



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**PRODUÇÃO DE PALHADA E RECICLAGEM DE NUTRIENTES DE
LEGUMINOSAS E GRAMÍNEAS PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE
PLANTIO DIRETO NA MESSOREGIÃO DO NORDESTE PARAENSE**

TATIANA GAZEL SOARES

Belém
Pará – Brasil
2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**PRODUÇÃO DE PALHADA E RECICLAGEM DE NUTRIENTES DE
LEGUMINOSAS E GRAMÍNEAS PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE
PLANTIO DIRETO NA MESSOREGIÃO DO NORDESTE PARAENSE**

TATIANA GAZEL SOARES

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “**Mestre**”.

Orientador:

Engenheiro Agrônomo Prof. D.Sc. Antonio Rodrigues Fernandes

Co-orientadores:

Engenheiro Agrônomo Professor M.Sc. Pedro Emerson Gazel Teixeira
Engenheiro Agrônomo Prof. D.Sc. George Rodrigues da Silva

Belém
Pará – Brasil
2006

SOARES, Tatiana Gazel. **Produção de palhada e reciclagem de nutrientes de leguminosas e gramíneas para implantação do sistema de plantio direto na mesoregião do Nordeste paraense.** Belém, 2006. 51p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, 2006.

CDU –



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**PRODUÇÃO DE PALHADA E RECICLAGEM DE NUTRIENTES DE
LEGUMINOSAS E GRAMÍNEAS PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE
PLANTIO DIRETO NA MESSOREGIÃO DO NORDESTE PARAENSE**

TATIANA GAZEL SOARES

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “**Mestre**”.

Aprovado 28 Abril de 2006.

BANCA EXAMINADORA

Engenheiro Agrônomo Professor D.Sc. Antonio Rodrigues Fernandes
Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Engenheiro Agrônomo Pesquisador D.Sc. Sebastião Geraldo Augusto
Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – CEPLAC – PA

Engenheiro Agrônomo Professor D.Sc. Eduardo do Valle Lima
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
Unidade Descentralizada de Parauapebas (UFRA-Carajás)

Engenheiro Agrônomo Professor D.Sc. George Rodrigues da Silva
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Belém
Pará – Brasil

Faça com os outros aquilo que gostaria que fizessem com você.

(Bíblia)

Oração do Agrônomo

Herdarás o solo sagrado e a fertilidade será transmitida de geração em geração.
Protegerás teus campos contra a erosão e tuas florestas contra a desolação.
Impedirás que tuas fontes sequem e que teus campos sejam devastados.
Para que teus descendentes tenham abundância para sempre.

(Agrônomo desconhecido)

Tentar não significa conseguir, mas os que conseguiram, tentaram.

(Escritor desconhecido)

AGRADEÇO E OFEREÇO

À minha Mãe, que teve paciência, tolerância e foi o suporte, o incentivo e um dos melhores motivos de todos os meus esforços.

- À minha família
- A meus amigos
- À minha profissão

DEDICO

Agradecimentos

Neste caminho da minha vida profissional tenho muito que agradecer.

Agradeço a Deus, por ter me presenteado, ser uma Engenheira Agrônoma, e ter me dado à oportunidade de estudar na Faculdade de Ciências Agrárias do Pará – FCAP.

Ao meu orientador Antonio Rodrigues Fernandes, por ter aceitado um grande desafio que fui, por ter me orientado, fazendo com que tudo parecesse muito simples, com sua experiência, me acalmando sem se dar conta.

Em muito especial ao professor Pedro Emerson Gazel Teixeira, por acreditar, respeitar, incentivar, orientar a minha vida profissional e ter me dado à oportunidade de junto a ele, participar deste projeto que, esperamos, contribua muito para com os nossos colegas de profissão.

Ao meu co-orientador George Rodrigues da Silva, por quem tenho uma admiração muito grande, agradeço pela atenção e pelas sugestões que deu ao trabalho.

À Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, que assim como a FCAP, me apresentou a pessoas que fizeram esta caminhada ser muito mais construtiva.

À Coordenação do Curso de Mestrado em Agronomia que se consolidou na gestão do professor George Rodrigues da Silva, e assim se mantém sob o comando do professor Antonio Rodrigues Fernandes, e aos professores do Curso, Francisco Ilton de Oliveira Moraes, Tarcisio Ewerthon Rodrigues, Sebastião Geraldo Augusto, Ismael de Jesus Matos Viégas, Waldenei Travassos, Francisco de Assis e Ana Regina Araújo Martins.

À ADA – Agência de Desenvolvimento da Amazônia, pelo incentivo financeiro à pesquisa.

Aos amigos Rita de Cássia Zacarielo Tofoli, Jessivaldo Rodrigues Galvão, Marcicléia Pereira Rocha, que além da amizade particular, a amizade profissional na colaboração com este e com outros trabalhos construídos neste percurso.

À Fazenda Escola de Igarapé Açu – FEIGA e todos os seus integrantes, Wilza da Silveira Pinto, Silvío Santos, Paulino Estumano, João Pires, Dona Iraci, Dona Edna, Agailton Dias Arruda, Seu Zacarias, Seu Juvenal, Raimundo Nonato Pereira da Silva (Raimundinho), que me receberam, alojaram, e colaboraram com muita boa vontade em meus dias de pesquisa no campo. Ao Elcio, meu fiel ajudante e Eduardo, que me foram companheiros nos trabalhos mais pesados. Aos rapazes do grupo de Nheegatu “Grande caminho das canoas”, que me ajudaram, incentivaram e diariamente mostraram na prática a importância da humildade.

Aos amigos que ganhei na FCAP, Deivisson Nascimento, Teru Tamai, Luiz de Souza Freitas, Rosa de Nazaré Paes da Silva, Magda Reis, Emerson Vinicius S do Nascimento, Eleonora Brasil, Marcos Moura, Motoristas Cosme e Artur (100 Terra).

Aos amigos que ganhei da UFRA, Marcus Hofmann, Julio Cezar Gomes Costa, José Nilton, Waldemar Padilha, Gizele Odete Sousa, Jisele Brito, Jorge Pinheiro de Oliveira, Paulo Custódio, Dionilson Cardoso da Cunha, Raimundo Sátiro, Érika Rodrigues, Marcos Vinicius M. Castelo Branco, Andreos Ramiro Pinto Leite, Ricarth Vieira, Elaine Guedes, Seu Augusto, Mario Lopes, Vânia, Sandra Andréa, Susany, Dona Teca, Dona Rosário.

A banca examinadora Dr. Sebastião Geraldo Augusto, Dr. Eduardo do Valle Lima, Dr. George Rodrigues da Silva e suplente Dr^a. Maria Marly de Lourdes Silva Santos.

Max Sarrazin, Boris Dufлот, Kamrigne Laossi (Abba), Thierry Desjardins, que me mostraram que não existem fronteiras para fazermos nossa vontade acontecer (Merci beaucoup).

Biografia

Tatiana Gazel Soares, filha de José Soares e Eliene Macêdo Gazel, nasceu em Belém, Pará, aos 21 dias do mês de Dezembro do ano de 1977.

Em março de 1997 iniciou o curso de Agronomia na Faculdade de Ciências Agrárias do Pará - FCAP.

Em março de 2002, graduou-se em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará - FCAP em Belém, Pará.

Em março de 2004, iniciou o curso de Pós-Graduação em nível de Mestrado em Agronomia, na área de Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de Mestre, na Universidade Federal Rural do Pará - UFRA.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS -----	8
LISTA DE FIGURAS -----	9
RESUMO -----	10
ABSTRACT -----	11
1 INTRODUÇÃO -----	12
2 REVISÃO DE LITERATURA -----	13
2.1 SISTEMA PLANTIO DIRETO-----	13
2.2 PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO-----	15
2.3 RECICLAGEM DE NUTRIENTES-----	18
2.4 TEMPO DE PERSISTENCIA DO RESIDUO VEGETAL NO SOLO-----	22
2.5 RELAÇÃO CARBONO E NITROGÊNIO (C/N)-----	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS -----	25
3.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA E ATRIBUTOS DO SOLO -----	25
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS-----	27
3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E VARIÁVEIS ESTUDADAS-----	27
3.4 ANALISE ESTATISTICA -----	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	30
4.1 PRODUÇÃO DE MASSA SECA DA PARTE AÉREA-----	30
4.2 TEMPO DE PERSISTÊNCIA DOS RESÍDUOS NO SOLO-----	33
4.3 TEOR E RECICLAGEM DE MACRONUTRIENTES-----	35
4.3.1 Carbono -----	36
4.3.2 Nitrogênio -----	36
4.3.3 Relação carbono / nitrogênio (C/N) -----	38
4.3.4 Fósforo -----	39
4.3.5 Potássio -----	41
4.3.6 Cálcio -----	42
4.3.7 Magnésio -----	42
5 CONCLUSÕES -----	47
BIBLIOGRAFIA -----	47

LISTA DE TABELAS

Tabela		Pagina
1	Atributos químicos e granulométricos de um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, textura média, coletado na camada de 0 a 20 cm, no município de Igarapé Açu (PA), 2004. -----	26
2	Plantas de cobertura que constituíram os tratamentos e suas respectivas famílias. Igarapé-Açu (PA), 2004.-----	27
3	Resumo da análise de variância para as medias de produção de massa seca da parte aérea (MSPA) de leguminosas e gramíneas, cultivadas em um Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açu/PA. -----	30
4	Produção de massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em um Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açu/PA. -----	31
5	Percentagem de cobertura do solo de leguminosas e gramíneas, em função do tempo após o corte, cultivadas em um Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açu (PA), 2004. -----	33
6	Quadrado médio e níveis de significância para os teores de macronutrientes e valores de C/N na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açu (PA), 2004.-----	35
7	Teores de macronutrientes e valores de C/N na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açu (PA), 2004.-----.	36
8	Quadrado médio e níveis de significância para as quantidades extraídas de macronutrientes na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açu (PA), 2004. -----	44
9	Quantidades extraídas de nutrientes na massa seca da parte aérea das plantas de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açu (PA), 2004. -----	45

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pagina
1	Precipitação pluvial média mensal do ano de 2004, obtida junto à estação pluviométrica da Fazenda Escola de Igarapé Açú (FEIGA).-----	26
2	Parcela com braquiário antes (esquerda) e depois (direita) do corte, formando a cobertura do solo. Igarapé-Açú (PA), 2004.-----	28
3	Demonstração do método de transeção linear para determinação do tempo de persistência dos resíduos vegetais sobre o solo, na parcela com braquiário. Igarapé-Açú (PA), 2004.-----	28
4	Avaliações da porcentagem de cobertura do braquiário em diferentes épocas após o corte. Igarapé-Açú (PA), 2004.-----	29
5	Produção de massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em um Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú/PA.-----	32
6	Decomposição de resíduos da parte aérea de leguminosas e gramíneas, em função do tempo após o corte, cultivadas em um Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004.-----	34
7	Teor de C na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004.-----	37
8	Teor de nitrogênio na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004.-----	37
9	Relação carbono e nitrogênio na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004.-----	39
10	Teor de P na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004.-----	40
11	Teor de K na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004.-----	41
12	Teor de Ca na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004.-----	43
13	Teor de Mg na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004.-----	44

RESUMO

SOARES, Tatiana Gazel. “Produção de palhada e reciclagem de nutrientes de leguminosas e gramíneas para implantação do sistema de plantio direto na mesoregião do Nordeste paraense”. 51p Belém: UFRA, 2006. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

Plantas de cobertura são importantes componentes em sistemas agrícolas conservacionistas, já que melhoram as condições físicas, químicas e biológicas do solo. A manutenção de elevada quantidade de palha sobre a superfície do solo tem sido de fundamental importância para a sustentabilidade do sistema de plantio direto. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento das leguminosas feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*, L.) e crotalaria (*Crotalaria juncea*, L) e das gramíneas capim-colônia (*Panicum purpurascens*, L), braquiário (*Brachiaria brizantha*, L) e milho (*Pennisetum americanum*, L), cultivados em solo da mesoregião do Nordeste paraense, na produção de palhada, tempo de persistência dos resíduos sobre o solo e reciclagem dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e C. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições, perfazendo um total de 25 parcelas. Cada parcela, medindo 25 m² (2,5 x 10 m), foi composta de seis linhas de 10 m de comprimento com espaçamento de 0,50 x 0,50 m, onde foram implantadas as plantas de cobertura. O solo da área experimental foi um Argissolo Vermelho Amarelo de textura média. A *Brachiaria brizantha* foi a planta de cobertura que apresentou maior produção de massa seca e reciclagem dos macronutrientes C, K e Mg da parte aérea, e ainda, elevado potencial para reciclar P; maior persistência dos resíduos vegetais e maior percentagem de cobertura do solo. O feijão de porco apresentou elevada produção de massa seca, maior reciclagem de N, P e Ca, com elevado potencial para reciclar C, entretanto com baixa persistência dos resíduos vegetais, os quais reduziram a 52% da cobertura do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Planta de cobertura, resíduos vegetais, semeadura direta, cobertura morta, relação C/N, nutrição mineral.

ABSTRACT

FODDER PRODUCTION AND NUTRIENT RECYCLING OF LEGUMINOUS AND GRASSES FOR THE INTRODUCTION OF NO TILLAGE SYSTEMS IN THE NORTHEASTERN OF PARÁ, STATE, BRAZIL

Plant cover is an important component of sustainable agricultural systems because they improve the physical, chemical and biological properties of the soil. The objectives of this work was to determine the effects of the leguminous plants *Canavalia ensiformis* (pig bean), L. and *Crotalaria juncea* (crotalaria), L and of the grasses *Panicum purpurascens*, L (capim coloniã), *Brachiaria brizantha*, L (braquiariã) and *Pennisetum americanum*, L (milheto) on fodder production, persistence time of the residues and recycling of nutrients C, N, P, K, Ca and Mg in a soil from the Northeastern of Para, Brazil. A randomly block experimental design with five treatments (leguminous plants and grasses) and five replicates was used. Each plot had 25 m² (2,5 x 10 m) of area with six lines of 10 m of length spaced 0,50 x m. *Brachiaria brizantha* showed the highest dry matter production and recycling of the nutrients Ca, Mg, K; highest persistence of plant residues on soil and the highest percentage of soil cover. *Canavalia ensiformis* also showed high dry matter production and recycling of C, N, P and Ca but low persistence of plant residues on soil, which decreased soil cover to 52%.

Key Words: Cover plant, Organic residues, Sowing, Mulch, C/N, Mineral nutrition.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui a segunda maior área plantada no mundo sob sistema de plantio direto (SPD) (LOPES et al., 2004). Esse fato representa uma grande conquista para a sociedade brasileira em termos de preservação do meio ambiente, uma vez que, em área sob SPD, a perda de solo por erosão é drasticamente reduzida e o estoque de matéria orgânica é aumentado. Essas mudanças implicam na melhoria da fertilidade e da qualidade física e biológica do solo e na maior eficiência de uso de água e de nutrientes, o que se traduz em maior produção de alimentos com melhor otimização no uso de fertilizantes e de corretivos.

Como resultado dos benefícios, o SPD apresenta atualmente, um avanço acelerado em todos os estados brasileiros, já que no início, as áreas sob este sistema concentravam-se na região Sul do Brasil e posteriormente na Sudeste e Centro Oeste. Tais avanços resultaram de um grande esforço da pesquisa brasileira no sentido de entender os processos fundamentais para o estabelecimento do SPD em diferentes solos e biomas, sobretudo, nas questões associadas ao manejo da fertilidade do solo. Cabe, também, ressaltar a contribuição que os agricultores, os extensionistas e as empresas de fabricação de máquinas e de insumos deram para a expansão do SPD no Brasil (COLOZZI FILHO; ANDRADE; BALOTA, 2001).

Na região amazônica a consolidação do SPD depende de vários fatores, entre eles, e de grande significância, é a persistência de uma boa palhada (persistência, quantidade e qualidade) sobre o solo, onde várias espécies já foram testadas sem, no entanto, ter se obtida aquela ou aquelas com potencial para compor o sistema de rotação. As maiores dificuldades para a manutenção de uma boa cobertura do solo estão relacionadas diretamente às condições de elevada umidade e temperatura, que levam a uma acelerada decomposição da matéria orgânica na região amazônica.

Neste contexto, é indispensável para o sucesso do SPD na região, a identificação de espécies vegetais que tenham potencialidade para produzir palha e com boa persistência no solo, principalmente para solos pobres como os da região amazônica, que estão sob elevado índice pluviométrico e temperaturas altas.

As plantas de cobertura de solo constituem um importante componente em sistemas agrícolas, tanto com a vegetação viva como com a formação de uma cobertura morta, por proteger o solo da erosão e lixiviação, proporcionar a

reciclagem de nutrientes, adicionar N ao solo via leguminosa e manter a umidade do solo após seu manejo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento das leguminosas feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*, L.) e crotalaria (*Crotalaria juncea*, L.) e das gramíneas capim-colônia (*Panicum purpurascens*, L.), braquiarião (*Brachiaria brizantha*, L.) e milheto (*Pennisetum americanum*, L.), em relação à produção de massa seca para cobertura, reciclagem dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e C, assim como a relação C/N e o tempo de persistência dos resíduos sobre o solo, na mesorregião do Nordeste paraense.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA PLANTIO DIRETO

A degradação dos solos inicia-se com a remoção da vegetação natural e acentua-se com os cultivos subseqüentes, removendo matéria orgânica e nutriente que não são repostos na mesma proporção ao longo do tempo de uso. Num certo momento, os teores de nutrientes podem se tornar tão baixos que inviabilizam a produção agrícola, caracterizando um estágio avançado da degradação (SOUZA; MELO; MELO, 2003).

Na região amazônica, bem como no estado do Pará o processo de perda da capacidade produtiva dos solos tem se intensificado de forma assustadora pela abertura de grandes áreas e a falta de um manejo mais apropriado para as condições ambientais. Assim sendo, o sistema de plantio direto (SPD) que vem proporcionando uma mudança significativa nos conceitos e formas de fazer agricultura no Brasil, desde o início dos anos 70, pode se constituir numa alternativa importante para a diminuição da degradação dos solos, contribuindo, desta forma, para a redução dos desmatamentos na região.

A introdução do SPD no Brasil foi um dos maiores avanços no processo produtivo da agricultura brasileira, e seu objetivo básico inicial foi controlar a erosão hídrica. O desenvolvimento desse sistema só se tornou possível graças a um trabalho conjugado de agricultores, pesquisadores, fabricantes de semeadoras e técnicos interessados em reverter o processo acelerado de degradação do solo e da

água verificado em nosso país. Em solos de igual declividade, o SPD reduz em cerca de 75% as perdas de solo e em 20% as perdas de água, em relação às áreas onde há revolvimento do solo (OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002).

O SPD é um conjunto de técnicas que visam diminuir a excessiva movimentação sofrida pelo solo nos sistemas de plantio convencionais. Por meio desta prática, a semeadura é feita diretamente no solo não preparado, livre de gradagens e arações, ou seja, sobre a palha oriunda da resteva da cultura anterior ou da dessecação da planta de cobertura. Com isso, obtém-se uma sensível economia no uso de máquinas, combustível e mão-de-obra.

Um dos principais motivos de sucesso do SPD é a conservação do solo, mantendo ou superando a produtividade do plantio convencional ao longo de vários anos. Por meio de persistência da cobertura morta sobre a superfície da área, o agricultor minimiza os riscos de erosão, evitando que o impacto da chuva ou do vento carregue as partículas de solo. Além disso, a umidade local é preservada por esta cobertura, mantendo um equilíbrio físico-químico de nutrientes às culturas. A sustentabilidade da agricultura depende, entre outros fatores, do uso de práticas conservacionistas que minimizem a degradação dos solos, reduzindo assim as suas perdas.

O uso de sistemas conservacionistas, que englobam adubação verde, rotação e sucessão de culturas e plantio direto (plantas de cobertura), é capaz de elevar ou ao menos manter os teores de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo, reduzir as perdas de nutrientes via imobilização por microorganismos e liberar gradualmente nutrientes pela mineralização (ANDERSON; DOMSCH, 1980; AMADO et al., 1999). Isto ocorre de acordo com a espécie vegetal e qualidade do resíduo adicionado à superfície (MENGEL, 1996), em função da não mobilização do solo e do tempo de adoção deste sistema conservacionista.

Os resíduos vegetais liberam carbono, nitrogênio e outros componentes durante o processo de decomposição, dos quais parte retorna à atmosfera na forma de gás (CO_2 , NH_3 , etc.), parte é imobilizada pelos microorganismos decompositores, outra parte permanece na forma prontamente disponível para as plantas e o restante é perdido por lixiviação e erosão ou direcionado à produção de substâncias húmicas (STEVENSON, 1985).

Um solo não revolvido mecanicamente, permeável e protegido por resíduos (palha), não apresenta todas as dificuldades causadoras de prejuízo para o produtor

e para o ambiente. Nestas condições tem-se contornado muito dos problemas, possibilitando uma agricultura sustentável, em condições de persistir por muitos e muitos anos, garantindo a produção de alimentos, fibras, combustível e matérias-primas, tanto para as gerações presentes como para as gerações futuras.

No que diz respeito aos efeitos econômicos/ecológicos do sistema, estudos citados por Gassem e Gassem, (1996), mostram que a liberação de CO₂ de solos arados, produzem mais gases do que os emanados pelos combustíveis fósseis. Em torno de 40% da palha é composta por carbono, portanto, a presença de palha e raízes representa uma importante forma de seqüestro de carbono, tão requerido e modernamente representando um importante mercado internacional de futuro.

Portanto como a rotação de culturas, que já é vantajosa na lavoura convencional, torna-se importante e indispensável no sistema de plantio direto, que envolve a sucessão de culturas e, conseqüentemente a proteção permanente da superfície do solo.

2.2 PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO

A implantação do SPD em áreas cultivadas requer algumas ações, sendo a rotação e a sucessão de culturas o objetivo, entre outros, para formação de palhada, como um dos mais importante. Assim sendo, a seleção e escolha da planta de cobertura que forma palhada deve ser bem planejada, pois nas condições amazônicas, temperaturas elevadas, associadas à umidade também elevada promovem a rápida decomposição dos resíduos vegetais, tanto daqueles que são incorporados, quanto os que ficam na superfície do solo (ALVARENGA; CRUZ; NOVOTNY, 2000).

A presença de uma camada de palha sobre a superfície do solo exerce um papel importante no controle das plantas daninhas, primeiramente devido ao efeito físico, que limita a passagem de luz, criando dificuldades para que haja a germinação das sementes e, também pela barreira que forma, dificultando o crescimento inicial das plântulas. Outras possibilidades são os efeitos alelopáticos oriundos da decomposição da fitomassa ou exsudação das raízes, que liberam substâncias que vão exercer algum tipo de efeito inibitório nas sementes, impedindo a germinação, ou nas plantas, interferindo em algum processo do seu

desenvolvimento, de tal modo que o crescimento é retardado ou paralisado, havendo casos em que ocorre a morte da planta (ALVARENGA et al., 2001).

O importante é promover a produção de algum resíduo (palhada) e plantas que recubram o solo, evitando assim, que a superfície do mesmo se aqueça. A temperatura elevada do solo desnudo prejudica as sementes em processo de germinação e as plântulas recém-emergidas, além de afetar a fauna do solo, como bactérias, insetos, larvas, vermes, e reduzir a assimilação de nutrientes. Outrossim, a superfície quente, juntamente com a ventilação, favorece a evaporação, com perda de umidade, o que pode trazer prejuízo, se coincidir com uma estiagem. No SPD a cultura pode resistir a períodos mais prolongados de falta de chuvas (veranico), pois o armazenamento de água no solo é maior devido à melhor infiltração e à menor variação da temperatura (MANAH S/A, 1980), sendo que em terrenos muito planos, em que a água não escorre, a maior porosidade evita os alagamentos, que podem afogar as plântulas e asfixiar as raízes da vegetação mais desenvolvida.

As plantas de cobertura do solo constituem importante componente em sistemas agrícolas, já que melhoram as condições físicas, químicas e biológicas do solo (DERPSCH; ROTH; SIDIRAS, 1991; GIACOMINI et al., 2003). A manutenção de elevadas quantidades de palha e porcentagem de cobertura na superfície do solo é fundamental para a sustentabilidade do sistema de plantio direto (CERETTA; BASSO; HERBES, 2002). A presença de palha sobre o solo reduz a erosão hídrica (BERTOL et al., 1998) e diminui a infestação por plantas daninhas, a perda de água por evaporação, e a lixiviação.

As características das plantas de cobertura do solo são muito importantes na hora da seleção e escolha. Plantas que apresentem grande capacidade de produção de massa seca, elevada velocidade de crescimento, tolerância à seca, facilidade de manejo, e possibilidade de retorno econômico imediato com a produção de grãos. Além disso devem possuir sistemas radiculares diferenciados, com raízes ora pivotante, e ora fasciculado, para melhor reciclar os nutrientes e elevada relação C/N, são características desejáveis para compor os sistemas produtivos. A sucessão deve atender às peculiaridades das culturas, à preocupação econômica e à produção de resíduos indispensáveis para o SPD. Assim dentre as espécies vegetais de grande uso nas diversas regiões do Brasil, empregadas como plantas de

cobertura, encontram-se: o guandu, o feijão de porco, a crotalaria, as mucunas, o milheto e o sorgo.

O conhecimento da velocidade da decomposição de resíduos das culturas contribui para o planejamento das práticas de conservação que buscam melhorar os benefícios desses resíduos durante os períodos críticos decorrente da estiagem (BARTZ, 2004).

O período de proteção do solo depende das características da palha, principalmente, da quantidade de massa e da relação C/N do tecido. Palhas com reduzida relação C/N, como, por exemplo, a soja, as mucunas e o nabo forrageiro, tendem a se decompor rapidamente, podendo ser utilizadas como adubos verdes. De outro modo, palhas com elevada relação C/N como aveia, milheto, sorgo, braquiárias e o milho, decompõem-se mais lentamente, porém fornecem menor quantidade de nitrogênio à cultura sucessora (DE-POLLI; CHADA, 1989; BORKERT; GAUDÊNCIO; PEREIRA, 2003).

Existe um consenso de que nos primeiros anos da implantação do SPD, deve ser dada preferência ao cultivo de gramíneas de relação C/N elevada, para acelerar a formação da camada de palha. De acordo com Heckler, Hernani e Pitol (1998), as principais fontes de palha para o plantio direto são as gramíneas e, dentre elas, têm se destacado o milho e o sorgo como boas culturas formadoras de cobertura.

A palha deixada sobre a superfície do solo acumula quantidades apreciáveis de nutrientes, e estes estarão temporariamente indisponíveis às plantas em crescimento. O tempo de duração desse ciclo, até que os nutrientes retornem ao solo, deve-se às características das plantas que deram origem a essa palhada e ao manejo das mesmas (ALVARENGA; CRUZ; NOVOTNY, 2000).

Assim, é previsível um maior gasto com fertilizantes durante a fase de formação da camada de palha sobre o solo, pois os mesmos estarão presos a ela e a taxa de liberação é lenta e gradual. Na fase de manutenção da cobertura, alcança-se um equilíbrio no ciclo de imobilização e liberação dos nutrientes. As leguminosas, nessa fase, têm um papel importante, pois, além da maior quantidade de N acumulada, a taxa de liberação é rápida, aumentando a oferta de nutrientes às plantas. As palhas de gramíneas liberam os nutrientes a médio e longo prazo. Muitas vezes, as quantidades finais de nutrientes liberados pelas gramíneas são iguais ou superiores às quantidades liberadas pelas leguminosas, o que se deve à grande quantidade de fitomassa produzida (ALVARENGA; CRUZ; NOVOTNY, 2000).

Existem, ainda, algumas situações especiais, nas quais as plantas de cobertura conseguem extrair do solo algum nutriente que está numa forma indisponível à maioria das culturas. Um exemplo disto é o caso do feijão guandú (*Cajanus cajan*) que, devido à excreção ácida de suas raízes, é capaz de absorver fósforo do solo, anteriormente não disponível, e que depois da decomposição da sua fitomassa, o nutriente retorna ao solo numa forma orgânica facilmente assimilável pelas plantas cultivadas (ALVARENGA; CRUZ; NOVOTNY, 2000).

A adubação verde é uma prática utilizada há mais de mil anos por diversos povos, e uma das mais eficientes e baratas maneiras de melhorar a terra. As plantas utilizadas como adubo verde possuem características especiais, e são em grande maioria, da família das leguminosas. As características mais importantes dessas plantas são os nódulos formados em suas raízes por meio de uma associação com bactéria (rizóbio) que tem a capacidade de fixar nitrogênio na planta (aproximadamente 400 kg de N ha⁻¹ em 1 ano): são plantadas consorciadas com outras plantas (SDC, 1985).

A busca incessante de alternativas para formação de palhada é enfatizada por Calegari (2002), bem como por Spehar (2002), mostrando que é viável a formação de palhada permanente sobre o solo, mesmo em regiões de clima quente e úmido, responsável pela elevada decomposição de resíduos vegetais, como é o caso do cerrado brasileiro e Norte do Brasil.

2.3 RECICLAGEM DE NUTRIENTES

A reciclagem de nutrientes via plantas de cobertura do solo, desempenha um papel importante em sistemas agrícolas e o conhecimento da dinâmica de decomposição dos resíduos culturais é fundamental para maximizar o aproveitamento dos nutrientes pela cultura em sucessão. As leguminosas, por apresentarem uma estreita relação C/N e conseqüentemente, um maior conteúdo de N e C-solúveis em água, são rapidamente decompostas (GIACOMINI, 2001), liberando a maior parte dos nutrientes dos resíduos nos primeiros 30 dias após o seu manejo (DA ROS; AITA, 1996). Em função desta rápida decomposição, é pequena a sua contribuição na proteção do solo contra a erosão. Por outro lado, as gramíneas caracterizam-se pela elevada relação C/N nos tecidos, o que resulta numa menor taxa de decomposição favorecendo uma maior conservação da umidade no solo e

maior proteção mesmo contra os processos erosivos, porém com menor taxa de liberação dos nutrientes, principalmente N, podendo resultar numa competição dos microrganismos decompositores com a cultura econômica.

Segundo Bartz (2004), os nutrientes armazenados na biomassa microbiana podem atingir valores equivalentes a 100 kg de N, 80 kg de P, 70 kg de K e 11 kg de Ca ha⁻¹. Como a biomassa dos microrganismos é reciclada em velocidade muito maior que a fração orgânica morta do solo, conclui-se que a quantidade de nutrientes presentes nas células dos microrganismos é muito importante no processo de reciclagem do ecossistema. O fluxo de N, via biomassa microbiana, pode alcançar valores equivalentes a 40 kg ha⁻¹ e de fósforo, entre 10 a 20 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Os resíduos vegetais constituem reservas de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio e outros que se tornam disponíveis quando o material orgânico se mineraliza. Entretanto, os nutrientes totais não estão prontamente disponíveis a cultura em sucessão, quando comparado a fertilizantes solúveis. É um processo de contínua reciclagem de nutrientes das plantas de cobertura do solo, das camadas profundas para a deposição na superfície, seguindo o que acontece na vegetação natural não alterada (SMIDERLE; GIANLUPPI, 2004)

Mudanças no sistema de cultivo se refletem na biomassa microbiana do solo, que responde por grande parte da dinâmica de decomposição do material orgânico. Quando há pouca mobilização do solo, existe tendência de menor disponibilidade de nutrientes, em virtude da redução da mineralização dos resíduos vegetais e aumento da imobilização pela biomassa microbiana (VARGAS; SCHOLLES, 1998). Segundo Anderson e Domsch (1980), a quantidade de nutrientes de plantas retida nos tecidos microbianos é substancial, atingindo 2,5% do C total e 5 % do N total do solo.

Além do carbono, o principal elemento que caracteriza a matéria orgânica é o nitrogênio, e a sua presença em teores adequados é uma garantia de que outros elementos importantes, como enxofre, fósforo, cálcio, magnésio, potássio e micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mo, B, Mn e Cl), também estarão presentes em níveis satisfatórios para a planta. O conhecimento da relação carbono/nitrogênio da matéria orgânica do solo fornece uma indicação da disponibilidade do nitrogênio e permite inferir sobre a disponibilidade dos outros elementos essenciais às culturas. Materiais orgânicos ricos em N terão relação C/N baixa; materiais pobres em N terão relação C/N alta (SCD, 1985).

A maioria dos trabalhos (IGUE et al., 1984; DERPSCH; ROTH; SIDIRAS, 1991) que envolvem plantas de cobertura de solo em rotações ou sucessão de culturas, somente tem avaliado o rendimento de matéria verde e seca dessas espécies e, em alguns deles (DE-POLLI; CHADA, 1989; DERPSCH; ROTH, SIDIRAS, 1991; SÁ, 1993; WISNIEWSKI; HOLTZ, 1997), somente foram determinadas as quantidades de N e P presentes na biomassa e passíveis de serem reciclados; outros trabalhos apresentam a composição química de algumas espécies (CALEGARI, 1990, 1995; DERPSCH; CALEGARI, 1992). Portanto, muitas pesquisas devem ser realizadas para estimar as quantidades de nutrientes que são reciclados pelas espécies utilizadas na cobertura de solo, nos sistemas de plantio direto, em região tropical.

Segundo Jones e Woodmansee (1979), citado por Borkert, Gaudêncio e Pereira (2003), cerca de 77% do P das folhas e 79% do P das raízes mortas ficam disponíveis para o crescimento das plantas instaladas logo após o cultivo da cultura de cobertura. Desse total de P na parte aérea da planta, 60% a 80% são solúveis em água, a maior parte na forma orgânica (BROMFIELD, 1961). Embora o P seja pouco solúvel, pode retornar ao solo por chuvas de alta intensidade (BROMFIELD, 1961). Entre 69% e 80% do P total na planta pode ser lavado da vegetação dessecada ou morta (WILKINSON; LOWREY, 1973). A intensidade e duração da chuva, e o intervalo entre dormência ou senescência do tecido e a primeira precipitação pluviométrica, afetam as quantidades de P que retornam ao solo proveniente dessa biomassa em estado latente ou morta.

O K é normalmente o mineral mais abundante no tecido vegetal, e como ele se apresenta predominantemente na forma iônica K^+ , a decomposição dos restos vegetais o libera na sua totalidade rapidamente. Assim, pode-se considerar como 100% o aproveitamento do K proveniente dos restos de culturas, porém, podem ocorrer perdas por lixiviação, quando se trata de solos arenosos (SPAIN; SALINAS, 1985). Quanto ao Ca e Mg, existem na literatura poucos registros do teor desses nutrientes na massa seca dessas espécies utilizada como planta de cobertura (CALEGARI, 1990, 1995; DERPSCH; CALEGARI, 1992).

Os principais fatores que afetam a taxa de mineralização dos compostos orgânicos são as condições edafoclimáticas (temperatura, umidade, pH, teores de O_2 e de nutrientes no solo) e a qualidade do substrato (fração solúvel, nutrientes, lignina, polifenóis e a relação C/N, lignina/N e lignina + polifenóis/N) (PAUL; CLARK,

1996). A velocidade de liberação de nutrientes dos resíduos culturais durante o processo de decomposição, depende da localização e da forma em que esses nutrientes se encontram no tecido vegetal (GIACOMINI et al., 2003).

O potássio, que se encontra em componentes não estruturais e na forma iônica no vacúolo das células das plantas, é rapidamente lixiviado logo após o manejo das plantas de cobertura, com pequena dependência dos processos microbianos. No caso do fósforo, cuja maior parte encontra-se na planta associada a componentes orgânicos do tecido vegetal, sua liberação está intimamente ligada ao processo de decomposição pelos microorganismos do solo (MARSCHNER, 1995). Ao contrário do nitrogênio, poucos estudos têm sido realizados de modo a relacionar a taxa de mineralização de fósforo com as características bioquímicas dos resíduos culturais das plantas de cobertura (GIACOMINI et al., 2003).

Nos últimos anos, tem aumentado o número de trabalhos envolvendo o uso de plantas de cobertura em consórcio, principalmente entre leguminosas e não-leguminosas, com o objetivo de avaliar o potencial desta estratégia de cultivo em aumentar a produção de fitomassa e favorecer o fornecimento de N às culturas em sucessão, especialmente o milho (CLARK; DECKER; MEISINGER, 1994; GIACOMINI, 2001). Esta prática também poderá ter reflexos sobre a reciclagem de P e K em sistemas agrícolas com o uso de plantas de cobertura de solo, principalmente em SPD.

Outros benefícios constatado em solos protegidos pela palhada em SPD é a maior liberação de fósforo lábil para a solução do solo, em função da diminuição do contato dos íons fosfatos com as partículas de argila, pelo não revolvimento do solo, amenizando os efeitos da "fixação" do nutriente e a preservação da umidade ao longo do perfil cultural, facilitando a difusão do fósforo na solução do solo e sua absorção pelas plantas. A dinâmica de diferentes formas de P-lábil também é favorecida pelo SPD. A proporção de formas inorgânicas de P-lábil diminui em profundidade e tende a acumular-se na camada superficial do solo. Havendo uma adequada proteção da superfície do terreno com palhada, a umidade será mantida na camada superficial, facilitando a solubilização e a difusão dessas formas de P-lábil até as raízes. Por outro lado, formas lábeis de P-orgânico contidas nos restos de raízes das plantas, tendem a concentrar-se nas camadas mais profundas do perfil do solo. À medida que esses restos de raízes se decompõem, essa reserva de P-lábil em forma orgânica será gradativamente liberada para a solução do solo. Tais

efeitos têm contribuído para a menor necessidade de adubação fosfatada e conseqüente redução das necessidades de uso do insumo em SPD (SDC, 1985).

A proteção do solo por cobertura é parte fundamental do SPD. Denardin e Kochhann (1993) e Darolt (1998), citam que $6,0 \text{ t ha}^{-1}$ de palhada é a quantidade mínima de adição de massa seca ao sistema para que haja uma boa proteção do quanto as perdas de solo e água. Todavia, volumes muitos menores já promovem crescente proteção contra a erosão. Em culturas de verão, como soja, feijão e milho, semeadas no sistema de plantio direto sobre coberturas mortas densas, de lenta decomposição e com ação alelopática, há possibilidade de se reduzir ou até mesmo dispensar o uso de herbicidas (ALVARENGA; CRUZ; NOVOTNY, 2000).

Das várias etapas percorridas no processo de decomposição, a última e de grande importância é a formação do húmus, matéria indispensável para a vida biológica e a capacidade nutricional dos solos. O húmus aumenta a resistência da planta à fungos e insetos, pela heterogeneidade populacional que cria no solo, impede o crescimento de fungos ou bactérias que atacam as plantas jovens, e estimula e equilibra a nutrição das plantas, desenvolvendo a raiz, beneficiando a atividade respiratória e celular. (ALVARENGA; CRUZ; NOVOTNY, 2000).

2.4 TEMPO DE PERSISTENCIA DO RESIDUO VEGETAL NO SOLO

Com o aumento do tempo de persistência de resíduos das plantas de cobertura sobre o solo, ocorre o aumento da matéria orgânica e estimula a atividade biológica, melhorando a agregação de partículas e a estruturação física, favorecendo a retenção de água e o aproveitamento de nutrientes disponíveis no perfil cultural do solo (LOPES, 2004). A formação da matéria orgânica a partir da decomposição da palhada oriunda do cultivo da planta de cobertura sobre o terreno, depende do tempo de adoção do SPD e da ocorrência de condições ambientais (umidade, temperatura, pH, etc) adequadas para a atividade de microorganismos presentes no meio e que atuam no processo. Também é fundamental conhecer a relação C/N dos resíduos vegetais depositados sobre o solo (SDC, 1985).

Grande parte do sucesso do SPD reside no fato de que a palha deixada por plantas de cobertura sobre a superfície do solo, somada aos resíduos das culturas comerciais, cria um ambiente extremamente favorável ao crescimento vegetal, contribuindo para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção

dos atributos e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de tal modo que a sua qualidade seja melhorada (ALVARENGA; CRUZ; NOVOTNY, 2000).

Manter o solo não imobilizado, sempre recoberto por resíduos (palha), provoca profundas alterações biológicas em relação ao sistema convencional de cultivo, com arações/gradagens periódicas. Essas mudanças podem levar a um novo equilíbrio para certas pragas e doenças. Assim, haverá um SPD mais estabilizado na medida em que o sistema de rotação e sucessão adotado, possibilitar a manutenção de uma camada de palha sobre o solo ao longo do tempo, permitindo que todos os benefícios dessa prática sejam verificados (ALVARENGA; CRUZ; NOVOTNY, 2000). A relação entre a proporção de carbono e de nitrogênio (C/N) é variável entre as espécies vegetais (SÁ, 1993), e tem uma importância no tempo de persistência da palhada na superfície do solo e na liberação e imobilização de nutrientes. O seu conhecimento é fundamental no manejo de restos culturais e no planejamento da cobertura do solo em SPD.

Como fator intrínseco aos resíduos vegetais, a sua composição bioquímica, principalmente quanto ao teor de lignina e a relação C/N, exerce um papel preponderante no processo de decomposição. Comparando a velocidade de decomposição de resíduos de gramíneas e leguminosas, observa-se que a velocidade das leguminosas é extremamente rápida na fase inicial do processo. Já para os resíduos de gramíneas esta velocidade é significativamente menor e mais constante ao longo do tempo (BARTZ, 2004).

2.5 RELAÇÃO CARBONO E NITROGÊNIO (C/N)

O período de proteção do solo também depende das características da palha, principalmente a relação C/N do tecido. Palhas com reduzida relação C/N, como por exemplo, de ervilhaca e nabo forrageiro, tendem a se decompor rapidamente, deixando o solo desprotegido. De outro modo, palhas com elevada relação C/N, como aveia e milho, decompõem-se mais lentamente, porém, fornecem baixa quantidade de nitrogênio à cultura sucessora (DE-POLLI; CHADA, 1989; BORKERT; GAUDÊNCIO; PEREIRA, 2003).

Conhecer a relação C/N dos materiais é importante, pois influenciará na qualidade e na persistência do resíduo sobre o solo. Segundo Mello (2001) se a relação C/N for muito alta, a decomposição do material poderá não ocorrer, como

por exemplo, no caso de serragem; se for muito baixa, haverá perda de nitrogênio na forma de amoníaco como, por exemplo, esterco.

Quando essa relação é superior a 30, ocorre um aumento na imobilização do nitrogênio pelos próprios microorganismos, enquanto que relações inferiores àquele valor favorecem a decomposição do material orgânico e a mineralização dos nutrientes (N, P, S, etc.) nele contidos (SDC, 1985).

A persistência de palha sobre o solo é regulada por dois fatores principais: relação C/N do material vegetal da palhada e pelo manejo que lhe é dado. Com respeito ao primeiro fator, a relação C/N é inerente à espécie e reflete a velocidade com que a decomposição do material pode se processar. A relação C/N média na palha das leguminosas foi de 12,5, enquanto que na gramínea (aveia) esta relação foi de 34 (BARTZ, 2004).

As leguminosas, por imobilizarem nos seus tecidos o nitrogênio da fixação biológica feita pelo rizóbio associado, possuem relação C/N próximo a 20 e decomposição rápida, ao passo que as gramíneas são de decomposição mais lenta, pois o conteúdo de N na fitomassa é menor. Embora isso seja verdadeiro, tem-se observado que, para as condições da região dos Cerrados, mesmo quando a palhada é basicamente de gramíneas, há uma decomposição acelerada do material, de tal forma que manter uma camada de cobertura sobre o solo nessas condições torna-se uma atividade complexa e vai exigir conhecimento e experiência por parte daqueles que praticam o SPD.

O milheto é um exemplo clássico, uma vez que apresenta relação C/N igual a 30 ou maior, quando no estágio próximo ao florescimento, porém, nos Cerrados sua decomposição tem sido relativamente rápida, quando manejado nessa época, dificultando a manutenção e o acúmulo de palha (CANTO VERDE, 2005).

Toda matéria orgânica, plantas e animais mortos, ou partes cortadas de plantas, entre outros, sofrem um processo de decomposição lento, ao final do qual liberam aos elementos carbono, oxigênio, fósforo, nitrogênio, cromo e zinco, entre outros. Este processo, provocado principalmente por bactérias e fungos, é essencial na nutrição das plantas, dos animais e na continuidade da vida no planeta. A velocidade desta decomposição depende da relação C/N. Alto teor de C e pequeno teor de N levam a uma decomposição demorada. Por outro lado, a riqueza mineral final depende da composição do material orgânico inicial.

A relação C/N considerada ideal está entre 25 a 30:1. Nesta proporção, os organismos decompositores têm o alimento balanceado, não tendo que se desfazer de nenhum elemento para criar um equilíbrio.(SDC 1985).

A relação C/N muito alta (> 35:1) representa a diminuição da atividade dos decompositores pela falta de N. O processo será lento onde que o excesso de C seja dissipado. Segundo Canto verde (2005), para acelerar o processo basta acrescentar uma fonte rica em N, como esterco, cascas de frutas, folhas verdes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA E ATRIBUTOS DO SOLO

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Escola de Igarapé-Açú (FEIGA), pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), localizada no município de Igarapé-Açú (PA), no período de 07 de janeiro de 2004 a 28 de Dezembro de 2004. O município situa-se na zona fisiográfica Bragantina às margens da extinta estrada de ferro. A uma distância de 127 km da capital do estado (Belém), delimitando-se ao Norte com os municípios de Maracanã e Marapanim; ao Sul com o município de Santa Maria do Pará; a Leste com os municípios de Nova Timboteua e Santa Maria do Pará e a Oeste com os municípios de Castanhal e São Francisco do Pará, tem uma área de 756 Km² e é o 47º município do estado do Pará em extensão territorial, e uma densidade demográfica de 39,12 hab/Km². Pertence à mesorregião do Nordeste Paraense, sob coordenadas geográficas: 01°07'33"S e 47°37'27"W Gr. e 39 metros de altitude.

O clima da região é megatérmico úmido, tipo Am na classificação de Köppen, com temperatura média, em torno de 25° C. A precipitação anual é elevada e atinge 2.350 mm, com forte concentração de janeiro a junho e mais rara de julho a dezembro, sendo que a umidade relativa do ar gira em torno de 85%. A figura 1 ilustra a distribuição pluviométrica do ano de 2004.

O solo da área experimental foi descrito como Argissolo Vermelho Amarelo, segundo Embrapa (1999).

Inicialmente foram coletadas amostras do solo na camada 0-20 cm de profundidade para caracterizar os atributos granulométricos e químicos por meio de análises efetuadas em laboratórios do Instituto de Ciências Agrárias (ICA), da

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), segundo metodologia descrita pela Embrapa (1997). Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

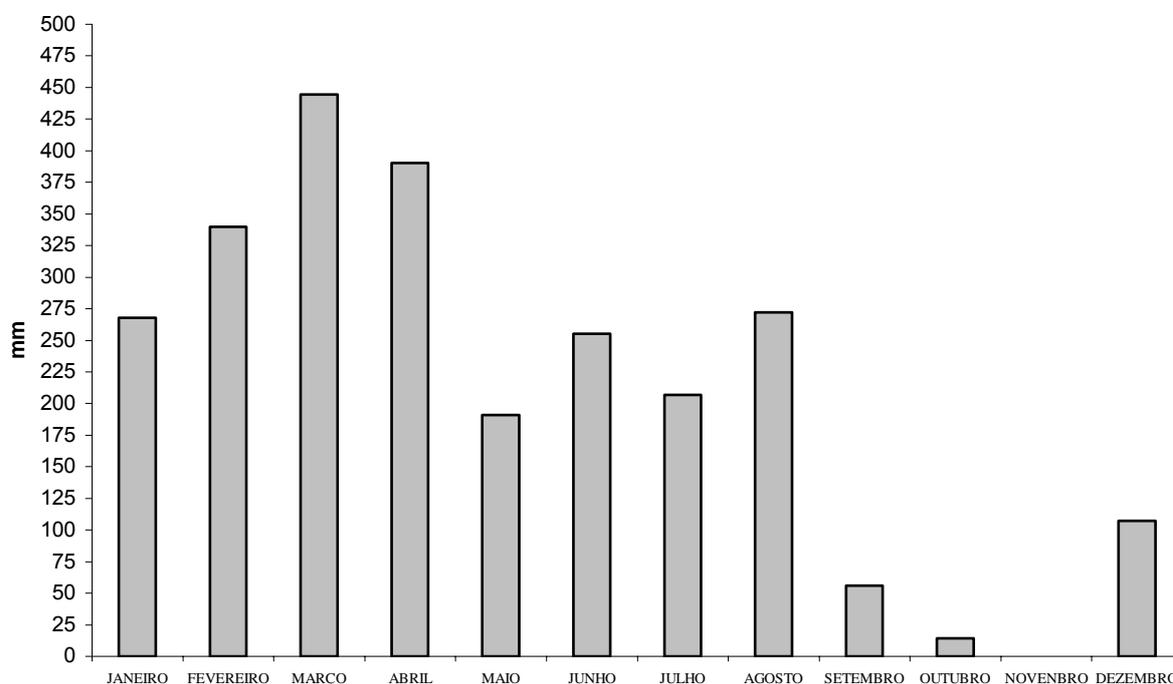


Figura 1 - Precipitação pluvial média mensal do ano de 2004, obtida junto à estação pluviométrica da Fazenda Escola de Igarapé Açú (FEIGA).

Tabela 1 – Atributos químicos e granulométricos de um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, textura média, coletado na camada de 0 a 20 cm, no município de Igarapé Açú (PA), 2004.

Atributos	Valores
pH em H ₂ O	5,54
P (mg dm ⁻³)	10,19
K (cmol _c dm ⁻³)	0,05
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,61
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,16
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	3,37
M.O. (g kg ⁻¹)	14,91
V (%)	45,26
Argila (g kg ⁻¹)	191
Areia grossa (g kg ⁻¹)	415
Areia fina (g kg ⁻¹)	253
Silte (g kg ⁻¹)	141

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos (Tabela 2) e cinco repetições, perfazendo um total de 25 parcelas. Cada parcela, medindo 25 m² (2,5 x 10 m), foi composta de seis linhas de 10 m de comprimento com espaçamento de 0,50 x 0,50 m, onde foram implantados os tratamentos.

Tabela 2 – Plantas de cobertura que constituíram os tratamentos e suas respectivas famílias. Igarapé-Açú (PA), 2004.

Tratamentos	Cultura	Nome científico	Família
1	Crotalaria	<i>Crotalaria juncea</i> , L.	Leguminosae
2	Milheto	<i>Pennisetum glaucum</i> , L.	Poaceae
3	Feijão de porco	<i>Canavalia ensiformis</i> , L.	Leguminosae
4	Braquiarião	<i>Brachiaria brizantha</i> , L.	Poaceae
5	Capim colônia	<i>Panicum purpurascens</i> , L.	Poaceae

3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E VARIÁVEIS ESTUDADAS

A área escolhida mediu aproximadamente 1000 m² e estava coberta com vegetação fina que foi roçada mecanicamente e, após a rebrota, foi dessecada por meio da aplicação do herbicida glyphosate 750 g i.a.ha⁻¹, em pulverização tratorizada, o bico utilizado foi o leque, com aplicação de 2,5 L ha⁻¹.

O plantio das espécies estudadas foi feito manualmente, em covas, por meio de sementes, com exceção para o capim colônia que por não apresentar sementes viáveis, foi realizado por meio de mudas. Nas covas foram aplicadas 5 g de NPK da formulação 10-28-20, para todas as espécies.

O corte da parte aérea foi feito manualmente com terçado a 5 cm de altura na época de pleno florescimento de cada espécie. A área cortada de cada parcela foi de 2 x 2,50 m, a qual foi coberta com a palhada, conforme mostrado com braquiarião, na Figura 2.

Para determinar o tempo de persistência dos resíduos vegetais sobre o solo, mediu-se a porcentagem de cobertura do solo pelo resíduo das plantas em cinco períodos: no dia do corte, aos 21; 42; 63 e 84 dias após o corte (DAC). Foi usado o

método da corda graduada ou transeção linear, descrito por Hartwig e Laflen (1978) e Alves, Cogo e Levien (1998) conforme ilustra a Figura 3.



Figura 2 - Parcela com braquiarião antes (esquerda) e depois (direita) do corte, formando a cobertura do solo. Igarapé-Açú (PA), 2004.



Figura 3 - Demonstração do método de transeção linear para determinação do tempo de persistência dos resíduos vegetais sobre o solo, na parcela com braquiarião. Igarapé-Açú (PA), 2004.

Em uma parcela de 2 x 2,50 m de cada tratamento o material foi cortado e depositado uniformemente na superfície do solo. Em uma corda de nylon de 3 metros (diagonal da parcela), foram marcados com tinta 50 pontos espaçados de 6 cm. Em cada época de avaliação, essa linha foi estendida em cada diagonal da parcela de modo a proporcionar duas leituras. Mediu-se a porcentagem de cobertura, registrando o número de vezes em que os pontos marcados na linha ficaram sobrepostos nas peças do resíduo; somaram-se os resultados das duas contagens para obter o valor da porcentagem de cobertura (Figura 4), essa

metodologia também foi usada por Sloneker e Moldenhauer (1977) e Bertol et al. (1998).



Figura 4 - Avaliações da porcentagem de cobertura do braquiarião em diferentes épocas após o corte. Igarapé-Açú (PA), 2004.

Para determinar a quantidade de massa seca das espécies, em cada uma das parcelas coletou-se todo o resíduo cultural de uma área útil de 0,09 m², (num quadrado de 0,30 x 0,30m) em dois pontos aleatórios na área, conforme procedimento sugerido por Stott et al. (1990). Os resíduos coletados foram secos em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, até peso constante, transformando-se o valor final para t ha⁻¹.

Para a determinação dos teores dos macronutrientes nos tecidos vegetais, foi retirada (com terçado, na altura de 5cm do solo) uma planta inteira de cada parcela, aleatoriamente que foi lavada com água destilada, colocada em saco de papel e levada a estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante. Depois de determinado o peso da massa seca o material foi triturado, subamostrado e moído em moinho tipo Willey (peneira com malha de 0,33 mm), e analisado de acordo com metodologia da Embrapa (1997).

Para determinar o teor de C foi usado o método Walkley Black modificado, descrito em Tedesco et al. (1995). As análises químicas do material vegetal foram feitas determinando-se o nitrogênio, após digestão sulfúrica, pelo método de Kjeldahl. Os demais elementos por meio da digestão nitroperclórica, sendo determinado o fósforo por colorimetria; o potássio por fotometria de chama e o cálcio e o magnésio por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

As quantidades extraídas de macronutrientes foram determinadas através da produção de massa seca multiplicada pelo teor de nutrientes de cada espécie.

Portanto, as variáveis analisadas foram à produção de massa seca, o tempo de persistência da cobertura no solo por meio de porcentagem de cobertura do solo, teores e extração de C, N, P, K, Ca e Mg e a relação C/N das plantas utilizadas como cobertura do solo.

3.4 ANALISE ESTATISTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan a 5%, usando o programa estatístico SANEST (ZONTA; MACHADO, 1991). Ressalta-se que para os dados de tempo de persistência dos resíduos no solo, os mesmos foram submetidos à regressão, ajustando-se as equações para expressar adequadamente o comportamento dos resultados, sendo a escolha baseada no coeficiente de determinação e na sua significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PRODUÇÃO DE MASSA SECA DA PARTE AÉREA

A análise de variância da produção de massa seca da parte aérea das leguminosas (feijão de porco e crotalaria) e gramíneas (capim colônia, braquiarião e milheto) que constituíram os tratamentos, apresentou diferenças significativas (Tabela 3).

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para as médias de produção de massa seca da parte aérea (MSPA) de leguminosas e gramíneas, cultivadas em um Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú/PA.

F.V.	GL	Quadrado Médio
		MSPA
Tratamentos	4	32974911,02**
Blocos	4	1854294,26
Resíduo	16	835974,28
Média Geral	-	6574,08
C.V. (%)	-	3,91

** Significativo a 1 % pelo teste F

A maior produção da massa seca, entre as espécies estudadas foi obtida com o braquiarião, a qual não diferiu estatisticamente do feijão de porco. O capim colônia, a crotalaria e o milho foram semelhantes, porém, com menores produções, em relação ao braquiarião e ao feijão de porco (Tabela 4 e Figura 5). Verifica-se que as maiores produções de MSPA foram obtidas com espécies de características e famílias diferentes (gramíneas e leguminosas), contrastando com os resultados obtidos por Torres et al. (2005), onde as gramíneas foram as mais produtivas em relação a MSPA. Tal fato demonstra a grande potencialidade do braquiarião, seguido pelo feijão de porco, para utilização como produtoras de palhada no SPD. Por possuírem características diferentes, como relação C/N e quantidades de nutrientes poderão constituir a sucessão com as culturas econômicas com maior possibilidades de êxito para o SPD.

Tabela 4 – Produção de massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em um Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú/PA.

Tratamentos	MSPA
	-----kg ha ⁻¹ -----
Crotalaria	5.005,55b
Milho	3.975,11b
Feijão de porco	8.950,00a
Braquiarião	9.696,44a
Capim Colônia	5.243,33b

Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas a 5 % pelo teste de Duncan.

As produções de MSPA do braquiarião e do feijão de porco foram superiores aos 6.000 kg ha⁻¹ citados por Denardin e Kochhann (1993) e por Darolt (1998), como sendo a quantidade mínima de adição de massa seca em um sistema de rotação de culturas, de maneira que se mantenha adequada à cobertura do solo, utilizada no SPD. A crotalaria, o milho e o capim colônia não alcançaram a produtividade recomendada por esses autores. No caso específico do tratamento com o milho, esta baixa produção pode ter sido causada em consequência do ataque intenso de formigas às sementes, o que dificultou o estabelecimento, ocorrendo falhas nas parcelas e que contribuiu para uma menor produção de massa seca. Em outros estados tem sido observado produções de 10,3 t ha⁻¹ (TORRES et al., 2005), bem superior a obtida neste trabalho.

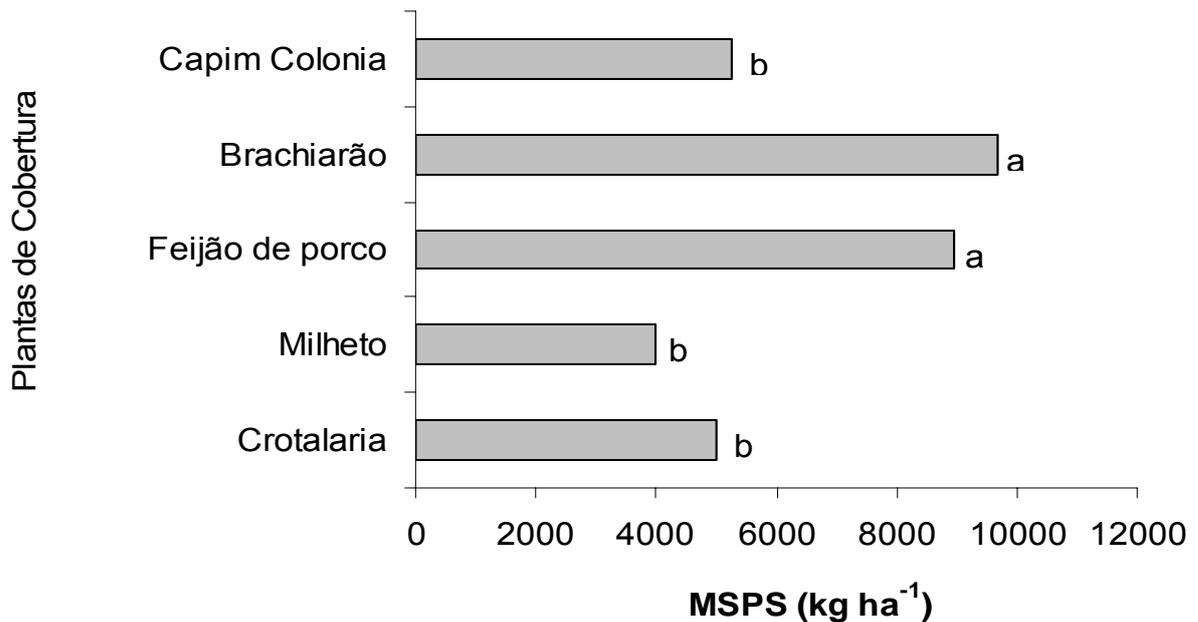


Figura 5 - Produção de massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em um Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú/PA. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa a 5% pelo Teste de Duncan,

A média de produção das culturas utilizadas neste trabalho foi superior à encontrada por Oliveira, Carvalho e Moraes (2002), sobre Podzólico (Argissolo) Vermelho Amarelo distrófico, textura média, onde as variações climáticas ocorridas no período experimental foram, em média, 1.000,8 mm e 115,7 mm de precipitação total, 28°C e 26,4°C de temperatura máxima do ar, 17,5°C e 14,1°C de temperatura mínima do ar e 75,9% e 71,3% de umidade relativa do ar, que apresentaram como média geral, 436 kg ha⁻¹. Por outro lado, os resultados obtidos no estado do Tocantins, por Neto et al. (2005), para a quantidade de massa seca de crotalaria e de milho, respectivamente de 17.600 e 11.200 kg ha⁻¹, foram muito superiores aos resultados obtidos neste trabalho.

A produção obtida de massa seca de feijão de porco (8.950 kg ha⁻¹) e de crotalaria (5.005,55 kg ha⁻¹) foram superiores às médias encontradas por Lopes (2000 b), de 7.000 kg ha⁻¹ e 4.800 kg ha⁻¹, respectivamente, onde os solos do município onde o trabalho foi executado são representados pelo Latossolo Amarelo distrófico textura argilosa a média, e o clima mesotérmico e úmido.

4.2 TEMPO DE PERSISTÊNCIA DOS RESÍDUOS NO SOLO

Na Tabela 5, são apresentados os dados da percentagem de cobertura do solo proporcionada pelos resíduos das plantas de cobertura ao longo do tempo. Na primeira avaliação da cobertura, no dia do corte, foram obtidos índices que variaram de 75 a 100%, sendo que esses dois valores extremos foram alcançados utilizando-se, respectivamente, o milho e o braquiário. Aos 21 dias após o corte, já foi possível observar a variação no tempo para cada cultura se decompor. A taxa de cobertura das espécies estudadas variou de 30% na crotalaria, a 99% no braquiário, demonstrando a maior rapidez na decomposição daquela leguminosa, em comparação com essa gramínea.

Tabela 5 - Percentagem de cobertura do solo de leguminosas e gramíneas, em função do tempo após o corte, cultivadas em um Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004.

Plantas de cobertura	Percentagem de cobertura				
	dia do corte	21 dias	42 dias	63 dias	84 dias
Crotalaria	85	30	17	15	15
Milho	75	62	56	50	50
Feijão Porco	81	74	59	59	52
Braquiário	100	99	99	99	97
C. Colônia	94	92	85	85	85

Ao final do tempo de avaliação da cobertura do solo (84 dias), constatou-se que as gramíneas braquiário e capim colônia apresentaram as maiores porcentagens de resíduos ainda não decompostos (97% e 85%), respectivamente. Esses resultados podem ser explicados em razão da elevada relação C/N daquelas espécies, demandando maior tempo para alcançar o processo de humificação (ALVARENGA, 2000) e contribuindo também, para isto a maior quantidade de material depositado no solo.

As leguminosas crotalaria e feijão de porco apresentaram os menores tempos de persistência, decompondo-se em taxa mais acelerada do que as gramíneas, deixando resíduos no solo como cobertura, que se reduziram de 5006 e 8950 kg ha⁻¹

a 751 e 4654 kg ha⁻¹, respectivamente, o que correspondeu a 15% e 52% do total de material que cobria o solo por ocasião do corte (Figura 6). A redução da massa seca destas espécies provocada pela decomposição se ajustaram a funções quadráticas decrescentes, no entanto apresentaram uma decomposição muito acelerada nos primeiros 45 dias após o corte e deposição na superfície do solo.

Por serem a crotalaria e o feijão de porco, leguminosas, teoricamente seus resíduos devem ser decompostos em uma porcentagem mais acelerada do que as gramíneas. Este fato está associado a menor relação C/N no tecido dessas plantas (CERETTA; BASSO; HERBES, 2002), que por sua vez, está diretamente relacionado com o menor teor de lignina (CALEGARI et al., 1993), conferindo às leguminosas uma taxa mais acelerada de decomposição do que nas gramíneas.

O que se observa para o capim colônia e principalmente para o milheto, também, é uma maior redução da massa seca de cobertura do solo até os 45 dias após o corte, a partir deste período ocorreu uma menor decomposição da palhada, o que conduziu, o período de decomposição a um ajuste a uma função quadrática (Figura 6).

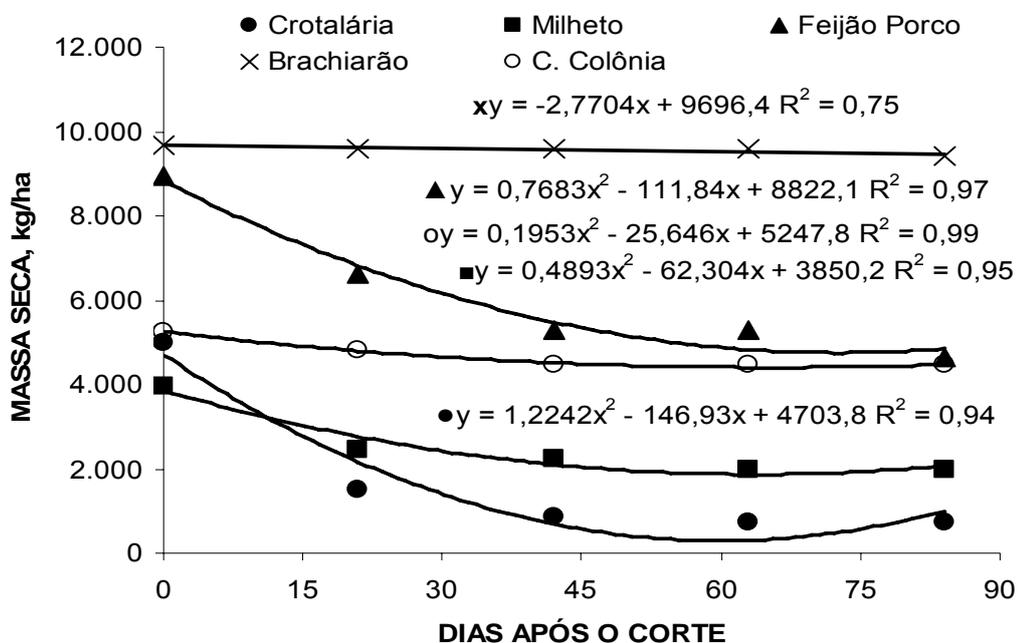


Figura 6 - Decomposição de resíduos da parte aérea de leguminosas e gramíneas, em função do tempo após o corte, cultivadas em um Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004.

O milheto apresentou taxa de 75% de cobertura, por ocasião do corte (Tabela 4). Após o período de avaliação de 84 dias, a taxa de cobertura do solo correspondia a 50%, ou seja, uma redução da percentagem de 25%, em relação a taxa inicial. A quantidade de massa seca dessa espécie reduziu de 3975 kg ha⁻¹ para 1988 kg ha⁻¹, ou seja, 50% do que havia no dia do corte. A baixa taxa de decomposição do milheto no tratamento, possivelmente está relacionado com a alta relação C/N de seus tecidos (40,56), o que demanda maior tempo para a completa humificação. Este resultado se diferencia do encontrado por Rosa Junior (2000), o qual observou que o milheto produziu elevadas quantidades de massa que proporcionou a cobertura total do solo, demonstrando a importância desta planta na sucessão de culturas para as condições do experimento.

4.3 TEOR E RECICLAGEM DE MACRONUTRIENTES

Na Tabela 6 observa-se o resumo da análise de variância dos teores dos macronutrientes C, N, P, K, Ca e Mg e dos valores de C/N na massa seca da parte aérea das plantas de cobertura, evidenciando diferença significativas entre as espécies estudadas.

Tabela 6 - Quadrado médio e níveis de significância para os teores de macronutrientes e valores de C/N na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004.

F.V.	GL	Quadrado Médio						
		C	N	C/N	P	K	Ca	Mg
Tratamento	4	2774,79**	236,74**	776,83**	1,27**	92,38**	66,67**	9,16**
Blocos	4	439,85	1,22	17,84	0,15	3,11	1,34	0,42
Resíduo	16	841,87	2,91	20,56	0,06	8,96	0,88	0,19
M.Geral	-	440,16	14,27	35,99	2,29	28,40	5,23	4,15
C.V (%)	-	6,59	11,96	12,59	10,80	10,54	17,87	10,26

** Significativo a 1 % pelo teste F

4.3.1 Carbono

Verifica-se na Tabela 7 que os teores de carbono na massa seca da parte aérea foram estatisticamente iguais entre as espécies utilizadas como planta de cobertura, com exceção do capim colônia que foi a espécie que apresentou o menor teor, 400,22 g kg⁻¹. Vale ressaltar que o teor de carbono das espécies vegetais por si só não apresenta muita importância, no que diz respeito ao tempo de decomposição, mas sim a relação C/N. Fato este justificado pelo menor teor de carbono do capim colônia em relação às demais espécies, inclusive as leguminosas, e que, no entanto, apresenta a maior relação C/N.

Tabela 7 – Teores de macronutrientes e valores de C/N na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004.

Tratamentos	C	N	C/N	P	K	Ca	Mg
	-----g kg ⁻¹ -----			-----g kg ⁻¹ -----			
Crotalaria	457,99 a	14,51 b	32,32 c	2,1 c	28,14 bc	6,93 b	3,23 c
Milheto	456,38 a	11,53 c	40,56 b	2,97 a	24,16 c	2,58 c	3,88 b
Feijão de porco	446,76 a	25,85 a	17,36 d	2,61 b	24,33 c	10,92 a	3,24 c
Braquiarião	439,47 a	11,49 c	38,45 b	2,12 c	31,52 ab	2,75 c	6,50 a
Capim Colônia	400,22 b	7,95 d	51,28 a	1,67 d	33,83 a	3,00 c	3,90 b

Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas a 5 % pelo teste de Duncan.

4.3.2 Nitrogênio

O fluxo de liberação de N para o sistema é influenciado pela presença de resíduos com maior ou menor relação C/N. Este processo é essencialmente biológico e sujeito à interferência de diversos fatores. Por isso, entender a dinâmica do N no solo é importante para a racionalização no uso dos fertilizantes nitrogenados minerais ou orgânicos, tanto para produtividade das culturas como para qualidade ambiental.

Na Tabela 7 são apresentados os teores de N encontrados na massa seca da parte aérea das plantas de cobertura, leguminosas e gramíneas. Os maiores teores de N encontrados na massa seca da parte aérea, foram verificados na espécie feijão de porco (25,85 g kg⁻¹), sendo o capim colônia o que apresentou o menor teor (7,95 g kg⁻¹). Para o braquiarião e o milheto não foi observado diferenças

significativas em relação aos teores de N na parte aérea. Esses resultados encontram-se ilustrados na Figura 8.

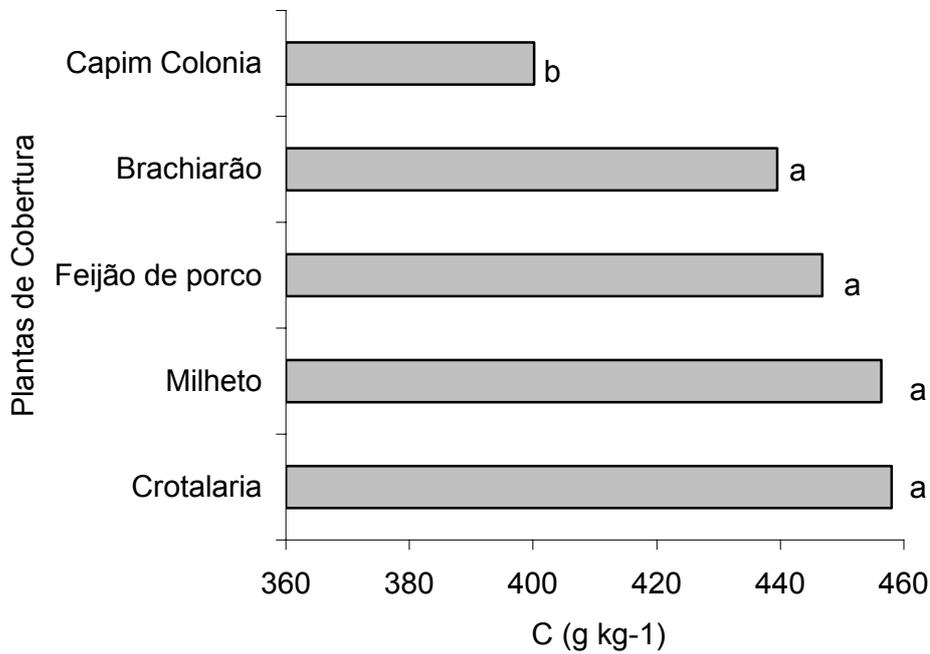


Figura 7 - Teor de C na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa a 5% pelo Teste de Duncan,

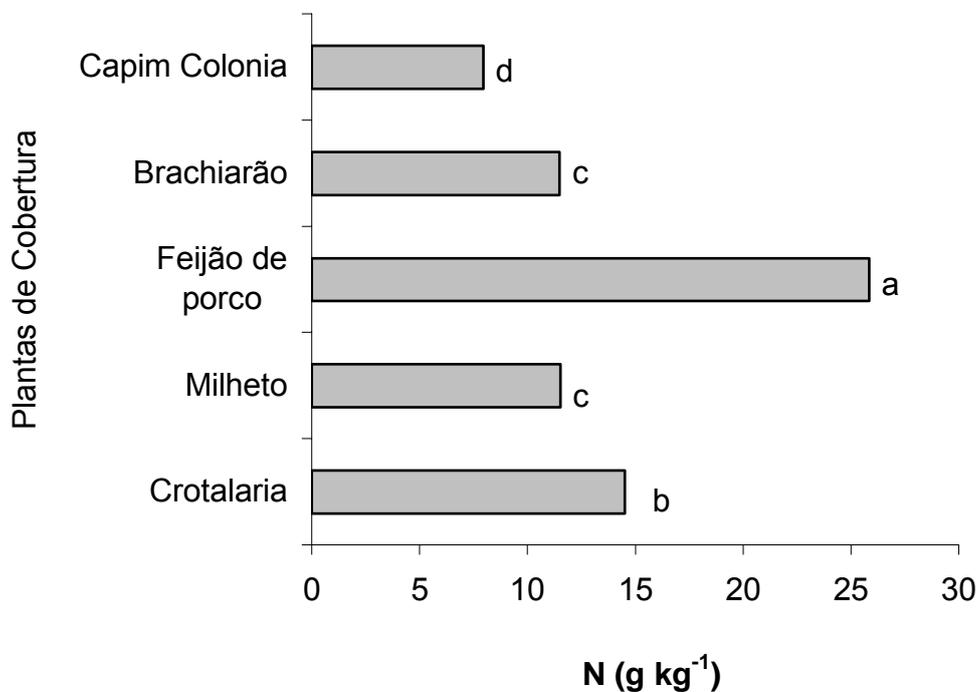


Figura 8 - Teor de nitrogênio na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa a 5% pelo Teste de Duncan.

Os teores de N constatados neste trabalho foram semelhantes aos encontrados por Amabile, Francelli e Cavalho (1999) e Fernandes et al. (2005) para diferentes leguminosas. O elevado teor observado no feijão de porco, em relação às demais culturas, deveu-se, provavelmente, à capacidade diferenciada desta leguminosa em fixar N_2 atmosférico, por apresentar boa adaptação a solos de baixa fertilidade (FERNANDES et al., 2005). Observa-se na Figura 8, que o teor de N do feijão de porco, segue o mesmo comportamento do rendimento dessa leguminosa, que apresentou alta produção de massa seca.

O braquiário apresentou baixo teor de N, porém foi o que mais produziu massa seca, porém estatisticamente igual ao feijão de porco.

Na crotalaria obteve-se um teor de N de $14,51 \text{ g kg}^{-1}$, muito inferior ao do feijão de porco ($25,85 \text{ g kg}^{-1}$), no entanto, resultados semelhantes foram obtidos por Lopes (2000 b) para a crotalaria ($14,7 \text{ g kg}^{-1}$), em pesquisas realizadas na microrregião Bragantina, no estado do Pará.

4.3.3 Relação carbono e nitrogênio (C/N)

Na Tabela 7 e Figura 9 observam-se os valores da relação C/N obtido na massa seca da parte aérea das leguminosas e gramíneas estudadas.

A maior relação C/N foi verificada no capim colônia, enquanto a menor relação foi observada no feijão de porco. O milho e o braquiário não apresentaram diferenças significativas, porém foram bem superiores ao feijão de porco e a crotalaria, se enquadrando naquelas espécies em que o seu material em decomposição apresenta uma maior imobilização do que disponibilização de N (ALLISON, 1966).

O feijão de porco apesar da elevada percentagem de cobertura do solo (Tabela 4) por ocasião do corte, o valor da relação C/N apresentado por esta cultura (17,36), favorece o processo de mineralização, com conseqüente liberação de nutrientes para o solo e rápida transformação dos resíduos vegetais em húmus. Entretanto, como apresenta uma elevada produção de MS em pleno florescimento (8.950 kg ha^{-1}) ao final de 84 dias após o corte ainda apresentava 50 % de M.S. sobre o solo.

Os resultados da Figura 9 permitem inferir que as gramíneas braquiário (38,45), milho (40,56) e capim colônia (51,29), podem formar palhadas por um

tempo mais longo, destacando-se entre as três espécies estudadas o capim colônia, com relação C/N de 51,29 g kg⁻¹.

O fato das gramíneas tropicais (C₄) se desenvolverem em ambientes com altas temperaturas e intensidade luminosa, confere a essas plantas maior eficiência na fixação do CO₂ na fotossíntese o que resulta, também na síntese de composto com maior porcentagem de carbono, o que poderia explicar as maiores relações C/N encontradas no capim colônia, braquiário e milho (MALAVOLTA, 1976).

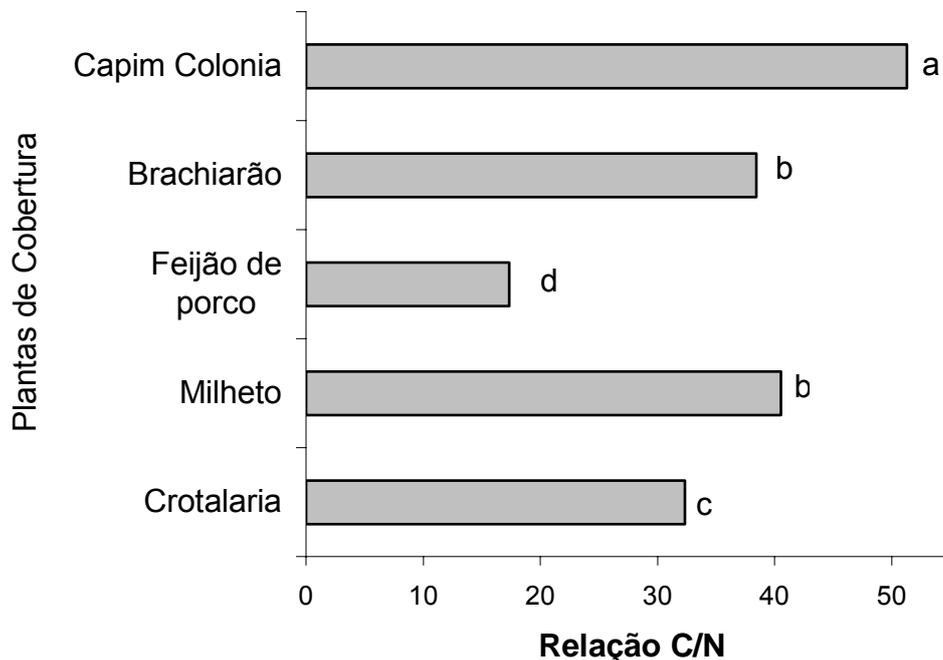


Figura 9 - Relação carbono e nitrogênio na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa a 5 % pelo Teste de Duncan.

Giacomini (2003) e Nicolardot, Recous e Mary (200) citam que a relação C/N tem sido a característica mais usada em modelos para prever a disponibilidade de N no solo durante a decomposição de materiais orgânicos. Para Allison (1966), materiais com valores de C/N entre 25 e 30 apresentam equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização.

4.3.4 Fósforo

A Figura 10 apresenta os teores de P na massa seca das plantas de cobertura, evidenciando que houve diferença significativa entre as espécies estudadas.

O maior teor de P nas plantas foi encontrado na cultura do milho (2,97g kg⁻¹), entretanto, esse valor não diferiu estatisticamente do teor obtido no feijão de porco (2,61 g kg⁻¹). Por outro lado, o menor teor nos tecidos da parte aérea, ocorreu com o capim colônia (1,67 g kg⁻¹).

Igualmente como ocorreu com o N, o teor de P na massa seca do feijão de porco foi superior ao encontrado por Oliveira, Carvalho e Moraes (2002), enquanto o teor de P no milho é bem menor que o encontrado por estes autores, para a mesma cultura.

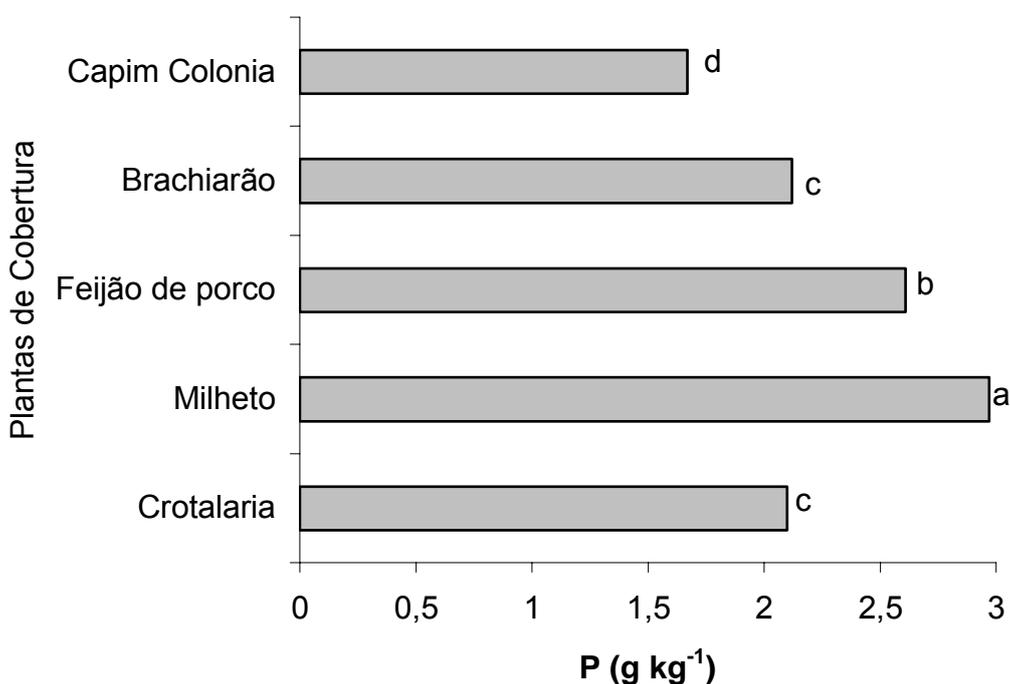


Figura 10 - Teor de P na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa a 5% pelo Teste de Duncan.

O teor de P encontrado nos tecidos do feijão de porco (2,61g kg⁻¹) foi semelhante ao encontrado por Fernandes et al. (2005), de 2,58 g kg⁻¹ e superior ao obtido por Lopes (2000 b), em pesquisa com a mesma cultura, cujo valor correspondeu a 2,3 g kg⁻¹. Além de fatores edáficos, o clima pode influenciar a absorção de nutrientes pelas plantas. Isso ficou bem evidenciado no trabalho de Amabile et al. (1999), que encontrou diferentes teores de P na crotalaria, 1,5 g kg⁻¹, 1,7 g kg⁻¹ e 1,2 g kg⁻¹, em função do efeito de diferentes épocas de condução da pesquisa.

4.3.5 Potássio

Os teores de potássio na massa seca da parte aérea das diferentes espécies vegetais utilizadas no experimento foram significativamente diferentes e encontram-se na Tabela 7 e Figura 11.

O capim colônia apresentou o maior teor de potássio ($33,83 \text{ g kg}^{-1}$), porém não diferiu estatisticamente do braquiarião, cujo valor foi de $31,52 \text{ g kg}^{-1}$. Já os menores teores de potássio na massa seca vegetal ocorreram com o feijão de porco e com o milho $24,33 \text{ g kg}^{-1}$ e $24,16 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente.

Os teores de K na massa seca das plantas de crotalaria ($28,14 \text{ g kg}^{-1}$) e do milho ($24,16 \text{ g kg}^{-1}$) foram superiores e inferiores aos citados por Calegari et al. (1993) $15,9 \text{ g kg}^{-1}$ e $34,2 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. De forma similar o teor de K, encontrado na massa seca da crotalaria foi muito maior que o encontrado por Lopes (2000 a), assim como o citado por Amabile (1999), que foi de $7,9 \text{ g kg}^{-1}$. Isto indica que tanto os fatores edáficos quanto o clima podem influenciar na absorção de nutrientes pelas plantas.

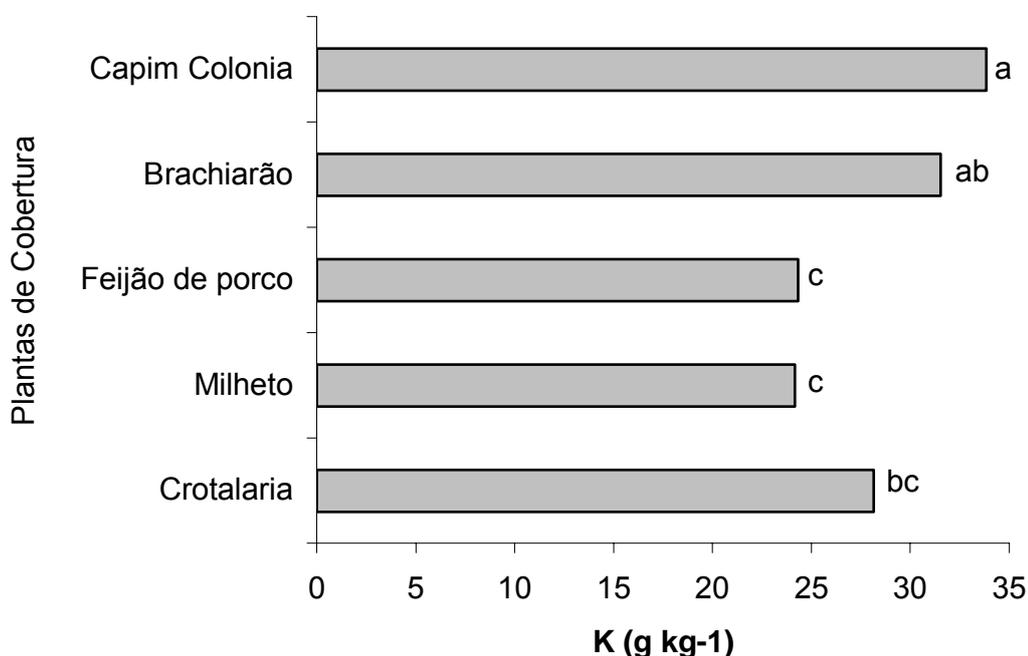


Figura 11 - Teor de K na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa a 5 % pelo Teste de Duncan.

Segundo Malavolta (1976) as gramíneas parecem ser capazes de se aproveitar mais do K do solo que outras espécies, o que poderia explicar os maiores

teores desse nutriente na parte aérea do capim colônia e braquiarião. Esse efeito pode estar relacionado à menor CTC da raiz das plantas monocotiledôneas (gramíneas), em comparação às dicotiledôneas (leguminosas), apresentando como consequência, maior energia de ligação entre os cátions monovalentes e os colóides da raiz (Malavolta, 1981).

4.3.6 Cálcio

Observa-se na Tabela 7 e na Figura 12, que o feijão de porco foi à planta de cobertura que apresentou o maior teor de Ca na massa seca da parte aérea ($10,92 \text{ g kg}^{-1}$), seguido da crotalaria com $6,93 \text{ g kg}^{-1}$, o que indica que as leguminosas absorvem uma quantidade maior de cálcio do solo. De acordo com Malavolta e Paulino (1991), a maior absorção de Ca pelas leguminosas está associada à capacidade de troca de cátions (CTC) das raízes mais elevada, promovendo uma maior afinidade por cátions divalentes. Corroborando com tal afirmativa, os menores teores de cálcio nas plantas foram constatados nas gramíneas, o milho com $2,58 \text{ g kg}^{-1}$, o braquiarião com $2,75 \text{ g kg}^{-1}$ e o capim colônia com 3 g kg^{-1} , que não diferiram estatisticamente entre si.

Os teores de Ca no tecido vegetal para o feijão de porco e o milho são inferiores aos encontrados por Oliveira, Carvalho e Moraes (2002), que apresentaram valores de $29,38 \text{ g kg}^{-1}$ e $6,57 \text{ g kg}^{-1}$ com as mesmas plantas, respectivamente.

O teor de Ca na parte aérea do feijão de porco se diferenciou dos resultados encontrados por Lopes (2000 b), o que pode ser atribuído ao tipo de solo. Este autor obteve $7,5 \text{ g kg}^{-1}$ em solo de Areia Quartzosa e $50,5 \text{ g kg}^{-1}$ em Latossolo Amarelo argiloso, enquanto o teor obtido neste trabalho foi de $10,91 \text{ g kg}^{-1}$, em Argissolo Vermelho Amarelo, de textura média.

4.3.7 Magnésio

Os dados apresentados na tabela 7 e na Figura 13 mostram que o braquiarião apresentou o maior teor de magnésio na massa seca da parte aérea ($6,51 \text{ g kg}^{-1}$). Os teores de magnésio apresentados pelo milho ($3,88 \text{ g kg}^{-1}$), capim colônia ($3,90 \text{ g kg}^{-1}$), feijão de porco ($3,25 \text{ g kg}^{-1}$) e crotalaria ($2,24 \text{ g kg}^{-1}$) não apresentaram diferenças significativas entre si.

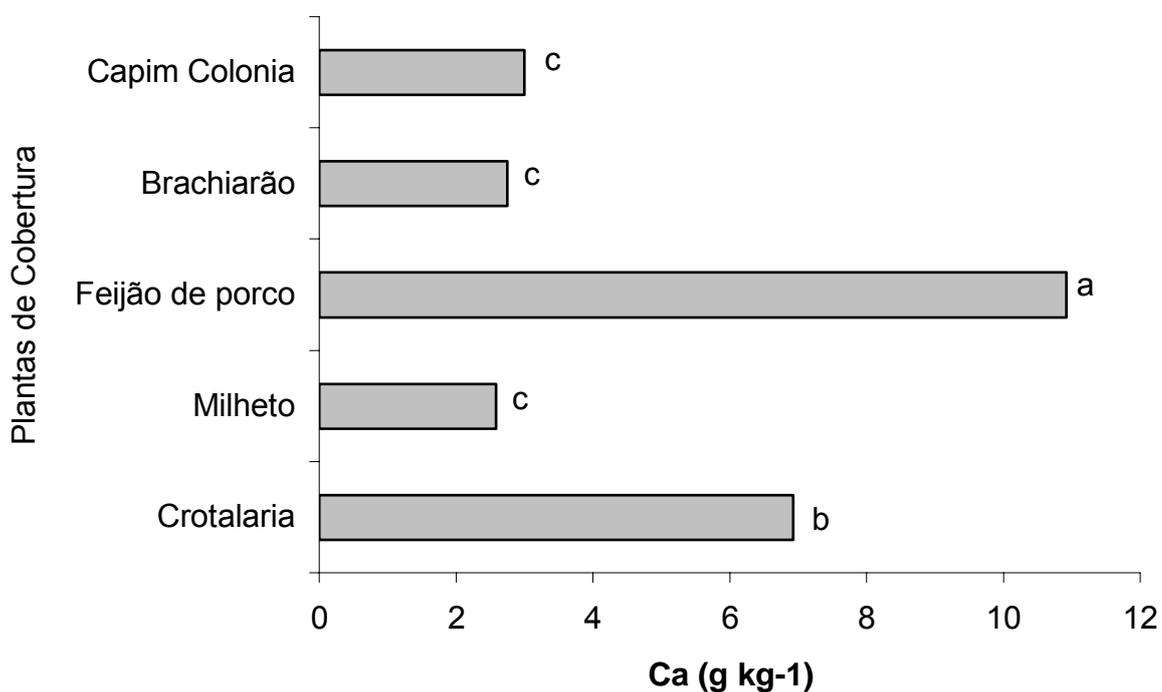


Figura 12 - Teor de Ca na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa a 5 % pelo Teste de Duncan.

Os teores de magnésio encontrado na parte aérea do feijão de porco e do milho são semelhantes aos encontrados por Oliveira, Carvalho e Moraes (2002), com valores de $3,35 \text{ g kg}^{-1}$ e $3,79 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente.

Em virtude da alta energia de ligação dos cátions divalentes aos colóides das raízes das leguminosas (MALAVOLTA, 1981), era de se esperar maior conteúdo de Mg no feijão de porco e na crotalaria, o que não ocorreu. É provável que tenha ocorrido uma inibição competitiva entre Ca e Mg, provocada pela disputa do mesmo carregador, com a conseqüente restrição à absorção deste último nutriente (MALAVOLTA, 1980).

4.4 EXTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES

Na Tabela 8 observa-se o resumo da análise de variância das quantidades extraídas e acumuladas dos macronutrientes C, N, P, K, Ca e Mg na massa seca da parte aérea das plantas, evidenciando-se diferenças significativas entre as espécies estudadas.

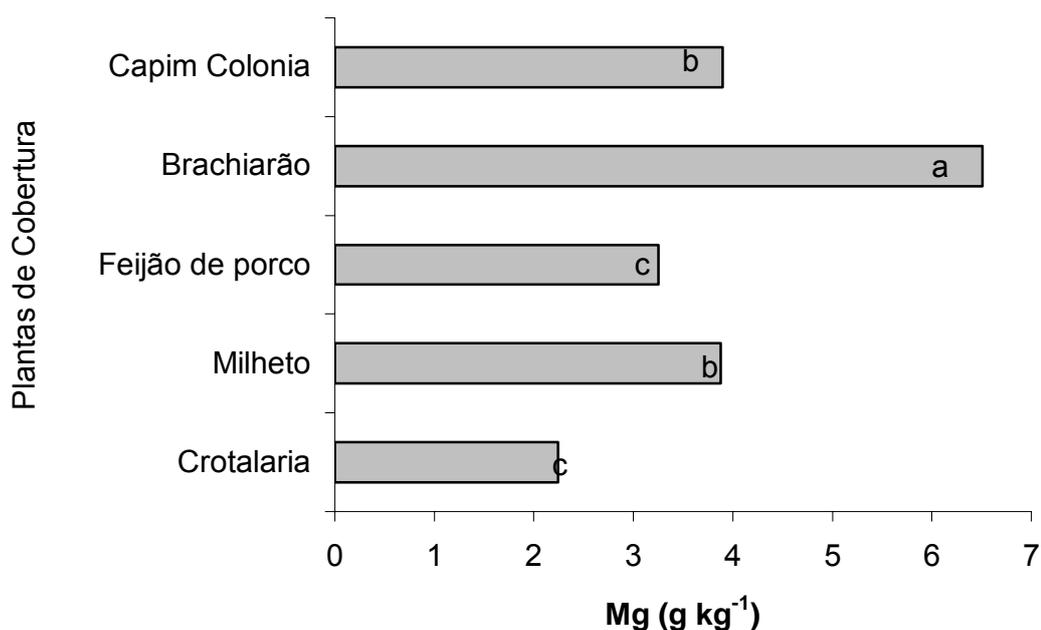


Figura 13 - Teor de Mg na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa a 5 % pelo Teste de Duncan

Tabela 8 - Quadrado médio e níveis de significância para as quantidades extraídas de macronutrientes na massa seca da parte aérea de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004.

F.V.	GL	Quadrado Médio					
		C	N	P	K	Ca	Mg
Tratamento	4	6471183,89*	31152,45*	226,34*	32347,79*	6213,25*	1989,50*
Blocos	4	280363,74	903,71	20,44	1490,77	127,55	52,37
Resíduo	16	124528,41	638,48	11,75	1012,98	123,80	23,96
M.Geral	-	2882,52	100,74	15,06	187,13	36,89	28,83
C.V (%)	-	12,242	25,082	22,745	17,008	30,156	16,973

* Significativo a 1 % pelo teste F

Na Tabela 9 encontram-se as médias das quantidades extraídas de e acumuladas macronutrientes na massa seca da parte aérea das leguminosas e gramíneas.

As quantidades de carbono encontradas no feijão de porco e braquiarião, não apresentaram diferenças estatísticas significativas, porém superiores às demais culturas, que apresentaram valores semelhantes entre si. O feijão de porco e o braquiarião apresentaram grande potencial como espécies incorporadoras de carbono ao solo, com a produção de 3.947,39 e 4.270,66 kg ha⁻¹, respectivamente.

A quantidade de N verificada na massa seca da parte aérea do feijão de porco de 232,81 kg ha⁻¹ foi maior que a observada nas outras espécies, e superior ao valor encontrado por Oliveira et al. (2002) para a mesma cultura, de 150 kg ha⁻¹. Valor esse médio obtido a partir de dados publicados por vários autores. Por outro lado, Fernandes et al. (2005) constataram uma quantidade extraída de 317 kg ha⁻¹ para o feijão de porco, enquanto Cereta, Basso e Herbes. (2002) observaram que as quantidades absorvidas de N corresponderam a 157 kg ha⁻¹.

As quantidades de N constatadas neste trabalho, para o braquiário de 111,99 kg ha⁻¹ e para a crotalaria de 71,12 kg ha⁻¹, foram inferiores às encontradas por Torres et al. (2005), de 130,8 kg ha⁻¹ e de 118,1 kg ha⁻¹, respectivamente, para a mesma cultura. Tal resultado foi consequência da menor produção de massa seca das duas espécies, quando comparadas ao trabalho destes autores.

Para o milheto, o resultado encontrado de 46,05 kg ha⁻¹ foi inferior ao obtido por Oliveira et al. (2002), de 162,71 kg ha⁻¹, e também por Torres et al. (2005) que encontraram valores correspondentes a 165,6 kg ha⁻¹ para esta cultura. Esta diferença entre a quantidade obtida neste trabalho e de outros autores, pode ter sido consequência da menor produção de massa seca da cultura culminando em uma baixa produção por hectare.

Tabela 9 – Quantidades extraídas de nutrientes na massa seca da parte aérea das plantas de leguminosas e gramíneas, cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo de Igarapé-Açú (PA), 2004.

Tratamentos	C	N	P	K	Ca	Mg
	-----kg ha ⁻¹ -----					
Crotalaria	2277,28 b	71,12 c	10,30 b	139,98 c	33,90 b	16,13 c
Milheto	1812,68 b	46,05 c	11,83 b	95,75 d	10,26 d	15,46 c
Feijão de porco	3947,39 a	232,81 a	23,81 a	215,52 bc	97,74 a	28,89 b
Braquiário	4270,66 a	111,99 b	20,66 a	307,14 a	26,84 bc	63,21 a
Capim Colônia	2104,57 b	41,72 c	8,73 b	177,26 bc	15,70 cd	20,48 c

Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas a 5 % pelo teste de Duncan.

As menores quantidades de N foram encontradas no capim colônia, de 41,72 kg ha⁻¹, o qual não diferiu estatisticamente do milheto (46,05 kg ha⁻¹) e da crotalaria (71,12 kg ha⁻¹).

As quantidades de fósforo encontradas na massa seca da parte aérea das plantas do feijão de porco e do braquiário foram iguais estatisticamente porém,

foram superiores as das outras espécies. O milho, a crotalaria e o capim colônia apresentaram as menores quantidades e estatisticamente inferiores às leguminosas. Oliveira, Carvalho e Moraes (2002), trabalhando com o feijão de porco constataram quantidades bem inferiores ($8,35 \text{ kg ha}^{-1}$) aos encontrados neste experimento, de $23,81 \text{ kg ha}^{-1}$. Já Fernandes et al. (2005) obtiveram quantidade de 32 kg ha^{-1} , bem superior à atingida neste trabalho. Com relação a crotalaria, Lopes (2000 a), obteve quantidades de P de 11 kg ha^{-1} , semelhantes as observadas neste trabalho, de $10,3 \text{ kg ha}^{-1}$.

As maiores quantidades extraídas de potássio foram encontradas na massa seca da parte aérea do braquiário, enquanto que, as menores quantidades foram observadas no milho. Oliveira, Carvalho e Moraes (2002) obtiveram $55,61 \text{ kg ha}^{-1}$ no feijão de porco, enquanto que neste trabalho foi atingida uma quantidade de $215,51 \text{ kg ha}^{-1}$, valores muito superiores ao daquele autor. Por outro lado, Lopes (2000 a) constatou uma quantidade acumulada de K de 170 kg ha^{-1} na crotalaria, superior aos $139,98 \text{ kg ha}^{-1}$ alcançados neste trabalho.

A quantidade de cálcio encontrado na massa seca da parte aérea foi superior na cultura do feijão de porco, atingindo $99,74 \text{ kg ha}^{-1}$, enquanto as menores quantidades foram encontradas no milho ($10,26 \text{ kg ha}^{-1}$), com rendimento semelhante estatisticamente ao capim colônia, de $15,70 \text{ kg ha}^{-1}$. Os resultados obtidos para o feijão de porco, foram semelhantes aos alcançados por Oliveira, Carvalho e Moraes (2002) que foi de $100,8 \text{ kg ha}^{-1}$. Por outro lado, no braquiário, Torres et al. (2005) encontraram quantidade acumulada de $130,90 \text{ kg ha}^{-1}$ bem superior à obtida neste trabalho, de $26,84 \text{ kg ha}^{-1}$.

A massa seca do braquiário foi a que apresentou maior quantidades de Mg, em relação às demais culturas estudadas. A crotalaria, o milho e o capim colônia apresentaram as menores quantidades do elemento, que não diferenciaram estatisticamente entre si.

De maneira geral, o braquiário e o feijão de porco destacaram-se como as plantas que apresentaram o maior potencial como extratora de nutrientes, para serem utilizadas como planta de cobertura no SPD.

5 CONCLUSÕES

A *Brachiaria brizantha* foi a planta de cobertura que apresentou maior produção de massa seca e reciclagem dos macronutrientes C, K e Mg da parte aérea, e ainda, elevado potencial para reciclar P; maior persistência dos resíduos vegetais e maior percentagem de cobertura do solo.

O feijão de porco apresentou elevada produção de massa seca, maior reciclagem de N, P e Ca, com elevado potencial para reciclar C, entretanto com baixa persistência dos resíduos vegetais, os quais reduziram a 52% da cobertura do solo.

BIBLIOGRAFIA

- ALLISON, F. E. The fate of nitrogen applied to soils. **Adv. Agron.**, v.18, p.219-258, 1966.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para SPD. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.
- ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; NOVOTNY, E. H. **Plantas de cobertura de solo para SPD**. Informe Agropecuário, Embrapa Milho e Sorgo. 2000.
- ALVES, A. G. C; COGO. N. P; LEVIEN. R. Comparação entre os métodos da transeção linear e fotográfico na avaliação de cobertura vegetal morta, sob dois métodos de preparo, após a colheita da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.491-496, 1998.
- AMABILE, R. F.; FRANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Absorção de N, P, K por espécies de adubos verdes cultivados em diferentes épocas e densidades num latossolo vermelho-escuro argiloso sob cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.837-845, 1999.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.679-686, 1999.
- ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos 100p 2004.
- ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. **Soil Sci.**, 130:211-216, 1980.
- BARTZ, H.R. **Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistemas de produção sob plantio direto**. [s.l.], 2004. Disponível em <<http://www.rau.edu.uy/agro/uepp/siembra6.htm>> Acesso em 17 jan. 2006
- BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KUTRZ, C.; BAPTISTA, A. S.; Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.22, p.705-712, 1998.

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

BROMFIELD, S. M. Sheep faces in relation to the phosphorus cycle under pastures. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.12, n.1, p.111-123, 1961.

CALEGARI, A. Importância da rotação de culturas e da cobertura do solo em sistemas de Plantio Direto. In: Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha, 8.; 2002, Águas de Lindóia SP.: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2002.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1995. 118 p. (Circular, 80).

CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1990. 37 p. (Boletim Técnico, 35).

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

CALEGARI, A.; MONDARNO, A.; BULISANI, E A.; COSTA, M. B. B. da; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. p. 1-56.

CANTO VERDE [s.l.], 2005. <<http://www.rionet.com.br/~cantoverde/relcarbono.html>> Acesso em 17 jan.2006.

CERETTA, C.A., BASSO, C.J., HERBES, M.G. Produção e decomposição de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.49-54, 2002.

CLARK, A. J.; DECKER, A. M.; MEISINGER, J. J. Seeding rate and kill date effects on hairy vetch-cereal rye cover crop mixtures for corn production. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, n.6, p.1065-1070, 1994.

COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; BALOTA, E. L. Atividade microbiana em solos cultivados em SPD. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.84-91, 2001.

DA ROS, C.O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.20, p.135-140, 1996.

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

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

DE-POLLI, H., CHADA, S.S. de. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.3, p.287-293, 1989.

DERPSCH, R., ROTH, C.H., SIDIRAS, N. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo.** Londrina: IAPAR, 1991.272p.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno.** Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1992. 80 p. (Circular, 73).

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, Embrapa Produção de Informações; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999,. 412p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises do solo** / Centro Nacional de Pesquisas de Solos. – 2. ed. rev. atual. - Rio de Janeiro, 1997. 212p. : il. (EMBRAPA-CNPS. Documentos; 1).

FERNANDES, A.R.; SILVA, G.R. da; MORAIS, F.I. de O.; MARTINS, A.R.A. Teores e acúmulos de nutrientes em adubos verdes cultivados sob diferentes doses de calcário e de fósforo. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências Naturais**, v.1 n.2, p.139-147, maio/agosto, 2005.

GASSEM, D; GASSEM, Flávio, **Plantio Direto o caminho do futuro**, Passo Fundo R.S.: Aldeia Sul, 1996. 207p.

GIACOMINI S.J. , AITA C, HÜBNER., A. PAULO; (LUNKES A GUIDINI, AMARAL. E. B.Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.38, n.9, p. 1097-1104, set. 2003).

GIACOMINI, S. J. **Consortiação de plantas de cobertura no outono / inverno e fornecimento de nitrogênio ao milho em sistema plantio direto.** 2001. 124 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

HARTWIG, R. O; LAFLEN, J.M. A meters tick method for measuring crop residue cover. **J. Soil Water. Conserv.**, 33:90-91, 1978.

HECKLER, J.C.; HERNANI, L.C.; PITOL, C. Palha. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. **Sistema de plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Dourados: Embrapa-SPI, 1998. p.38-49.

IGUE, K.; ALCOVER, M.; DERPSCH, R.; PAVAN, M. A.; MELLA, S. C.; MEDEIROS, G. B. **Adubação orgânica.** Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1984. (Informe da Pesquisa, 59).

JONES, M. B.; WOODMANSEE, R. G. Biogeochemical cycling in annual grassland ecosystems. **Botany Review**, New York, v. 45, n. 2, p. 111-144, 1979.

LOPES, A. S., WIETHÖLTER, S., GUILHERME, L. R. G., SILVA; C. A. **Sistema Plantio Direto: Bases Para O Manejo Da Fertilidade Do Solo.** São Paulo: ANDA, 2004. 70 p

LOPES, O. M. N. *Crotalaria juncea* L. e *Crotalaria spectabilis* Roth. **LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE DO SOLO E ALIMENTAÇÃO ANIMAL** Recomendações Técnicas nº 14, EMBRAPA Amazônia Oriental. Altamira-PA 2000 a.

LOPES, O. M. N. **Feijão de porco leguminoso para controle de mato e adubação verde do solo.** Recomendações técnicas N ° 12 EMBRAPA Amazônia Oriental. Altamira-PA. 2000 b.

- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. Ceres, SP. 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química Agrícola: Adubos e adubação**. Ceres, SP.1981. 607p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: Nutrição de plantas e fertilidade do solo**. Ceres, SP 1976. 528 p.
- MALAVOLTA, E.; PAULINO, V.T. Nutrição mineral e adubação do gênero *Brachiaria*. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNERO BRACHIARIA, 2., Nova Odessa, 1991. **Encontro...** Nova Odessa: 1991. p.45-136
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: **princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MANAH - S/A. **Plantio Direto**. Assessoria Agrônômica. Eng. Agrônomo. Fernando Penteados Cardoso Presidente do Conselho de Administração e consultor da Manah/(SA). São Paulo SP 1980.
- MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: **MINERAL nutrition of higher plants**. 2nd ed. San Diego: Academic, 1995. p. 229-312.
- MELLO, I. **Desenvolvimento Sustentável com Plantio Direto**. Boletim Informativo da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (FEBRAPDP). Associada a CAAPAS-Confederación de Asociaciones Americanas para la Agricultura Sustentable Ano 2, Número 7, Outubro / Dezenbro de 2001.
- MENGEL, K. Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops. **Plant Soil**, 181:83-93, 1996.
- NETO, J. J. DIAS; COLLIER, L. S; BRITO, D. R; CASTRO, D. V., RIBEIRO, P. A. A; RODRIGUES, A. C. Avaliação da Decomposição de Duas Espécies de Fitomassa Sobre Plantio Direto no Sul do Estado do Tocantins. Congresso Brasileiro de Ciência de Solo, 30. 2005, Recife. Anais. Recife:Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 2005. 4 p
- NICOLARDOT, B.; RECOUS, S; MARY, B. Simulation of C and N mineralisation during crop residue decomposition: A simple dynamic model based on the C/N ratio of the residues. **Plant Soil**, 228:83-103, 2001.
- OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 2, p.393-486, 2002.
- OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J. C.; MORAES, R .N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, ago. 2002.
- PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Dynamics of residue decomposition and soil organic matter turnover**. In: **SOIL microbiology and biochemistry**. 2nd ed. San Diego: Academic, 1996. p. 158-179.
- ROSA JUNIOR, E. J. **Efeitos de sistemas de manejo na cultura do milho (*Zea mays L.*) em um Latossolo Roxo na região de Dourados - MS**. 2000. 112p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- SÁ, J. C. M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1993. 96 p.

SDC - Sítio Duas Cachoeiras. **Educação e Agricultura**, [s.l.], 1985. Disponível em <<http://www.sitioduascachoeiras.com.br/reinos/vegetal/composto.html>> Acess em 20 dez. 2005

SLONEKER, L.L.; MOLDENHAUER, W.C. Measuring the amounts of crop residue remainig after tillage. **J. Soil Water. Conserv.**, 32:231-236, 1977.

SMIDERLE, O. J. GIANLUPPI, D. – Pesquisadores da Embrapa Roraima. Informações obtidas do site: http://www.revistarural.com.br/Edicoes/2004/Artigos/rev75_agricultura.htm.

SOUZA W. J. O ; MELO W. J. MELO. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, p.1113-1122, 2003.

SPAIN, J. M.; SALINAS, J. G. A reciclagem de nutrientes nas pastagens tropicais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16., 1984, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, 1985. p.259-299.

SPEHAR, CARLOS. Embrapa lança Amaranto “BRS ALAGRIA” **alternativa para a agricultura tropical**. Associação do Plantio Direto no Cerrado. Revista de divulgação da APDC, março/abril 2002.

STEVENSON, F.J. **Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, and micronutrients**. New York: John Wiley & Sons, 1985. p.167-78.

STOTT, D.E.; STROO, H.F.; ELLIOTT, L.F.; PAPENDICK, R.J.& UNGER, P.W. Wheat residue loss from fields under no-till management. **Soil. Soc. Am. J.**, 54:92-98, 1990.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise do solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

TORRES, J. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I. ; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.29, n.4, p.609-618, 2005.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em solo sob diferentes sistemas de manejo, estimado por métodos de fumigação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 22:411-7, 1998.

WILKINSON, S. R.; LOWREY, R. W. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems. In: BUTLER, G. W.; BAILEY, R. W. (Ed.). **Chemistry and biochemistry of herbage**. London: Academic, 1973. p. 247-325.

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

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **Sistema de análise estatística para microcomputadores (SANEST)**. Pelotas: UFPel - Departamento de Matemática e Estatística, 1991. 101p.

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](#)