por

manter a umidade do composto orgânico, elevando a taxa de mineralização do mesmo pelos microrganismos.

Com a elevação da taxa de mineralização do composto orgânico ocorreu a liberação mais rápida dos nutrientes, como evidenciado também por FRANCHINI et al. (2003). Tais nutrientes foram carregados pela água da chuva chegando ao solo, onde ficaram retidos nas cargas das argilas. Dessa maneira, o composto orgânico aplicado na superfície do solo foi tão eficiente quanto o incorporado com a adubadora, em fornecer nutrientes para o crescimento inicial do milho, não apresentando diferença significativa para altura de inserção das folhas avaliadas nos estádios V4 e V6.



**Figura 18** – Precipitação acumulada em cinco dias e temperaturas máxima e mínima do período de condução em campo do segundo experimento.

Já para os estádios V8 e R1 as plantas de milho cultivadas com os 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de composto orgânico incorporado no solo com adubadora apresentaram valores médios de altura da inserção da oitava folha e folha bandeira, respectivamente, 27 e 8 % maiores que as plantas cultivadas com o composto aplicado na superfície do solo, e 97,5 e 34 % maiores que as plantas cultivadas sem a aplicação do composto orgânico.

Este maior valor em altura de inserção de folha reflete em maior altura de planta. Com isso, plantas de milho com maior estatura terão vantagens competitivas sobre as plantas daninhas, pois proporcionarão o sombreamento destas, reduzindo a sua taxa de crescimento, conseqüentemente diminuindo a competição por água, luz e

nutrientes, que implicará em menos roçadas, reduzindo os custos de produção do sistema.

Alterações nas relações de competição por água, luz e nutrientes entre o milho e as plantas daninhas, em favor da cultura, podem ser alcançadas por meio de práticas de manejo (BALBINOT JÚNIOR & FLECK, 2005). Acredita-se que uma delas pode ser a aplicação da adubação orgânica incorporada na linha de semeadura, que pode suprimir o desenvolvimento de plantas daninhas pela diminuição da disponibilidade de recursos às mesmas e, conseqüentemente, resultando em plantas de milho mais bem nutridas e vigorosas, com maior potencial produtivo.

Segundo FREITAS et al., (2008) o milho é considerado ótimo competidor com plantas de menor porte, devido, principalmente, à sua expressiva vantagem sobre as mesmas, evidenciada pela maior taxa de acúmulo de massa seca produzida nos estádios iniciais do desenvolvimento. Além disso, apresenta elevada capacidade de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa ao longo de seu dossel, que reduz a quantidade desse recurso para as outras espécies.

A maior taxa de crescimento em altura foi observada entre os estádios V8 e R1, atingindo valores de 5,4 cm dia<sup>-1</sup> para os tratamentos com o composto incorporado no solo, 5,2 cm dia<sup>-1</sup> para os tratamentos com o composto aplicado na superfície e 4,4 cm dia<sup>-1</sup> para os tratamentos sem composto orgânico. No entanto, a maior diferença entre as taxas de crescimento foi observada entre os estádios V6 e V8, com valores de 1,42 cm dia<sup>-1</sup> para os tratamentos com o composto orgânico incorporado no solo, 0,93 cm dia<sup>-1</sup> para os tratamentos com o composto aplicado na superfície e 0,66 cm dia<sup>-1</sup> para os tratamentos sem aplicação do composto orgânico. Esta maior diferença entre as taxas de crescimento observadas entre os estádios V6 e V8 refletiu em plantas com maior estatura, evidenciado pelo resultado significativo para altura de inserção da oitava folha (Tabela 13).

O maior valor da taxa de crescimento (1,42 cm dia<sup>-1</sup>) observado entre os estádios V6 e V8 pode estar associado ao maior volume de raízes e ao contato direto destas com o composto orgânico, proporcionado pela incorporação do mesmo no solo na linha de plantio, favorecendo a absorção dos nutrientes.

Os resultados de diâmetro da base do colmo das plantas de milho (Tabela 14) foram semelhantes aos observado para altura de inserção de folhas, apresentando diferença significativa para teste de Tukey a 5 % de probabilidade entre os modos de

aplicação do composto orgânico apenas nos estádios V8 e R1, com os maiores valores para o tratamento onde o composto orgânico foi incorporado no solo com a adubadora, superando em 24 e 16 % os tratamentos com a aplicação do composto orgânico na superfície do solo ao lado da linha de plantio.

**Tabela 14** – Valores médios de diâmetro da base do colmo de plantas de milho, em milímetros, nos estádios V4, V6, V8 e R1. Viçosa-MG, 2012

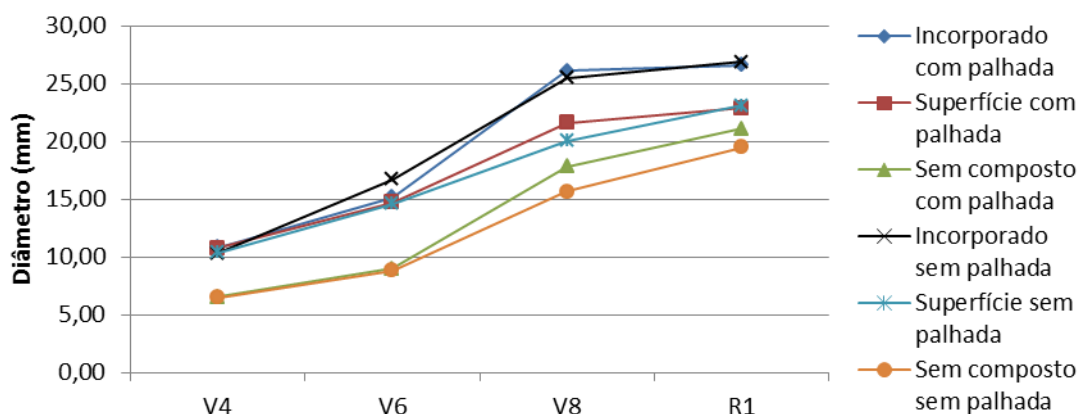
Estádios	Palhada	Composto Orgânico			MÉDIA	CV (%)
		Incorporado	Superfície	Sem Composto		
V4	Com	10,8	10,7	6,5	9,4	8,1
	Sem	10,3	10,4	6,5	9,1	
	MÉDIA	10,6 a	10,7 a	6,5 b	9,2	
V6	Com	15,1	14,7	9,0	12,9	8,8
	Sem	16,7	14,6	8,8	13,4	
	MÉDIA	15,9 a	14,6 a	8,9 b	13,1	
V8	Com	26,1	21,6	17,8	21,8	7,0
	Sem	25,5	20,0	15,7	20,4	
	MÉDIA	25,8 a	20,8 b	16,7 c	21,1	
R1	Com	26,6	22,9	21,1	23,5	5,0
	Sem	26,9	23,1	19,5	23,2	
	MÉDIA	26,7 a	23,0 b	20,3 c	23,3	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Este maior valor do diâmetro da base do colmo observado favorecerá as plantas com maior estatura, proporcionando maior resistência ao quebramento e ao acamamento das mesmas nos estádios reprodutivos. Além disso, maior diâmetro do colmo resultará em maior espaço físico para acúmulo de reservas.

Segundo MAGALHÃES et al. (2002), o colmo do milho, além de suportar as folhas e partes florais, serve também como órgão de reserva, acumulando sacarose. O mesmo autor enfatiza que o armazenamento se inicia após o crescimento vegetativo e antes do início do enchimento de grãos, isto porque, antes dessa fase, todo carboidrato disponível é usado na formação de novas folhas, raízes e do próprio colmo. O colmo contém grande reserva de fotoassimilados que podem ser translocados para os grãos quando a fonte de fotoassimilados não é suficiente, situação esta, verificada especialmente durante o período de senescência da planta, podendo acarretar o enfraquecimento do colmo, tornando-o susceptível ao quebramento (CRUZ et al., 1996).

Com base na Figura 14, observa-se que a maior taxa de crescimento do diâmetro do colmo ocorreu entre os estádios V6 e V8, com valores de 0,66, 0,41 e 0,52 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente, para os tratamentos com composto incorporado no solo, aplicado na superfície e sem composto orgânico. No entanto, entre os estádios V8 e R1 observa-se que os valores de diâmetro do colmo apresentaram pouco crescimento, principalmente para os tratamentos com incorporação do composto orgânico no solo, isto provavelmente aconteceu devido à maior alongação dos entre nós da planta, evidenciado pela maior altura de inserção de folhas e maior taxa de crescimento em altura observada (5,4 cm dia<sup>-1</sup>). Os tratamentos sem aplicação do composto apresentaram maiores diferenças entre os valores de diâmetro do colmo, possivelmente devido à menor alongação do colmo, proporcionando plantas mais compactas com menor estatura.



**Figura 14** – Valores médios de crescimento do diâmetro da base do colmo de milho.

Os resultados de massa seca da parte aérea de plantas de milho (Tabela 15) também foram semelhantes aos resultados de altura de inserção de folha e diâmetro da base do colmo, apresentando resultado significativo para o efeito isolado da presença e ausência de composto orgânico.

Da mesma forma que os resultados de diâmetro do colmo e altura de inserção de folha, os valores de massa seca da parte aérea para os tratamentos com a aplicação do composto orgânico tanto na superfície quanto incorporado no solo não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade nos estádios V4 e V6, no entanto apresentaram valores superiores à testemunha sem composto orgânico.

**Tabela 15** – Valores médios de massa seca de plantas de milho, em gramas por planta, nos estádios V4, V6, V8 e R1. Viçosa-MG, 2012

Estádios	Palhada	Composto Orgânico			MÉDIA	CV (%)
		Incorporado	Superfície	Sem Composto		
V4	Com	2,5	2,4	1,5	2,10	22,8
	Sem	2,1	2,6	1,7	2,10	
	<b>MÉDIA</b>	<b>2,3 a</b>	<b>2,5 a</b>	<b>1,6 b</b>	2,10	
V6	Com	9,8	10,7	3,2	7,90	21,2
	Sem	11,2	8,1	3,0	7,40	
	<b>MÉDIA</b>	<b>10,5 a</b>	<b>9,4 a</b>	<b>3,1 b</b>	7,60	
V8	Com	37,9	15,2	10,2	21,10	10,20
	Sem	33,7	15,6	9,9	19,70	
	<b>MÉDIA</b>	<b>35,8 a</b>	<b>15,4 b</b>	<b>10,0 c</b>	20,40	
R1	Com	114,3	111,5	50,0	91,90	12,4
	Sem	128,8	108,0	39,3	94,40	
	<b>MÉDIA</b>	<b>121,6 a</b>	<b>109,7 b</b>	<b>44,6 c</b>	93,10	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tal fato pode estar associado ao regime pluviométrico do período de realização do experimento, como já discutido anteriormente, e também pelo motivo das plantas de milho estarem nos estádios iniciais de desenvolvimento demandando pouca quantidade de nutrientes para suprir suas necessidades metabólicas, sendo assim, tanto o composto aplicado na superfície quanto aquele incorporado no solo foram capazes de fornecer os nutrientes de forma satisfatória, este fato pode ser comprovado pelo resultado de acúmulo de N, P, K, Ca e Mg (Tabela 16) para os estádios V4 e V6, não apresentando diferença significativa entre os tratamentos com o composto aplicado na superfície ou incorporado no solo, com exceção para o cálcio no estágio V4.

Nos estádios V8 e R1 as plantas de milho cultivadas com o composto orgânico incorporado na linha de plantio com a adubadora apresentaram os maiores valores de massa seca da parte aérea, superando em 132 e 258 %, respectivamente, as plantas cultivadas com o composto na superfície do solo e a testemunha sem composto orgânico para o estágio V8. Para o estágio R1 as plantas cultivadas com o composto orgânico incorporado no solo apresentaram valor de massa seca da parte aérea 11 e 172 % maior que plantas cultivadas com o composto orgânico aplicado na superfície do solo e sem composto orgânico, respectivamente. Tal resultado pode ser

atribuído ao efeito da incorporação do composto orgânico no solo influenciando sua qualidade, caracterizando-se pela liberação gradativa de nutrientes, que reduz processos como lixiviação, fixação e volatilização, embora dependam essencialmente da taxa de mineralização, controlada pela temperatura, umidade, textura e mineralogia do solo, além da composição química do material orgânico utilizado (LEITE et al., 2003).

A adição de materiais orgânicos é fundamental à qualidade do solo, além do fornecimento de nitrogênio, a matéria orgânica, por sua vez, promove a retenção de cátions e fornecimento de nutrientes (SILVA et al., 2004). Além do mais, desempenha outras funções como melhoria da estrutura, agregação, descompactação, aeração e o aumento da atividade biológica (ZHANG; HARTGE; RINGE, 1997; OELSEN; MOLDRUP; HENRIKSEN, 1997). Desse modo, a matéria orgânica influencia o crescimento dos vegetais, o que torna o seu incremento importante para a agricultura (STEVENSON, 1982).

Para o acúmulo de nitrogênio (Tabela 16) observa-se que somente houve efeito significativo isolado para os modos de aplicação do composto orgânico e a ausência deste, com exceção para o estágio V8, que apresentou efeito significativo da interação palhada e composto orgânico.

**Tabela 16** – Acúmulo de nitrogênio, em miligramas por planta, nos estádios V4, V6, V8 e R1. Viçosa-MG, 2012

Nutrientes	Estádios	Palhada	Composto Orgânico			MÉDIA	CV (%)
			Incorporado	Superfície	Sem Composto		
N	V4	Com	59,93	70,35	36,40	55,56	24,79
		Sem	43,11	65,05	35,21	47,79	
		MÉDIA	51,52 a	67,70 a	35,80 b	51,67	
	V6	Com	213,59	265,71	70,19	183,16	30,47
		Sem	248,98	192,23	54,65	165,29	
		MÉDIA	231,29 a	228,97 a	62,42 b	174,23	
	V8	Com	1018,66 aA	326,36 bA	263,30 bA	536,11	22,31
		Sem	838,95 aB	466,88 bA	218,32 cA	508,05	
		MÉDIA	928,80	396,62	240,81	522,08	
	R1	Com	2398,26	2198,90	1106,56	1901,24	19,52
		Sem	2839,40	2226,51	711,63	1925,85	
		MÉDIA	2618,83 a	2212,70 a	909,10 b	1913,54	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúscula nas colunas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nos estádios V4, V6 e R1 não houve diferença significativa pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade para o acúmulo de nitrogênio pelas plantas de milho cultivadas com o composto orgânico aplicado na superfície ou incorporado no solo, no entanto tais valores foram superiores aos tratamentos sem composto orgânico. Este resultado pode ser atribuído à contínua liberação de N pela mineralização do material orgânico tanto aplicado na superfície quanto incorporado no solo, limitando a absorção do nutriente pelas plantas de milho, promovendo acúmulos semelhantes.

No estágio V4 as plantas de milho definem a quantidade de folhas e espigas que eventualmente irão produzir. É neste estágio também que as plantas definem seu potencial produtivo. Desse modo, um maior acúmulo de nutrientes nesta fase, principalmente de N, favorecerá as plantas a expressarem seu máximo potencial produtivo.

Para o estágio V8 observa-se que as plantas cultivadas com o composto orgânico incorporado no solo tanto na presença quanto na ausência de palhada de aveia preta acumularam mais nitrogênio que as plantas cultivadas com o composto orgânico aplicado na superfície do solo, superando em 212 e 80 %, respectivamente, com a presença e ausência de palhada.

A presença de palhada de aveia preta influenciou de forma positiva o acúmulo de nitrogênio pelas plantas cultivadas com o composto incorporado no solo, proporcionando acúmulo 21 % maior. Tal resultado pode estar associado ao efeito da incorporação da palhada de aveia preta juntamente com o composto orgânico e mineralização do N presente na mesma. Segundo MELO et al. (2011) a aveia preta, embora não seja planta leguminosa, acumula e recicla o N, sendo o segundo nutriente de maior quantidade na biomassa seca da sua parte aérea. Esse fato também foi verificado por BORKERT et al. (2003) e CRUSCIOL et al. (2008). MORAES (2001), trabalhando em solos de cerrado, obteve valores de 126,7 kg ha<sup>-1</sup> de N na matéria seca de aveia preta. Segundo BORKERT et al. (2003) o N é acumulado na matéria seca da aveia preta em uma amplitude média de 59 a 224 kg ha<sup>-1</sup>.

Na Tabela 17 observa-se que não houve diferença significativa para o acúmulo de P na massa seca das plantas de milho no estágio V4, devido ao fato das plantas estarem em uma fase inicial de desenvolvimento do sistema radicular com exploração de menor volume de solo. Outro fator pode estar relacionado com a

pouca quantidade de fósforo presente no composto orgânico utilizado no experimento e a sua liberação lenta por meio da mineralização.

**Tabela 17** – Acúmulo de fósforo, em miligramas por planta, nos estádios V4, V6, V8 e R1. Viçosa-MG, 2012

Nutrientes	Estádios	Palhada	Composto Orgânico			MÉDIA	CV (%)
			Incorporado	Superfície	Sem Composto		
P	V4	Com	8,30	6,85	5,02	6,72	28,80
		Sem	6,34	5,57	5,59	5,83	
		MÉDIA	7,32	6,21	5,30	6,28	
	V6	Com	32,32 aA	29,25 aA	10,16 bA	23,91	21,52
		Sem	33,66 aA	15,44 bB	9,30 bA	19,47	
		MÉDIA	32,99	22,34	9,73	21,69	
	V8	Com	143,34	54,47	38,51	78,77	38,67
		Sem	107,85	57,16	35,93	66,98	
		MÉDIA	125,60 a	55,81 b	37,22 b	72,88	
	R1	Com	649,03	575,43	263,18	495,88	20,27
		Sem	665,33	536,40	173,95	458,56	
		MÉDIA	657,18 a	555,91 a	218,56 b	477,22	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúscula nas colunas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No estágio V6 observa-se efeito significativo para a interação composto orgânico versus palhada, com o maior acúmulo de P para o tratamento com a incorporação do composto orgânico no solo sem a presença de palhada de aveia preta, superando em 118 % o tratamento com o composto aplicado na superfície do solo e 262 % o tratamento sem composto orgânico. Com a presença da palhada de aveia preta nota-se incremento do valor de P acumulado nas plantas de milho cultivadas com o composto na superfície do solo, tal incremento possivelmente deve-se ao fornecimento de P pela palhada de aveia preta.

Dentre os macronutrientes, o P é reciclado em menor quantidade pela aveia-preta, variando de 8 a 12 kg ha<sup>-1</sup>, no intervalo de classe variando de 5 a 10 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca (BORKERT et al., 2003). Contudo, GIACOMINI et al. (2003) trabalhando com aveia preta, ervilhaca, nabo e pousio em cultivo isolado e consorciado, em 1998, 1999 e 2000, relataram que a aveia acumulou na matéria seca cerca de 16, 13 e 12 kg ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente.

No estágio V8 as plantas cultivadas com o composto orgânico incorporado na linha de plantio com a adubadora acumularam 125 % mais fósforo que as plantas

cultivadas com o composto aplicado na superfície do solo, este resultado evidencia o benefício da incorporação do composto orgânico no solo com a adubadora, pois o composto está em contato direto com as raízes do milho, favorecendo a absorção do fósforo.

No estágio R1 o acúmulo de P pelas plantas de milho cultivadas com o composto orgânico aplicado na superfície do solo não diferiu significativamente dos valores de P acumulado nas plantas cultivadas com o composto orgânico incorporado no solo. Este resultado deve-se à emissão das raízes adventícias no caule das plantas de milho no estágio V12, que precede o florescimento (R1). Tais raízes desenvolvem-se sobre a superfície do solo e são responsáveis pela sustentação da planta e absorção de nutrientes na camada superficial do solo, principalmente P. Dessa forma, as plantas de milho cultivadas com o composto aplicado na superfície do solo ao lado da linha de plantio tiveram maior eficiência em absorver o P do composto orgânico a partir do estágio V12, refletindo em um acúmulo de P semelhante ao das plantas cultivadas com o composto incorporado no solo no estágio R1.

Com base na Tabela 18 observa-se que o potássio foi o nutriente com maior acúmulo para três primeiros estádios avaliados, em razão da quantidade presente no composto orgânico.

**Tabela 18** – Acúmulo de potássio, em miligramas por planta, nos estádios V4, V6, V8 e R1. Viçosa-MG, 2012

Nutrientes	Estádios	Palhada	Composto Orgânico			MÉDIA	CV (%)
			Incorporado	Superfície	Sem Composto		
K	V4	Com	103,65	103,60	52,37	86,54	28,36
		Sem	78,93	110,37	59,97	83,09	
		MÉDIA	91,29 a	106,98 a	56,17 b	84,82	
	V6	Com	448,18	475,37	117,96	347,17	23,45
		Sem	419,18	390,37	112,68	307,41	
		MÉDIA	433,68 a	432,87 a	115,32 b	327,29	
	V8	Com	1038,33	453,08	311,45	600,95	24,34
		Sem	962,58	462,50	324,79	583,29	
		MÉDIA	1000,45 a	457,79 b	318,12 c	592,12	
	R1	Com	2227,93 aA	1675,73 aA	882,06 bA	1595,24	12,61
		Sem	1934,80 aB	1774,86 bA	628,86 cA	1446,17	
		MÉDIA	2081,36	1725,30	755,46	1520,71	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúscula nas colunas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O acúmulo de K apresentou-se de forma semelhante ao acúmulo de N nos estádios V4 e V6, com os valores não diferindo entre os tratamentos com o composto aplicado na superfície ou incorporado no solo.

No estádio V8 nota-se que as plantas cultivadas com o composto orgânico incorporado no solo acumularam 118 % mais K que a plantas cultivadas com o composto aplicado na superfície do solo. No estádio R1 observa-se que as plantas do tratamento sem palhada com o composto orgânico incorporado apresentaram maior acúmulo de K, no entanto, com a presença da palhada de aveia preta os tratamentos com aplicação do composto orgânico tanto na superfície quanto incorporado no solo não diferiram significativamente. Este resultado, juntamente com o resultado significativo e positivo para a presença de palhada de aveia preta no tratamento com a incorporação do composto orgânico pode ser explicado pelo fornecimento de K pela decomposição da palhada e aveia preta. Segundo MELO et al. (2011) o potássio é, quantitativamente, o nutriente mais ciclado pela aveia preta, alcançando, somente na parte aérea, 101,14 kg ha<sup>-1</sup> de K. GIACOMINI et al. (2003) relataram que a quantidade de K acumulado pela gramínea aveia preta foi maior do que a da leguminosa ervilhaca em apenas 19%, em 1999, e 53 %, em 2000, e não diferiu do ano de 1998. Conforme BORKERT et al. (2003) a aveia preta pode servir como recicladora de K, por possuir sistema radicular profundo, permitindo retornar para a camada superficial do solo o K lixiviado para subcamadas.

Os resultados de acúmulo de cálcio pelas de plantas milho (Tabela 19) foram influenciados somente pelo efeito isolado da presença e ausência de composto orgânico e o modo que este foi aplicado no solo, sendo semelhantes ao observado para K nos estádios V6 e V8, não diferindo entre os tratamentos com o composto orgânico aplicado na superfície ou incorporado no solo com a adubadora no estádio V6 e com maior valor de cálcio acumulado pelas plantas cultivadas com o composto incorporado no solo para o estádio V8, tal valor foi superior em 143 % comparado com as plantas de milho cultivadas com o composto aplicado na superfície.

Para o estádio V4 observa-se que os tratamentos em que o composto orgânico foi incorporado no solo apresentaram menor acúmulo de cálcio, não diferindo significativamente da testemunha sem composto orgânico, tal resultado pode estar associado ao efeito de competição observada na absorção de cátions pelas plantas (MARSCHENER, 1995), neste caso, o K<sup>+</sup> e o Ca<sup>+2</sup>, desta forma, quando o composto

orgânico foi incorporado no solo, tanto o K quanto o Ca ficaram prontamente disponíveis para absorção, no entanto, a quantidade de K foi superior a de Ca, como observado na Tabela 4, o que promoveu uma competição entre tais cátions pelos sítios de absorção, de maneira que o K prejudicou a absorção do cálcio pelas plantas de milho, conseqüentemente acumulando menos cálcio.

**Tabela 19** – Acúmulo de cálcio, em miligramas por planta, nos estádios V4, V6, V8 e R1. Viçosa-MG, 2012

Nutrientes	Estádios	Palhada	Composto Orgânico			MÉDIA	CV (%)
			Incorporado	Superfície	Sem Composto		
Ca	V4	Com	6,58	8,51	3,85	6,31	26,51
		Sem	5,62	7,98	4,75	6,12	
		MÉDIA	6,10 b	8,25 a	4,30 b	6,22	
	V6	Com	24,86	33,75	8,94	22,52	25,88
		Sem	29,52	27,73	8,46	21,90	
		MÉDIA	27,19 a	30,74 a	8,70 b	22,21	
	V8	Com	152,63	63,43	33,60	83,22	20,10
		Sem	151,62	61,79	37,20	83,54	
		MÉDIA	152,12 a	62,61 b	35,40 c	83,38	
	R1	Com	358,33	368,58	173,56	300,16	26,03
		Sem	495,96	407,86	111,85	338,56	
		MÉDIA	427,15 a	388,22 a	142,70 b	319,36	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúscula nas colunas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No estágio R1 não foi observada diferença significativa para o acúmulo de cálcio entre os tratamentos com aplicação do composto orgânico na superfície do solo ou incorporado com a adubadora. Tal resposta pode estar relacionada ao elevado valor de matéria orgânica presente no solo (3,60 dag kg<sup>-1</sup>), e à emissão das raízes adventícias no caule das plantas de milho no estágio V12, que precede o florescimento (R1), como observado para o fósforo, favorecendo a absorção do cálcio do composto orgânico aplicado na superfície do solo, refletindo em um maior acúmulo de cálcio no estágio R1, não diferindo das plantas cultivadas com o composto orgânico incorporado no solo.

O acúmulo de magnésio (Tabela 20) apresentou resultado significativo para o efeito da interação composto orgânico versus palhada de aveia preta no estágio V6, não apresentando diferença significativa pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade entre os tratamentos com a aplicação de composto orgânico na superfície do solo ou

incorporado com a adubadora tanto com a presença quanto com a ausência de palhada de aveia preta.

**Tabela 20** – Acúmulo de magnésio, em miligramas por planta, nos estádios V4, V6, V8 e R1. Viçosa-MG, 2012

Nutrientes	Estádios	Palhada	Composto Orgânico			MÉDIA	CV (%)
			Incorporado	Superfície	Sem Composto		
Mg	V4	Com	7,21	6,56	4,44	6,07	29,15
		Sem	5,84	5,99	4,68	5,50	
		MÉDIA	6,53	6,27	4,56	5,79	
	V6	Com	29,56 aA	36,33 aA	10,23 bA	25,37	21,37
		Sem	30,21 aA	23,42 aB	9,75 bA	21,13	
		MÉDIA	29,89	29,87	9,99	23,25	
	V8	Com	120,31	58,56	34,34	71,07	31,13
		Sem	120,97	55,84	38,39	71,73	
		MÉDIA	120,64 a	57,20 b	36,36 b	71,40	
	R1	Com	351,43	370,81	145,23	289,64	21,35
		Sem	402,25	345,23	103,45	265,54	
		MÉDIA	376,84 a	358,02 a	124,34 b	286,40	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúscula nas colunas não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Apenas para o tratamento com a aplicação do composto orgânico na superfície do solo houve diferença significativa para presença e ausência de palhada de aveia preta, sendo a presença da palhada proporcionando um incremento de 55 % no acúmulo de Mg nas plantas.

Para os estádios V8 e R1 a acúmulo de magnésio pelas plantas de milho apresentou-se de forma semelhante ao observado para Ca, com maior valor médio para os tratamentos com o composto incorporado no solo com a adubadora no estádio V8, superando em 110 % os tratamentos com o composto aplicado na superfície do solo.

## 5. VERIFICAÇÕES

1. A adubadora desenvolvida poderá ser acionada e tracionada por tratores de baixa potência, menor que 40 cv.
2. O conjunto trator-adubadora adaptada foi eficiente em incorporar o composto orgânico ao solo na camada de 0-4 cm.
3. A incorporação do composto orgânico propiciou incremento de 36 % no índice de velocidade de emergência de plântulas de milho no solo sem palhada de milheto.
4. A incorporação mecânica do composto orgânico afetou o crescimento do milho no primeiro experimento proporcionando maior altura das plantas no estágio de quatro e seis folhas e maior diâmetro de colmo no estágio de seis folhas.
5. A incorporação do composto orgânico no solo elevou o teor foliar de nitrogênio em 5,7 % no estágio de quatro folhas do milho no primeiro experimento.
6. A incorporação mecânica do composto orgânico no solo em sistema de plantio direto orgânico mostrou-se viável para o cultivo do milho, proporcionando plantas com maior estatura, maior diâmetro da base do colmo e maior acúmulo de massa seca a partir do estágio V8.
7. As plantas de milho cultivadas com o composto orgânico incorporado na linha de plantio apresentaram maior acúmulo do N, P, K, Ca e Mg no estágio V8.

## **6. CONCLUSÕES**

A adubadora desenvolvida mostrou-se eficiente em incorporar o composto orgânico no solo, influenciando positivamente a emergência, o crescimento e o desenvolvimento das plantas de milho no sistema orgânico de semeadura direta. Desse modo a prática da incorporação do composto orgânico utilizando uma máquina apropriada para tal fim torna-se uma alternativa viável para a mecanização do sistema orgânico de semeadura direta de milho, no entanto, são necessários mais estudos para o aprimoramento de tal tecnologia, com o desenvolvimento de novas máquinas específicas para o sistema orgânico de semeadura direta que também disponham de um mecanismo de semeadura e maior capacidade de trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. 2.ed. New York: Krieger Publishing Company, 2011. 467p.

ALVES, W. W. A.; ALBUQUERQUE, J. H.; OLIVEIRA, F. A.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J. Água disponível no solo e adubação fosfatada: efeito sobre o crescimento e desenvolvimento do milho. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró – RN, v.4, n.1, p.47-53, 2009.

ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, J. D.; CRUSCIOL, C. A.; SOUZA, C. A.; BÜLL, L. T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.145-150, 2001.

ANFAVEA. **Anuário estatístico**. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br>. Acesso em: 10 abr. 2012.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; FLECK, N. G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.245-252, 2005.

BEGNA, S. H.; HAMILTON, R. I.; DWYER, L. M.; STEWART, D. W.; CLOUTIER, D.; ASSEMAT, L.; FOROUTAN-POUR, K.; SMITH, D. L. Morphology and yield response to weed pressure by corn hybrids differing in canopy architecture. **European Journal of Agronomy**, Córdoba, v.14, n.4, p.293-302, 2001.

BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, jan. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 7, de 17 maio 1999. Estabelece as normas de produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e de certificação da qualidade para a produção de produtos orgânicos de origem vegetal e animal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 19 de maio 1999. Seção 1, p. 11. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/legisl.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa no 16, 11 de jun. de 2004. Estabelece os procedimentos a serem adotados, até que se conclua os trabalhos de regulamentação da Lei no 10.831, de 23 de dezembro, para registro e renovação de registro de matérias-primas e produtos de origem animal e vegetal, orgânicos, junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 14 jun. 2004. Seção1, p. 4. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/legisl.htm>> Acesso em: 07 set. 2010.

BRASIL. Lei no 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 24 dez. 2003. Seção 1, p. 8 Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/legisl.htm>> Acesso em: 07 set. 2010.

CELESTINO, A. P. Q. **Características químicas e dinâmica do n no solo nos sistemas de plantio direto orgânico e tradicional do milho**. 2008. 66 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

CORRENTE, J. E.; NOGUEIRA, M. C. S.; COSTA, B. M. Contrastes ortogonais na análise do controle de volatilização de amônia em compostagem. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.407-412, 2001.

CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.481-489, 2008.

CRUZ, J. C.; KONZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; MARRIEL, I. E.; CRUZ, I.; DUARTE, J. O.; OLIVEIRA, M. F.; ALVARENGA, R. C. **Produção de milho orgânico na agricultura familiar**. Sete Lagoas: Embrapa, 2006. (Circular técnica 81).

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; PEREIRA, F. T. F.; ALVARENGA, R. C.; KONZEN, E. A. Produção orgânica de grãos e silagem de milho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, 2007.

CRUZ, C. C.; ALVARENGA, R. C.; NOVOTNY, E. H.; PEREIRA FILHO, I. A. ; SANTANA, D. P.; PEREIRA, F. T. F.; HERNANI, L. C. **Sistema plantio direto**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção. Versão Eletrônica – 3.ed. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicações/milho/mandireto.htm>. Acesso em: 10 de dez. 2011.

CRUZ, J. C.; MONTEIRO, J. A.; SANTANA, D. P.; GARCIA, J. C.; BAHIA, F. G. F. T. C.; SANS, L. M. A.; PEREIRA FILHO, I. A. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília, DF, 1996.

DAGA, J.; RICHART, A.; NOZAKI, M. H.; ZANETTI, T. A.; ZANETTI, R. D. Desempenho do milho em função da adubação química e orgânica. **Synergismus Scientifica UTFPR**, Pato Branco, v.4, n.1, 2009.

DA ROS, C. O.; AITA, C.; CERETTA, C. A.; FRIES, M. R. Lodo de esgoto: efeito imediato no milheto e residual na associação aveia-ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.257-261, 1993.

DAROLT, M. R. **Agricultura orgânica: inventando o futuro**. Londrina: IAPAR, 2002. 249p.

DAROLT, M. R. **As Dimensões da Sustentabilidade: Um estudo da agricultura orgânica na região metropolitana de Curitiba-PR**. Curitiba. 2000. 310 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná/ Paris VII. 2000.

DIAS, M. A.; LOPES, J. C.; CORRÊA, N. B.; DIAS, D. C. F. S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plantas de pimenta malagueta em função do

substrato e da lâmina de água. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.3, p.115-121, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, 2009. 623p.

FERREIRA, A. O.; SÁ, J. C. M.; BRIEDIS, C.; FIGUEIREDO, A. G. Desempenho de genótipos de milho cultivados com diferentes quantidades de palha de aveia-preta e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.173-179, 2009.

FONTANETTI, A. GALVÃO, J. C. C.; SANTOS, I. C.; MIRANDA, G. V. Produção de milho orgânico no sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.27, n.233, p.127-136, 2006.

FRANCHINI, J.C.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Organic composition of green manures during growth and its effect on cation mobilization in an acid Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.34, n.2, p.2045-2058, 2003.

FREITAS, F. C. L.; SANTOS, M. V.; MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, M. G. O. Comportamento de cultivares de milho no consórcio com *Brachiaria brizantha* na presença e ausência de foramsulfuron + iodossulfuron-methyl para o manejo da forrageira. **Planta Daninha**, Viçosa, v.26, n.1, p.215-221, 2008.

FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; FILHO, A. C.; CORTEZ, J. W.; GROTTA, D. C. C. Semeadora-adubadora: exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, n.1, p.345-352, 2008.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. M. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.

HAFEZ, A.A.R. Comparative changes in soil-physical properties induced by mixtures of manures from various domestic animals. **Soil Science**, Baltimore, v.118, p.53-59, 1974.

JANSEN, H. H.; MCGINN, S. M. Volatile loss of nitrogen during decomposition of legume green manure. **Soil Biology and Biochemistry**, v.23, n.3, p.193-297, 1991.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**, Piracicaba, SP: Ceres, 1985. 492 p.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em

Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.27, p.821-832, 2003.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E.; CARNEIRO, N. P. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2002. 23 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 2).

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 2006. 319 p.

MARSCHENER, H. **Mineral Nutrition of Higher plants**. 2 ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MELO, A. V.; GALVÃO, J. C. C.; BRAUN, H.; SANTOS, M. M.; COIMBRA, R. R.; SILVA, R. R.; REIS, W. F. Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia-preta cultivada em solo submetido a dezoito anos de adubação orgânica e mineral **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 411-420, abr/jun. 2011.

MORAES, R. N. S. **Decomposição das palhadas de sorgo e milheto, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto**. 68 f. (Mestrado em Solos). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

MUZILLI, O. **O plantio direto como alternativa no manejo e conservação do solo**. Curso Básico Para Instrutores em Manejo e Conservação do Solo. Londrina, PR: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1991. 20 p.

NEVES, M. C. P.; ALMEIDA, D. L. de; DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. de L. D. **Agricultura orgânica - uma estratégia para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis**. Seropédica: EDUR, 2004. 98 p.

NUNES, J. C. S.; ARAUJO, E. F.; SOUZA, C. M.; BERTINI, L. A.; FERREIRA, F. A. Efeito da palhada de sorgo localizada na superfície do solo em características de plantas de soja e milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v.50, p.115-126, 2003.

OELSEN, T.; MOLDRUP, P.; HENRIKSEN, K. Modeling diffusion and reaction in soils: VI. Ion diffusion and water characteristics in organic manure-amended soil. **Soil Science**, v.162, n.6, p.399-409, 1997.

OLIVEIRA, J. P. B.; LOPES, J. C.; ALEXANDRE, R. S.; JASPER, A. P.; SANTOS, L. N. S. Efeito do lodo de esgoto no desenvolvimento inicial de duas cultivares de mamona em dois tipos de solos. **Engenharia Ambiental**, v.5, p. 203-219, 2009.

REIS, E. F.; VIEIRA, L. B.; SOUZA, C. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, H. C. Avaliação do desempenho de duas semeadoras-adubadoras de plantio direto em diferentes teores de água em um solo argiloso. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.10, n.1, p.61-68, 2002.

RIBEIRO, M. F. S. Mecanização agrícola. In: DAROLT, M. R. **Plantio direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina, PR: IAPAR, 1998. p.95-111. (Circular nº 101).

SAEG - **Sistema para análise estatística**, versão 9.1. Viçosa-MG: Fundação Artur Bernardes, 2007.

SÁ, J. C. M.; FERREIRA, A. O.; BRIEDIS, C.; VIEIRA, A. M.; FIGUEIREDO, A. G. Crescimento radicular, extração de nutrientes e produção de grãos de genótipos de milho em diferentes quantidades de palha de aveia-preta em plantio direto. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.34, p.1207-1216, 2010.

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, n.1, 2004.

SILVA, J.; LIMA E SILVA, P. S.; OLIVEIRA, M.; BARBOSA E SILVA, K. M. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.326-331, 2004.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLIH, B.; PEXE, C. A.; BERNARDES, E. M. Efeito na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.831-840, 2001.

SKORA NETO, F. Manejo de plantas daninhas. In: DAROLT, M. R. **Plantio direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina, PR: IAPAR, 1998. p.127-157. (Circular nº 101).

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry**. Somerset, John Wiley and Sons, 1982.

VIEIRA, R. F.; CARDOSO, A. A. Variações nos teores de nitrogênio mineral em solo suplementado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.867- 874, 2003.

WEIL, R.R. & KROONTJE, W. Physical condition of a Davidson Clay Loam after five years of heavy poultry manure applications. **Journal of Environmental Quality**, v.8, p.387-392, 1979.

ZHANG, H.; HARTGE, K.H.; RINGE, H. Effectiveness of organic matter incorporation in reducing soil compactibility. **Soil Science Society of American Journal**, v.61, p.239-245, 1997.