RODOLFO GUSTAVO TEIXEIRA RIBAS

DOSES DE ADUBO VERDE EM COBERTURA NA PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BRÓCOLIS

Tese 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
2005

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

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

T
R482d
2005

Ribas, Rodolfo Gustavo Teixeira, 1980-
Doses de adubo verde em cobertura na produção orgânica de brócolis / Rodolfo Gustavo Teixeira Ribas. – Viçosa : UFV, 2005.
ix, 57f. : il. ; 29cm.

Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 48-57.

1. Adubação verde. 2. Nitrogênio - Fixação. 3. Brócolo - Cultivo. 4. Brócolo - Crescimento - Efeito do nitrogênio. 5. Resíduos orgânicos. 6. Agricultura orgânica. I. Universidade Federal de Viçosa. II.Título.

CDD 22.ed. 631.874

RODOLFO GUSTAVO TEIXEIRA RIBAS

DOSES DE ADUBO VERDE EM COBERTURA NA PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BRÓCOLIS

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

Aprovada: 02 de agosto de 2005.

Prof. Luiz Alexandre Peternelli
(Conselheiro)

Prof. Vicente Wagner Dias Casali

Prof. Gilberto Bernardo de Freitas

Prof. Ivo Jucksch

Prof. Ricardo Henrique Silva Santos
(Orientador)

Quem passou pela vida em branca nuvem
E em plácido repouso adormeceu;
Quem não sentiu o frio da desgraça
Quem passou pela vida e não sofreu,
Foi espectro de homem, não foi homem.
Só passou pela vida e não viveu!

Francisco Otaviano

A todos que acreditam numa
Agricultura Sustentável

Ofereço

À minha família

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto pelo dom da vida;

A meus pais, Hiroito e Marialva, pelo amor incondicional e apoio;

A minhas irmãs queridas, Eliza e Tatiana, que sempre acreditaram em mim;

Aos amigos do Alojamento M4 3º andar, pelo sentimento fraternal;

Aos eternos amigos “Chicão” Francisco, “Filhão” Rodrigo, “Pocrane” Geminiano, “PC” Robson, “Book” Carlos, “Brunin” Bruno, “Ninguém” Everton, Claudinei, “Zé B.” Enderson e “Paraná” Paulo;

Aos eternos mestres, José Guilherme Marinho Guerra, Dejair Lopes de Almeida e Raul de Lucena Duarte Ribeiro, pelos ensinamentos valiosos;

Ao Orientador Ricardo Henrique Silva Santos, pelos valiosos ensinamentos e amizade;

Aos amigos de Viçosa, Eliete, Hugo e Manoel, pela ótima companhia;

A Rosileyde Siqueira pelo companheirismo em momentos difíceis;

Aos funcionários da Horta Velha, pelo grande auxílio na condução do experimento;

Ao laboratorista Ribeiro e ao pessoal do Laboratório de Melhoramento de Hortaliças;

Ao professor Vicente Wagner Dias Casali, pelos sábios conselhos;

Ao professor Luiz Alexandre Peternelli, pelos conselhos e amizade;

Ao pessoal da EMATER-RO que acreditou na realização deste sonho;

Ao “tio” Walter João da Silva pelo apoio e compreensão;

A Diomazino Souza Lima pela tolerância e amizade;

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos;

A Universidade Federal de Viçosa.

BIOGRAFIA

RODOLFO GUSTAVO TEIXEIRA RIBAS, filho de Hiroito Ribas e Marialva Aparecida Teixeira Ribas, nascido aos 18 de abril de 1980, em Ji-Paraná, Estado de Rondônia. Realizou o curso primário na Escola Estadual Julieta Vilela Velozo. Em 1997, concluiu o curso Colegial na Escola Estadual Paulo de Assis Ribeiro, em Colorado do Oeste – RO. Em novembro de 1998 iniciou o curso de graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), em Seropédica, Estado do Rio de Janeiro. Durante a graduação foi bolsista de Iniciação Científica nos de 2000 a 2003 na Embrapa Agrobiologia, sob a orientação do Pesquisador José Guilherme Marinho Guerra. Em Agosto de 2003 iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia, com enfoque principal à Agroecologia, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), sob a orientação do Professor Ricardo Henrique Silva Santos, submetendo-se à defesa de tese em agosto de 2005.

Desde 2005 é Extensionista Rural IV da EMATER-RO.

ÍNDICE

Página

RESUMO.....viii
ABSTRACT.....ix

1 – INTRODUÇÃO.....1

2 – OBJETIVOS.....3

3 – REVISÃO DE LITERATURA.....4
3.1 – Adubação verde.....4
3.2 – Efeitos do uso de adubação verde em cobertura.....4
3.3 – Fixação biológica de nitrogênio (FBN).....7
3.4 – Decomposição dos resíduos vegetais.....7
3.5 – N mineral no solo proveniente da decomposição de restos vegetais.....9
3.6 – Perdas de N por volatilização.....11
3.6.1 – Fatores do solo que afetam a perda de nitrogênio por volatilização.....12
3.6.1.1 – pH inicial do solo e poder tampão.....12
3.6.1.2 – Capacidade de Troca de Cátions (CTC).....12
3.6.1.3 – Temperatura do solo.....13
3.6.1.4 – Umidade e tipo de solo.....14
3.6.1.5 – Matéria orgânica e urease.....15
3.6.2 – Métodos utilizados na determinação de perdas de NH_3. 16
3.6.2.1 – Métodos indiretos.....17
3.6.2.2 – Métodos diretos.....18
3.7 – O adubo verde mucuna cinza (*Mucuna pruriens*).....18
3.7 – A cultura do brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*).....19

4 – MATERIAL E MÉTODOS.....20
4.1 – Localização e características da área experimental.....20
4.2 – Obtenção das mudas.....21
4.3 – O composto orgânico.....21
4.4 – Adubo verde (*Mucuna pruriens*).....22
4.5 – Delineamento experimental.....22
4.6 – Avaliações.....23
4.6.1 – Nitrogênio mineral no solo.....23
4.6.1.1 – Determinação de nitrato.....24
4.6.2.2 – Determinação de amônio.....25
4.6.2 – Taxa de decomposição e teor de nutrientes da mucuna-cinza.....25
4.6.3 – Perdas por volatilização do adubo verde.....27
4.6.4 – Área do dossel do brócolis.....28
4.6.5 – Avaliação do estado nutricional das plantas de brócolis 29
4.6.6 – Produção do brócolis.....29
4.6.7 – Exportação de N.....29
4.6.8 – Análise estatística.....29

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO..... **30**
5.1 – Produção do brócolis..... **30**
5.2 – Área do dossel das plantas de brócolis..... **31**
5.3 – Teor foliar de nutrientes..... **33**
5.4 – Teor de nutrientes e decomposição do adubo verde.....**35**
5.5 – N mineral no solo..... **38**
5.6 – Perdas de N pelo processo de volatilização..... **42**
5.7 – Exportação de nitrogênio e balanço final.....**45**

6 – CONCLUSÕES **47**

7 – LITERATURA CITADA..... **48**

RESUMO

RIBAS, Rodolfo Gustavo Teixeira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, Agosto de 2005. **Doses de adubo verde em cobertura na produção orgânica de brócolis.** Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos. Conselheiros: Luiz Alexandre Peternelli e Segundo Sacramento Urquiaga Caballero.

O efeito do adubo verde varia com a forma de aplicação, com as espécies empregadas, com o clima e com o manejo. Há carência de estudos sobre as doses de adubo verde para a produção de hortaliças. É pouco conhecido também o comportamento do N proveniente do adubo verde. O objetivo do trabalho foi estudar o efeito de doses de adubo verde na mineralização e volatilização do nitrogênio da massa vegetal e no crescimento e produção orgânica do brócolis. O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Fitotecnia da UFV, com o cultivar 'Piracicaba Precoce', empregando-se como adubo verde a mucuna-cinza (*Mucuna pruriens*). O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, com cinco repetições e oito tratamentos: **C12AV0** (12 Mg ha^{-1} de composto); **C12AV4** (12 Mg ha^{-1} de composto + 4 Mg ha^{-1} de adubo verde); **C12AV8** (12 Mg ha^{-1} de composto + 8 Mg ha^{-1} de adubo verde); **C12AV12** (12 Mg ha^{-1} de composto + 12 Mg ha^{-1} de adubo verde); **C25** (25 Mg ha^{-1} de composto); **AV12** (12 Mg ha^{-1} de adubo verde); **AM** (Adubação Mineral); **TA** (Testemunha Absoluta). Foram avaliados o teor de N mineral no solo, a taxa de decomposição, teor de nutrientes e volatilização de N do adubo verde, a área do dossel, o estado nutricional, a produção e a exportação de N do brócolis. As doses 12 Mg ha^{-1} de composto combinadas com 4 ou 8 Mg ha^{-1} de adubo verde resultaram em produções similares às obtidas com AM. C12AV4, C12AV8 e C12AV12 resultaram em maiores áreas de dossel. N, K e Mg foram liberados mais rapidamente do que outros macronutrientes durante a decomposição dos resíduos do adubo verde. C12AV4 e C12AV8 resultaram em maiores teores de N mineral no solo que C12AV0 e menores que C12AV12 ao final do ciclo da cultura. As maiores perdas relativas de N por volatilização ocorreram com o suprimento de adubo mineral, seguido pelas maiores doses de adubo verde combinado com composto. O adubo mineral resultou nos maiores teores foliares de N assim como também nos maiores valores de N exportados com a colheita.

ABSTRACT

RIBAS, Rodolfo Gustavo Teixeira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, August 2005. **Doses of green manure as side dressing on organic production of broccoli**. Adviser: Ricardo Henrique Silva Santos. Committee Members: Luiz Alexandre Peternelli and Segundo Sacramento Urquiaga Caballero.

The effect of green manuring depends on both the way of application, the species used, the climate and management practices. There is a lack of studies about green manure dose for vegetable crops production. It is also poorly known the fate of the N originated from the green manures. The objectives of this work were to study the effect of green manure dose on N mineralization and volatilization from legume biomass and on the growth and yield of organically grown broccoli. The work was carried out on the Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, with the 'Piracicaba Precoce' cultivar, using grey velvet bean (*Mucuna pruriens*) as the green manure. The experiment was set up in the completely randomized block design, with five repetitions and eight treatments: **C12GM0** (12 Mg ha^{-1} of compost); **C12GM4** (12 Mg ha^{-1} of compost + 4 Mg ha^{-1} of green manure); **C12GM8** (12 Mg ha^{-1} of compost + 8 Mg ha^{-1} of green manure); **C12GM12** (12 Mg ha^{-1} of compost + 12 Mg ha^{-1} of green manure); **C25** (25 Mg ha^{-1} of compost); **GM12** (12 Mg ha^{-1} of green manure); **MF** (Mineral fertilizer); **CONTROL** (No fertilization). It was evaluated the N-mineral content in the soil, the decomposition rate and N volatilization of green manure biomass, the canopy area, nutritional status, yield and N export on broccoli crop. The doses of 12 Mg ha^{-1} of compost plus 4 or 8 Mg ha^{-1} of green manure resulted in yields similar to the ones obtained with MF. C12 GM4, C12GM8 and C12GM12 resulted in greater canopy areas. N, K and Mg were released faster than other macronutrients during the decomposition of green manure residues. C12GM4 and C12GM8 resulted in higher N-mineral content in the soil than C12GM0 and lower content than C12GM12 by the date of broccoli harvest. The higher relative losses of N through volatilization happened with MF supply, followed by the higher doses of green manure plus compost. The mineral fertilization resulted in the higher leaf content of N, as well as in the higher quantities of N exported by harvest.

1 – INTRODUÇÃO

"Os sistemas orgânicos de produção agropecuária baseiam-se na rotação de culturas, no aporte de carbono e nutrientes através de estercos animais, da adubação verde e no uso de fontes naturais de nutrientes e controle biológico de pragas e doenças, a fim de manter a estrutura e produtividade do solo, fornecer nutrientes para as culturas, manter os níveis de insetos, doenças e ervas espontâneas sob controle" (USDA, 1984, citado por EHLERS, 1999). Na agricultura orgânica a utilização de adubo verde é de extrema importância no manejo sustentável, tendo em vista incorporar nitrogênio (N) ao solo. As leguminosas fazem simbiose com bactérias fixadoras de N atmosférico, e com isso, quantidades consideráveis de N podem ser fornecidas ao sistema, além de reciclar nutrientes lixiviados para as camadas mais profundas além de outros benefícios (DE-POLLI et al., 1996).

Entre as variedades botânicas de *Brassica oleracea* L. cultivadas no Brasil, o repolho, a couve-flor e o brócolis possuem maior expressão econômica, principalmente nas Regiões Sudeste e Sul. São hortaliças de alto valor nutritivo, ricas em sais minerais e vitaminas essenciais à saúde humana (KIMOTO, 1993). As variedades de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) possuem grande extração de N, podendo ultrapassar 500 kg ha^{-1} (KIMOTO, 1993). Nesse aspecto, a adubação verde na produção desta hortaliça constitui alternativa à adubação mineral com N, reduzindo os custos de produção.

Maiores produções de hortaliças com a utilização de leguminosas como adubo verde foi relatado por Espindola et al. (1998); Ribas et al. (2003) e Diniz (2004). Entretanto, pouco ainda se sabe sobre a sincronização entre liberação de nutrientes via decomposição, e as perdas por lixiviação, imobilização ou volatilização de $N\text{-}NH_3$.

As pesquisas com adubação verde mostram estudos sobre época de aplicação do adubo verde (DINIZ, 2004), espécies para a mesma cultura de interesse (PERIN et al., 2004 a), manejos (RIBAS et al., 2003; PERIN et al., 2004 a). Entretanto, há carência de estudos e sobre doses de adubo verde à produção de hortaliças. Não se sabe o comportamento do nitrogênio quando o adubo verde é aplicado em doses maiores ou menores.

A decomposição e a quantidade de N remanescente de resíduos orgânicos no solo são influenciadas por processos bióticos e abióticos, incluindo a qualidade do resíduo (PALM & SANCHES, 1991). Cobo et al. (2002 b) afirmam que as relações entre nutrientes são ponto chave no entendimento do efeito no solo, sendo a relação C/N o principal fator que diferencia o comportamento na decomposição.

As perdas de N, de adubos verdes, pelo processo de volatilização é algo pouco encontrado na literatura (JANZEN & McGINN, 1991; MARSOLA et al., 2000 a, b). Entretanto, é de suma importância determinar estimativas de perdas do N na forma de NH_3, tendo em vista manejos mais adequados com os adubos verdes.

2 – OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi estudar o efeito de doses de adubação verde no crescimento, estado nutricional e produção orgânica de brócolis, bem como a decomposição, mineralização e perdas de N por volatilização do adubo verde.

3 – REVISÃO DE LITERATURA

O manejo inadequado do solo pode, ao longo do tempo, exaurir as reservas orgânicas e minerais. Há crescente preocupação em relação à qualidade do solo, nas últimas décadas, devido a problemas associados à poluição ambiental, erosão, queimadas, salinização e desertificação (SANDERS, 1992). Nos trópicos, há condições favoráveis a esses fenômenos, o que acarreta decréscimo no conteúdo de matéria orgânica do solo (TANAKA et al., 1992), torna-se necessário o emprego de práticas conservacionistas. Dentre os diversos recursos de que podem melhorar as características químicas, físicas e biológicas do solo, deve-se ressaltar, a utilização da adubação verde (DE-POLLI & CHADA, 1989; CALEGARI et al., 1993). Almeida (1991) destaca os seguintes benefícios potenciais relacionados à utilização de adubação verde: aumento da CTC, retenção de água, redução de toxicidade de agrotóxicos, melhoria da estrutura e favorecimento do controle biológico devido à maior população microbiana antagonista.

3.1 – Adubação verde

De forma geral, a adubação verde é entendida como incorporação ao solo de massa vegetal, cultivada com esse fim, objetivando obter benefícios na cultura subsequente (ABBOUD, 1986). De-Polli et al. (1996) apontam os parâmetros, ligados ao solo e às plantas, que podem ser considerados na identificação de espécies com potencial de utilização como adubo verde. Segundo Espindola et al. (1997), as leguminosas são preferidas por sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, via fixação biológica de nitrogênio (FBN), significando expressiva alternativa econômica de fornecimento do nitrogênio às plantas.

3.2 – Efeitos da adubação verde em cobertura

Ao invés de incorporar a fitomassa ao solo, a aplicação em cobertura tem sido descrita como prática simples e eficiente no controle de erosão e no armazenamento de água. Mas também promove diminuição e menor temperatura do solo, mineralização mais lenta da matéria orgânica. É uma

prática que gera menos mão-de-obra ao produtor, pois não se gasta a energia de quando se incorpora os materiais ao solo (CALEGARI et al., 1993).

A escolha da espécie é importante, pois o resultado da cultura principal poderá ser diferente devido à espécie escolhida. Espindola et al. (1998) fez no pré-cultivo de batata-doce adubação verde com *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan* na densidade de 10 pl m^{-1} linear, *Canavalia ensiformes* e *Mucuna aterrima* na densidade de 6 pl m^{-1} linear, cortadas com rolo-faca aos 170 dias após a semeadura incorporando a fitomassa nas leiras. Quinze dias após a incorporação, realizou-se o plantio das ramas de batata-doce. A *M. aterrima* causou as maiores produções de massa seca de tubérculos da batata-doce (20 Mg ha^{-1}) quando comparado com *C. juncea* (15,6 Mg ha^{-1}), *C. ensiformes* (18,7 Mg ha^{-1}), *C. cajan* (16,3 Mg ha^{-1}), presença de vegetação espontânea (9 Mg ha^{-1}) e ausência de vegetação espontânea (14 Mg ha^{-1}).

Em muitos casos a utilização de recursos externos é necessária para a produção em níveis satisfatórios, como observado por Nogueira et al. (1992), na cultura da mandioca, onde a *C. juncea* foi roçada quatro meses após o respectivo plantio, e somente nove meses após a incorporação do adubo verde a cultura da mandioca foi instalada. Além do adubo verde, estes autores aplicaram, dois meses antes do plantio da mandioca, 4 doses de fosfato natural (0, 1.000, 2.000 e 3.000 kg ha^{-1} de apatita-de-araxá) e 3 doses de gesso (0, 500 e 1.000 kg ha^{-1}). Mesmo o plantio sendo tardiamente realizado em relação à incorporação do adubo verde, a produtividade de mandioca quando antecedida de plantio de *C. juncea* foi 19,8 Mg ha^{-1} de raízes, e de 17,2 Mg ha^{-1} sem o plantio do adubo verde. Porém, quando o adubo verde era associado com aplicação de 3 Mg ha^{-1} de fosfato natural, a produtividade estimada por regressão era de 25 Mg ha^{-1} de raízes, o que causaria aumento de 50% quando comparado com o cultivo convencional.

Moura et al. (2002) ao fazerem consórcio do tomateiro com sete leguminosas (crotalária, feijão de porco, centrosema, macroptílio, siratro, mucuna-cinza e guandu) e presença e ausência de adubação orgânica, observaram que tanto a crotalária como a centrozema, na presença de adubação orgânica foram mais eficientes na produção de frutos maduros e rendimento de polpa do tomateiro.

Schroeder et al. (1998) ao utilizarem caupi (*Vigna unguiculata*) em pré-cultivo da cultura do brócolis, verificaram que a sucessão não aumentou a produção do brócolis. O fornecimento de 103 kg ha^{-1} de N oriundo da massa vegetal do caupi não aumentou a produção do brócolis devido à imobilização do N na massa microbiana. O adubo verde reduziu a necessidade de adubação nitrogenada de cobertura de 168 para 84 kg ha^{-1} de N. Outro fato atribuído à baixa produção foi a mortalidade causada pelo transplante seqüencialmente à incorporação do adubo verde ao solo.

Perin et al. (2004 a) conduziram o sistema de sucessão de culturas com adubos verdes, seguido do milho e depois a cultura do brócolis. A produção de brócolis não foi afetada pela presença do pré-cultivo com adubos verdes anteriores ao milho, por causa do alto aproveitamento do adubo verde pela cultura do milho, fazendo com que o suprimento de nutrientes fosse insuficiente à cultura do brócolis.

Diniz (2004) ao trabalhar com épocas de aplicação do adubo verde *Mucuna pruriens* em brócolis, verificou que a aplicação da leguminosa no transplante ocasionou maior produção de inflorescências de brócolis, quando comparado com as aplicações realizadas aos 15, 30 e 45 dias após transplante. Ainda nesse trabalho, houve maior correlação (0,94) da área do dossel (indicador do crescimento) com a produtividade, portanto a área do dossel pode indicar adequadamente os ganhos ou perdas de produção.

Ribas et al. (2003) avaliaram a viabilidade do consórcio entre a cultura do quiabeiro e a leguminosa *C. juncea*, onde a leguminosa foi plantada em duas e três linhas entre as linhas do quiabeiro, associado ainda com as doses de 10 e 20 Mg ha^{-1} de esterco bovino. No trabalho foi detectado aumentos na produção do quiabeiro de 11 e 13%, respectivamente em duas e três linhas consorciadas com o quiabeiro, quando comparado com o cultivo solteiro. Não foi encontrada diferença entre as doses de esterco, sendo ressaltada a importância da FBN no sistema em questão, pois a crotalária tinha 55% do N, em seus tecidos, oriundos do processo de fixação, suficiente para compensar o N perdido por exportação dos frutos do quiabeiro. A fitomassa da parte aérea seca da crotalária foi 8 Mg ha^{-1}, com acumulação de 280 kg ha^{-1} de N. O aumento de produção foi atribuído ao fornecimento de nutrientes pela decomposição do adubo verde.

3.3 – Fixação biológica de nitrogênio (FBN)

A fixação biológica de nitrogênio, processo que envolve a redução do N_2 atmosférico através da enzima nitrogenase é encontrada em alguns microrganismos de vida livre ou que são capazes de se associar a certas espécies vegetais. A associação entre leguminosas e bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* eficientemente acrescenta nitrogênio ao solo (ESPINDOLA et al., 1997). A quantidade de nitrogênio fixado por leguminosas varia em função das espécies e das condições de clima, do solo e do manejo. Em alguns casos, essa quantidade pode ultrapassar 200 kg ha^{-1} de N, principalmente se for considerado o N presente nas raízes (KHAN et al., 2002).

Algumas características edafoclimáticas influenciam diretamente a fixação biológica de nitrogênio. A aplicação de fertilizantes nitrogenados e a alta acidez do solo tendem a inibir a nodulação e a atividade dos nódulos em leguminosas (FRANCO & NEVES, 1992). Nas regiões tropicais, as altas temperaturas associadas a precipitações durante todo o ano possibilitam alta fixação de nitrogênio atmosférico.

Segundo Boddey et al. (1994) existem várias técnicas de avaliar a contribuição da FBN às plantas. Entretanto, as análises de ^{15}N ($\delta\ ^{15}N$) são mais precisas e de fácil manuseio.

No caso dos adubos verdes é possível realizar essas análises pela técnica de abundância natural. O nitrogênio do ar contem cerca de 0,3663 % de ^{15}N, e o restante de ^{14}N (BODDEY et al., 1994). Durante as transformações do nitrogênio no sistema solo-planta ocorre uma discriminação isotópica, onde ambos (planta e solo) podem conter ^{15}N em quantidades maiores que os encontrados na atmosfera. Com isso as leguminosas estariam recebendo da FBN maiores quantidades de ^{14}N.

3.4 – Decomposição dos resíduos vegetais

A decomposição biológica da massa vegetal adicionada ao solo está relacionada a diversos fatores como composição química dos resíduos vegetais, temperatura, umidade, pH e teor de nutrientes do solo (PAUL & CLARK, 1989 a; IBEWIRO et al., 2000). Dentre esses fatores, merece

destaque a composição química dos resíduos. A relação entre as quantidades de carbono e nitrogênio (relação C/N), além dos teores de lignina e polifenóis influenciam a mineralização e a disponibilidade de N às culturas consorciadas ou em rotação (ESPINDOLA et al., 1997).

Segundo Ibewiro et al. (2000), resíduos com baixa relação C/N (C/N < 25) e/ou reduzidos teores de lignina e polifenóis mineralizam rapidamente e fornecem grandes quantidades de nutrientes às culturas subseqüentes. Nos resíduos com elevada relação C/N (C/N > 25) e/ou altos teores de lignina e polifenóis, sofrem uma decomposição mais lenta, podendo formar uma cobertura morta estável que contribua para a melhoria das características físicas do solo.

A época de corte das leguminosas também influencia a decomposição dos resíduos adicionados ao solo. Por ocasião da floração, o teor de N é mais elevado nos tecidos e há baixa relação C/N. Na medida em que vão sendo formados flores e frutos, ocorre aumento da relação C/N. Desta forma, recomenda-se fazer o corte das leguminosas durante a floração quando o objetivo é fornecer nutrientes a outras culturas. Por outro lado, quando essas plantas são cortadas após a produção de sementes podem contribuir na melhoria das características do solo (ESPINDOLA et al., 1997).

Por meio do contínuo suprimento de matéria orgânica ao solo, torna-se possível garantir a manutenção e/ou recuperação da fertilidade. Assim, os resíduos dos adubos verdes proporcionam importantes contribuições quando adicionados ao solo (ESPINDOLA et al., 1997). Entretanto, Cobo et al. (2002 a) ao realizarem experimento com vários adubos verdes, com intuito de verificar a taxa de decomposição e a disponibilidade do N na cultura de arroz, verificaram que os adubos verdes com relações C/N menores, causaram menores sincronias de liberação de nutrientes e aproveitamento pela cultura comercial. Isso se deve ao limitado sistema radicular da cultura do arroz até a quarta semana, evidenciando que a escolha do manejo do adubo verde deve ser em função da cultura comercial.

O manejo adotado no solo também pode influenciar a taxa de decomposição de resíduos vegetais. Carvalho et al. (2004) ao trabalhar com adubos verdes em sistema convencional com revolvimento de solo e em

plantio direto, observaram que nas leguminosas *Crotalaria juncea* e a *Mucuna pruriens*, a taxa de decomposição foi mais lenta que o girassol no plantio direto, ao passo que no plantio convencional nas leguminosas, com exceção do guandu, a decomposição foi mais rápida que as plantas espontâneas e o girassol.

Cobo et al. (2002 b) ao trabalharem com doze materiais (espécies, variedades e partes das plantas), verificaram que mesmo em plantas da mesma espécie pode haver concentrações de nutrientes diferentes, o que diferenciou as taxas de decomposição. Esses mesmos autores também observaram que nas partes das plantas as taxas de decomposição são diferentes, com isso as mais folhosas podem ter decomposição mais acelerada em relação às partes com menos folhas.

Existem relatos, em vasta bibliografia, da utilização de alguns métodos para o estudo da decomposição de amostras de materiais vegetais *in situ*, dos quais podemos citar o uso de (litter-bags) (COBO et al., 2002 a, b). Neste método uma taxa de decomposição (*K*) é formulada por equações exponenciais. Segundo Paul & Clark (1989 a), a linearização da função exponencial permitiu estipular algum valor *k* independente das concentrações inicial e final de substrato, permitindo o cálculo do tempo requerido de transformação de metade da mucuna ($C_f = C_0/2$), definido como meia-vida ($t_{1/2}$). O $t_{1/2}$ é importante na predição do tempo teórico necessário a reciclagem completa da mucuna já que, no processo de decomposição, compostos secundários são formados pelo re-arranjamento das partículas mineralizadas e não prontamente recuperadas pela biomassa, após a quebra das macromoléculas (SWIFT et al., 1979).

3.5 – N mineral no solo proveniente da decomposição de restos vegetais

A mineralização do nitrogênio orgânico processa-se por diversas etapas, começando com a sua degradação pela ação de microrganismos heterotróficos, resultando na formação do íon amônio (NH_4^+). Em seguida, o NH_4^+ é transformado em nitrito (NO_2^-) pelas bactérias autotróficas do gênero *Nitrosomonas*, culminando com a formação do nitrato (NO_3^-) pela ação das bactérias autotróficas do gênero *Nitrobacter* (DRESCH et al., 2002).

A quantidade de N contida no tecido vegetal pode significar maior ou menor quantidade de N mineral no solo (COBO et al., 2002 a; AITA et al., 2004). Esses autores salientam que as leguminosas tendem a disponibilizar mais rapidamente o N ao solo devido aos teores altos de N em seus tecidos. Entretanto, essa disponibilidade tende a ser cessada mais rapidamente devido à diferença do teor de C do solo (BRADY, 1989; AITA et al., 2004), a relação de C/N dos microrganismos não é constante, causando imobilização do N. Ou seja, havendo mais C (microrganismos) no solo do que a quantidade de N necessária haverá imobilização deste nutriente, ao passo que o N em quantidades maiores no solo resultará em N disponível às plantas (PAUL & CLARK, 1989 a).

Espécies não leguminosas tendem a conter menor teor de N em seus tecidos causando decomposição mais lenta e, conseqüentemente, a disponibilidade do N ao solo é menor e mais lenta (AITA et al., 2004). Perin et al. (2004 a, b) trabalhando com espécies e manejos na produção do brócolis e milho, observaram que as ervas espontâneas da área continham teor de N em seus tecidos semelhante às leguminosas, causando decomposição rápida devido a relação C/N baixa. Porém, a produção de massa seca das ervas espontâneas foi muito baixa, quando comparado com as leguminosas e gramíneas da adubação verde.

Dresch et al. (2002) trabalhando em sistemas agroflorestais observaram que fazendo cobertura de solo com leguminosa houve aumento no N mineral do solo. No tratamento a leguminosa *Pueraria phaseoloides* as quantidades de N mineral no solo foram menores apenas que o tratamento floresta natural mostrando, assim, que a utilização de leguminosas é eficiente em aumentar o N mineral no solo.

Basso (1999), Almeida (2000) e Aita et al. (2004) não encontraram efeito significativo da palhada de aveia na imobilização de N do solo. Almeida (2000) atribuiu esse resultado ao pequeno contato entre o C da palha da aveia e a população microbiana, uma vez que em sistema de plantio direto os resíduos permanecem na superfície do solo. Entretanto, Amado (1997) ao trabalhar com palha de aveia, com relação C/N de 46,8, verificou que tanto o tratamento (palha incorporada) ou deixada em superfície, provocaram redução de 60% na quantidade de nitrato no solo.

Cobo et al. (2002 b) relatam que as perdas do N no solo podem ser aumentadas quando as quantidades estão acima da capacidade de imobilização do solo, ou seja, a matéria orgânica em decomposição possui relação C/N baixa a ponto de facilitar as perdas principalmente por lixiviação e por volatilização, fazendo com que o N não esteja disponível à cultura comercial.

Os métodos utilizados para determinação de N mineral no solo consistem basicamente na determinação de nitrato e de amônio no solo. Vários são os métodos para a determinação do NO_3^- em extratos de solo. Entre eles podem ser citados os de cromatografia, Kjeldahl, eletrodos seletivos e colorimetria. A determinação do NH_4^+ em extratos de solo pode ser determinada por colorimetria, destilação e eletrodos específicos. Os métodos colorimétricos são constantemente utilizados na determinação de formas inorgânicas de N, devido à alta sensibilidade, rapidez e facilidade de execução (MENDONÇA & MATOS, 2005).

Segundo Mendonça & Matos (2005), o método de Kempers & Zweers (1986) para determinação de amônio por reação de azul de indofenol, baseia-se no desenvolvimento da cor azul pela formação de complexo indofenol, quando o amônio reage com salicilato de sódio (reagente fenólico), na presença de hipoclorito como agente oxidante. A intensidade da cor azul formada é proporcional à concentração de amônio em solução, sendo que o uso do nitroprussiato como catalizador permite que a reação ocorra em temperatura ambiente e em menor tempo.

As formas de N no solo são: orgânico, amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO) e nitrogênio atmosférico (N_2). Os íons NO_3^-, NO_2^-, NH_4^+, podem ser absorvidos pelas plantas, porém o NO_2^- encontra-se em baixa proporção no solo (MARSOLA et al., 2000 b). O N do solo pode perder-se nos processos de lixiviação, erosão ou volatilização. A lixiviação é responsável por grande parte do N-NO_3^- que se perde no solo podendo contaminar águas subsuperficiais.

3.6 – Perdas de N por volatilização

O processo de volatilização envolve principalmente N na forma gasosa (NH_3) que se dispersa pelo ar de acordo com os fatores do solo: pH, CTC,

temperatura, umidade, textura e profundidade de incorporação do adubo. Essa volatilização se processa de acordo com a reação:

$$NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_4OH\ aq \rightarrow NH_3\uparrow + H_2O \qquad [1]$$

(TISDALE et al., 1995)

3.6.1 – Fatores do solo que afetam a perda de nitrogênio por volatilização

3.6.1.1 – pH inicial do solo e poder tampão

O valor pH ou atividade dos íons hidrogênio, pode determinar a intensidade com que a NH_3 converte a NH_4^+ na solução do solo; desse modo, o pH se torna o fator de maior importância na magnitude da volatilização da amônia (SENGIK, 1993). Se o pH e a temperatura forem inferiores a 7,0 e 25°C, respectivamente, haverá pouco potencial de volatilização da amônia. Com valores de pH inferiores a 7,5, menos de 7% do N amoniacal estará na forma de NH_3; consequentemente, grande parte do N amoniacal estará na forma NH_4^+. No pH 8,5 cerca de 17% do N estará como NH_3, e no pH 9,3 metade do N amoniacal estará como NH_3 e metade como NH_4^+ (FERGUSON et al., 1984; KOELLIKER & KISSEL, 1988; SENGIK, 1993).

Outra característica do solo, tão ou mais importante na volatilização da amônia do que o pH, é o poder de tamponamento. O tamponamento do solo é a capacidade de resistir a alterações do pH por fornecer ou remover íons hidrogênios da solução do solo (BRADY, 1989). Nesse aspecto, solos com alto poder tampão terão menor aumento de pH (como exemplo, quando se adiciona uréia) e menor dissociação do NH_4^+ em NH_3 e H^+ e, consequentemente, irá ocorrer menor perda de amônia por volatilização (BARRETTO, 1991).

3.6.1.2 – Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

A capacidade de troca de cátions do solo exerce acentuada influência sobre as perdas de amônia (SENGIK, 1993). Alguns trabalhos mostram que as perdas tendem a ser menores à medida que a CTC aumenta (KELLER & MENGEL, 1986; MARTENS & BREMNER, 1989).

Segundo Barretto (1991), existe equilíbrio entre o amônio trocável, em solução (aq) e a amônia no solo:

$$NH_4^+ \text{ (trocável)} \rightleftharpoons NH_4^+ \text{ (aq)} \rightleftharpoons NH_3 + H^+ \qquad \textbf{[2]}$$

Solos com grande número de cargas negativas são capazes de manter elevadas quantidades de amônio adsorvido. Nesta condição, menos NH_4^+ converterá a NH_3. Quando adubo amoniacal é adicionado, aumentando o teor de NH_4^+ (aq), o equilíbrio da equação [2] é alterado. Caso a capacidade de adsorção de amônio do solo seja pequena, formar-se-ão grandes quantidades de NH_3 na solução, que tende a perder-se na atmosfera (BARRETTO, 1991).

Além da densidade de carga negativa do solo, a adsorção de NH_4^+ é influenciada também pela natureza e quantidade de outros cátions presentes no complexo sortivo (BARRETTO, 1991). Gandhi & Paliwal (1976) ao estudarem perdas por volatilização em função da salinidade do solo, observaram perdas até 3 vezes maiores em solos tratados com sódio, quando comparado com o tratamento testemunha. Estes autores atribuíram essa perda devido a menor adsorção de NH_4^+.

O mesmo fenômeno pode ocorrer com outros cátions adsorvidos. O cálcio pode trocar com os íons NH_4^+, com efeito similar à substituição de H^+, desde que o pH seja suficientemente alto (pH 7,0 – 7,5) de modo que ocorra a precipitação de $CaCO_3$ (SENGIK, 1993).

O potássio e o magnésio não têm o mesmo efeito que o cálcio nas trocas de NH_4^+, o que faz com que as perdas por volatilização, devido a esses cátions, não sejam tão acentuadas (SENGIK, 1993).

3.6.1.3 – Temperatura do solo

O aumento das perdas por volatilização com o aumento da temperatura é fato constatado (CLAY et al., 1990; WHITEHEAD & RAISTRICK, 1991). Vlek & Stumpe (1978) observaram que as perdas por volatilização aumentaram quando a temperatura do solo passou de 20°C a 30°C.

O aumento da temperatura do solo também favorece as perdas à medida que aumenta a atividade da urease (LARA CABEZAS et al., 1997). Entretanto, altas temperaturas da superfície do solo podem não resultar em

maiores perdas de amônia por volatilização, uma vez que, as temperaturas altas são acompanhadas pela redução de umidade da superfície do solo (SENGIK, 1993).

3.6.1.4 – Umidade e tipo de solo

A umidade do solo é o principal ponto de discordância entre vários autores ao afirmarem que a umidade maior pode aumentar ou diminuir a volatilização (BARRETTO, 1991; LARA CABEZAS et al., 1992; SENGIK, 1993; SANTOS et al., 1996; LARA CABEZAS et al., 1997). Barretto (1991) em sua revisão de literatura aponta vários trabalhos onde a volatilização diminuiu conforme se aumentava a umidade do solo. Em contrapartida, Sengik (1993) aponta que a água do solo é mais relevante no fenômeno da volatilização. Este autor afirma que quando o solo estiver seco, o conteúdo total de água não é determinante das perdas de amônia no solo, visto que a camada de poucos milímetros seca é capaz de reduzir ou mesmo inibir a hidrólise da uréia.

Em solo úmido, próximo da capacidade de campo, as perdas gasosas de amônia acompanham o processo de evaporação de água (BOUWMEESTER et al., 1985). Em solo seco, as perdas podem ser significativas somente se a umidade relativa do ar for alta, conforme verificado por Black et al. (1987), que relatam perdas significativas de N-uréia, que fora aplicado superficialmente, após aplicação da carga de 16 mm de água sobre solo seco. Lara Cabezas et al. (1997) verificaram que a irrigação após a aplicação de adubos nitrogenados não diminuiu a perda por volatilização.

Janzen & McGinn (1991) ao trabalharem com o adubo verde *Lens culinaris*, verificaram que após o re-umedecimento do solo nos vasos, a taxa de volatilização voltou a aumentar quando o adubo verde estava na superfície do terreno ou suspenso. Nos vasos em que o adubo verde foi incorporado não houve perdas por volatilização.

De um modo geral, a umidade que influencia a volatilização é a ótima aos microrganismos. Umidade de solo em excesso ou em falta altera a população viva do solo e com a diminuição da atividade microbiana a volatilização diminui. Outro fato que deve ser apontado é que o excesso de água poderá causar a lixiviação do N com perdas na eficiência agronômica.

Sigunga et al. (2002) verificaram que maiores quantidades de água favoreceram rápida solubilização dos adubos diminuindo a volatilização do N.

Santos et al. (1996) concluíram que além da umidade, o tipo de solo também pode influenciar na taxa de volatilização e conforme verificado em onze classes de solos, que no Latossolo vermelho-amarelo as perdas de N foram por lixiviação, no Latossolo roxo sob mata natural, Cambissolo e Podzólico vermelho-escuro as perdas foram por volatilização. A vegetação presente nas classes de solo também influenciou as perdas de $N\text{-}NH_3$.

3.6.1.5 – Matéria orgânica e urease

O N-orgânico do solo é disponibilizado às plantas quando ocorre a mineralização da matéria orgânica e o primeiro passo é a amonificação na qual podem ocorrer perdas por volatilização, como mostra as equações [3] e [4]:

$$R\text{-}NH_2 + H_2O \longrightarrow R\text{-}OH + NH_3\uparrow \qquad \textbf{[3]}$$

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^- \qquad \textbf{[4]}$$

Adaptado de Costa (2001).

Após a amonificação, o primeiro produto resultante da decomposição da matéria orgânica é o amônio (NH_4^+), proveniente da decomposição de proteínas, aminoácidos e outros compostos. Em condições favoráveis ao crescimento das plantas, a maior parte do NH_4^+ se converte a nitrato (NO_3^-) pela ação de bactérias nitrificantes (VICTORIA et al., 1992).

Também é importante mencionar a denitrificação. Tal processo envolve a conversão de nitrato a formas gasosas, principalmente NO, N_2O e N_2. Os gases resultantes da denitrificação são liberados na atmosfera, e junto ao dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) e metano (CH_4), são considerados gases de efeito estufa. Mediante anaerobiose e presença de microrganismos anaeróbios facultativos ou obrigatórios, ocorre a denitrificação (VICTORIA et al., 1992; CAMARGO et al., 1999 b; COSTA, 2001).

Nos adubos sintéticos, as perdas por volatilização ocorrem devido principalmente a enzima urease presente nos microrganismos dos solos, embora se encontre em forma livre (BARRETTO, 1991). A atividade da urease

dependerá da disponibilidade da matéria orgânica como fonte energética dos microrganismos. O estado e a facilidade de decomposição microbiológica da matéria orgânica, bem como a quantidade aplicada, causam maiores perdas de amônia. Altas taxas de perdas são indicações de grande população microbiana, causando maior produção de urease (Fenn et al. (1987), citados por SENGIK, 1993).

Tanto os adubos sintéticos, como os adubos orgânicos tem maiores perdas quando aplicados superficialmente (FERGUSON et al., 1984; RODRIGUES & KIEHL, 1986; JANZEN & McGINN, 1991; PORT et al., 2003; YANG et al., 2003). Quando o adubo é incorporado, durante o processo de decomposição, o NH_3 passa a NH_4^+ mais facilmente (equação [4]), podendo ficar retido por adsorção nos colóides do solo (MEURER et al., 2004), o que não ocorre quando a aplicação é superficial. Outro fato é que o adubo é mais rapidamente dissolvido ou decomposto (sintético e orgânico, respectivamente), o que facilita absorção mais rápida pela planta (JANZEN & McGINN, 1991; SANTOS et al., 1996).

Janzen & McGinn (1991) verificaram que a lentilha (*Lens culinares*) quando incorporada perdeu por volatilização apenas 0,05% do N contido em seus tecidos, ao passo que quando deixada em cobertura esta perda foi 14%.

A utilização conjunta de adubos orgânicos e sintéticos nem sempre diminui as perdas de N-NH_3. Sengik & Kiehl (1995) ao adicionarem adubos orgânicos em terra tratada com uréia, verificaram que as perdas por volatilização aumentaram 105% com a utilização de vinhaça, 163% com o esterco de curral, 187% com o composto de lixo e 843% com a utilização de turfa, esses ocorreram devido ao aumento de pH do solo. Prochnow et al. (2001) verificaram que a utilização de gesso agrícola não foi eficiente na redução de volatilização oriunda da compostagem de mistura de esterco, todavia, os superfosfatos simples e triplo diminuíram as perdas em até 4,8 vezes.

3.6.2 – Métodos utilizados na determinação de perdas de NH_3

Os métodos utilizados na medição das perdas de N na forma de NH_3 podem ser reunidos em dois grupos, indireto e direto, segundo Lara Cabezas (1987).

3.6.2.1 – Métodos indiretos

Nestes métodos, a quantidade de amônia volatilizada é determinada pela diferença entre a quantidade de N aplicada e a que permaneceu no solo. Os vários métodos empregados diferem pela maneira com que o N remanescente é determinado (RODRIGUES, 1983).

Uma das maneiras de avaliar o N remanescente no solo é por meio do cultivo de planta-teste, o que pode ser feito tanto em casa de vegetação ou em condições de campo. Neste caso a quantidade de N remanescente é avaliada pela comparação entre a quantidade total absorvida pela planta teste e a absorvida por plantas adubadas com alguma fonte nitrogenada não sujeita a perdas por volatilização de NH_3 (RODRIGUES, 1983).

Outra maneira é por meio da análise química do solo. É necessário haver o tratamento-padrão constituído de alguma fonte nitrogenada não sujeita à volatilização e assim descontar o efeito da imobilização microbiológica. Caso sejam empregados adubos marcados com ^{15}N, sua precisão pode ser apreciavelmente aumentada (NÔMMIK, 1973 a, b). O método com ^{15}N, ainda pouco utilizado no Brasil, vem sendo muito empregado por pesquisadores do exterior, tanto em estudos de balanço nitrogenado no sistema solo-planta-atmosfera, onde perdas por volatilização podem ser quantificadas (LARA CABEZAS & TRIVELIN, 1990), como na calibração de métodos diretos, que utilizam câmaras de captação de NH_3 (LARA CABEZAS et al., 1999).

O método indireto oferece resultados precisos, segundo Barretto (1991), quando o nitrogênio do solo não é lixiviado, imobilizado, fixado ou denitrificado e quando a matéria orgânica não é influenciada pela aplicação do adubo nitrogenado, podendo estes fatores causarem perdas superestimadas.

A principal restrição ao seu uso relaciona-se aos custos de sais marcados com ^{15}N e às análises isotópicas, além da impossibilidade de determinar perdas de outras fontes nitrogenadas, que não a da amostra marcada (LARA CABEZAS & TRIVELIN, 1990), como é o caso dos adubos orgânicos e adubos verdes.

3.6.2.2 – Métodos diretos

Os métodos diretos baseiam-se em captar a amônia desprendida em solução de ácido diluído, e em seguida dosá-la (RODRIGUES, 1983). Medidas pelo critério direto podem ser realizadas em laboratório, casa de vegetação ou no campo por meio de sistema fechado-estático, fechado-dinâmico ou semi-aberto estático. O sistema fechado-estático isola o solo do ar atmosférico (OVERREIN & MOE, 1967; KIEHL, 1989). No sistema fechado-dinâmico faz-se circulação forçada de ar (RODRIGUES & KIEHL, 1986; JANZEN & McGINN, 1991). Tais sistemas fechados podem impossibilitar as observações sobre volatilização em condições naturais, pois modificam o ambiente na superfície do solo (LARA CABEZAS & TRIVELIN, 1990). O sistema semi-aberto estático é utilizado no campo, possui abertura permanente que possibilita a troca de ar interna e externa (NÔMMIK, 1973 a).

Os sistemas coletores diretos possuem limitações quando comparados com o sistema indireto. Lara Cabezas & Trivelin (1990) compararam os métodos de ^{15}N e semi-aberto estático, verificaram que as perdas determinadas pelo coletor foram 6,6%, enquanto que no método de balanço de ^{15}N foi 56,7%.

Em contrapartida, os métodos diretos possibilitam a quantificação da volatilização de adubos orgânicos (PORT et al., 2003; YANG et al., 2003) e adubos verdes (MARSOLA et al., 2000 a, b; JANZEN & McGINN, 1991). Deve-se ressaltar que a quantificação da volatilização de adubos orgânicos e adubos verdes podem ser subestimados. Porém, este método possibilita a comparação entre tratamentos (PORT et al., 2003).

3.7 – O adubo verde mucuna cinza (*Mucuna pruriens*)

A mucuna cinza (*Mucuna pruriens*), leguminosa de clima tropical, possui folhas trifolioladas, flores brancas e sementes de cor cinza, com hilo branco saliente. O crescimento inicial da planta é rápido, hábito indeterminado, bastante agressiva, promovendo rápida cobertura do solo. A floração plena ocorre 130 a 150 dias do ciclo completo que é 210 a 240 dias (CALEGARI et al., 1993). A produção de massa seca pode alcançar 9 Mg ha^{-1} (DAROLT, 1998), e acumulação de mais de 130 kg ha^{-1} de N (COBO et al., 2002 b).

Sendo leguminosa, a decomposição dos resíduos vegetais é relativamente rápida (COBO et al., 2002 b). As perdas de N por volatilização são baixas, quando comparadas com outras leguminosas (MARSOLA et al., 2000 b). Esses autores ressaltam que não há necessidade de incorporar a mucuna devido às pequenas perdas por volatilização.

3.8 – A cultura do brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*)

O brócolis produz a inflorescência central, compacta (tipo "cabeça"), ou inflorescências laterais (tipo "ramoso"), ambas de coloração verde-escura. O produto comercial contém pequenos botões florais fechados, pedúnculos tenros (FILGUEIRA, 2000), as folhas oriundas do cultivo orgânico também podem ser consumidas como a couve.

A exigência nutricional do brócolis implica em doses altas de adubação nitrogenada. Fontes (1999) recomenda 150 kg ha^{-1}, Toivonen et al. (1994) recomenda 125 a 250 kg ha^{-1} e Filgueira (2000) recomenda 150 a 200 kg ha^{-1} de N.

O crescimento e a qualidade das inflorescências, segundo Knott (1962), são melhores com temperaturas médias de 15 a 18 °C e máximas de 23,8 °C. Björkman & Pearson (1998) relatam que temperaturas acima de 30 °C causam danos a inflorescência do brócolis, onde são afetadas durante a multiplicação celular, fazendo com que haja deformação nas (cabeças).

4 – MATERIAL E MÉTODOS

4.1 – Localização e características da área experimental

O ensaio foi conduzido na 'Horta Velha' do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, localizada na Zona da Mata a 20º 45' de latitude sul e 42º 51' de longitude oeste de Greenwich com altitude média de 650 metros. O clima, segundo a classificação Köppen, enquadra-se no tipo Cwa, com 80% de média de umidade relativa do ar, temperatura média anual de 21ºC e precipitação anual de 1.341 mm. A umidade relativa e a temperatura média dos meses de setembro de 2004 a fevereiro de 2005 estão descritos na Figura 1, a partir de dados coletados da estação meteorológica da UFV.

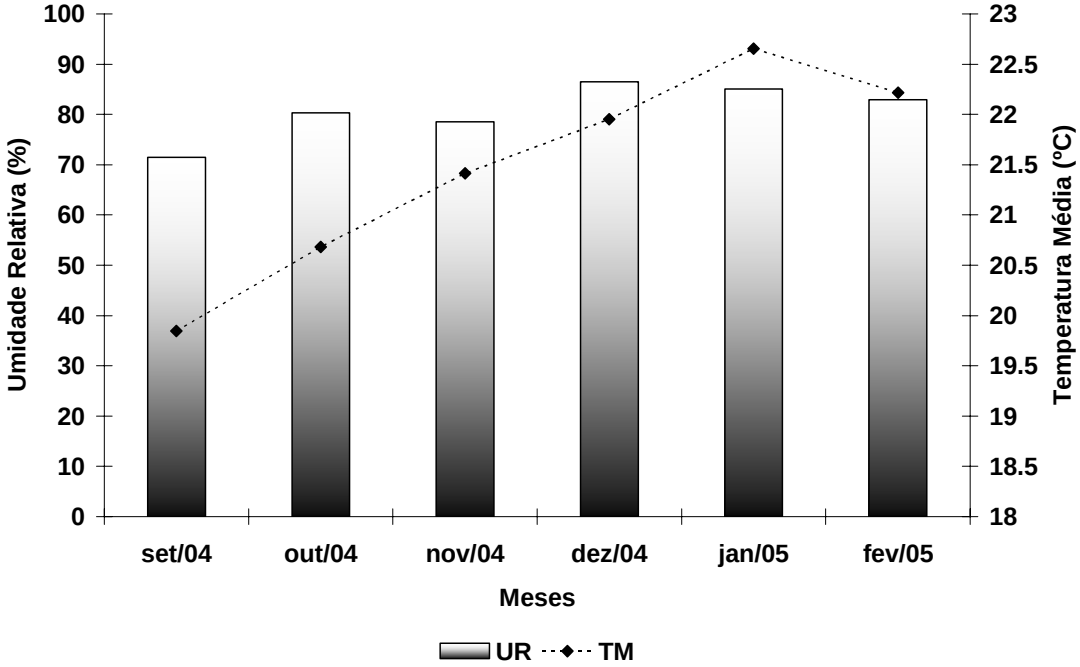

Figura 1. Umidade relativa (UR) e temperatura média (TM) dos meses de setembro de 2004 a fevereiro de 2005 em Viçosa – MG. Viçosa, UFV, 2005.

No solo da área experimental, classificado como Cambissolo (EMBRAPA, 1999) em manejo orgânico há cinco anos, foi realizada a amostragem (Quadro 1) anterior ao plantio do brócolis na profundidade de 0,0 – 0,20 m. Por não haver acidez ou deficiência de nutrientes, a calagem foi omitida, incorporando-se por ocasião do plantio apenas as doses de composto

e a primeira dose do adubo nitrogenado. O experimento foi conduzido com sistema de irrigação por aspersão.

Quadro 1. Análise química de solo da área experimental, na profundidade de 0,0 a 0,20 m

pH	P	K	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	MO
	mg dm^{-3}		----------$cmol_c$ dm^{-3}----------							---dag kg^{-1}---		
6,03	94,1	136	4,54	0,98	0,0	3,7	5,87	5,87	9,57	61,3	0,0	3,97

pH em H_2O (1:2,5)
P- K – Extrator Mehlich 1
Ca- Mg- Al – Extrator – KCl – 1mol/L
H +Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0
MO – Walkley Black.

4.2 – Obtenção das mudas

O cultivar Piracicaba Precoce de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) foi utilizada sendo semeada em 27/09/04 em bandejas de poliestireno expandido com 128 células e transplantada em 27/10/04.

4.3 – O composto orgânico

Foi produzido no mesmo local (Horta Velha) e teve como matéria prima capim napier e (cama de frango), compostados em pilhas estáticas com revolvimento manual.

A umidade e densidade foram quantificadas antes da aplicação do composto, sendo 48,36 % de umidade e densidade de 0,66 kg L^{-1}. No composto foram analisados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S e C, o N foi após digestão sulfúrica, conforme metodologia de Kjedahl (BREMNER & MULVANEY, 1982). Os teores de P, K, Ca, Mg e S foram determinados após digestão nítrico-perclórica (BATAGLIA et al., 1983). O P foi determinado após formação do complexo fosfato-molibdato, na presença de ácido ascórbico como redutor, o K, Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica (EMBRAPA, 1979). O S foi determinado por turbidimetria do sulfato (JACKSON, 1958), e o C pelo método de Walkley-Black (JACKSON, 1976). Os resultados encontram-se no Quadro 2.

Quadro 2. Análise química de nutrientes do composto orgânico utilizado no cultivo do brócolis

C/N	N	P	K	Ca	Mg	S
	----------g kg^{-1}----------					
11,50	14,15	13,32	4,49	8,15	3,42	5,60

O composto foi distribuído manualmente nos sulcos momentos antes do transplante das mudas, sendo incorporado nas linhas de plantio.

4.4 – Adubo verde (*Mucuna pruriens*)

As plantas de mucuna-cinza (*Mucuna pruriens*), crescidas na Horta Nova (Departamento de Fitotecnia, UFV) tiveram a parte aérea cortada ao nível do solo sendo retiradas do campo e levadas até a área experimental no mesmo dia.

Foram coletadas amostras da parte cortada da mucuna e determinado o teor de umidade após secagem em estufa a 70º C. As amostras foram moídas em moinho de faca tipo Willey e posteriormente foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S e C (Quadro 3), conforme descrito no item 4.3.

Quadro 3. Teor de nutrientes na massa seca do adubo verde *Mucuna pruriens*

C/N	N	P	K	Ca	Mg	S
	----------g kg^{-1}----------					
16,85	26,64	2,18	43,25	7,2	2,26	1,07

O adubo verde foi distribuído nas parcelas experimentais superficialmente cobrindo toda a área conforme a dose do tratamento uma hora antes do transplante.

4.5 – Delineamento experimental

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com cinco repetições. O experimento compreendeu oito tratamentos (Quadro 4):

Quadro 4: Código e descrição dos tratamentos

Tratamento	Código	Descrição
		Tratamentos Dose
1	**C12AV0**	12 Mg ha^{-1} de composto
2	**C12AV4**	12 Mg ha^{-1} de composto + 4 Mg ha^{-1} de adubo verde
3	**C12AV8**	12 Mg ha^{-1} de composto + 8 Mg ha^{-1} de adubo verde
4	**C12AV12**	12 Mg ha^{-1} de composto + 12 Mg ha^{-1} de adubo verde
		Tratamentos Controle
5	**C25**	25 Mg ha^{-1} de composto
6	**AV12**	12 Mg ha^{-1} de adubo verde
7	**AM**	Adubação Mineral
8	**TA**	Testemunha Absoluta

Os tratamentos dose compreenderam os quatro tratamentos em que havia doses de mucuna, ao passo que os tratamentos controle compreenderam outros quatro tratamentos para fins comparativos com os tratamentos dose.

Todas as doses de composto e de adubo verde foram aplicadas imediatamente antes do transplante. O adubo nitrogenado foi parcelado, sendo utilizado o sulfato de amônio, aplicando 20% no plantio, 40% da dose aos 40 dias e 40% aos 80 dias após transplante, totalizando 150 kg ha^{-1} de N, tendo como base o trabalho de Diniz (2004). A primeira dose de sulfato de amônio foi incorporada, as demais foram aplicadas em cobertura.

Nas parcelas experimentais com 5,76 m^2 de área, com espaçamento 0,6 x 0,6 m entre plantas na densidade populacional 27.777 plantas ha^{-1}, foram avaliadas quatro plantas.

4.6 – Avaliações

As avaliações realizadas foram:

- No solo: N mineral;
- No adubo verde: taxa de decomposição, teor de nutrientes, volatilização de N;
- No brócolis: área do dossel, estado nutricional, produção e exportação de N.

4.6.1 – Nitrogênio mineral no solo

Foi avaliado o teor de nitrogênio mineral no solo ao longo do crescimento da planta. O solo foi coletado na profundidade de 0,0 a 0,20 m, semanalmente, durante 10 semanas a partir do transplante das mudas. Após a coleta, o solo era secado à sombra, sendo em seguida mantido a 0 ºC até o momento das análises.

O nitrogênio mineral do solo foi definido como a soma do nitrogênio nas formas de NO_3^- e NH_4^+. Os teores de nitrato e amônio do solo foram determinados por espectrofotometria pelos métodos descritos por Yang et al. (1998) e por Kempers & Zweers (1986), respectivamente.

Foi pesado 5 g de terra fina seca ao ar (TFSA) em erlenmeyer de 125 mL, adicionado 50 mL do extrator KCl 1 mol L^{-1}, agitado em agitador de mesa

por 30 minutos. Após decantação, foi filtrado o sobrenadante em papel de filtro quantitativo lento, em seguida foram realizadas as determinações de nitrato e amônio como descritas nos itens 4.6.1.1 e 4.6.1.2.

4.6.1.1 – *Determinação de nitrato*

A alíquota de 1 mL referente a cada amostra foi pipetada para tubos de ensaio de 20 mL, adicionava-se 0,5 mL da solução TRI (1,0 g de salicilato de sódio + 0,2 g de NaCl + 0,1 g de sulfamato de amônio em 100 mL de solução NaOH 0,01 mol L^{-1}). Procedeu-se a secagem em estufa a 65ºC por aproximadamente 16 horas ou em chapa aquecedora por 4 horas, até restar o resíduo seco no fundo do tubo.

Após a secagem da amostra, adicionou-se 1 mL de H_2SO_4, agitando vagarosamente com a mão e adicionando cuidadosamente 5 mL de H_2O deionizada, agitava-se manualmente, esperava-se esfriar por aproximadamente 30 minutos e adicionava-se mais 5 mL da solução NaOH 10 mol L^{-1} agitando vagarosamente. Quando faltava em torno de 1 mL do NaOH, era possível observar o início da mudança de cor, passando de transparente para amarelo claro, intensificando com a adição do restante do NaOH e em amostras com maior concentração de nitrato. Procedia-se com a leitura em colorímetro, utilizando comprimento de onda de 410 nm.

A curva padrão foi preparada com diferentes concentrações de nitrato em balões de 10 mL ou copos descartáveis, a partir da solução padrão de NO_3^- 10 mg L^{-1} (Quadro 5):

Quadro 5. Curva padrão de determinação de nitrato

Concentração (mg.L^{-1})	Sol. Padrão (mL)	KCl 2 mol L^{-1} (mL)	H_2O (mL)
0	0	5	5
1	1	5	4
2	2	5	3
3	3	5	2
4	4	5	1
5	5	5	0

A partir dessas soluções, o procedimento de determinação do nitrato na curva foi exatamente o mesmo das amostras, ou seja, pipetou-se uma alíquota de 1 mL referente a cada ponto da curva foi vertida em tubos de ensaio de 20

mL, adicionou-se 0,5 mL da solução TRI. Foi secado em estufa ou chapa aquecedora, adicionou-se 1 mL de H_2SO_4, 5 mL de H_2O deionizada, após esfriamento, adicionava-se 5 mL da solução NaOH 10 mol L^{-1}. Foi feita a leitura no comprimento de onda de 410 nm.

Após as leituras, multiplicaram-se os valores por 10 expressando os resultados em mg kg^{-1}.

4.6.1.2 – *Determinação de amônio*

Pipetava-se alíquota de 4 ml do extrato de KCl, adicionava-se 0,9 mL do RT (Reagente de Trabalho, solução utilizada para desenvolver cor na solução a ser analisada quanto a concentração de um determinado elemento por colorimetria) e 0,1 mL de NaOCl (2%).

O preparo da curva padrão seguiu as quantidades conforme Quadro 6.

Quadro 6. Curva padrão de determinação de NH_4^+

Conc. (mg L^{-1})	*Padrão N-NH_4^+ (mL)	H_2O (mL)	KCl 2 mol L^{-1} (mL)	RT (mL)	NaOCl (mL)
0	0	2,0	2,0	0,9	0,1
0,2	0,2	1,8	2,0	0,9	0,1
0,4	0,4	1,6	2,0	0,9	0,1
0,6	0,6	1,4	2,0	0,9	0,1
0,8	0,8	1,2	2,0	0,9	0,1
1,0	1,0	1,0	2,0	0,9	0,1
1,2	1,2	0,8	2,0	0,9	0,1

*Solução padrão de N-NH_4^+ 5 mg L^{-1}

Assim como as amostras, deixava-se em descanso por 120 minutos até formação de cor azul que se intensificava com aumento da concentração de NH_4^+ em solução e em seguida media-se a absorvância em espectrofotômetro a 646 nm.

Após as leituras, multiplicavam-se os valores por 100 expressando os resultados em mg kg^{-1}.

4.6.2 – Taxa de decomposição e teor de nutrientes da mucuna-cinza

Foram avaliados a perda de massa e o teor de nutrientes na biomassa seca remanescente da mucuna-cinza. Na fase de transplante do brócolis,

foram colocadas sobre o solo, em 5 repetições, o equivalente a 20 g de massa seca de adubo verde em uma sacola de tela de nylon com dimensão de 20 x 40 cm e malha de 2 x 2 mm. A mucuna-cinza foi colocada nas sacolas mantendo a mesma relação talo/folha com que foi colhida no campo, conforme metodologia de Anderson & Ingram (1989). As amostras foram distribuídas aleatoriamente nas parcelas que receberam a mucuna no transplante. As amostram foram coletadas no transplante e aos 3, 7, 11, 15, 20, 30, 45 e 60 dias após o transplante do brócolis, entre o período de 27/10/04 a 30/12/04. Após a coleta, a amostra foi acondicionada em estufa a 70ºC, até atingir massa constante, e posteriormente submetida a determinação de teores de N, P, K, Ca, Mg, S, conforme descrito no item 4.3.

A taxa de decomposição da mucuna-cinza foi calculada segundo a função

$$C = C_0.e^{-kt} \qquad \textbf{[equação1]}$$

onde C é a massa final das amostras (t_{60}); C_0, a massa inicial (t_0); t, o tempo decorrido na experimentação (60 dias) e; *k*, a constante de decomposição das amostras (MASON, 1980).

O valor *k* foi gerado pela linearização da Equação 1, após dividi-la por C_0

$$C_f = C_0.e^{-kt}$$

$$-kt = \ln (C_f/C_0) \qquad \textbf{[equação 2]}$$

Facilitando a visualização dos resultados, as curvas correspondentes à marcha de decomposição das amostras foram expressas em porcentagem de massa remanescente das amostras, em relação à massa inicial (20,0 gramas = 100%).

Os teores de nutrientes remanescentes na biomassa também foram expressos seguindo este modelo, obtendo-se o $t_{1/2}$ de cada nutriente, bem como a sua constante de decomposição.

4.6.3 – Perdas por volatilização do adubo verde

Os tratamentos foram comparados quanto à perda de N-NH_3, por meio de coletores adaptados de Lara Cabezas et al. (1999). Os coletores constituíram-se de tubos de PVC com diâmetro de 254 mm e 400 mm de comprimento, com tampa de PVC, classificado por Lara Cabezas (1987) como fechado-estático. A captação da amônia foi feita por uma espuma de polietileno do diâmetro do coletor com 10 mm de espessura, contendo 30 mL de H_2SO_4 na concentração de 0,05 M + glicerina 3% (v/v), conforme indicação de Ribas et al. (2004 a). A amônia captada nos sistemas coletores foi determinada pelo método de titulação de Kjedahl (MIYAZAWA et al., 1999).

A metodologia adaptada, assim como os reagentes utilizados, estão descritos a seguir:

Não foi realizada a digestão devido ao fato de que a espuma já continha ácido sulfúrico (H_2SO_4) e todo o N presente na espuma estava na forma de $(NH_4)_2SO_4$.

Em seguida a espuma foi cortada em fatias e colocada em balão volumétrico próprio que permitisse o encaixe no aparelho micro destilador de Kjedahl. Foi adicionado 500 mL de água destilada, encaixava o balão no aparelho, adicionava 25 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 40%. Na outra extremidade estava um erlenmeyer que continha 10 mL de solução receptora-indicadora. Esperou-se a viragem da cor roxa a verde-azulada. Só então era realizada a titulação.

No preparo da Solução Receptora-Indicadora foi misturado 1000 mL de Solução de Ácido Bórico 2%, 6 mL de Solução Alcóolica de Vermelho de Metila 0,1% e 15 mL de Solução Alcóolica de Verde de Bromocresol 0,1 %.

Na titulação foi utilizado ácido sulfúrico 0,05 N padronizado, esperando a passagem da cor verde-azulada a rósea clara. O valor de N volatilizado em % foi obtido mediante o cálculo:

N(%)= $(V_A - V_B)$ x 0,05 x 0,014 x f x 100, em que:

N(%) = Teor de Nitrogênio Total em porcentagem.
V_A = Volume da solução de Ácido Sulfúrico gasto na titulação da amostra, em mililitros.

V_B = Volume de Solução Ácido Sulfúrico gasto na titulação do branco, em mililitros. Para o branco utilizou-se uma espuma embebida no ácido utilizado no campo.
0,05 = Normalidade do ácido utilizada
0,014 = peso atômico do N (14) dividido por 1000
f = padronização do ácido utilizado na titulação (1,0242)
100 = valor numérico para passar a equação para %

Os tubos coletores foram instalados um dia após o transplante, e as trocas de espuma foram realizadas aos 3, 7, 11, 15, 20, 30 dias após a instalação dos coletores. Aos 45 dias após a instalação foram colocadas novas espumas apenas nos tratamentos com sulfato de amônio, onde estas foram trocadas aos 51, 55 e aos 60 dias foram retiradas.

As doses de mucuna-cinza alocadas em cada tubo coletor foram proporcionais aos tratamentos, e correspondem a 80, 160 e 240 g de massa da mucuna fresca, das doses 0, 4, 8 e 12 Mg ha^{-1} de massa da mucuna seca. Somado a isso foi adicionado 340 g de composto (base seca) e um outro coletor somente sulfato de amônio na dose de 30 g $coletor^{-1}$, totalizando 5 tratamentos, com 5 repetições (Quadro 7).

Quadro 7. Código e descrição dos tratamentos de determinação da volatilização.

Código	Descrição
C12AV0	340 g de composto
C12AV4	340 g de composto + 80 g de adubo verde
C12AV8	340 g de composto + 160 g de adubo verde
C12AV12	340 g de composto + 240 g de adubo verde
AM	Adubação Mineral

Dentre os tratamentos não houve a testemunha absoluta devido ao fato de ensaios prévios mostrarem que no solo nu as perdas eram desprezíveis de $N\text{-}NH_3$ pela metodologia de Ribas et al. (2004 b).

Os dados foram expressos em perdas por porcentagem (%) e perdas acumuladas (kg ha^{-1}).

4.6.4 – Área do dossel do brócolis

Foram realizadas avaliações semanais da área do dossel, calculada a partir do raio médio do dossel transversal e longitudinalmente em relação à linha de plantio. As avaliações ocorreram nas primeiras sete semanas, a partir

uma semana após o transplante, até o surgimento das primeiras inflorescências. Os dados foram expressos em cm^2.

4.6.5 – Avaliação do estado nutricional das plantas de brócolis

Foram retiradas amostras de folha índice, correspondente à folha recém desenvolvida na época de floração (BOARETTO et al., 1999). A amostra foi acondicionada em estufa a 70ºC, até atingir massa constante, em seguida moída em moinho de faca tipo Willey. Os teores de N, P, K, Ca, Mg e S foram determinados conforme o item 4.3. Os dados foram expressos em g kg^{-1}.

4.6.6 – Produção do brócolis

A produção foi avaliada pela massa da inflorescência fresca. As colheitas foram realizadas entre o período de 27/12/04 a 12/02/05, conforme as inflorescências atingiam padrão comercial, sendo cortadas com 20 cm de pedúnculo. Os dados foram expressos em g $planta^{-1}$.

4.6.7 – Exportação de N

A exportação de N foi calculada a partir da massa seca e do teor de N na inflorescência que foi acondicionado em estufa a 70ºC, até atingir massa constante, em seguida foi moída em moinho de faca tipo Willey. O teor de N foi determinado conforme o item 4.3. Os dados foram expressos em kg ha^{-1} de N.

4.6.8 – Análise estatística

Os dados obtidos ao nível de médias por parcela foram avaliados por meio de análise de variância, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Em seguida, de acordo com a necessidade e aplicabilidade, foram submetidos à análise de regressão ou teste de médias segundo Steel et al. (1997). Todas essas análises foram realizadas com o uso do Sistema Para Análises Estatísticas (SAEG versão 8.0) segundo métodos descritos por RIBEIRO Jr. (2001). Especificamente para análise de resíduos, utilizou-se o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2005).

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Produção do brócolis

Houve efeito dos tratamentos sobre a produção do brócolis, não se verificando, entretanto, efeito das doses de mucuna, que resultaram em produção média 333,13 g planta^{-1}, equivalente a 9,25 Mg ha^{-1}. Contudo, em algumas situações, as doses de mucuna resultaram em produções diferentes dos tratamentos controle (Tabela 1). Também houve diferença entre as produções nos tratamentos controle (Tabela 2).

As produções obtidas foram de 9,18, 9,35, 9,40 e 9,09 Mg ha^{-1}, respectivamente nas doses de 0, 4, 8 e 12 Mg ha^{-1} de mucuna. A ausência de diferença significativa de produção em função das doses de mucuna pode ser atribuída às condições climáticas da região na época (Figura 1), uma vez que o experimento apresentou coeficiente de variação normal para experimentos de campo (24,44%). As temperaturas máximas no mês de janeiro e fevereiro chegaram a ultrapassar 30 ºC, o que causa prejuízos à produção (BJÖRKMAN & PEARSON, 1998), tendo em vista que essa foi a época de maior número de colheitas. O fato do experimento ter sido conduzido numa época desfavorável (FILGUEIRA, 2000) resultou em produtividade média baixa (9,01 Mg ha^{-1}).

Tabela 1. Grupos de contrastes das produções de brócolis (g planta^{-1}) entre doses de mucuna e tratamentos controle. Viçosa, UFV, 2005

Contrastes	Diferença	Teste t
C12AV0 X C25	0,31	ns
C12AV4 X C25	6,61	ns
C12AV8 X C25	8,31	ns
C12AV12 X C25	-2,84	ns
C12AV0 X AV12	29,50	ns
C12AV4 X AV12	35,81	ns
C12AV8 X AV12	37,51	ns
C12AV12 X AV12	26,36	ns
C12AV0 X AM	-43,22	*
C12AV4 X AM	-36,92	ns
C12AV8 X AM	-35,22	ns
C12AV12 X AM	-46,37	*
C12AV0 X TA	71,99	*
C12AV4 X TA	78,29	*
C12AV8 X TA	79,99	*
C12AV12 X TA	68,84	*
DMS ($p \leq 0,05$)	(38,13)	

ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t;
*: significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Tabela 2. Valores médios da produção de brócolis nos tratamentos controle. Viçosa, UFV, 2005

Tratamento	Produção (g planta^{-1})
C25	330,11 ab[1]
AV12	300,80 ab
AM – Adubação Mineral	373,53 a
TA – Testemunha Absoluta	258,32 b
CV (%)	24,44

1 – Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Não houve diferença significativa entre os efeitos de doses de adubo verde e adubado somente com 25 Mg ha^{-1} de composto ou aquelas adubadas somente com 12 Mg ha^{-1} de composto (Tabela 1), diferindo dos resultados encontrados por Diniz (2004), que relata aumento da produção cerca de 50% com a maior dose de composto. Entretanto observa-se que as doses de 4 e 8 Mg ha^{-1} de adubo verde associadas ao composto resultaram aumento de produtividade, igualando-se estatisticamente ao tratamento AM.

A adubação com 12 Mg ha^{-1} de composto, com e sem adubo verde, resultou na maior produtividade comparado com a testemunha (Tabela 1).

A comparação das médias entre os tratamentos controle mostra que apenas a aplicação de adubação mineral resultou em maior produção que a testemunha absoluta (Tabela 2). Contudo os tratamentos C25, AV12 e AM resultaram em produções estatisticamente similares.

A maior produtividade ocorreu com a adubação mineral (AM), seguido por C12AV8 e C12AV4, com respectivamente 10,38, 9,40 e 9,35 Mg ha^{-1}, inferiores às relatadas por Trevisan et al. (2003) de 16 Mg ha^{-1} com a cultivar Piracicaba Precoce, em cultivo no Rio Grande do Sul. Neste estudo a AM resultou em pouco mais de 10 Mg ha^{-1}, reforçando que as condições climáticas na época do cultivo não foram as mais adequadas para o cultivo.

5.2 – Área do dossel das plantas de brócolis

A evolução da área do dossel das plantas que receberam as doses de mucuna (C12AV0, C12AV4, C12AV8 e C12AV12) e os tratamentos controle (C25, AV12, AM e TA) encontra-se nas Figuras 2 e 3.

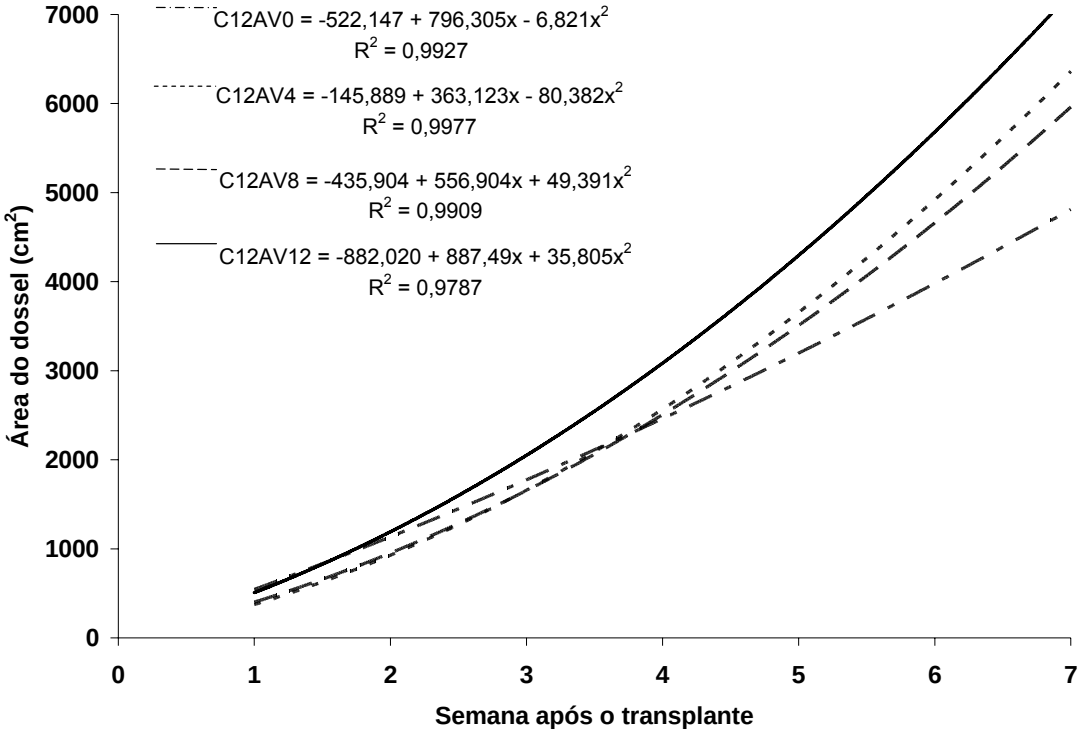

Figura 2. Área do dossel das plantas de brócolis em função das doses de adubo verde. Viçosa, UFV, 2005.

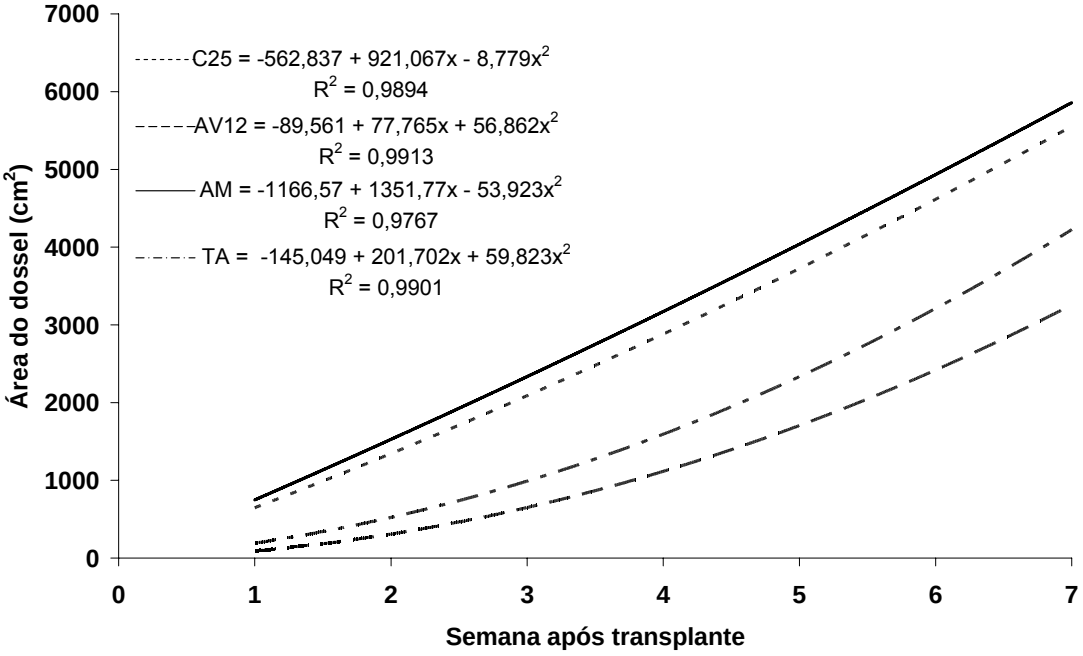

Figura 3. Área do dossel das plantas de brócolis em função dos tratamentos controle. Viçosa, UFV, 2005.

Inicialmente área do dossel das plantas adubadas com C12AV0 e C12AV12 foram maiores que as adubadas com C12AV4 e C12AV8. Entretanto, após a terceira semana, as adubações com C12AV0 não favoreceram o crescimento na mesma proporção que os demais tratamentos. C12AV4 e C12AV8 possibilitaram áreas de dossel maiores, permanecendo assim até o fim das medições. As plantas que receberam C12AV12 foram maiores que aquelas dos demais tratamentos com doses até o final das medições.

Na última semana as médias das plantas tratadas com C12AV4 e com C12AV8 estavam mais próximas, ao passo que a diferença em relação das adubadas com C12AV0 e C12AV12 era maior (Figura 2).

As áreas de dossel das plantas apresentaram comportamento diferente das produções obtidas. A maior área de dossel resultou da adubação com C12AV12 (Figura 2), não condizendo com a maior produção. Este resultado se deve em parte à disponibilização do N mineral no solo oriundo do adubo verde no tratamento C12AV12. Houve aumentos na quantidade de N disponível no solo até à sétima semana (item 5.5), resultando em maior crescimento do dossel da planta. Pode-se verificar que a diferença de área de dossel no início do crescimento foi pequena e com o tratamento C12AV12 essa diferença aumentou até à sétima semana (Figura 2).

As plantas que foram adubadas com a adubação mineral (AM) e a maior dose de composto (C25) apresentaram médias da área do dossel similares, assim como as plantas adubadas somente com adubo verde (AV12) e sem adubação (TA) (Figura 3). As plantas que receberam AM apresentaram maior área de dossel do início até o final das medições, ao passo que as de AV12 apresentaram as menores médias.

Nos tratamentos controle, a área do dossel foi indicador de crescimento coerente com a produção final, tendo em vista que AM e C25 resultaram em maiores produções e TA e AV12 nas menores produções. Resultados semelhantes foram encontrados por Diniz (2004), com correlação de 0,94 entre produção e área do dossel das plantas de brócolis.

5.3 – Teor foliar de nutrientes

Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre os teores de P, K, S, Ca e Mg nas folhas de brócolis.

Houve efeito das doses de adubo verde sobre o teor de nitrogênio nas folhas de brócolis (Tabela 3). A comparação entre as plantas dos tratamentos dose de adubo verde e as plantas que receberam C25, mostraram que as adubações com C12AV0 e C12AV4 resultaram em teores diferentes, sendo que os teores nas plantas de C12AV0 foram significativamente menores que nas de C25, e C12AV4 resultou em teor mais elevado que C25. Os teores de N nas plantas adubadas com C12AV8 e C12AV12 não diferiram das adubadas com C25 (Tabela 3). As comparações realizadas entre as doses e AV12 mostraram que apenas as plantas adubadas com C12AV0 não diferiram de AV12, ao passo que nas demais doses os teores foram maiores (Tabela 3). A adubação mineral resultou em teores maiores que os tratamentos dose. Com exceção de C12AV0, todas as doses promoveram teores mais elevados que a testemunha absoluta (Tabela 3).

Tabela 3. Grupos de contrastes do teor de nitrogênio foliar (g kg^{-1}) entre doses de adubo verde e tratamentos controle. Viçosa, UFV, 2005

Contrastes	Médias	Diferença	Teste t
C12AV0 X C25	19,95 – 25,56	-5,61	*
C12AV4 X C25	31,83 – 25,56	6,27	*
C12AV8 X C25	28,46 – 25,56	2,90	ns
C12AV12 X C25	29,65 – 25,56	4,09	ns
C12AV0 X AV12	19,95 – 22,36	-2,41	ns
C12AV4 X AV12	31,83 – 22,36	9,47	*
C12AV8 X AV12	28,46 – 22,36	6,10	*
C12AV12 X AV12	29,65 – 22,36	7,29	*
C12AV0 X AM	19,95 – 47,25	-27,3	*
C12AV4 X AM	31,83 – 47,25	-15,42	*
C12AV8 X AM	28,46 – 47,25	-18,79	*
C12AV12 X AM	29,65 – 47,25	-17,60	*
C12AV0 X TA	19,95 – 23,40	-3,45	ns
C12AV4 X TA	31,83 – 23,40	8,43	*
C12AV8 X TA	28,46 – 23,40	5,06	*
C12AV12 X TA	29,65 – 23,40	6,25	*
DMS ($p \leq 0,05$)		(4,73)	

ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t;
*: significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Diniz (2004) não verificou diferença significativa no teor foliar de N comparando épocas de aplicação de adubo verde. Entretanto, a adubação

mineral resultou nos maiores teores foliares de N e a testemunha absoluta nos menores. No presente trabalho também a adubação mineral resultou nos maiores teores, ao passo que os menores valores foram encontrados nas plantas adubadas apenas com AV12.

Os teores foliares de N estão abaixo da faixa ideal (30 a 55 g kg^{-1}) segundo Boaretto et al. (1999), com exceção apenas de C12AV4 e AM, com valores dentro do intervalo ideal, refletindo diretamente na produção. Torquato et al. (2002) ao trabalharem com doses crescentes de N e K em sistema de fertirrigação na cultura do meloeiro, além de não encontrarem efeito significativo nos teores foliares de N, observaram que os teores foliares estavam abaixo do ideal. Nesses resultados, assim como os deste trabalho, as médias de N foliar estão abaixo da faixa ideal. Todavia as produções de alguns tratamentos com teores abaixo da faixa ideal foram similares às do tratamento com adubação mineral com teor foliar na faixa ideal.

Ricci et al. (2005) estudaram a influência da presença e da ausência de adubação verde, com *C. juncea*, em seis variedades de café em sistema orgânico de produção, relatam que não houve diferença significativa nos teores de K, Ca e Mg foliar.

Os teores de S estavam acima da faixa ideal nas folhas de brócolis. Esse alto teor de S se deve ao teor de matéria orgânica do solo. A matéria orgânica possui mineralização muito rápida do S-orgânico (PAUL & CLARK, 1989 b; CAMARGO et al., 1999 a), e considerando-se que nos solos brasileiros o percentual do S-orgânico em relação ao S-total varia de 89 a 98% (CAMARGO et al., 1999 a), pode-se supor que a matéria orgânica forneceu S em quantidades relativamente altas. Essa rápida mineralização provavelmente decorre da alta atividade microbiológica no solo, como resultado do aporte de nutrientes via as adubações e das condições climáticas favoráveis.

5.4 – Teor de nutrientes e decomposição do adubo verde

A composição química do adubo verde no início do experimento revelou, como era de se esperar, teores mais elevados de potássio e nitrogênio, e mais baixos de fósforo e enxofre (Tabela 4). Os teores de quase todos os nutrientes na biomassa do resíduo diminuíram bastante ao decorrer da decomposição, exceto os de Ca e S (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de nutrientes no corte (C_0), ao final de 60 dias (C_f), constante de decomposição (*K*) e tempo de meia vida ($t_{1/2}$) da massa seca (MS) e de N, P, K, Ca, Mg e S presentes na mucuna-cinza. Viçosa, UFV, 2005

	Teor		-*K*	$t_{1/2}$
	C_0	C_f		
	---------- g kg^{-1} ----------			----- dias -----
MS	-	-	0,01840	37,66
N	26,64	18,55	0,02444	28,36
P	2,18	2,10	0,01903	36,42
K	43,25	20,75	0,03065	20,85
Ca	7,20	11,27	0,01093	63,38
Mg	2,26	1,30	0,02771	25,01
S	1,07	1,96	0,00831	83,34

Os teores de Ca e S na biomassa remanescente foram os mais elevados ao final de 60 dias (Tabela 4). Segundo Paul & Clark (1989 b) a quebra de moléculas orgânicas sulfúricas em moléculas inorgânicas é realizada principalmente em meio anaeróbico, e por causa disso o tempo de meia vida é maior que os demais nutrientes. Palm & Sanchez (1990) e Cobo et al. (2002 b) observaram aumento no teor de Ca remanescente nas primeiras semanas de avaliação em espécies de leguminosas. Esse aumento se deve ao fato de o Ca fazer parte da parede celular e de polifenóis (COBO et al., 2002 b). O aumento do teor de Ca deve-se à imobilização temporária que ocorre à acumulação de Ca por fungos decompositores.

Os teores de Ca e S nos resíduos vegetais foram mais altos que os demais nutrientes. Entretanto, a quantidade remanescente diminuiu devido à decomposição da massa vegetal. Com isso o $t_{1/2}$ destes nutrientes torna-se mais elevado (Tabela 4 e Figura 5).

O potássio da mucuna-cinza apresentou a liberação mais rápida, seguida pelo magnésio, nitrogênio (Figura 4). Diniz (2004), em trabalho semelhante, observou que na mucuna-cinza o tempo de meia vida da massa seca e nitrogênio foi 35 e 24 dias, respectivamente. Carvalho et al. (2004) ao compararem a taxa de decomposição de sete espécies vegetais observaram que a massa seca da mucuna-cinza apresentou tempo de meia vida maior que 90 dias, tanto em plantio direto como em plantio convencional. Cobo et al.

(2002 b) verificaram que a massa da mucuna-cinza seca liberou mais rápido o K, seguida por Mg e N.

O K é normalmente o mineral mais abundante no tecido vegetal, e como ele se apresenta predominantemente na forma iônica K^+ (MARSCHNER, 1995), a decomposição dos resíduos vegetais o libera rapidamente (BORKERT et al., 2003), principalmente se o material vegetal for depositado em época de intensas chuvas (GIACOMINI et al., 2003), como ocorreu neste trabalho (Figura 4).

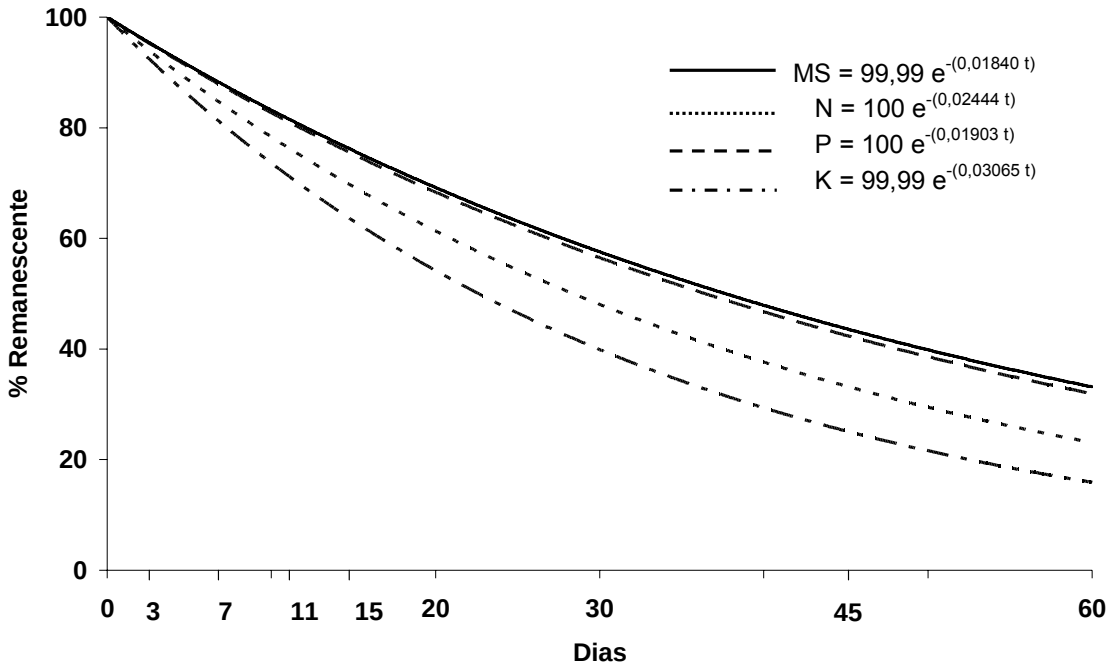

Figura 4. Massa seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) remanescentes na biomassa de mucuna cinza após incorporação superficial. Viçosa, UFV, 2005.

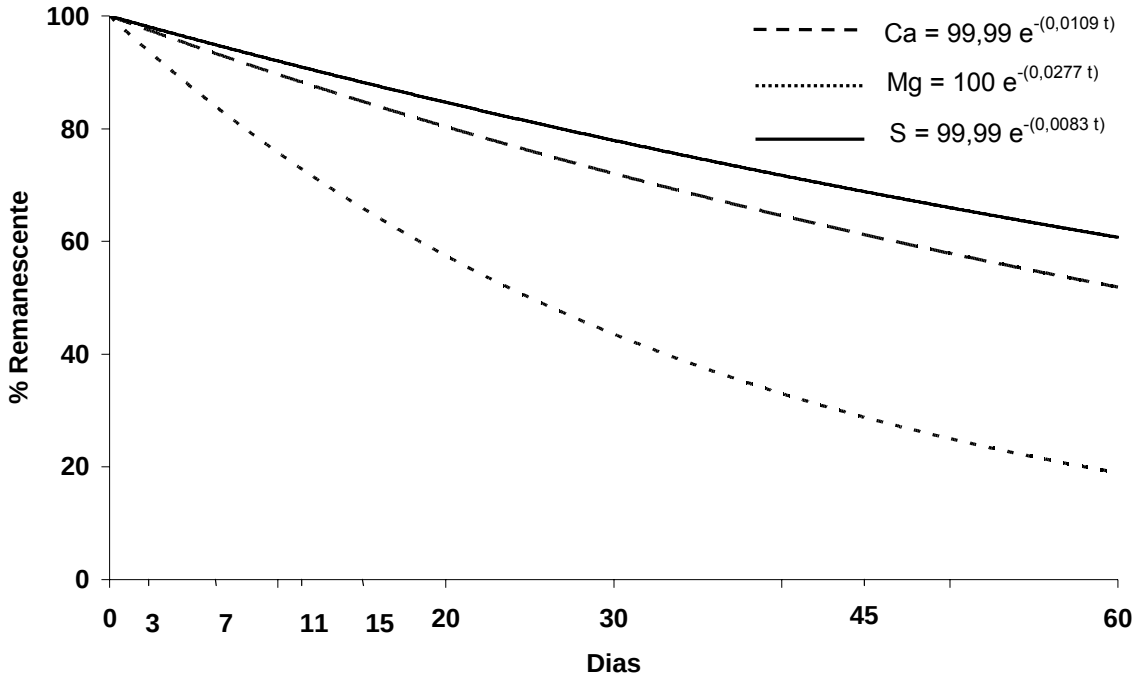

Figura 5. Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) remanescentes na biomassa de mucuna cinza após incorporação superficial. Viçosa, UFV, 2005.

A maior dose (12 Mg ha^{-1}) de massa de mucuna seca (C12AV12) não foi suficiente, para que o teor foliar de N nas plantas de brócolis atingisse teor na faixa considerada ideal (item 5.3). Após 28 dias esse mesmo tratamento provocaria a liberação total de 160 kg ha^{-1} de N, conforme a equação exponencial ($N_{rem} = 100\ e^{-(0,02444\ t)}$).

Em outros nutrientes por sua vez, ocorreu o contrário, como é o caso do S. A quantidade total desse nutriente a partir da maior dose de adubo verde (C12AV12) correspondeu a 12 kg ha^{-1} de S, entretanto, os teores foliares estavam acima da faixa ideal.

5.5 – N mineral no solo

A quantidade de N disponível proveniente da decomposição da leguminosa foi influenciado pelas quantidades aplicadas (Figuras 6 e 7).

Dentre os tratamentos combinados (composto mais doses de adubo verde) observou-se que as adubações com C12AV0, C12AV4 e C12AV8 resultaram em teores de N disponível no solo semelhantes até a segunda semana. Após a segunda semana houve menores teores de N mineral no solo

adubado com C12AV0, permanecendo assim até o final. Os solos que receberam C12AV4 e C12AV8 apresentaram teores de N mineral semelhantes até o final da avaliação. A adubação com C12AV12 resultou em menores teores de N disponível inicialmente que os outros tratamentos, ocorrendo aumento após a quarta semana. Após a quinta semana o N disponível no solo do tratamento C12AV12 permaneceu maior que nos solos de C12AV0, C12AV4 e C12AV8 (Figura 6).

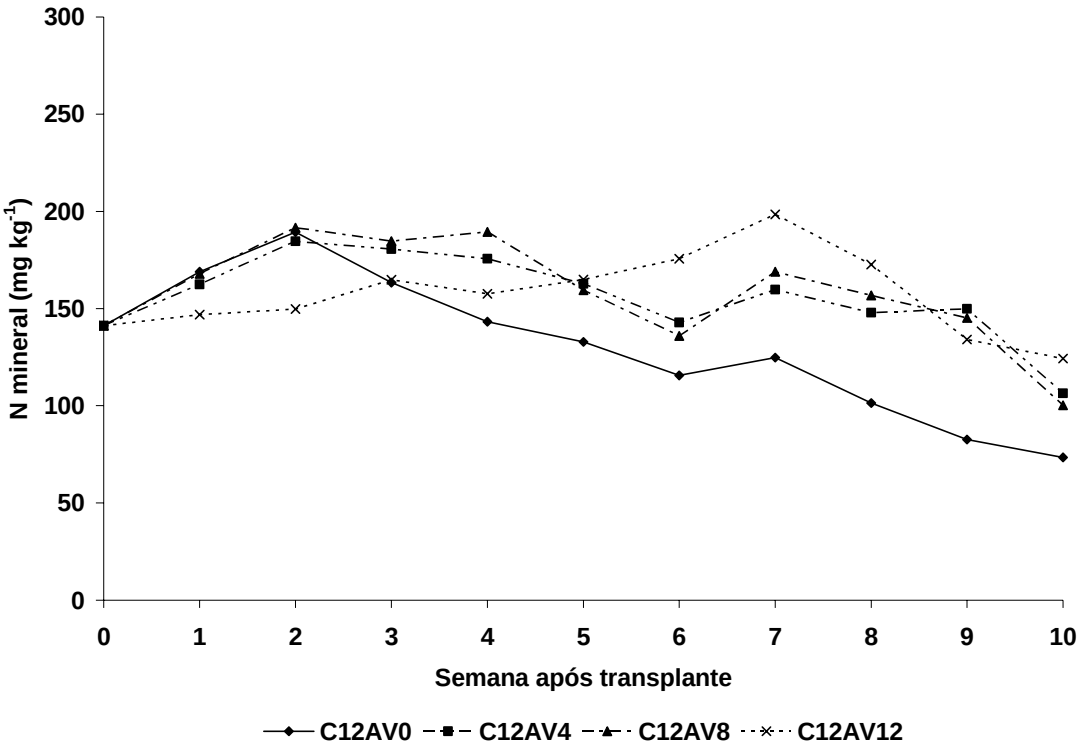

Figura 6. Evolução das quantidades de N mineral (NO_3^- + NH_4^+) na camada de 0 – 20 cm do solo com os tratamentos composto mais doses de adubo verde. Viçosa, UFV, 2005.

O N mineral disponível no solo influenciou diretamente as plantas de brócolis. Os solos tratados com C12AV4 e C12AV8 apresentaram resultados semelhantes quanto à disponibilidade de N mineral, assim como as produções foram semelhantes (Tabela 1) e a área do dossel (Figura 2). Da mesma forma pode-se associar que o aumento do teor de N mineral no solo ao final das avaliações ocorreu tardiamente, entretanto, suficiente de modo que a planta aumentasse a área de dossel. Todavia, foi insuficiente no incremento na produtividade (Tabela 1).

Observa-se que o N mineral, apesar da rápida liberação do nuriente por parte dos resíduos da *M. pruriens* (Figura 3), não apresentou comportamento similar entre doses (Figura 6). Essa diferença de comportamento no N mineral no solo refletiu diretamente no teor foliar de N nas plantas de brócolis, fazendo com que fossem diferentes quando comparados com outros tratamentos (Tabela 3).

Diniz (2004) relata que a disponibilidade de N mineral no solo durante as 4 primeiras semanas foi mais importante para a produção do brócolis. No pressente trabalho os maiores teores de N mineral no solo foram observados com C12AV4 e C12AV8, o que ocasionou produção similar à obtida com AM (Tabela 1).

A alta quantidade de N fornecida no tratamento C12AV12 pode ter ocasionado imobilização temporária do N (PAUL & CLARK, 1989 a), provocando disponibilidade mais lenta (Figura 6).

Entre os tratamentos controle também houve diferenças quanto ao teor de N mineral no solo (Figura 7). No solo do tratamento TA, até a segunda semana houve pequeno aumento no N disponível, porém após este período houve considerável redução desses teores. O solo que recebeu AV12 apresentou elevação rápida do N mineral no solo, com aumento considerável até a segunda semana. Entretanto, após a segunda semana houve diminuição acentuada do teor de N mineral, permanecendo em queda até o final das coletas. O teor de N mineral disponibilizado por C25 permaneceu maior que AV12 até o final das coletas. O tratamento AM foi o que possibilitou os maiores teores de N mineral no solo ao longo das 10 semanas de coleta. Assim como alguns dos outros tratamentos, a adubação mineral resultou em aumento até a segunda semana diminuindo as quantidades de N disponível no solo a seguir. AM provocou dois picos de aumento na quantidade de N mineral no solo, que correspondeu às semanas 6 e 8. Isso ocorreu devido às adubações de cobertura que ocorreram nas semanas anteriores ao pico de elevação do N mineral (Figura 7).

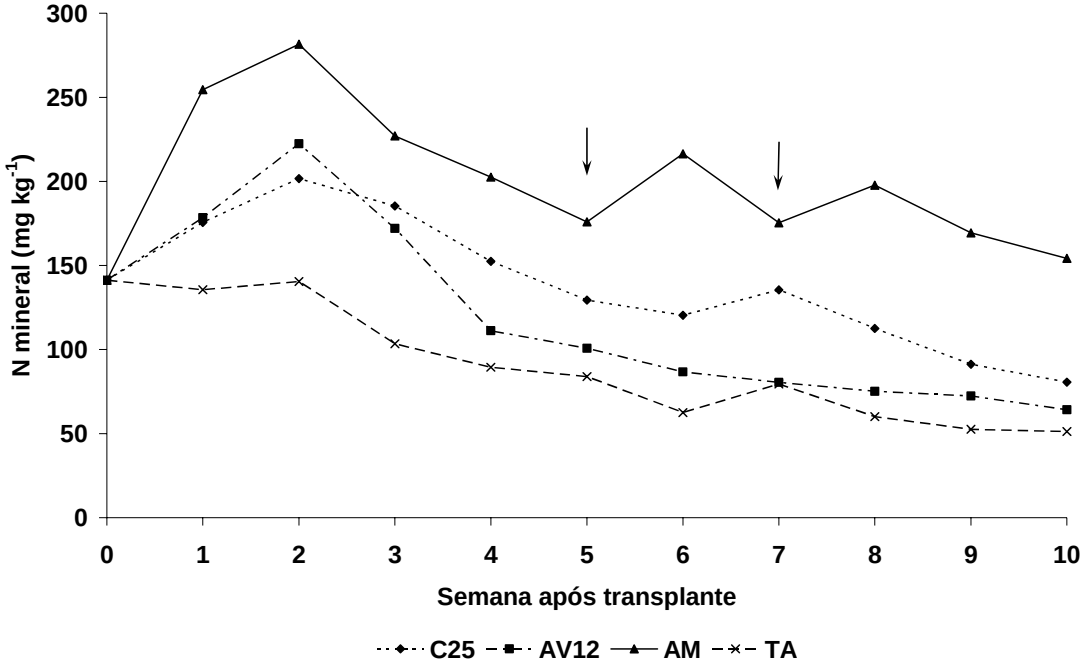

Figura 7. Evolução das quantidades de N mineral (NO_3^- + NH_4^+) na camada de 0 – 20 cm do solo para os tratamentos controle. As setas indicam a semana de adubação de cobertura para o tratamento AM. Setas indicam as adubações em cobertura. Viçosa, UFV, 2005.

Os tratamentos C25 e AV12 adicionaram ao solo respectivamente 355 e 320 kg ha^{-1} de N, entretanto esse fornecimento foi muito rápido. No solo de AV12 houve inicialmente maior disponibilidade de N mineral, entretanto, a diminuição também foi mais acentuada. Todavia, a liberação do N pelo composto é um pouco mais lenta e permaneceu mais alta durante as avaliações.

Apesar do composto C25 ter fornecido mais do dobro de N ao sistema que C12AV0, os teores de N mineral no solo foram semelhantes. Estes resultados implicaram diretamente nas produções de ambos tratamentos, uma vez que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 1). Todavia, os teores foliares de N encontrados nas plantas do tratamento C25 foram maiores do que os encontrados em C12AV0 (Tabela 3).

Cobo et al. (2002 a) ressaltam a importância de se conhecer o teor de N no solo e a sincronização entre a decomposição e a disponibilidade como adubo verde visando melhor aproveitamento do N pelas plantas de interesse econômico. O N do adubo verde apresentou $t_{1/2}$ de 28 dias (Tabela 4), o que poderia estar disponibilizando o nutriente muito rápido para a cultura do

brócolis, fazendo com que na época de maior demanda da cultura o nutriente não estivesse em quantidades satisfatórias disponíveis.

No trabalho realizado por Diniz (2004), os teores de N mineral encontradas no solo foram expressivamente maiores que deste trabalho, ressaltando ainda que foram realizados em áreas próximas, e na época de inverno. Aita et al. (2004) ao avaliarem as quantidades de N disponibilizadas por várias proporções do consócio aveia preta com nabo forrageiro e ervilhaca comum, em dois anos consecutivos, observaram que houve muita diferença nas quantidades encontradas de N mineral no solo na camada de 0 – 90 cm. Tomando como exemplo a coleta de 10 dias observa-se que o primeiro ano apresentou mais de 30 kg ha^{-1} de N de diferença. Observa-se com isso que mesmo trabalhando no mesmo solo o efeito ano é significativo.

5.6 – Perdas de N por volatilização

Verificou-se que nos tratamentos de associação composto-doses de adubo verde as perdas percentuais de N por volatilização foram menores que com a adubação mineral (Figura 8). Houve aumento das perdas, conforme se aumentava a dose de leguminosa na área. Todavia, esses aumentos não foram proporcionais. Ao final dos 30 dias avaliados, o aumento da perda entre C12AV0 e C12AV4 (4,31 kg ha^{-1} de N de diferença) foi similar com o aumento verificado entre C12AV4 e C12AV8 (7,64 kg ha^{-1} de N de diferença), entretanto, o incremento de adubo verde de C12AV8 para C12AV12 resultou em aumento de 32,60 kg ha^{-1} de N na perda por volatilização (Figura 9).

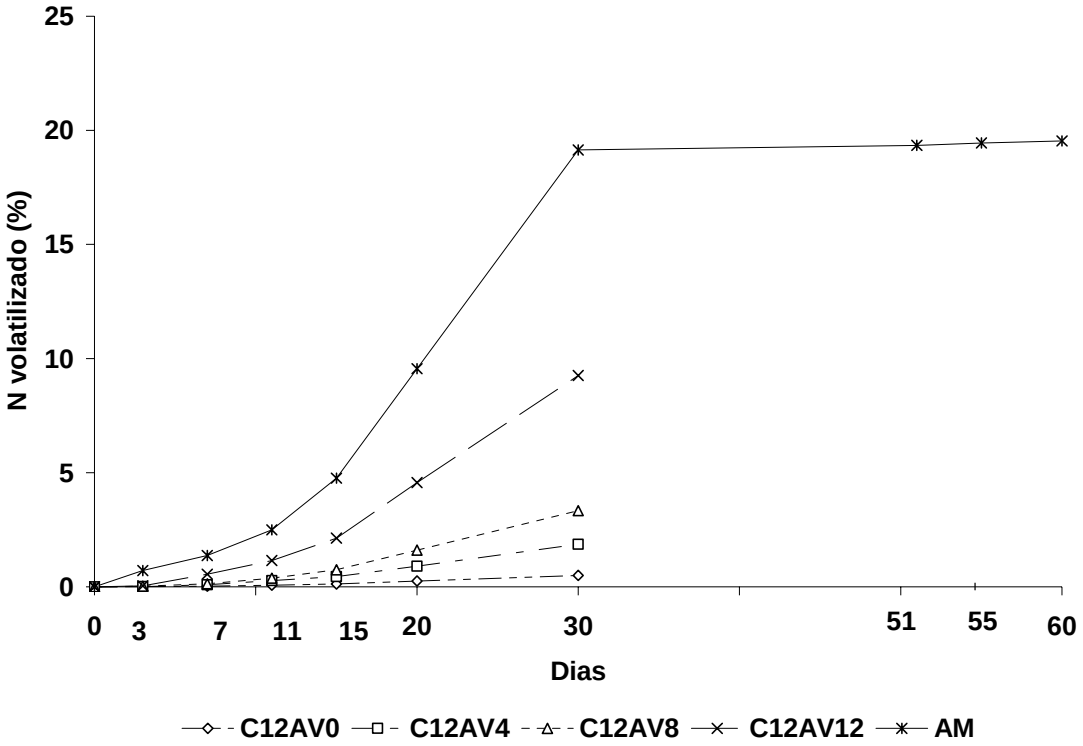

Figura 8. Estimativas da volatilização acumulada de N, em porcentagem, nos tratamentos composto mais doses de adubo verde e tratamento adubação mineral. Viçosa, UFV, 2005.

As perdas acumuladas de N, em kg ha^{-1}, se comportaram diferente das perdas relativas. Conforme aumentava a dose de adubo verde, as perdas foram maiores. Entretanto, C12AV12 resultou em perdas maiores que AM (Figura 9), provavelmente em função do elevado aporte de N (3 vezes maior que no tratamento AM).

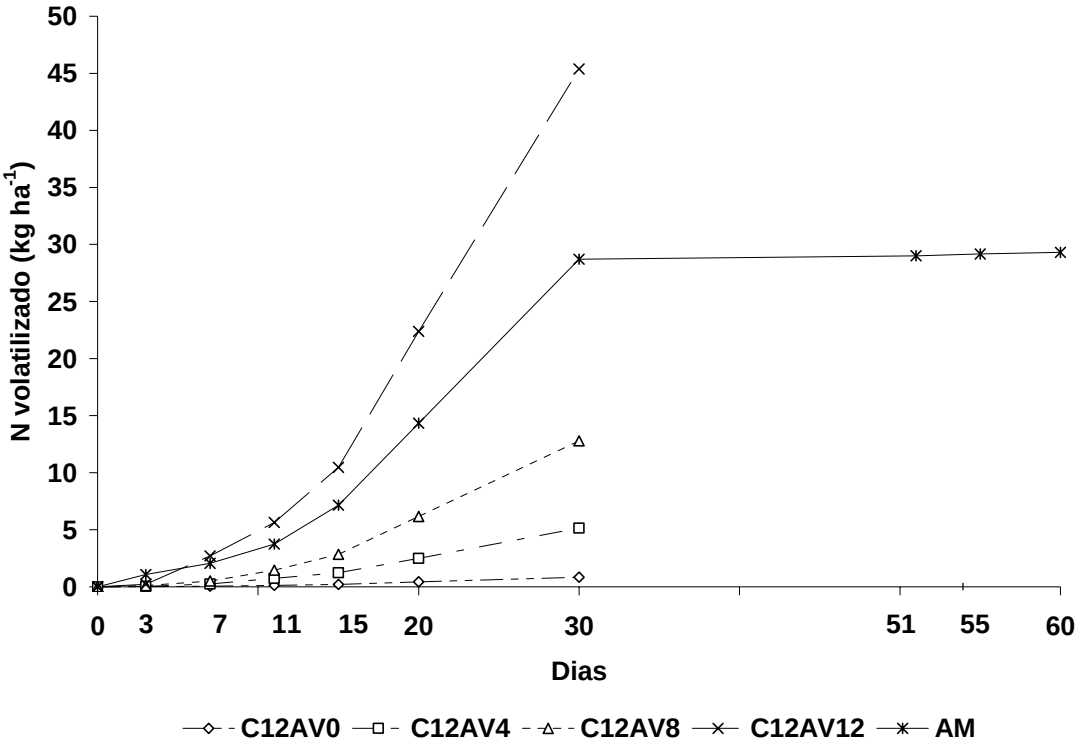

Figura 9. Perdas acumuladas de N, em kg ha^{-1}, por volatilização para nos tratamentos composto mais doses de adubo verde e tratamento adubação mineral. Viçosa, UFV, 2005.

Vale ressaltar que os métodos diretos de captação de NH_3 subestimam a quantidade real perdida de N (LARA CABEZAS & TRIVELIN, 1990; LARA CABEZAS et al., 1999; PORT et al., 2003). Com isso as quantidades reais perdidas de N foram maiores que as relatadas. Lara Cabezas et al. (1999) estimando a calibração do tubo coletor semi-aberto estático observou que neste método havia a perda em média 0,26 mg dia^{-1} de N, ocasionando subestimação em mais de 40 %, quando comparado com o método de ^{15}N.

A mucuna-cinza pode ter favorecido a diminuição das perdas de N na forma NH_3. Comparando-se com as perdas por volatilização de *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan*, *Mucuna pruriens* e *Lablab purpureum*, Marsola et al. (2000 b), relatam as maiores perdas de N por volatilização ocorreram com *C. juncea*, enquanto que *M. pruriens* apresentou as menores perdas.

A massa vegetal foi deixada em cobertura sobre o solo, o que favorece maiores perdas por volatilização. Janzen & McGinn (1991) observaram que as perdas de N por volatilização foram desprezíveis quando o adubo verde *Lens culinares* foi incorporado. Outro fato é de que o experimento foi conduzido com

irrigação por aspersão, com isso as perdas de N por volatilização tendem a aumentar, uma vez que o solo permanece sempre úmido (JANZEN & McGINN, 1991).

As perdas de N por volatilização no composto foram muito baixas, como pode ser verificado no tratamento C12AV0. Oliveira et al. (2003) observaram que a cama de frango nova resultou em perda de N-NH_3 de 0,838% e a cama reutilizada de 0,574%. Esses autores afirmaram que as maiores perdas ocorrem durante o início do processo de decomposição, com isso pode-se supor que o composto apresentaria perdas pequenas de N-NH_3.

5.7 – Exportação de nitrogênio e balanço final

A exportação de N pela colheita das inflorescências está representada na Figura 10.

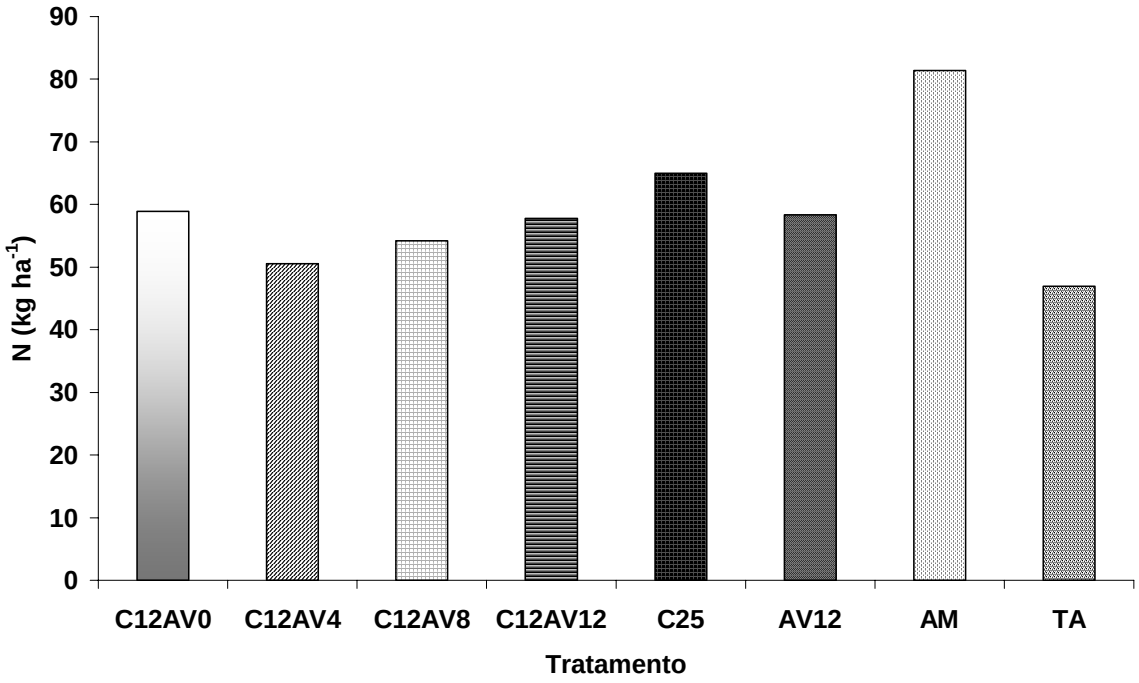

Figura 10. Exportação de N pela inflorescência do brócolis. Viçosa, UFV, 2005.

Ao final do experimento, conforme o balanço de entrada e saída do N, observa-se que AM, por causa da sua alta concentração e rápida liberação, aumentou os teores foliares de N nas plantas de brócolis (47,25 g kg^{-1}) e também as exportações via inflorescências (Tabela 6).

Tabela 12. Balanço do N ao final do experimento. Viçosa, UFV,2005.

Tratamento	N inflorescência	Adubação	Volatilização	Exportação
	--- g kg^{-1} ---	---------- kg ha^{-1} de N ----------		
C12AV0	25,67	170	0,85	58,89
C12AV4	21,62	277	5,16	50,55
C12AV8	23,05	383	12,80	54,17
C12AV12	25,43	490	45,40	57,78
C25	28,36	355	--	65,00
AV12	27,92	320	--	58,33
AM	31,38	150	29,30	81,39
TA	26,17	0	--	46,94

Apesar do tratamento AV12 ter fornecido 320 kg ha^{-1} de N, a disponibilidade deste foi cessada muito rapidamente (Figura 7), representada pelo pico inicial e queda acentuada do teor do N mineral no solo. Entretanto, a produção decorrente desse tratamento foi similar a obtida com AM (Tabela 2).

A dose máxima de composto (25 Mg ha^{-1}) encontrada por Diniz (2004) apesar de conter 355 kg ha^{-1} de N, não disponibilizou tanto quanto AM, ainda assim ocasionando uma produção igual estatisticamente a AM.

Apesar de não diferir de AV12 e C25, TA resultou na produção mais baixa, o que era esperado uma vez que não houve nenhuma fonte nutricional externa.

Considerando que a fixação biológica de nitrogênio (FBN) tenha fornecido 50 % do N contido no tecido vegetal da leguminosa, foram fornecidos ao sistema 53,5, 106,5 e 160 kg ha^{-1} de N, respectivamente a C12AV4, C12AV8 e C12AV12. Assim a própria FBN tem potencial para suprir a saída de N via exportação, contribuindo para a sustentabilidade do sistema de produção.

6 – CONCLUSÕES

As doses de adubo verde não resultaram em diferenças na produtividade de brócolis produzido organicamente, embora resultassem em teores de N mineral no solo mais elevados que a ausência de sua aplicação.

A adubação mineral resultou nos maiores teores foliares de N, assim como também na maior produtividade e quantidade de N exportada pela colheita.

As maiores perdas relativas de N por volatilização ocorreram com o adubo mineral, seguido em ordem decrescente pelas maiores doses de adubo verde combinadas com composto.

A dose mais alta de adubo verde resultou em aumento desproporcional das perdas de N por volatilização e ainda rápida elevação das quantidades de N mineral no solo, fatores possivelmente associados à redução na produção do brócolis.

7 – LITERATURA CITADA

ABBOUD, A.C.S. **Eficiência da Adubação Verde Associada a Fosfato Natural de Patos de Minas.** Itaguaí-RJ: UFRRJ, 1986. 298p-(Dissertação Mestrado em Ciências do Solo)

AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; HÜBNER, A.P.; CHIAPINOTTO, I.C.; FRIES, M.R. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. I – Dinâmica do nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 739 – 749, 2004.

ALMEIDA, A.C.R. **Uso associado de esterco líquido de suínos e plantas de cobertura de solo na cultura do milho.** Santa Maria, UFSM, 2000. 144 p. (Tese de Doutorado)

ALMEIDA, D.L. de. **Contribuição da Adubação Orgânica para a Fertilidade do Solo.** Itaguaí-RJ:UFRRJ: 1991. 192p. (Tese de Doutorado em Ciências do Solo).

AMADO, T.J.C. **Disponibilidade de aplicação de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo de solo.** Porto Alegre, UFRGS, 1997. 201 p. (Tese de Doutorado).

ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **Tropical Soil Biology and Fertility:** a handbook of methods. Wallinford: CAB International, 1989. 171 p.

BARRETTO, M.C. de V. **Perdas por Volatilização da Amônia de Duas Fontes de N em Função da Dose, Profundidade de Aplicação e Umidade Inicial de Três Diferentes Solos.** Piracicaba, ESALQ, 1991. 160p (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)

BASSO, C.J.; **Épocas de aplicação de nitrogênio para o milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto.** Santa Maria, UFSM, 1999. 91 p. (Dissertação de Mestrado)

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas.** Campinas: Instituto Agronômico, 1983. n.p. (Instituto Agronômico. Boletim, 78).

BJÖRKMAN, T.; PEARSON, K.J. High temperature arrest of inflorescence development in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* L.). **Journal of Experimental Botany**, v. 49, n. 318, p. 101 – 106, 1998.

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

BLACK, A.S.; SHERLOCK,R.R.; SMITH, N.P. Effect of timing of simulated rainfall on ammonia volatilization from urea, applied to soil of varying moisture content. **Journal Soil Science**., Oxford, v. 38, p. 679 – 687, 1987.

BOARETTO, A.E.; CHITOLINA, J.C.; RAIJ, B. van; SILVA, F.C. da; TEDESCO, M.J. CARMO, C.A. F. de S. do. Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In.: SILVA, F.C. da (Org.) **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Brasília, EMBRAPA- Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 49 – 73.

BODDEY , R.M.; ALVES, B.J.R. URQUIAGA, S. Quantificação da fixação biológica de nitrogênio associada a plantas utilizando o isótopo ^{15}N. In.; HUNGRIA, M. & ARAUJO, R.S. (Eds.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. EMBRAPA-CNPAF (Documentos, 46), p. 471 – 494, 1994.

BOUWMEESTER, R.J.B.; VLEK, P.L.G.; STUMPE, J.M. Effect of environmental factors on ammonia volatilization from a urea-fertilized soil. **Soil Science Society American Journal, Madison**, v. 49, p. 376 – 381, 1985.

BRADY, N.C. **Natureza e Propriedades dos Solos.** 7. ed. Rio de Janeiro. F. Bastos, 1989. 878p.

BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: PAGE. A.L. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1982. Part 2, p. 595 – 624.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L. do P.; COSTA, M.B.B. da (Coord.); ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S. AMADO, T.J. **Adubação verde no sul do Brasil.** 2ª ed. Rio de Janeiro: AS – PTA, 1993. 346p.

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C.; RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; BISSANI, C.A. Fracionamento do N, P e S orgânicos. In.: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O. (ed.). **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo**: Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. Porto Alegre, RS, Genesis, 1999. p. 359 – 388. a

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In.: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O. (ed.). **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo**: Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. Porto Alegre, RS, Genesis, 1999. p. 117 – 138. b

CARVALHO, A.M. de; SOUSA Jr.; J.G. de A.; BUSTAMANTE, M.M. da C.; CARDOSO, A.N. Dinâmica de decomposição dos resíduos de plantas condicionadoras com e sem incorporação ao solo na região do cerrado. In: FERTBIO 2004, Florianópolis, SC. **Cd-Rom...**, 2004.

CLAY, D.E.; MALZER, G.L. ANDERSON, J.L. Ammonia volatilization from urea as influenced by soil temperature, soil water content, and nitrification and hydrolysis inhibitors. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 54, p. 263 – 266, 1990.

COBO, J.G.; BARRIOS, E.; KASS, D.C.L.; THOMAS, R. Nitrogen mineralization and crop uptake from surface-applied leaves of green manure species on a tropical volcanic-ash soil. **Biology Fertility Soils,** v. 36, p. 87 – 92, 2002 a

COBO, J.G.; BARRIOS, E.; KASS, D.C.L.; THOMAS, R.J. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. **Plant and Soil**, v. 240, p. 331 – 342, 2002 b.

COSTA, M.C.G. **Eficiência agronômica de fontes nitrogenadas na cultura de cana-de-açúcar em sistema de colheita sem despalha a fogo**. Piracicaba, ESALQ, 2001. 79p (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)

DAROLT, M.R. **Pantio Direto:** pequena propriedade sustentável. IAPAR, Londrina – PR. 1998. 225p.

DE-POLLI, H.; CHADA, S.S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 13, p. 287 – 293, 1989.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; FRANCO, A.A. Adubação verde: Parâmetros para avaliação de sua eficiência. In: CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O. (Eds.). **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas.** Londrina: IAPAR/SBCS, 1996. p. 225 – 242.

DINIZ, E.R. **Influência das épocas de incorporação de adubo verde na produção de brócolis cultivado organicamente.** Viçosa, MG. UFV, 63 p. (Dissertação de Mestrado)

DRESCH, P.M.; LUIZÃO, R.C.C.; ALFAIA, S.S. Influência da *Pueraria phaseoloides* sobre a disponibilidade de nitrogênio mineral no solo em sistemas agroflorestais do projeto RECA em Nova Califórnia – RO. In: FERTBIO 2002, Rio de Janeiro, RJ. **Cd-Rom...**, 2002.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável**: origens e perspectivas de um novo paradigma. 2ª ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. 157p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. não paginado.

ESPINDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R.; SOUZA, F.A. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 339-347, 1998

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; **Adubação Verde:** Estratégia para uma agricultura sustentável. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1997. 20 p. (Embrapa – CNPAB, Documentos, 42)

FERGUSON, R.B.; KISSEL, D.E.; KOELLIKER, J.K.; BASEL, W. Ammonia Volatilization from Surface-Applied Urea: Effect of Hydrogen Ion Buffering Capacity. **Soil Science Society American Journal, Madison**, v. 48, p. 578 – 582, 1984

FILGUEIRA, F.A.R.; **Novo Manual de Olericultura:** Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FONTES, P.C.R. Brócolos. In.: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**.- 5ª Aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa – MG, 1999. p. 183.

FRANCO, A.A.; NEVES, M.C.P. Fatores limitantes à fixação biológica de nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Eds.). **Microbiologia do Solo**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.219-230.

GANDHI, A.P.; PALIWAL, K.V. Mineralization and gaseous losses of nitrogen from urea and ammonium sulphate in salt-affect soils. **Plant and Soil**, The Hague, v. 45, n. 1, p. 247 – 255, 1976.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E.B. do. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 38, n. 1, p. 143 – 153, 2003.

IBEWIRO, B.; SANGINGA, N.; VANLAUWE, B.; MERCKX, R. Nitrogen contributions from decomposing cover crop residues to maize in a tropical derived savanna. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 57, p. 131 – 140, 2000.

JACKSON, M.L. **Análisis químico de suelos**. 3ª edición. Barcelona. Ediciones Omega S.A. 1976. 662p.

JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis**. New Jersey, Prentice Hall, Inc., 1958. 498 p.

JANZEN, H.H.; McGINN, S.M. Volatile loss of nitrogen during decomposition of legume green manure. **Soil Biololgy and Biochemestry**, v. 23, n. 3, p. 291 – 297, 1991.

KELLER, G.D.; MENGEL, D.B. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers surface applied to no-till corn. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 50, p. 1060 – 1063, 1986.

KEMPERS, A.J.; ZWEERS, A. Ammonium determination in soil extracts by the salicylate method. Commun. **Soil Science and Plant Analysis,** v. 17, n. 7, p. 715 – 723, 1986.

KHAN, D.F.; PEOPLES, M.B.; CHALK, P.M.; HERRIDGE, D.F. Quantifying below-ground nitrogen of legumes. 2. A comparison of ^{15}N and non isotopic methods. **Plant and Soil,** Dordrecht, v. 239, n. 2, p. 277 – 289, 2002.

KIEHL, J.C. Distribuição e retenção da amônia no solo após aplicação de uréia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 75 – 80, 1989.

KIMOTO, T. Nutrição e adubação de repolho, couve-flor e brócolo. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. da. (eds.). Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba: POTAFOS, Simpósio sobre nutrição e adubação de hortaliças, **Anais...**, Jaboticabal, 1993. p. 149 – 178.

KNOTT, J.E. **Handbook for vegetable growers.** New York: John Wiley & Sons, 1962. 245 p.

KOELLIKER, J.K.; KISSEL, D.E. Chemical equilibria affecting ammonia volatilization. In.: BOCK, B.R.; KISSEL, D.E. (ed.) **Ammonia Volatilization From Urea Fertilizers**. Alabama, National Fertilizer Development Center, 1988. Cap. 3, p. 37-52.

LARA CABEZAS, A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A.; SANTANA, D.G. de; GASCHO, G.J. Calibration of a semi-open static collector for determination of ammonia volatilization from nitrogen fertilizers. **Communication Soil Science and Plant Analysis,** v. 30, n. 3/4, p. 389-406, 1999

LARA CABEZAS, W.A.R. **Calibração de um método para estimar perdas por volatilização de N-NH_3 de fertilizantes aplicados no solo**. Piracicaba, ESALQ, 1987. 201p (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)

LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH_3 na Cultura do Milho: I. Efeito da Irrigação e Substituição Parcial da Uréia por Sulfato de Amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 481 – 487, 1997.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O. Efeito do tamanho de grânulo e relação N/S da uréia aplicada em superfície na volatilização de amônia sob diferentes umidades iniciais do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 409 – 413,1992.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH_3 volatilizado da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 345 – 352,1990.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macro-nutrients. In.: **Mineral Nutrition of higher plants.** 2nd ed. San Diego: Academic, 1995. p. 229 – 312.

MARSOLA, T.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D. Avaliação da perda por volatilização de amônia do solo da lavoura cafeeira. In.: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos...** v. 1., p. 1383 – 1384, 2000 a.

MARSOLA, T.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Desenvolvimento e calibração de um sistema coletor de amônia volatilizada do solo. In: FERTBIO 2000, Santa Maria, RS. **Cd-Rom...**, 2000 b.

MARTENS, D.A.; BREMNER, J.M. Soil properties affecting volatilization of ammonia soils treated with urea. **Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 20, p. 1645 – 1657, 1989.

MASON, C.F. **Decomposição**. São Paulo: EPU/EDUSP. Temas de Biologia, v. 18, 63 p. 1980.

MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo: Métodos de análises**. Viçosa. 2005. 107 p.

MEURER, E.J.; RHEINHEIMER, D.; BISSANI, C.A. Fenômenos de sorção em solos. In.: MEURER, E.J. (ed.) **Fundamentos de Química do Solo**. 2ª. Ed. Porto Alegre: Genesis, 2004. 290 p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MURAOKA, T.; CARMO, C.A.F.S. do; MELLO, W.J. de. Análises Químicas de Tecido Vegetal. In: SILVA, F.C. da. (Org.) **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Brasília, EMBRAPA- Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 171 – 224.

MOURA, M.F. de; SILVA, V.F. de; BRUNO, R. de L.A.; VIANA, J.S. Influência do manejo de leguminosas em cultivo orgânico e convencional sobre a produção de frutos de tomateiro. **Horticultura Brasileira.** v. 20, n. 2. p. 400. 2002

NOGUEIRA, F.D.; PAULA, M.B.; GUIMARÃES, P.T.G.; TANAKA, T. Adubação verde, fosfato natural e gesso para a cultura da mandioca em Latossolo Roxo textura argilosa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 357 – 372, 1992

NÔMMIK, H. Assesment of volatilization loss of ammonia from surface-applied urea on forest soil by ^{15}N recovery. **Plant and Soil**, Stockholm, v. 38, p. 589 – 603, 1973 a.

NÔMMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. **Plant and Soil**, Stockholm, v. 39, p. 309 – 318, 1973 b.

OLIVEIRA, M.C. de; ALMEIDA, C.V.; ANDRADE, D.O.; RODRIGUES, S.M.M. Teor de Matéria Seca, pH e Amônia Volatilizada da Cama de Frango Tratada ou Não com Diferentes Aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 951 – 954, 2003

OVERRIEN, L.N.; MOE, P.G. Factors affecting urea hydrolysis and ammonia volatilization in soil. **Soil Science American Proceedings**, v. 31, p. 57 – 61, 1967

PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. Decomposition and nutrient release of the leaves of three tropical legumes. **Biotrópica,** v. 22, p. 330 – 338. 1990

PALM, C.A.; SANCHEZ, P.A. Nitrogen release from the leaves of tropical legumes as affected by their lignin and polyphenol contents. **Soil Biology and Biochemestry,** v. 23, p. 83 – 88, 1991

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. Dynamics of Residues Decomposition and Soil organic Matter Turnover. In: **Soil Microbiology and Biochemistry**. Academic Press, California. 1989. p. 117 – 132. (a)

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. Sulfur Transformations in Soil. In: **Soil Microbiology and Biochemistry**. Academic Press, California. 1989. p. 235 – 252. (b)

PEOPLES, M.B.; FAIZAH, A.W.; RERKASEM, B.; HERRIDGE, D.F. **Methods for evaluating nitrogen fixation by noduladed legumes in the field**. ACIAR, Monograph nº 11, Canberra, 76 p. 1989.

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECON, P.R. Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleraceae* L. var. *Italica*) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1739-1745, 2004. a

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECON, P.R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p. 35 – 40, 2004.b

PORT, O.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 857 – 865, 2003.

PROCHNOW, L.I.; CUNHA, C.F.; KIEHL, J.C.; ALCARDE, J.C. Controle da volatilização de amônia em compostagem, mediante adição de gesso agrícola e superfosfatos com diferentes níveis de acidez residual. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 65 – 70, 2001.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environmental for statistical computing.** R fundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria, 2005. Disponível: http://www.R-project.org. Acesso em 23 fev. 2005.

RIBAS, R.G.T.; JUNQUEIRA, R.M.; OLIVEIRA, F.L. de; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; ALVES, B.J.R.; RIBEIRO, R. de L.D. Desempenho do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) consorciado com *Crotalaria Juncea s*ob manejo orgânico. **Revista Agronomia.** 37 (2): 79 – 83. 2003

RIBAS, R.G.T.; SANTOS, R.H.S.; CORREA, H.C.T.; ROCHA, F.A. Avaliação de metodologia para quantificação de volatilização de NH_3 pela leguminosa *Mucuna pruriens*. In: XVI Simpósio de Iniciação Científica, IV Mostra Científica da Pós-Graduação e II Simpósio de Extensão Universitária, **Cd-Rom...**, UFV, Viçosa – MG. 2004 a

RIBAS, R.G.T.; SANTOS, R.H.S.; CORREA, H.C.T.; ROCHA, F.A. Quantificação da volatilização de NH_3 através de coletor semi-aberto estático em condições de campo com diferentes fontes de nitrogênio. In: XVI Simpósio de Iniciação Científica, IV Mostra Científica da Pós-Graduação e II Simpósio de Extensão Universitária, **Cd-Rom...**, UFV, Viçosa – MG. 2004 b

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa – MG: UFV, 2001. 301p.

RICCI, M. dos S.F.; ALVES, B.J.R.; MIRANDA, S.C. de; OLIVEIRA, F.F. de. Growth rate and nutritional status of an organic coffee cropping system. **Scientia Agrícola,** Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 138 – 144, 2005

RODRIGUES, M.B. **Volatilização, distribuição e nitrificação da amônia proveniente de uréia aplicada em amostras de solo**. Piracicaba, ESALQ, 1983. 84p (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)

RODRIGUES, M.B.; KIEHL, J.C. Volatilização de amônia após emprego de uréia em diferentes doses e modos de aplicação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 37 – 43, 1986.

SANDERS, D.W. International activies in assessing and monitoring soil degradation. **American Journal Alternative Agriculture**, Greenbelt. v. 7, p. 17 – 24. 1992

SANTOS, A.R. dos; FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R. do; MUNIZ, J.A. Umidade e profundidade do solo na hidrólise da uréia em solos do Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 33 – 40, 1996.

SCHROEDER, J.L.; KAHN, B.A.; LYND, J.Q. Utilization of Cowpea Crop Residues to Reduce Fertilizer Nitrogen Inputs with Fall Broccoli. **Crop Science**. v. 38, p.741-749, 1998.

SENGIK, E. **Efeito de Resíduos Orgânicos e de Sais Inorgânicos na Volatilização de Amônia em Solo Tratado com Uréia.** Piracicaba, ESALQ, 1993. 133p (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

SENGIK, E.; KIEHL, J.C. Efeito de resíduos orgânicos e do fosfato monocálcico na volatilização de amônia em terra tratada com uréia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 321 – 326, 1995.

SHEARER, G.; KOHL, D. H. Natural 15N-abundance as a method of estimating the contribution of biologically fixed nitrogen to N2 fixing sistens: potential for nonlegumes. **Plant and soil,** Dordrect, v. 110, p. 317-327, 1988.

SIGUNGA, D.O.; JANSSEN, B.H.; OENEMA, O. Ammonia volatilization from Vertisols. **European Journal of Soil Science**, v. 53, p. 195 – 202, 2002.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics: a biometric approach.** 3rd ed. McGraw-Hill Companies. 1997. 666p.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Univ. of California Press, Berkeley and Los Angeles. 1979.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; DIAS, O.S.; CAMPIDELLI, C.; BULISANI, E.A. Cultivo da soja após incorporação de adubo verde e orgânico. **Pesquisa Agropecuára Brasileira**, v. 27, n. 11, p. 1477 – 1483, 1992.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertily and fertilizers**. Macmillan, New York, 4 ed. 1995. p. 146-148.

TOIVONEN, P.M.A.; ZEBAARTH, B.J.; BOWEN, P.A. Effect of nitrogen fertilization on head size, vitamin C content and storage life of broccoli (*Brassicaca oleracea* var. *Italica*). **Canadian Journal Plant Science**, v. 75, n. 3, p. 607 – 610, 1994.

TORQUATO, E.M.; FERNANDES, A.L.; GRASSI FILHO, H. Avaliação do estado nutricional e produção do meloeiro rendilhado (*Cucumis melo reticulatus* Naud) em função da adubação nitrogenada e potássica, aplicada via água de irrigação. In: FERTBIO 2002, Rio de Janeiro, RJ. **Cd-Rom...**, 2002.

TREVISAN, J.N.; MARTINS, G.A.K.; LÚCIO, A.D.; CASTAMAN, C.; MARION, R.R.; TREVISAN, B.G. Rendimento de cultivares de brócolis semeadas em outubro na região centro do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.233-239, 2003.

VICTORIA, R.L.; PICCOLO, M.C.; VARGAS, A.A.T. O ciclo do nitrogênio. In.: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (coord.) **Microbiologia do Solo**. Campinas, SP, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992, p. 105 – 120.

VLEK, P.L.G.; STUMPE, J.M. Effects of solution chemistry and environmental conditions on ammonia volatilization losses from aqueous systems. **Soil Science American Proceedings**, Madison, v. 42, p. 416 – 421, 1978.

WHITEHEAD, D.C.; RAISTRICK, N. Effects of some environmental factors on ammonia volatilization from simulated livestock urine applied to soil. **Biology Fertility Soils**, Berlin, v. 11, p. 279 – 284, 1991.

YANG, J.E.; SKOLOGLEY, E.O.; SCHAFF, B.E.; KIM, J.J. Asimple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin, and soil extracts. **Soil Science Society American Journal**, v. 62: 1108 – 1115. 1998.

YANG, Z.; NIIMI, H.; KANDA, K.; SUGA, Y. Measurement of ammonia volatilization from a field, in upland Japan, spread with cattle slurry. **Environmental Pollution**, v. 121, p. 463 – 467, 2003.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo