

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**PLANTAS DE COBERTURA E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CULTIVARES DE
ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADAS NO CERRADO**

GEOVANE LIMA GUIMARÃES
Engenheiro Agrônomo

Ilha Solteira
Estado de São Paulo – Brasil
2008

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**PLANTAS DE COBERTURA E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CULTIVARES DE
ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADAS NO CERRADO**

GEOVANE LIMA GUIMARÃES
Orientado

Prof. Dr. SALATIÉR BUZETTI
Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Ilha Solteira
Estado de São Paulo – Brasil
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

G963p Guimarães, Geovane Lima.
 Plantas de cobertura e adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas irrigadas no cerrado / Geovane Lima Guimarães. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2008
 52 f.

 Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2008

 Orientador: Salatiér Buzetti
 Bibliografia: p.44-52

 1. Arroz. 2. Uréia como fertilizante. 3. Crotalária. 4. Mucuna-preta. 5. Milheto.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: PLANTAS DE COBERTURA E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CULTIVARES DE ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADAS NO CERRADO

AUTOR: GEOVANE LIMA GUIMARÃES

ORIENTADOR: Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AGRONOMIA pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ORIVALDO ARF

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MOREL DE PASSOS E CARVALHO

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ITAMAR ANDRIOLI

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. JOSE FREDERICO CENTURION

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 28 de julho de 2008.

Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

DEDICATÓRIA

- A **Deus**, grande Luz do Universo, fonte eterna de Amor, Vida e Espírito! Poderosa força, na qual todos estão mergulhados; construtor e mantenedor do deslumbrante espetáculo da vida; amor sem fronteiras que faz pulsar o coração dos pássaros, dos bandidos e dos homens de bem!...
- Aos meus pais, irmãos e amigos, presentes desse Deus maravilhoso em minha vida!

≈ ≈

“Ser feliz não é apenas comemorar o sucesso, mas aprender lições nos fracassos; é atravessar desertos fora de si, mas ser capaz de encontrar um oásis no recôndito da alma... E, se você errar o caminho, recomece tudo de novo.”

(Autor desconhecido)

“Boa **terra** em teus pés, **água** o bastante em tua semente, bom **vento** para o teu sopro, **fogo** em teu coração e muito **amor** em teu ser.”

(Jean-Yves Leloup)

AGRADECIMENTOS

A realização do presente trabalho só foi possível graças ao apoio de instituições e pessoas, a quem o autor deseja expressar os seus mais sinceros agradecimentos:

- À UNESP-Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, pela grande oportunidade de realizar o doutorado.
- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro à realização da pesquisa.
- Ao Professor Dr. Salatiér Buzetti, orientador, professor e amigo incondicional, pelas demonstrações de que jamais estamos sozinhos e que quando existirem apenas 2 pegadas na areia, é porque Deus está nos levando em seus braços.
- Aos docentes do Programa de Pós-graduação em Agronomia, especialmente Marlene Cristina Alves, Regina Maria Monteiro de Castilho, Marco Eustáquio de Sá, Edson Lazarini, Morel Passos de Carvalho, Orivaldo Arf, Alcebíades Ribeiro Campos, Mário Luiz Teixeira de Moraes, Luiz Malcolm Mano de Melo, Kátia Luciene Maltoni e Marcelo Andreotti, pelos constantes ensinamentos e fortes laços de amizade.
- Aos técnicos de laboratórios e campo, bem como, aos funcionários da biblioteca da UNESP-FEIS, essenciais durante o doutorado e à realização deste trabalho.
- Aos meus amigos e colegas da pós-graduação, especialmente Elza Militão, Cleiton Benett, Katiane Santiago, Odair Lemos, Elioséas Vicente de Almeida, Karen Narimatsu, Rafael Montanari, Fabiana Garcia, Lísia Borges Atílio e Hernandes. A todos vocês, muito obrigado pelo companheirismo e bons momentos vividos!

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1. Caracterização geral do experimento	24
3.2. Avaliações	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Produtividade de fitomassa seca e acúmulo de nutrientes pelas plantas de cobertura do solo	29
4.2. Efeitos dos tratamentos sobre o N do solo	32
4.3. Desempenho da cultura do arroz	34
5. CONCLUSÕES	43
6. REFERÊNCIAS	44

LISTA DE TABELAS

	Página
01. Resultados da análise química para avaliação inicial da fertilidade do solo	25
02. Quantidade de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na fitomassa seca (FS) da parte aérea da crotalária, do milheto, da mucuna-preta e da vegetação espontânea (pousio), na época do manejo mecânico. Selvíria-MS, 2001/2002.....	30
03. Plantas identificadas nas áreas sob pousio	31
04. Teores de N-total, N-NH ₄ ⁺ e N-NO ₃ ⁻ no solo, na época do florescimento do arroz, em função das doses de N, sistemas de cobertura e camadas do solo, na implantação do sistema plantio direto. Selvíria-MS, 2001/2002.	33
05. Número de dias para emergência, florescimento e ciclo.....	34
06. Teores de macronutrientes nas folhas de cultivares de arroz de terras altas, em função de adubos verdes e doses de N, na implantação do sistema plantio direto.....	35
07. Altura da planta; número de panículas m ⁻² e % de colmos férteis, de cultivares de arroz de terras altas na implantação do sistema plantio direto, em Selvíria-MS, 2001/02, sob influência da adubação nitrogenada e plantas de cobertura do solo.....	37
08. Número de espiguetas por panícula: total, granadas e chochas; e fertilidade das espiguetas, de cultivares de arroz de terras altas na implantação do sistema plantio direto, em Selvíria-MS, 2001/02, sob influência da adubação	

nitrogenada e plantas de cobertura do solo.....	39
09. Produtividade de grãos; massa de 1000 grãos; rendimento de grãos no benefício, de grãos inteiros e grãos quebrados, de cultivares de arroz na implantação do sistema plantio direto, em Selvíria-MS, 2001/02, sob influência da adubação nitrogenada e de plantas de cobertura do solo.....	41

GUIMARÃES, G.L. **Plantas de cobertura e adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas irrigadas no cerrado**. 2008. 52f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

Autor: Geovane Lima Guimarães

Orientador: Dr. Salatiér Buzetti

Resumo - O nitrogênio é o nutriente que geralmente mais influencia no rendimento de grãos de arroz, tendo sua dinâmica no sistema solo-planta alterada pelo manejo utilizado. Com o objetivo de avaliar a produtividade e quantidade de nutrientes da fitomassa de plantas de cobertura do solo e o efeito do uso isolado e combinado de adubos verdes e uréia como fontes de nitrogênio para o arroz de terras altas na implantação do sistema plantio direto, foi conduzido um experimento durante o ano agrícola 2001/02 na Fazenda Experimental da UNESP/FEIS, no município de Selvíria-MS, em área de Latossolo Vermelho Distroférrico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 24 tratamentos e quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 4x2x3, constituído de quatro sistemas de cobertura do solo: mucuna-preta, crotalária, milho e pousio, dois cultivares de arroz: Primavera e IAC-202 e três níveis de N-uréia: 0, 50 e 100 kg ha⁻¹. Para solo, realizaram-se avaliações químicas nas camadas de 0,0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, para pH, Ca, Mg, P, K, MO, H+Al e Al, N-total, e N mineral (NH₄⁺ e NO₃⁻). Determinou-se a produtividade de fitomassa seca das plantas de cobertura e da vegetação espontânea (pousio); concentração de nutrientes nos adubos verdes, vegetação espontânea e na cultura do arroz à época do florescimento; ciclo e altura do arroz; número de panículas e colmos férteis m⁻²; número de espiguetas (total, chochas e granadas), rendimento de grãos no benefício, de inteiros e quebrados, além da produtividade de grãos. A sucessão crotalária-arroz foi a que promoveu maior produtividade de grãos, sendo o IAC-202 o cultivar mais produtivo. O milho apresentou maior produtividade de fitomassa seca, sendo a melhor opção dentre as espécies de cobertura do solo

avaliadas. As doses de N aumentaram linearmente a produtividade de grãos, mas não interferiram na massa de 1000 grãos e no rendimento de benefício de grãos inteiros e quebrados. O aumento das doses de N provocou queda no número de espiguetas chochas por panícula, tendo reflexos positivos no aumento de produtividade de grãos. O N do solo não foi influenciado pelas doses de N utilizadas, havendo efeito apenas para as camadas de solo, com teores maiores na camada superficial (0,0 – 0,10m).

Termos para indexação: *Oryza sativa*, adubação nitrogenada, crotalaria júncea, mucuna-preta, milho.

GUIMARÃES, G.L. **Covering plants and nitrogen fertilizer for highlands rice irrigated in savanna soil.** 2008. 52f. Tese (Doctor) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

Author: Geovane Lima Guimarães

Adviser: Dr. Salatiér Buzetti

Abstract - Nitrogen is the nutrient that usually more influences in the rice yield. It has a complex dynamic in the soil-plant system being it changed by soil management. This study was conducted at Experimental Station of UNESP/FEIS, located in Selvíria-MS country, in a dystroferric Red Latosol (Haplustox) with the objective of evaluating the productivity and amount of nutrients from mass of covering plants of soil and the effect of the isolated and combined use of covering plants and fallow besides urea as sources of nitrogen for the highlands rice in the implantation of the no till system during the agricultural year 2001/02. The used experimental design was a randomized blocks with 24 treatments and four repetitions, disposed in a factorial scheme 4x2x3, constituted of four systems of covering plants of the soil: velvet bean, sunn hemp, millet and spontaneous vegetation (fallow); two rice cultivars: Primavera and IAC-202; and three N doses: 0, 50 and 100 kg ha⁻¹ (Urea). It was evaluated: Soil chemical analysis in the layers from 0.0 to 0.10, 0.10 to 0.20 and 0.20 to 0.30 m, for pH, Ca, Mg, P, K, OM, H+Al and Al, N-total, and N mineral (NH₄⁺ and NO₃⁻); the productivity of dry matter of the covering plants and of the spontaneous vegetation (fallow); concentration of nutrients in the covering plants, spontaneous vegetation and in the rice crop at flowering; cycle and height of the rice; panicles number and stems fertile m⁻²; spikelets number, grain quality, besides grain yield. The succession sunn hemp - rice promoted larger grain yield, being IAC-202 the cultivar more productive. The millet presented larger productivity of dry matter, being the best option among the species of covering plants. The doses of N increased the grain yield lineally, but they did not interfere in the mass of 1000 grains and in grain quality. The increase of the doses of N decreased the number of weak spikelets per panicle, relating with increasing of grain yield. N into the soil was not

influenced by N doses, having effect on soil layers, with higher content in the surface layer (0.0 – 0.10m).

Index terms: *Oryza sativa*, nitrogen fertilizer, velvet bean, sunn hemp, millet.

1. INTRODUÇÃO

A expansão das áreas de cultivo no sistema plantio direto (SPD) em diversas regiões do território brasileiro tem sido notável nos últimos anos. A busca pela qualidade do solo como base de sustentação do sistema de produção tem despertado o desafio de compreender um sistema que, além de reduzir sensivelmente a degradação do meio ambiente, quando bem conduzido, permite maior retorno econômico ao agricultor. O emprego efetivo do sistema plantio direto mostra-se muito importante e eficiente para as regiões tropicais e subtropicais exploradas com agricultura, possibilitando uma maior ciclagem biológica e conservação de nutrientes.

Dentre os cereais, o arroz é o mais consumido no mundo, devido à dieta básica de mais de 50% da população mundial. A maior área e consumo de arroz estão no continente asiático, sendo a China e a Índia seus maiores produtores e consumidores. A importância da cultura do arroz para o Brasil aumenta, juntamente com o feijão, na medida em que cresce o contingente populacional interno; aqui, ele é cultivado em dois ecossistemas denominados várzeas e terras altas, sob diversos sistemas de cultivo. O sistema irrigado, responsável por aproximadamente 60% da produção nacional, predomina nas várzeas da Região Sul do país. Nesse sistema, o cultivo mínimo, a semeadura direta e o pré-germinado, especialmente no Estado de Santa Catarina, estão se expandindo rapidamente. Nas demais áreas produtoras, situadas na região tropical, o uso de várzeas com e sem irrigação controlada são alternativas comuns. A cultura de arroz no sistema de terras altas vem se apresentando como um componente fundamental em sistemas agrícolas, tanto em cultivo sem irrigação como irrigado por aspersão, enquanto o sistema de sequeiro tradicional, de abertura de novas áreas, está diminuindo em importância.

A maioria dos solos da região de cerrado, em condições naturais, apresenta baixa produtividade, devido ao caráter álico e aos baixos teores de quase a totalidade dos nutrientes minerais de plantas. A orizicultura no país vem se expandindo, principalmente com o incremento de utilização de áreas de cerrado no Brasil-Central. No sistema de terras altas, que representa cerca de 60% da área cultivada, têm sido obtidos rendimentos muito baixos, principalmente na região do cerrado, onde o arroz é

geralmente conduzido como cultura exploratória ou de subsistência, sem adoção de tecnologia adequada. A produtividade é muito baixa, tendo em vista que a cultura é instalada em solos de baixa fertilidade, com problemas de regime de chuvas e falta de infraestrutura para absorver um sistema de manejo mais tecnificado. Assim, a determinação do real potencial de espécies de leguminosas destinadas à adubação verde, a fim de favorecer o desenvolvimento das plantas em solos de baixa fertilidade, poderá trazer benefícios para o médio e pequeno agricultores. A adubação verde na orizicultura brasileira é pouco conhecida, sendo que nos países asiáticos, principalmente Filipinas, essa técnica tem sido estudada e utilizada como fonte alternativa de N para a cultura do arroz. A adubação verde é uma prática que, além de fornecer quantidades expressivas de N, em função da fixação biológica, contribui no aproveitamento e reciclagem de outros nutrientes, preservando, assim, condições nutricionais mais adequadas durante o ciclo das culturas e melhoria na qualidade dos produtos.

No Brasil, a adoção da prática de adubação verde é pouco difundida entre os agricultores, devido à falta de conhecimento do seu potencial como fonte de nutrientes para as plantas e pela inexistência de um sistema de manejo adequado, que evite a perda de um ano agrícola para produção de massa verde. Uma forma de resolver esse problema é utilizar espécies destinadas à adubação verde que possam ser cultivadas na entressafra.

Vários fatores afetam a produtividade do arroz, destacando-se, entre eles, o fator nutricional, o qual varia em função dos regimes de cultivo, sendo o N, dentre os macronutrientes, o mais limitante, o segundo mais exigido pelo arroz e o mais exportado com o produto colhido. Deste modo, o trabalho teve como objetivos: (a) avaliar a produtividade e as quantidades de nutrientes na fitomassa de plantas de cobertura do solo; (b) avaliar a eficiência do uso isolado e combinado de adubos verdes e uréia como fontes de nitrogênio para o arroz de terras altas na implantação do SPD, em Latossolo Vermelho distroférico, no cerrado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Lal (1989), 35% das terras agrícolas apresentam algum problema de fertilidade, e aumenta a cada ano a quantidade de áreas degradadas. Cerca de 7 milhões de hectares ano⁻¹ são danificados pela disseminação dessa agricultura moderna, em todas as regiões do planeta. O autor relata ainda que, mantendo-se os níveis atuais de crescimento populacional e a taxa atual de má utilização dos solos, em 2100 será atingido o limite de sustentabilidade, que é 0,14 ha, área mínima per capita. Assim, em um novo quadro para a exploração dos solos, deve-se primar pelo manejo e com o comprometimento de recuperar os solos hoje depauperados.

O SPD baseia-se em sistemas de rotação de culturas e caracteriza-se pelo cultivo em terreno coberto por palha na ausência de preparo de solo, por tempo indeterminado. Nesse sistema, utiliza-se semeadora específica para o corte da palha, abertura de pequeno sulco e deposição de sementes e adubos. Realiza-se o controle químico das plantas daninhas e um conjunto de outras práticas conservacionistas, que permitem manter uma cobertura morta sobre o solo em quantidade e qualidade adequadas para melhorar a sustentabilidade de todo o ecossistema (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA, 1997). No Brasil, a área cultivada no SPD passou de 2 milhões de hectares na safra 1992/1993, para 25,5 milhões de hectares na safra 2005/06 (FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA - FEBRAPDP, 2008), o que o torna o segundo país em área cultivada em SPD, superado apenas pelos Estados Unidos.

A cultura do arroz é considerada uma das mais importantes em termos de alimento básico à população humana. Representa, também, a base da economia em inúmeros países do mundo, encontrando-se amplamente distribuída em regiões tropicais, subtropicais e temperadas de todos os continentes. Trata-se de uma espécie que é cultivada em condições de sequeiro, de várzea úmida e sob irrigação.

O arroz no Brasil é produzido nos ecossistemas de várzea e de terras altas, sob diversos sistemas de cultivo, a saber: (a) irrigado por inundação e (b) várzea úmida, no ecossistema de várzeas; (c) sequeiro e (d) irrigado por aspersão, no ecossistema de

terras altas (VIEIRA et al., 1999).

No ecossistema de várzeas, a cultura do arroz pode ser utilizada em várzeas sistematizadas, com controle da lâmina de água, como também em várzeas úmidas, não sistematizadas, irrigadas pela água da chuva ou pela elevação do lençol freático. Sob condições de solo inundado, como ocorre no sistema de cultivo irrigado, a conseqüente criação de condição anaeróbia implica em uma série de transformações químicas, microbiológicas e físicas que influenciam, não só o desenvolvimento da planta de arroz, como também a absorção de nutrientes e o manejo do solo.

A maior parcela da produção de arroz do país é proveniente do sistema irrigado por inundação, sendo cultivado em várzeas sistematizadas e com controle de lâmina de água. Os métodos de preparo do solo e de semeadura dependem do nível de sistematização do terreno. Em áreas em desnível, são utilizados o sistema convencional, o cultivo mínimo e o semeadura direta, com semeadura em solo seco. Em áreas sistematizadas, a tendência atual é o uso de sementes pré-germinadas, cuja distribuição é feita em solo inundado.

O cultivo do arroz no sistema de várzea úmida caracteriza-se pelo baixo nível de insumos. Em geral, esse tipo de exploração utiliza alto índice de mão-de-obra familiar, pequenas áreas e máquinas de pequeno porte, não existindo a preocupação com a construção de sistemas de controle e eliminação de água. Os cultivares normalmente usados são tradicionais, e a implantação da cultura é feita por meio de semeadura direta ou do transplante de mudas. A época de semeadura é limitada pela capacidade de manejar o solo, ou seja, uma vez iniciadas as chuvas, nos meses de outubro ou novembro, inicia-se de imediato o preparo do solo e a semeadura (VIEIRA et al., 1999).

O arroz de terras altas caracteriza-se pela condição aeróbia de desenvolvimento radicular da planta. A região Centro-Oeste é a mais importante no cultivo do arroz de terras altas. Esse sistema de cultivo é caracterizado pela utilização de máquinas em todas as operações agrícolas. A utilização de mão-de-obra é baixa e requer especialização. Embora exista tecnologia desenvolvida para esse sistema de cultivo, o agricultor em geral não a utiliza, seja por desconhecimento ou por falta de interesse. Assim, as características básicas desse sistema podem ser descritas como: baixa utilização de insumos; preparo do solo mal feito ou inadequado (uso intensivo de

grades aradoras); manejo inadequado da cultura; e utilização de cultivares não adaptadas e de baixo potencial produtivo. A instabilidade climática durante o período de cultivo e a ocorrência de doenças (brusone) e pragas (cupins), influenciaram de maneira marcante a resposta do arroz de terras altas e levaram a atribuir a essa cultura o rótulo de “cultura de alto risco”, sendo que, de fato, quando manejada dessa forma, apresenta produtividades médias raramente superiores a $2,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ (VIEIRA et al., 1999). Séguy e Bouzinac (1992) indicaram que, quando manejada de maneira adequada e dentro de uma visão sistêmica, a cultura do arroz é capaz de apresentar produtividades que facilmente ultrapassam $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Ainda, segundo Vieira et al., 1999, no ecossistema de terras altas, a diferença básica entre o sistema de cultivo com irrigação por aspersão e o sistema sem irrigação, está na capacidade de o agricultor efetuar irrigação em suas lavouras sempre que necessário, eliminando assim os riscos decorrentes da falta ou má distribuição das chuvas. O sistema de cultivo de arroz com irrigação por aspersão caracteriza-se pelo intenso uso do solo, com rotação de culturas e elevado uso de tecnologia. Os cultivos feitos na estação chuvosa (outubro-maio) fazem uso da irrigação para fornecer água nos períodos de estiagem. É sabido que no início do período das águas, a ocorrência de precipitações é irregular, e também que, nos meses de janeiro e fevereiro, pode ocorrer um período de estiagem. De modo geral, os agricultores que usam irrigação por pivô central cultivam o feijoeiro durante o inverno, ou mesmo trigo, utilizando milho, arroz ou soja durante o verão, onde o milho representa cerca de 80% da rotação de culturas nessas áreas e o arroz, embora venha sendo pouco utilizado, é a cultura de maior potencial para o sistema no futuro. Esses agricultores, em geral, observam as recomendações técnicas, utilizando fertilização adequada e fazendo manejo adequado das culturas. Sob essas condições, os cultivares de arroz utilizados no sistema, embora ainda apresentem algumas limitações, produzem entre $3,5$ e $5,0 \text{ Mg ha}^{-1}$. Contudo, para que o arroz seja um componente rentável nesse sistema, o cultivar deve possuir algumas características básicas, como: ciclo curto; resistência ao acamamento; elevado potencial produtivo; e boa qualidade de grão. Além disso, dados experimentais evidenciaram que o cultivar adequado ao sistema de cultivo com irrigação por aspersão deve apresentar características intermediárias ao sequeiro tradicional e ao irrigado.

O arroz no Brasil, segundo estimativas da CONAB (2008), na safra 2007/08 foi cultivado em 2,882 milhões de hectares, resultando em 12.182.900 Mg de grãos de arroz em casca, sendo que a Região Centro-Oeste contribuiu com cerca de 13% do total da área cultivada. O cultivo do arroz é realizado, em grande parte, sem irrigação, sobretudo no sudeste, centro-oeste e nordeste do país, com produtividades pouco acima de 2 Mg ha⁻¹, diferindo enormemente das obtidas no sistema irrigado, geralmente superiores a 5 Mg ha⁻¹, encontrado em sua maioria nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

A Região Centro-Oeste é a mais importante no cultivo de arroz de sequeiro tradicional mecanizado. Nessa região, em geral, os solos são latossolos muito profundos, com boas características físicas, mas de baixa fertilidade. O arroz, por sua tolerância à acidez (SARKARUNG, 1986), foi utilizado nessa região como elemento de abertura de áreas para a implantação de pastagens melhoradas e outras culturas, como o milho e a soja (EMBRAPA, 1981).

A formação e manutenção da cobertura morta nos trópicos, com destaque para o cerrado, foram alguns dos principais obstáculos encontrados para o estabelecimento do plantio direto. A cobertura morta resultante dos restos culturais e/ou plantas daninhas geralmente é insuficiente para a plena cobertura do solo, podendo comprometer a eficiência do plantio direto. São necessários ainda mais estudos sobre este tema no cerrado, já que a perenização do sistema plantio direto é dependente da adequada proteção da superfície do solo, sem a qual muitas das vantagens do sistema podem deixar de existir em toda a sua plenitude.

Segundo Calegari et al. (1992), a adubação verde caracteriza-se pela utilização de plantas em rotação, em sucessão ou em consorciação com as culturas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, visando a proteção superficial, bem como a manutenção e a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, inclusive a profundidades significativas. A quantidade de nitrogênio fixado da atmosfera representaria uma economia de cerca de 15 bilhões de dólares, além de racionalizar o uso de adubações fosfatadas, com a utilização de fosfatos naturais, se ¼ da área utilizada na agricultura fosse praticada com adubação verde.

A determinação de sistemas agrícolas adequados para diferentes condições edafoclimáticas regionais é importante para a manutenção da capacidade produtiva dos solos e para a redução do uso de fertilizantes minerais, com a consequente redução dos custos de produção. O uso de leguminosas nos sistemas de rotação de culturas é indispensável, principalmente aquelas apresentando sistema radicular profundo. Nos sistemas de produção de gramíneas, as leguminosas, apesar de não substituírem totalmente a adubação mineral, são importantes em regiões onde o N tem custo elevado.

As leguminosas tropicais de crescimento rápido, com 30 a 40 dias de desenvolvimento fornecem de 40 a 80 kg ha⁻¹ de N; esta quantidade é menos eficiente que a correspondente de fertilizante inorgânico, mas ambas as fontes podem ser combinadas para aumentar a eficiência de recuperação pela cultura do arroz do N adicionado, sendo que se 70 a 80 kg ha⁻¹ de N forem adicionados na forma de adubo, aproximadamente 35 a 50% são recuperados pelo arroz (CALEGARI et al., 1992). Desta maneira, o adubo verde pode ser considerado como uma fonte complementar de nitrogênio.

O suprimento inadequado de N às plantas no SPD, comparativamente ao convencional, deve-se à maior perda de nitrato pela lixiviação, menor decomposição dos restos de culturas, maior volatilização de amônia e maior imobilização microbiana (ARGENTA et al., 1997; SALET et al., 1997; WIETHOLTER, 1997). Acredita-se que o problema não deverá ocorrer com grande intensidade nos cultivos após leguminosas, mas sim, após gramíneas, por estas apresentarem fitomassa seca com alta relação C/N. A introdução de material orgânico com alta relação C/N aumenta a atividade microbiana, que por sua vez determina o aumento da imobilização do nitrogênio e sua menor disponibilidade inicial às plantas (RIZZARDI, 1995).

Atualmente, entre as diversas leguminosas promissoras para adubação verde na região dos cerrados, destacam-se: mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), guandu (*Cajanus cajan*), crotalárias (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria paulina* e *Crotalaria spectabilis*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) (PEREIRA et al., 1992). A mucuna-preta apresenta desenvolvimento vegetativo eficiente e acentuada

rusticidade nesse ecossistema, adaptando-se bem às condições de deficiência hídrica e de temperaturas altas. Floresce e frutifica de maneira variável, porém, não possui reação fotoperiódica (BURLE et al., 1988). Corroborando com essas afirmações, estudos realizados por Amabile et al. (2000) mostraram a não influência das condições climáticas e do fotoperíodo sobre o florescimento da mucuna-preta, em função das épocas de semeadura. Ademais, Guimarães (2000) obteve produção de matéria seca da mucuna-preta cultivada experimentalmente em Selvíria (MS), superior a $7,0 \text{ Mg ha}^{-1}$, comprovando o grande potencial desta espécie como adubo verde para o cerrado.

O potencial da mucuna-preta como adubo verde para o fornecimento de N à cultura do arroz de sequeiro foi estudado por Silva (1991), o qual observou que 42% do N absorvido pelo arroz foram provenientes da mucuna. Segundo o mesmo autor, o N residual da mucuna no solo após um segundo cultivo representou cerca da metade do adicionado como adubo verde, onde parte deste N é representada pelas formas menos disponíveis de N ou aquelas de difícil mineralização. Estas observações reforçam a importância do uso da mucuna como adubo verde e de todos os benefícios decorrentes.

A crotalária júncea responde ao fotoperíodo, comportando-se como planta de dias curtos (PURSEGLOVE, 1968) e se destaca pela possibilidade de se desenvolver em solos pobres e com baixo teor de matéria orgânica. Em trabalhos realizados com mucuna-preta, guandu e crotalária júncea nos cerrados, Pereira (1988), Pereira et al. (1992), Amabile et al. (1994) e Amabile et al. (2000) verificaram maiores produções de matéria seca quando a semeadura foi realizada no início da estação chuvosa, em relação à semeadura em meados e final da estação chuvosa nessa região.

A cultura do milheto tem se expandido de forma acelerada nos solos de cerrados, apresentando-se como ótima opção de cobertura morta na semeadura direta, por apresentar alta resistência à seca, adaptação a solos de baixa fertilidade e elevada capacidade de produção de biomassa (SALTON; KICHEL, 1998). Guimarães (2000) relatou produção de matéria seca do milheto cultivado em Selvíria-MS, superior a $7,0 \text{ Mg ha}^{-1}$. Semeando milheto em várias épocas, em Planaltina-DF, Uemura et al. (1997) também comprovaram o grande potencial desta gramínea como alternativa de cobertura do solo, obtendo-se produção de matéria seca superior a 13 Mg ha^{-1} .

O N é o nutriente que apresenta melhores efeitos sobre os rendimentos do arroz, podendo ser considerado como fator determinante no aumento da produtividade grãos. O arroz necessita de N durante a fase vegetativa para aumentar o número de perfilhos e, conseqüentemente, o número de panículas; durante a fase reprodutiva, para aumentar o número de espiguetas panícula⁻¹; na maturação, é importante para o processo de fotossíntese, mantendo as folhas verdes e, conseqüentemente, aumentando a porcentagem de espiguetas granadas (FAGERIA, 1998). Entretanto, devido a pouca tecnologia empregada no cultivo do arroz de sequeiro e aos elevados custos dos fertilizantes nitrogenados, pouco se evoluiu em termos de produtividade no cerrado. Buscam-se, assim, tecnologias mais favoráveis à elevação da produtividade do arroz de sequeiro, havendo necessidade de avaliações do manejo correto da adubação nitrogenada, aliada à adubação verde como fonte de N e palhada para o arroz de sequeiro em SPD no cerrado.

A influência da menor disponibilidade de N para o arroz de terras altas na semeadura direta sobre a produtividade não é diferente da observada em outras gramíneas, porém, há um agravante: por apresentar sistema radicular predominantemente superficial, o arroz é menos eficiente na absorção de nutrientes, principalmente daqueles mais facilmente lixiviados, como o N. A adubação nitrogenada do arroz no sistema de semeadura direta, quando se utilizam as doses recomendadas para o convencional, não supre as plantas de forma adequada. Geralmente ocorrem sintomas de deficiência na fase inicial do ciclo e, por conseqüência, as plantas têm crescimento lento e baixa produtividade (GUIMARÃES; YOKOYAMA, 1998).

Tem-se constatado a necessidade da aplicação de fertilizantes nitrogenados para sustentar altas produções de arroz em solos tropicais (EMBRAPA, 1980; RITCHEY; NADERMAN, 1980), devido, principalmente, à baixa capacidade desses solos em suprir N, e à baixa eficiência de utilização tanto do N nativo como do fertilizante aplicado.

A quantidade total de N absorvido e o acúmulo de matéria seca variam grandemente, de acordo com as doses e a fonte nitrogenada utilizada. Os estudos sobre os modos de aplicação do N em arroz não têm apresentado uma regra definitiva, principalmente para o arroz de sequeiro. Isto se deve ao fato de que a cultura do arroz

é produzida nas mais diversas condições de clima e solo, o que sempre apresentará exceção a qualquer regra. Porém, como a recuperação pelo arroz do N aplicado é um tanto lenta, Katyal e Pillai (1975) enfatizaram a necessidade de manejo agrônomico apropriado, como aplicações fracionadas, já largamente recomendadas para aumentar a eficiência do fertilizante nitrogenado. Época, frequência do N aplicado em cobertura, bem como a sua forma, são fatores governados pelo tipo de solo, estação do ano, grau de controle hídrico e variedades.

Pelo fato de o N ser um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no solo, o manejo adequado da adubação nitrogenada na cultura do arroz é tido como um dos mais difíceis. Fagéria (1998) obteve com a cultivar Maravilha e com irrigação suplementar, a produção máxima de 5,5 Mg ha⁻¹, com a aplicação de 113 kg de N ha⁻¹. Na recomendação de doses de N para o arroz de terras altas deve-se considerar o sistema de cultivo e o cultivar. No SPD e para cultivares suscetíveis ou moderadamente suscetíveis ao acamamento e à brusone, Fagéria (1998) recomenda a utilização de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 20-30 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Para cultivares resistentes ou moderadamente resistentes, o mesmo autor recomenda 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 30-60 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Villela (2000), estudando os efeitos de 4 níveis de N (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia) aplicados ao solo em 3 épocas, sobre os componentes de produção, rendimento e qualidade de grãos e qualidade de sementes dos cultivares de arroz irrigado: IAC 101, IAC 102 e IAC 242, verificou influência positiva da fertilização nitrogenada na estatura das plantas, número e massa de grãos panícula⁻¹, massa de 1000 grãos, dimensões e produção de grãos, e rendimento de grãos no beneficiamento. No tocante à eficiência na utilização do N pelas plantas de arroz, o autor concluiu que a maior resposta à fertilização nitrogenada ocorreu entre os níveis 0 e 50 kg ha⁻¹ de N, sendo que para níveis acima de 100 kg ha⁻¹ de N, houve redução da eficiência de utilização de N.

Em geral, os solos do cerrado brasileiro apresentam fertilidade natural limitada e têm apresentado problemas oriundos do manejo convencional. Portanto, há necessidade de se desenvolver estudos sobre sistemas conservacionistas de manejo visando a proteção superficial permanente desses solos, a melhoria de sua fertilidade e,

consequentemente, uma agricultura sustentável. Neste sentido, o manejo do N, associado a plantas de cobertura do solo, na cultura do arroz em condições edafoclimáticas de cerrado, é de grande importância econômica, social e ambiental, nos contextos regional e nacional.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização geral do experimento

O experimento foi conduzido durante o ano agrícola 2001/02 na Fazenda Experimental da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada no município de Selvíria-MS, cujas coordenadas geográficas são 51° 22' W e 20° 22' S com aproximadamente 335 m de altitude. Segundo a classificação internacional de Köeppen, o clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura média anual de 23,5°C, precipitação média anual de 1370 mm e umidade relativa média de 64,8%. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, caulínítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (LVd) (EMBRAPA, 1999), originalmente recoberto por vegetação de cerrado e apresentava histórico de 22 anos de cultivo convencional com culturas anuais (milho, soja e feijão).

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados, com 24 tratamentos e quatro repetições, sendo as parcelas constituídas de oito linhas de 6 m de comprimento, espaçadas de 0,40 m entre si. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 4x2x3, constituídos de quatro culturas de cobertura do solo: mucuna-preta, crotalária, milheto e pousio, dois cultivares de arroz: Primavera e IAC 202 e três níveis de N: 0, 50 e 100 kg ha⁻¹. O pousio, formado pela vegetação espontânea, constituiu-se numa fonte de palhada para o plantio direto do arroz. Os cultivares de arroz utilizados foram ambos de ciclo curto.

A fonte de N utilizada foi a uréia, parcelada em três vezes, sendo 20 kg ha⁻¹ de N aplicados na semeadura, nas parcelas referentes aos níveis 50 e 100 kg ha⁻¹ de N. A primeira adubação nitrogenada de cobertura foi realizada aos 35 dias após a emergência (DAE), no início do perfilhamento do arroz, utilizando-se 15 kg ha⁻¹ de N para o tratamento 50 kg ha⁻¹ de N, e 40 kg ha⁻¹ de N, no tratamento 100 kg ha⁻¹ de N. A

segunda adubação nitrogenada de cobertura foi realizada no início do florescimento, nos mesmos níveis de N utilizados na primeira cobertura.

Antes do preparo do solo foram realizadas amostragens nas camadas de 0-0,1 m, 0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m, para caracterização química do solo. Os resultados da análise química (Tabela 01) foram utilizados para cálculo da adubação, segundo Raij et al. (1996), resultando em 170 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e 50 kg ha⁻¹ de KCl na semeadura da cultura do arroz.

Tabela 01. Resultados da análise química para avaliação inicial da fertilidade do solo.

Camada (cm)	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	Kmmol _c dm ⁻³	Ca	Mg	H+Almmol _c dm ⁻³	SB	T	V %
0-10	5,1	26	51	4,0	23	15	31	42,0	73,0	58
10-20	4,7	22	26	1,0	15	9	31	25,0	56,0	45
20-30	5,0	17	8	0,7	12	8	31	20,7	51,7	40
0-20	4,9	23	35	2,7	21	13	31	36,7	70,7	52

O preparo inicial do solo para implantação das culturas de cobertura foi realizado pelo sistema convencional, com arado de aivecas e grade niveladora, sendo realizada uma segunda gradagem pouco antes da semeadura dos adubos verdes.

A semeadura dos adubos verdes foi realizada mecanicamente, em 03/09/01, utilizando-se 10 sementes de mucuna-preta por metro de sulco e espaçamento de 0,40 m entre linhas; 40 sementes de crotalaria júncea por metro de sulco e espaçamento de 0,40 m entre linhas; 20 kg ha⁻¹ de sementes de milho, semeado em sulcos espaçados em 0,30 m. A semeadura do arroz foi realizada mecanicamente em 17/12/01, adotando-se o espaçamento de 0,40 m entre sulcos, e 150 sementes viáveis por m² (60 sementes por metro de sulco). Previamente à semeadura, procedeu-se o tratamento das sementes, utilizando-se thiodicarb para o controle de insetos (cupins), na dose de 400 ml p.c. para 40 kg de sementes; e benomyl para o controle de fungos, na dose de 100 g p.c. para 20 kg de sementes.

O uso de herbicidas foi adotado conforme a necessidade de cada tratamento e a infestação de plantas daninhas, sendo utilizado glifosate para a dessecação química das culturas de cobertura e pousio, aos 85 DAE, na dose de 4 L ha⁻¹. A infestação de plantas daninhas na cultura do arroz foi elevada, em razão do grande volume de chuvas e altas temperaturas registradas neste período de cultivo, exigindo o uso dos herbicidas oxadiazon, na dose de 1000 g ha⁻¹.; e 2,4-D, na dose de 1 L ha⁻¹ p.c. A incidência de mancha parda no arroz, causada pelo fungo *Helminthosporium oryzae*, foi outro problema que ocorreu na fase inicial da cultura (por volta dos 25-30 DAE), havendo necessidade de controle químico, pelo uso de mancozeb, na dose de 2000 g ha⁻¹ e benomyl, na dose de 250 g ha⁻¹, obtendo-se um ótimo nível de controle da doença. Utilizou-se irrigação suplementar, por aspersão, quando ocorreu deficiência hídrica capaz de comprometer a produtividade das plantas de cobertura e do arroz.

3.2. Avaliações

As produtividades de fitomassa seca da parte aérea do milheto, da crotalária, da mucuna-preta e da vegetação espontânea (pousio) foram determinadas em quatro amostras de 0,25 m², coletadas na área útil das parcelas, um dia antes do manejo mecânico das plantas, e secadas em estufa de ventilação forçada de ar, a 65 °C, sendo os dados transformados em Mg ha⁻¹ de fitomassa seca. Nesse material, foram retiradas amostras, em seguida, passadas em moinho tipo Wiley e realizadas as determinações dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, segundo metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

Para a realização da diagnose foliar do arroz foram coletadas 60 folhas-bandeira em cada parcela, no estágio de florescimento pleno, sendo submetidas à lavagem com água destilada e colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 60 – 70 °C, por 72 horas. Foram analisados os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), segundo Malavolta et al. (1997).

Para a cultura do arroz, realizaram-se inspeções em todas as parcelas, no período de emissão das panículas, determinando-se a data de florescimento, isto é, do

estádio de ântese em aproximadamente 50% das espiguetas. Considerou-se como ciclo o número de dias contados da emergência das plântulas até a colheita.

A altura de planta foi determinada, medindo-se, com auxílio de uma régua graduada, a distância entre o colo das plantas e o ápice da panícula, tomando-se ao acaso 10 plantas da área útil das parcelas, depois de completada a maturação ou estágio novo no ciclo vegetativo (CIAT, 1983). Os dados foram expressos em centímetros, usando-se somente números inteiros.

O número de panículas m^{-2} foi determinado pela contagem direta das panículas colhidas em quatro subamostras de $0,25 m^2$ demarcadas na área útil das parcelas.

O número de colmos férteis foi determinado no momento da colheita, em cada parcela, pela relação entre o número de panículas m^{-2} pelo número de colmos férteis por m^2 , multiplicado por 100. O número de colmos m^{-2} foi obtido pela contagem do número de colmos contidos em 1,0 m de fileira de cada parcela, calculado por m^2 , no momento da colheita.

O número total de espiguetas $panícula^{-1}$ foi obtido pela média do número de espiguetas de 20 panículas amostradas para a determinação do número de panículas m^{-2} ; o número de espiguetas granadas e espiguetas chochas $panícula^{-1}$, foi obtido, respectivamente, pela média do número de espiguetas granadas e espiguetas chochas, das 20 panículas utilizadas para avaliar o número de panículas m^{-2} .

A fertilidade das espiguetas foi determinada a partir da relação entre o número de espiguetas granadas $panícula^{-1}$ pelo número total de espiguetas $panícula^{-1}$, multiplicado por 100.

A massa de mil grãos foi determinada pela média das massas, em gramas, de 4 lotes de mil grãos, dos grupos de 10 panículas tomadas ao acaso das subamostras de $0,25 m^2$.

A produtividade de grãos em casca foi determinada pela conversão, para $kg ha^{-1}$, dos resultados de pesagem dos grãos da área útil ($8,0 m^2$) das parcelas.

O rendimento de grãos no beneficiamento foi obtido aos 50 dias após a colheita. As amostras de 100 gramas de arroz em casca foram pesadas em balança eletrônica de precisão e beneficiadas em engenho de prova. Determinou-se a massa de grãos

inteiros e de grãos quebrados no beneficiamento e a renda do beneficiamento, que compreende a soma das massas de grãos inteiros e grãos quebrados.

As produções de grãos inteiros e de grãos quebrados beneficiados foram calculadas pelo produto da massa de grãos inteiros e grãos quebrados beneficiados, em porcentagem, pela produção, em kg ha^{-1} , de grãos em casca, sendo os resultados expressos em kg ha^{-1} .

Os dados foram submetidos à análise da variância, aplicando-se o teste F, comparação de médias pelo teste de Tukey (5%) e análise de regressão, considerando o fatorial para os 3 níveis de N (0, 50 e 100 kg ha^{-1}), os 4 sistemas de cobertura do solo (crotalária, milheto, mucuna-preta e pousio) e os 2 cultivares de arroz (IAC 202 e Primavera). Para solo, foram consideradas, também, as três camadas (0-0,1 m; 0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m) e o fatorial. Utilizou-se o programa estatístico SANEST (ZONTA; MACHADO, 1984).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Produtividade de fitomassa seca (FS) e acúmulo de nutrientes pelas plantas de cobertura do solo.

As produtividades de fitomassa seca da parte aérea das plantas de cobertura, assim como as quantidades de macronutrientes acumuladas na época do manejo constam na Tabela 2. O milho, além da maior produtividade de fitomassa seca (13,9 Mg ha⁻¹), apresentou maior teor de fósforo, potássio e magnésio, além de quantidades de nitrogênio e enxofre similares à crotalaria, o que o torna uma alternativa viável como cultura fornecedora de palhada para o sistema plantio direto no cerrado. A produtividade de FS pelo milho foi superior às produtividades relatadas em trabalhos conduzidos com a cultura no cerrado, a exemplo de 5,5 e 9,0 Mg ha⁻¹ obtidas por Salton et al. (1993), em experimentos realizados em Maracaju (MS), e similar ao obtido por Guimarães et al. (2003), em Selvíria-MS, cerca de 13,5 Mg ha⁻¹. Para uma produtividade de 12,0 Mg ha⁻¹ de FS pelo milho, Scalea (1994) verificou que o retorno de nutrientes ao solo foi da ordem de 206, 26, 292, 33 e 32 kg ha⁻¹, respectivamente, para N, P, K, Ca e Mg. Todos esses resultados de pesquisas realizadas com a cultura do milho nas condições edafoclimáticas de cerrado comprovaram o seu grande potencial como opção de cobertura para o sistema plantio direto, desde que a semeadura seja realizada, preferencialmente, no período compreendido entre os meses de agosto e setembro, quando se almeja o cultivo de grãos no verão.

Tabela 2. Quantidade de nutrientes na fitomassa seca da parte aérea da crotalária, do milho, da mucuna-preta e da vegetação espontânea (pousio), aos 85 dias após a semeadura. Selvíria-MS, 2001/02.

Sistema de cobertura	FS	N	P	K	Ca	Mg	S
	Mg ha ⁻¹						
Milho	13,9 a ¹	151,3 a	19,5 a	361,1 a	56,9 b	41,2 a	6,3 a
Crotalária	7,0 b	156,7 a	13,4 b	134,5 b	65,0 a	23,6 b	6,5 a
Mucuna-preta	5,4 c	105,4 b	9,3 c	81,2 c	62,8 a	8,9 c	4,2 b
Pousio	5,0 c	53,9 c	7,0 c	96,4 c	20,4 c	14,6 c	2,2 c

¹ Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

A crotalária júncea, além da boa produtividade de FS, similar às obtidas por Silva et al. (2006), Scivittaro et al. (2000) e Perin et al. (2004), apresentou grandes quantidades acumuladas de nutrientes na FS, com destaque para o nitrogênio. Geralmente, a crotalária júncea é capaz de fixar de 150 a 165 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N no solo, podendo chegar a 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹, e produzir de 10 a 15 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca (WUTKE, 1993). Os resultados obtidos na presente pesquisa, bem como os obtidos por Carvalho et al. (1996), de 5,98 e 6,92 Mg ha⁻¹ de FS, no cerrado, reforçaram o grande potencial da crotalária como adubo verde e indicaram-na como alternativa para cobertura de solo em sistema plantio direto, especialmente no tocante ao fornecimento de N para culturas de importância econômica, como o arroz de terras altas cultivado no cerrado. Além disso, como enfatizou Calegari (2004), o sistema de sucessão à crotalária deve ser recomendado, em virtude não só do maior aporte de N, mas também por promover a rotação de culturas, quebrando ciclos de pragas e doenças, supressão de plantas daninhas, entre outros benefícios.

Com relação à mucuna-preta, constatou-se produtividade de FS inferior às obtidas por outros estudos, como os realizados por Arf et al. (1996, 1999a, 1999b), em experimentos conduzidos em Selvíria-MS, geralmente com resultados superiores a 8

Mg ha⁻¹, demonstrando a alta capacidade de produção de FS da mucuna-preta no cerrado, quando manejada no florescimento. Assim, ficou evidenciado que a menor produtividade da mucuna-preta deveu-se ao curto período de tempo entre a semeadura e a dessecação, visto que seria necessário um período maior para que a cultura atingisse todo o seu potencial produtivo, normalmente no início do florescimento. Resultados similares foram obtidos por Carvalho (2000), em Selvíria-MS, com produtividades de FS próxima a 5,0 Mg ha⁻¹, procedendo-se a dessecação da cultura antes do florescimento.

A vegetação espontânea, formada nas áreas em pousio, apresentou rendimento de FS inferior ao milho e à crotalaria e igual à mucuna-preta. Tal rendimento de FS das espécies presentes nas áreas em pousio foi similar ao obtido por Carvalho (1996), também em condições edafoclimáticas de cerrado, os quais verificaram produtividades variando de 2,15 a 5,94 Mg ha⁻¹ em dois anos de avaliação. A produção de fitomassa seca da área em pousio foi dependente do tipo de vegetação presente. As espécies encontradas nas áreas em pousio constam na Tabela 3, sendo que a espécie predominante foi o capim coloniã.

Tabela 3. Plantas identificadas nas áreas sob pousio.

Família	Nome científico	Nome comum
Gramineae	<i>Panicum maximum</i>	Capim-coloniã
Gramineae	<i>Brachiaria decumbens</i>	Braquiária decumbens
Gramineae	<i>Brachiaria plantaginea</i>	Capim marmelada
Gramineae	<i>Cenchrus echinatus</i>	Timbete (carrapicho)
Compositae	<i>Bidens pilosa</i>	Picão-preto
Convolvulaceae	<i>Ipomoea triloba</i>	Corda-de-viola
Fabaceae	<i>Cassia occidentalis</i>	Fedegoso
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	Beldroega

4.2. Efeitos dos tratamentos sobre o nitrogênio do solo.

Na Tabela 4 observa-se que houve efeito significativo apenas das camadas do solo sobre os teores de N (total, amoniacal e nítrico). Para os demais tratamentos, não se constataram efeitos significativos para o nitrogênio.

Os teores de N total no solo decresceram em profundidade, o que pode ser explicado em razão do N estar relacionado à matéria orgânica do solo, a qual também decresce em profundidade. Gonçalves et al. (2000) relataram comportamento semelhante do N total no perfil do solo, havendo incremento apenas na camada mais superficial do solo, certamente relacionado ao teor de matéria orgânica do solo, decrescente com a profundidade, o que sugere o uso de culturas que promovam maior retorno de resíduos ao solo. Também, Bayer e Scheneider (1999) observaram que a adoção de métodos de preparo do solo que promoveram menor revolvimento, resultou, após 5 anos, em incremento no conteúdo de N total, sendo este restrito às camadas superficiais 0-2,5 e 2,5-7,5 cm.

De maneira geral, os teores de N-NH_4^+ no solo, independente dos tratamentos, não apresentaram grandes discrepâncias em relação aos de N-NO_3^- . Como a presente pesquisa foi desenvolvida em área sob implantação do SPD, haveria de se esperar a prevalência da forma nítrica, como constatado em trabalhos desenvolvidos por Sá (1996) e Vitti et al. (1999). Tal fato provavelmente deve ter ocorrido pela maior oferta de carbono orgânico no sistema, desfavorável à atividade dos microrganismos nitrificantes (VITTI et al., 1999).

Os coeficientes de variação foram médios para o teor de N-NO_3^- e altos para o N-NH_4^+ (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002). No entanto, ressalta-se que, para essas variáveis, deve-se considerar a sua grande dinâmica no solo, ou seja, a facilidade de movimentação no perfil do solo, principalmente do N-NO_3^- e também os processos de mineralização/imobilização do N. Esses processos são dependentes das características dos resíduos vegetais, sobretudo da sua relação C/N (GONÇALVES et al., 2000, LARA CABEZAS et al., 2004) e das condições edafoclimáticas, como características químicas,

físicas e mineralógicas do solo e da temperatura, umidade e aeração (SÁ, 1996, AMADO et al., 2002).

Tabela 4. Teores de N-total, N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ no solo, na época do florescimento do arroz, em função das doses de N, sistemas de cobertura e camadas do solo, na implantação do sistema plantio direto. Selvíria-MS, 2001/02.

Tratamentos	N-total	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
	----- mg kg ⁻¹ -----		
Plantas de cobertura do solo			
Crotalária	303	6,04	6,97
Milheto	294	5,88	6,53
Mucuna-preta	275	5,82	6,65
Pousio	252	5,65	6,46
Camadas do solo			
0,0 a 0,10 m	342 a ¹	7,25 a	6,98 a
0,10 m a 0,20 m	241 b	6,03 b	6,52 ab
0,20 m a 0,30 m	167 c	5,13 c	6,12 b
CV (%)	25,7	24,8	16,7
Doses de N (kg ha ⁻¹)			
0	256	5,37	5,78
50	280	5,70	5,94
100	289	5,81	6,23
CV (%)	18,5	12,3	13,2

¹ Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

4.3. Desempenho da cultura do arroz.

Os resultados obtidos na avaliação de dias para emergência, dias para florescimento e ciclo, nos cultivares de arroz utilizados, estão apresentados na Tabela 5, onde se verifica que não houve diferença entre os cultivares para a emergência, a qual ocorreu rápida e uniformemente. O cultivar Primavera floresceu mais rápido que o cultivar IAC 202, tendo a sua colheita antecipada em 12 dias. O cultivar IAC 202 apresentou ciclo de 108 dias e florescimento aos 87 dias após a emergência, sendo considerado também precoce e dentro dos padrões para o cultivar. Assim, o agricultor tem a possibilidade de escolher entre cultivares precoces, aquele que apresentar o melhor desempenho sob determinadas condições de cultivo.

Tabela 5. Número de dias para emergência, florescimento e ciclo.

Cultivares	Emergência	Florescimento	Ciclo
Primavera	6	75	96
IAC 202	6	87	108

Os teores de macronutrientes obtidos na diagnose foliar do arroz encontram-se na Tabela 6. Observa-se que houve efeito significativo apenas para o teor de N nos cultivares de arroz, sendo que o IAC 202 apresentou teor mais elevado e foi superior ao Primavera. Para os demais nutrientes, os tratamentos não exerceram influência significativa e os teores ficaram na faixa considerada adequada para a cultura (RAIJ et al., 1996), com exceção do K que apresentou teores abaixo desta faixa.

Tabela 6. Teores de macronutrientes nas folhas de cultivares de arroz de terras altas, em função de adubos verdes e doses de N, na implantação do sistema plantio direto.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Plantas de cobertura						
Pousio	29,9	4,1	10,8	2,8	3,8	2,4
Milheto	30,2	4,1	10,8	2,9	3,9	2,4
Crotalária	30,9	4,4	11,2	3,3	4,0	2,9
Mucuna-preta	30,3	4,1	10,8	3,2	3,9	2,5
CV (%)	4,25	12,53	21,33	27,14	20,12	18,03
Cultivares de arroz						
IAC-202	31,7 a ¹	4,2	12,4	2,9	3,9	2,6
Primavera	28,5 b	3,8	11,5	3,2	4,1	2,5
CV (%)	3,30	18,26	23,42	22,10	24,20	15,26
Doses de N (kg ha ⁻¹)						
0	29,9	4,1	10,5	2,8	3,8	2,4
50	30,3	4,2	10,6	3,1	4,0	2,5
100	30,3	4,3	10,8	3,2	4,1	2,6
CV (%)	3,19	10,06	15,10	23,42	16,04	12,71
Adequado ²	27-35	1,8-3,0	13-30	2,5-10,0	1,5-5,0	1,5-3,0

¹ Letras diferentes, nas colunas, indicam diferenças significativas (Teste t, P < 0,05).

² Faixas de teores considerados adequados, conforme Raji *et al.* (1996).

Na Tabela 7 encontram-se as médias de altura de planta de arroz, número de panículas m⁻² e % de colmos férteis. Verifica-se que o cultivar IAC-202 apresentou maior altura (98 cm), sendo estatisticamente superior ao cultivar Primavera (82 cm). Contudo, ambos apresentaram porte médio para as condições de cultivo adotadas, não ocorrendo acamamento. De modo geral, cultivares de arroz de porte médio oferecem maior resistência ao acamamento do que os altos, conforme também constataram

Moraes et al. (1993). As sucessões crotalária-arroz e milho-arroz possibilitaram plantas mais altas. Nas sucessões pousio-arroz, houve a menor altura de plantas. A altura de plantas é um parâmetro de extrema importância na cultura do arroz, visto que influencia diretamente o grau de acamamento. Segundo Sant'ana (1982), uma planta ideal de arroz para cultivo em sequeiro com irrigação suplementar deve possuir resistência ao acamamento, ciclo precoce a médio, alta capacidade produtiva, resistência à brusone e à mancha parda, certo grau de dormência e grãos longos, finos e translúcidos. Quase todas essas características são encontradas nos cultivares utilizados neste trabalho, o que deixa evidente a ampla possibilidade da indicação de ambos os cultivares para cultivo em plantio direto, podendo ser boas opções para o rizicultor nas condições edafoclimáticas do cerrado. Este fato também foi constatado por Zaratini (2000) para o cultivar IAC 202 em trabalho conduzido em Selvíria-MS, mas ocorreu alto grau de acamamento para o cultivar Primavera, resultado que não corrobora os do presente trabalho.

Quanto ao efeito dos níveis de N estudados sobre a altura de plantas, constatou-se o ajuste dos dados a uma equação quadrática (Tabela 7). Houve efeito crescente dos níveis de N sobre a altura das plantas, obtendo-se altura máxima das plantas quando o nível de N aplicado ficou em torno de 70 kg ha⁻¹, decrescendo a partir deste ponto.

O número de panículas m⁻² foi influenciado pelos sistemas de cobertura do solo e cultivares, onde o maior valor foi observado para o cultivar Primavera, evidenciando a sua maior capacidade de perfilhamento ou maior perfilhamento útil, quando comparado ao cultivar IAC 202. Quanto à influência das plantas de cobertura do solo sobre o número de panículas m⁻², não houve diferença estatística entre as sucessões milho-arroz, crotalária-arroz e mucuna-arroz, sendo que essas sucessões de culturas foram superiores ao pousio-arroz, tendo esta última resultado em produção de menor número de panículas, sendo o tratamento com o pior desempenho.

Tabela 7. Altura da planta; número de panículas m⁻² e % de colmos férteis, de cultivares de arroz de terras altas na implantação do sistema plantio direto, sob influência da adubação nitrogenada e plantas de cobertura do solo. Selvíria-MS, 2001/02.

Tratamentos		Altura da planta (cm)	Número de panículas m ⁻²	% de colmos férteis
Plantas de cobertura do solo	Pousio	84 c ⁽¹⁾	184 b	92,6 b
	Milheto	92 ab	207 a	94,4 a
	Crotalária	95 a	206 ab	95,0 a
	Mucuna	89 b	192 ab	94,4 a
Teste F		23,45**	3,55*	18,35**
DMS		3,78	21,47	0,92
Cultivares de arroz	Primavera	82 b	238 a	94,6 a
	IAC 202	98 a	156 b	93,6 b
Teste F		220,67**	204,08**	14,49**
DMS		2,02	11,50	0,49
Doses de N (kg ha ⁻¹)	0	87 ²	172 ³	91,5 ⁴
	50	92	208	94,7
	100	91	211	96,2
Teste F		10,21**	19,52**	125,62**
CV (%)		5,53	14,34	1,28

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. ⁽²⁾ $Y = 86,88 + 0,1760x - 0,0014x^2$; $R^2 = 1$. ⁽³⁾ $Y = 171,69 + 1,074x - 0,0068x^2$; $R^2 = 1$. ⁽⁴⁾ $Y = 91,50 + 0,079x - 0,0003x^2$; $R^2 = 1$

No que se refere à percentagem de colmos férteis (Tabela 7), ao número total de espiguetas panícula⁻¹ e espiguetas granadas panícula⁻¹ (Tabela 8), os menores valores foram observados para a sucessão pousio-arroz, diferindo das demais sucessões, as quais não diferiram entre si. O cultivar Primavera apresentou por

panícula, em média, um total de 273 espiguetas, sendo 208 granadas, resultando em 75,2% de fertilidade das espiguetas, ao passo que a cultivar IAC-202, apesar do menor número de espiguetas por panícula (184 total e 143 granadas), apresentou maior porcentagem de espiguetas férteis (77,1%).

Alguns resultados de pesquisas são contraditórios quanto à influência da adubação nitrogenada sobre características agrônômicas e produtivas de cultivares de arroz de terras altas. Farinelli et al. (2004), assim como Arf et al. (2003) e Stone et al. (1999), não observaram diferenças significativas de doses de N para número de panículas m^{-2} , % de espiguetas estéreis, número de espiguetas cheias $panícula^{-1}$ e massa de 1000 grãos. Em contrapartida, Campello Júnior (1985) observou que a adubação nitrogenada proporcionou aumentos no número de colmos e panículas m^{-2} e que as variações na produtividade de grãos foram provocadas principalmente pelo número de panículas m^{-2} .

O número de espiguetas chochas por panícula apresentou pouca variação em função dos tratamentos; contudo, a quantidade de espiguetas chochas foi relativamente alta. As altas porcentagens de espiguetas chochas obtidas no experimento poderiam estar relacionadas com o suprimento inadequado de água, fato não ocorrido, o que acarretaria decréscimo na translocação de assimilados, resultando em alta porcentagem de grãos vazios (MUELLER, 1980). Quando o arroz foi antecedido por crotalária, milho e pousio, houve um maior número de espiguetas chochas. Entre os cultivares, o maior valor foi observado no cultivar Primavera (65), diferindo do IAC 202 (42), fato este que pode ter influenciado o cultivar IAC 202 na maior produtividade de grãos, em relação ao cultivar Primavera. Observou-se que o número de espiguetas chochas decresceu com o aumento das doses de N, segundo uma equação linear (Tabela 8). O aumento dos níveis de N aplicado causou redução do número de espiguetas chochas, de maneira similar ao aumento da produtividade de grãos em função dos níveis crescentes de N usados na adubação.

Tabela 8. Número de espiguetas por panícula: total, granadas e chochas; e fertilidade das espiguetas, de cultivares de arroz de terras altas na implantação do sistema plantio direto, sob influência da adubação nitrogenada e plantas de cobertura do solo. Selvíria-MS, 2001/02.

Tratamentos		Número de espiguetas por panícula			Fertilidade das espiguetas (%)
		Total	Granadas	Chochas	
Culturas de cobertura do solo	Pousio	193 b	141 b	52 ab	72,2 b
	Milheto	240 a	188 a	53 ab	78,0 a
	Crotalária	245 a	186 a	59 a	75,8 a
	Mucuna	237 a	186 a	50 b	78,4 a
Teste F		37,52**	35,45**	3,47*	12,67**
DMS		14,58	14,40	7,20	2,98
Cultivares de arroz	Primavera	273 a	208 a	65 a	75,2 b
	IAC-202	184 b	143 b	42 b	77,1 a
Teste F		513,75**	287,86**	146,37**	5,48*
DMS		7,81	7,71	3,86	1,60
Níveis de N (kg ha ⁻¹)	0	210 ⁽²⁾	154 ⁽³⁾	57 ⁽⁴⁾	72,4 ⁽⁵⁾
	50	232	180	53	77,2
	100	243	192	51	78,9
Teste F		23,88**	34,95**	3,32*	22,88**
CV (%)		8,40	10,81	17,70	5,15

(1) Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. (2) $Y = 212,33 + 0,324x$; $R^2 = 0,96^{**}$. (3) $Y = 155,97 + 0,387x$; $R^2 = 0,95^{**}$.

(4) $Y = 56,61 + 0,061x$; $R^2 = 0,99^*$. (5) $Y = 72,94 + 0,064x$; $R^2 = 0,92^{**}$.

* e **: significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Na Tabela 9 verificou-se que a média geral para produtividade de grãos foi relativamente alta (5140 kg ha⁻¹), demonstrando, com isso, a viabilidade desses cultivares no sistema de manejo utilizado (sistema plantio direto). Observou-se, também, que os coeficientes de variação variaram de 1,30 para massa de mil grãos a 21,52 para produtividade de grãos. Apesar de o coeficiente de variação acima de 20% ser considerado alto, de acordo com Pimentel-Gomes e Garcia (2002), deve-se levar em consideração que o experimento foi conduzido em condições de campo e somente a variável produtividade de grãos apresentou-se acima desse valor. As demais variáveis apresentaram-se nos níveis considerados médios ou baixos.

Observou-se que as plantas de coberturas do solo não influenciaram o rendimento de grãos inteiros e de grãos quebrados; entretanto, apresentaram efeito significativo sobre as demais variáveis. A sucessão crotalária-arroz resultou em maior produtividade de grãos, sendo significativamente superior às demais sucessões de culturas. O melhor desempenho da sucessão crotalária-arroz sobre a produtividade de grãos e massa de mil grãos, possivelmente deveu-se ao fato de a crotalária possuir massa vegetal mais rica em N e outros nutrientes minerais.

Apesar do grande potencial de aporte de nutrientes da crotalária, sobretudo de N, na região dos Cerrados, as gramíneas têm sido mais utilizadas como plantas de cobertura, com destaque para o milheto (SALTON; KICHEL, 1998), em razão da sua maior resistência ao déficit hídrico com maior produção de biomassa e menor custo das sementes, além de as elevadas temperaturas associadas à alta umidade no verão promoverem rápida decomposição dos resíduos vegetais de baixa relação C/N (LARA CABEZAS et al., 2004). Contudo, a maior parte das áreas cultivadas em SPD, principalmente as da região dos cerrados, permanece em pousio na entressafra, muitas vezes, em razão do desconhecimento dos benefícios das plantas de cobertura para a manutenção do potencial produtivo do solo (CALEGARI, 2004).

As doses de N empregadas se ajustaram à função linear crescente para a produtividade (Tabela 9). A média geral para produtividade de grãos foi relativamente alta (5140 kg ha^{-1}), se comparada às médias brasileira (3600 kg ha^{-1}) e da região de cerrado (1800 kg ha^{-1}), o que demonstra a viabilidade desses cultivares na implantação do sistema plantio direto no cerrado.

Dentre os cultivares estudados, a maior média de produtividade de grãos foi alcançada pelo cultivar IAC 202 (5367 kg ha^{-1}), diferindo significativamente do cultivar Primavera (4913 kg ha^{-1}). Quanto ao efeito das doses de N estudadas sobre a produtividade de grãos, houve um ajuste linear crescente (Tabela 9). É válido ressaltar a possibilidade de aumento de produtividade dos cultivares testados, em doses de nitrogênio superiores a 100 kg ha^{-1} , uma vez que o modelo linear utilizado indicou essa tendência, o que sugere novas pesquisas que englobem doses crescentes de nitrogênio, acima desse limite.

Constatou-se influência significativa da adubação verde sobre a massa de 1000 grãos, fato que indica a possibilidade de se incrementar o número de panículas por unidade de área com adubação verde e química, aumentando a produtividade do arroz de terras altas. Vários trabalhos mostram que o número de panículas se correlaciona positivamente com a produtividade de grãos, na cultura do arroz (GRAVOIS; HELMS, 1992; HASEGAWA et al., 1994, FAGERIA et al., 2003).

Tabela 9. Produtividade de grãos; massa de 1000 grãos; rendimento de grãos no benefício, de grãos inteiros e grãos quebrados, de cultivares de arroz na implantação do sistema plantio direto, sob influência da adubação nitrogenada e de plantas de cobertura do solo. Selvíria-MS, 2001/02.

Tratamentos		Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	Massa de 1000 grãos (g)	Rendimento de grãos (%)		
				Benefício	Inteiros	Quebrados
Plantas de cobertura do solo	Pousio	4348 c ⁽¹⁾	21,4 c	72,4 ab	65,1	7,0
	Milheto	5456 b	22,2 b	70,2 b	63,3	6,7
	Crotalária	6469 a	22,7 a	73,6 a	66,1	6,9
	Mucuna	4287 c	22,2 b	72,4 ab	65,1	7,1
Teste F		21,06**	91,99**	5,31**	2,08 ^{ns}	0,47 ^{ns}
DMS		840,00	0,22	2,31	2,70	0,79
Cultivares de arroz	IAC-202	5367 a	22,0 b	71,0 b	65,3	5,4 b
	Primavera	4913 b	22,2 a	73,3 a	64,7	8,5 a
Teste F		4,04*	22,84**	13,32**	0,67 ^{ns}	207,95**
DMS		449,92	0,12	1,24	1,44	0,42
Doses de N (kg ha ⁻¹)	0	4576 ⁽²⁾	21,1 ⁽³⁾	72,6 ⁽⁴⁾	65,1 ⁽⁵⁾	7,8 ⁽⁶⁾
	50	5355	22,1	72,6	66,1	6,4
	100	5489	23,1	71,2	64,7	6,6
Teste F		3,36**	387,56**	2,33 ^{ns}	2,59 ^{ns}	16,60**
CV (%)		21,52	1,30	4,22	5,47	15,01

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

⁽²⁾ $Y = 4683,39 + 9,131x$; $R^2 = 0,86^{**}$. ⁽³⁾ $Y = 21,10 + 0,020x$; $R^2 = 0,99^{**}$. ⁽⁴⁾ $Y = 72,85 - 0,014x$; $R^2 = 0,73^{ns}$. ⁽⁵⁾ $Y = 64,13 + 0,073x - 0,0007x^2$; $R^2 = 1$. ⁽⁶⁾ $Y = 7,78 - 0,043x + 0,0003x^2$; $R^2 = 1$. ns, * e **: não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Respostas do arroz a doses crescentes de nitrogênio tem sido variáveis. Lopes et al. (1996) encontraram, no Rio Grande do Sul, resposta ao nitrogênio para a produtividade com doses de até 120 kg ha⁻¹ de N, enquanto Patel et al. (1986), obtiveram acréscimo significativo na produtividade com aumento das doses de até 180 kg ha⁻¹ de N. No entanto, Stone e Silva (1998) verificaram que a dose de 40 kg ha⁻¹ de N foi suficiente para o arroz de terras altas, não havendo diferença significativa entre as produtividades obtidas com essa dose e 80 kg ha⁻¹ de N. Já Mauad et al. (2003) verificaram que aplicação de altas doses de N não refletiram em aumento na produtividade de grãos, mas, sim, na redução. Segundo esses resultados, não há uma recomendação singular para aplicação de nitrogênio, devendo-se considerar outros fatores, como: cultivar, sistema de produção, região de cultivo, dentre outros.

Embora os cultivares de arroz sejam de ciclo curto, variando de 96 dias (cultivar Primavera) a 108 dias (cultivar IAC-202), é bem provável que no período de maior exigência ao N, correspondente à fase vegetativa e início da reprodutiva, a decomposição das fitomassas de crotalária, milho e mucuna-preta tenha suprido a demanda do arroz quanto a esse nutriente. Os altos teores de N nas fitomassas dos adubos verdes, além de grande quantidade de fitomassa produzida, representou uma disponibilidade potencial de N para o arroz da ordem de 157, 152 e 106 kg ha⁻¹, oriundos, respectivamente, da crotalária, milho e mucuna-preta. É provável que pouco N das fitomassas dos adubos verdes tenha sido mineralizado durante o ciclo do arroz, ou que grande quantidade do N aplicado pode ter sido imobilizada pela massa celular microbiana.

Por outro lado, Arf (1993), avaliando o comportamento de cultivares de arroz de sequeiro irrigado por aspersão em diferentes doses (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) de adubação nitrogenada em cobertura, não constatou efeito significativo das doses de N utilizadas sobre a produtividade de grãos, apesar de as produtividades obtidas terem sido superiores a 4.000 kg ha⁻¹. Aumentos de produtividade também foram obtidos por Javarez Junior et al. (1991), ao utilizarem doses de 80 e 100 kg ha⁻¹ de N, na sucessão milho-arroz, possivelmente em razão da alta relação C/N dos resíduos culturais do milho ser favorável à imobilização do N pelos microrganismos quimiorganotróficos que efetuam a decomposição da palhada utilizando parte do N do solo e indisponibilizando-

o, temporariamente, à cultura do arroz, o que levaria a uma resposta positiva à utilização do adubo nitrogenado em cobertura. Tal fato pode explicar os resultados do presente trabalho.

5. CONCLUSÕES

1. O milheto apresentou maior produtividade de fitomassa seca, seguido pela crotalária, sendo as melhores opções dentre as espécies de cobertura do solo avaliadas.
2. O N do solo não foi influenciado pelas doses de N utilizadas, havendo efeito apenas para as camadas de solo, com teores maiores na camada superficial (0,0 – 0,10m).
3. A sucessão crotalária-arroz foi a que promoveu a maior produtividade de grãos, sendo o IAC-202 o cultivar mais produtivo.
4. As doses de N aumentaram linearmente a produtividade de grãos, mas não interferiram na massa de 1000 grãos e no rendimento de benefício de grãos inteiros e quebrados.
5. O aumento das doses de N provocou queda no número de espiguetas chochas por panícula, tendo reflexos positivos no aumento de produtividade de grãos.

6. REFERÊNCIAS

AMABILE, R.F.; CORREIA, J.R.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; RAMOS, J.G.A. Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.8, p.1193-1199, 1994.

AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.47-54, 2000.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p. 241-248, 2002.

ARF, O. **Efeitos de densidade populacional e adubação nitrogenada sobre o comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão**. 1993. 63f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 1993.

ARF, O.; SILVA, L.S.; BUZETTI, S.; ALVES, M.C.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F.; HERNANDEZ, F.B.T. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2029-2036, 1999a.

ARF, O.; SILVA, L.S.; BUZETTI, S.; ALVES, M.C.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F. Efeitos na cultura do trigo da rotação com milho e adubos verdes, na presença e na ausência de adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.2, p.323-334, 1999b.

ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Incorporação de mucuna-preta e restos culturais de milho antes da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.8, p.563-568, 1996.

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; CRUSCIOL, C.A.C.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Soil management and nitrogen fertilization for sprinkler-irrigated upland rice cultivars. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.60, n.2, p.345-35, 2003.

ARGENTA, G. Manejo do nitrogênio em milho implantado em sucessão a cobertura de inverno. I. Absorção de nitrogênio. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p.225-228.

BAYER, C. SCHENEIDER, N.G. Plantio direto e o aumento no conteúdo de matéria orgânica do solo em pequenas propriedades rurais no município de Teutônia (RS). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.1, p.165-166, 1999.

BURLE, M.L. et al. (Coord.). **Identificação de leguminosas adubos verdes tolerantes à seca nos cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1988. 4p. (Embrapa-CPAC. Pesquisa em Andamento, 22).

CALEGARI, A. et al. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro : AS-PTA, 1992.

CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 80, p. 62-70, 2004.

CAMPELO JÚNIOR, J.O. **Avaliação da capacidade de extração de água do solo pelo arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) sob diferentes doses de nitrogênio**. 1985. 127f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

CARVALHO, A.M. Caracterização de espécies de adubos verdes para o cultivo de milho em Latossolo Vermelho Escuro originalmente sob cerrado. In: SIMPÓSIO SAVANNAS, 1, Brasília, 1996. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CPAC, 1996. p.384-388.

CARVALHO, M.A.C. **Cultura do algodão, soja, milho e feijão em sucessão com quatro adubos verdes em dois sistemas de semeadura**. 2000. 185f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2000.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). **Sistema de evaluación estándar para arroz**. Cali: CIAT, 1983. 61p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Levantamentos de estoques privados de arroz. Brasília: CONAB, 2008. (MAPA). Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/IA-jun08.pdf>>. Acessado em: 02 jul. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Milho**: Informações técnicas. Dourados: EMBRAPA/CPAO, 1997. 222p. (Circular técnica, 5).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Programa nacional de pesquisa de arroz**. Brasília: Departamento Técnico Científico, 1981. 69p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Relatório técnico anual**. Planaltina: Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1980. p.170.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. EMBRAPA-CNPS, 1999. 412p.

FAGERIA, N.K. Manejo da calagem e adubação do arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L.F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. 161p.

FAGERIA, N. K.; SLATON, N. A.; BALIGAR, V. C. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. **Advances in Agronomy**, New York, v.80, p.63-152, 2003.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D.; BORDIN, L. Características agronômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.447-454, 2004.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Evolução da área de plantio direto no Brasil**. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/port/plantiodireto.html>>. Acessado em 27 jun. 2008.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.153-159, 2000.

GRAVOIS, K. A.; HELMS, R. S. Path analysis of rice yield and yield components as affected by seeding rate. **Agronomy Journal**. Madison, v.84, n.1, p.1-4, 1992.

GUIMARÃES, G.L.; BUZETTI, S. SILVA, E.C.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E. Culturas de inverno e pousio na sucessão da cultura da soja em plantio direto. **Acta scientiarum**, Maringá, v.25, n.2, p.339-344, 2003.

GUIMARÃES, G.L. **Efeitos de culturas de inverno e do pousio na rotação das culturas de soja e do milho em sistema de plantio direto**. 2000. 101f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2000.

GUIMARÃES, C.M.; YOKOYAMA, L.P. O arroz em plantio direto. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L.F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. 161p.

HASEGAWA, T. Response of spikelet number to plant nitrogen concentration and dry weight in paddy rice. **Agronomy Journal**. Madison, v.86, n.4, p.673-676, 1994.

JAVAREZ JUNIOR, A. Efeitos de doses e fontes de nitrogênio em cobertura sobre a produção do arroz. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 3, 1991, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal/UNESP, 1991. p.89.

KATYAL, J.C.; PILLAI, K.G. **Research in India on fertilizer use efficiency**. International Rice Research Conference. IRRI, Los Baños. Philippines, 1975. 8p.

LAL, R. Conservation tillage for sustainable agriculture. Tropics versus temperate environments. **Advances in Agronomy**, Columbus, v.42, p.85-195, 1989.

LARA CABEZAS, W. R. L.; ALVES, B.J.R.; CABALLERO, S.S.U.; SANTANA, D.G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n.4, p. 1005-1013, 2004.

LOPES, S.I.G.; LOPES, M.S. ; MACEDO, V.R.M. Curva de resposta à aplicação de nitrogênio para quatro genótipos de arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.49, n.6, p.3-6, 1996.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicação**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C.A.C.; GRASSI FILHO, H.; CORRÊA, J.C. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.3, p.761-765, 2003.

MORAES, O.P. Melhoramento genético voltado para a cultura do arroz de sequeiro. In: FERREIRA, M.E. et al. (Coord.). **Simpósio sobre a cultura do arroz de sequeiro: aspectos relacionados com a produtividade**. Jaboticabal: FCAV, 1993. p.63-89.

MUELLER, S. **Influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento e outros parâmetros de três cultivares de arroz irrigado (*Oriza sativa* L.)**. 1980. 191f. (Tese de Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1980.

PATEL, R.B. Response of rice varieties to nitrogen and phosphorus in summer season. **Ind. J. Agron.**, New Delhi, v.31, n.5, p.211-212, 1986.

PEREIRA, J. **Avaliação de características agrônômicas de leguminosas adubos verdes no cerrado**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1988. 12p. (Projeto de pesquisa).

PEREIRA, J.; BURLE, M.L.; RESCK, D.V.S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1, 1990, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.140-154.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientação para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PURSEGLOVE, J.W. *Crotalaria juncea* L. In: PURSEGLOVE, J.W. **Tropical crops: dicotyledons**. London: Longman, v.1, p.250-254, 1968.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).

RITCHEY, K.D.; NADERMAN JUNIOR, G.C. Nitrogen fertilization of rice on oxisol of the cerrado of Brasil. **Agronomy Journal**, Madison, n.27, v.2, p.261-5, 1980.

RIZZARDI, M.A. Manejo de nitrogênio no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1, 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p.95-99.

SÁ, J. C. M. **Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24 p.

SALET, R.L. Por que a disponibilidade de nitrogênio é menor no sistema plantio direto? In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p.217-219.

SALTON, J.C.; KICHEL, A.N. Milheto: uma alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.8, n.45, p.41-2, 1998.

SALTON, J.C.; PITOL, C.; ERBES, E.J. **Cultivo de primavera**: alternativas para produção de palha em Mato Grosso do Sul. Maracaju: Fundação MS, 1993. 6p. (Informativo técnico, 1).

SANT'ANA, E.P. Upland rice improvement at EMBRAPA, Brazil. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **An overview of upland rice research**: proceedings of upland rice workshop. Bonaké: International Rice Research Institute, 1982. p. 469-75.

SARKARUNG, S. Screening upland rice for aluminum tolerance and blast resistance. In: INTERNATIONAL UPLAND RICE CONFERENCE, 2, 1985, Jakarta. **Proceedings...** Manila: IRRI, 1986. p. 271-281.

SCALEA, M.J. A cultura do milho e seu uso no plantio direto no cerrado. In: LANDERS, J. **Fascículos de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia: Associação de Plantio Direto no Cerrado, 1994. p.246-54.

SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A.E.; TRIVELIN, P.C.O. Utilização de nitrogênio de adubos verdes e mineral pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n.4, p. 917-926, 2000.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; GUIMARÃES, G.L.; BUZETTI, S. Acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura e no milho cultivado em sucessão sob diferentes doses de nitrogênio em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n.2, p.202-217, 2006.

SILVA, R. **Potencial da mucuna preta como adubo verde para o arroz-de-sequeiro em Latossolo Amarelo da Amazônia**. 1991. 136f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M.; MOREIRA, J.A.A.; YOKOYAMA, L.P. Adubação nitrogenada em arroz sob irrigação suplementar por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.6, p.927-932, 1999.

STONE, L.F.; SILVA, J.G. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação nitrogenada e condições hídricas do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.6, p.891-897, 1998.

WIETHOLTER, S. Adubação nitrogenada para trigo cultivado após as culturas de soja e de milho, em sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA

PLANTIO DIRETO, 2, 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p.221-224.

WUTKE, E.B. Adubação verde, manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E.B., BULISANI, E.A., MASCARENHAS, H.A.A. **Curso de Adubação Verde no Instituto Agrônômico**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. p.17-29 (Documentos IAC,15).

VIEIRA, N.R.A. et al. (Coord.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999.

VILLELA, O.V. **Níveis de nitrogênio em arroz pré-germinado**. 2000. 103p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

VITTI, G. C.; FAVARIN, J.L.; RESENDE, L.O.; TREVISAN, W. **Manejo do nitrogênio em diversos sistemas de produção agrícola**. Piracicaba: SERRANA, 1999. 36 p.

ZARATIN, C. **Doses e parcelamento de potássio em quatro cultivares de arroz irrigados por aspersão**. 2000. 61f. Trabalho (Graduação) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2000.

ZONTA, E. P., Machado, A. A. Sanest - Sistema de Análise Estatística, 1984.