

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: SISTEMAS DE PRODUÇÃO

**PLANTAS DE COBERTURA, FONTES DE NITROGÊNIO E
FORNECIMENTO DE MOLIBDÊNIO NO CULTIVO DE ARROZ DE TERRAS
ALTAS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

STEFAN MONTEIRO

Engenheiro Agrônomo

Ilha Solteira

2011



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**PLANTAS DE COBERTURA, FONTES DE NITROGÊNIO E FORNECIMENTO DE
MOLIBDÊNIO NO CULTIVO DE ARROZ DE TERRAS ALTAS EM SISTEMA DE
PLANTIO DIRETO**

STEFAN MONTEIRO

Engenheiro Agrônomo

Prof. Dr. ORIVALDO ARF

Orientador

Profa. Dra. MARIA APARECIDA ANSELMO TARSITANO

Co-Orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira,
para obtenção do título de Mestre em
Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira

2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

M775p Monteiro, Stefan .
Plantas de cobertura, fontes de nitrogênio e fornecimento de molibdênio no cultivo de arroz de terras altas em sistema de plantio direto / Stefan Monteiro. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2011
57 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Agronomia, 2011

Orientador: Orivaldo Arf

Co-orientador: Maria Aparecida Anselmo Tarsitano

Inclui bibliografia

1. Oryza sativa L. 2. Produtividade e qualidade de grãos. 3. Custos de produção.



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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Plantas de cobertura, fontes de nitrogênio e fornecimento de molibdênio no cultivo de arroz de terras altas em sistema plantio direto

AUTOR: STÉFAN MONTEIRO

ORIENTADOR: Prof. Dr. ORIVALDO ARF

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. MARIA APARECIDA A TARSITANO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ORIVALDO ARF

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

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA

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

Prof. Dr. ROGERIO PERES SORATTO

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Data da realização: 30 de agosto de 2011.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela oportunidade de realizar este curso, e pela proteção em todos os momentos.

Ao Prof. Dr. Orivaldo Arf, pela amizade, paciência, apoio, disponibilidade.

Aos demais professores do curso de Agronomia.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Unesp – Campus de Ilha Solteira pelo apoio no trabalho em campo e aos técnicos de laboratório.

Ao CNPq pela concessão da Bolsa de Mestrado.

Agradeço ainda a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

MONTEIRO, S. **Plantas de cobertura, fontes de nitrogênio e fornecimento de molibdênio no cultivo de arroz de terras altas em sistema de plantio direto**. 2011. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de concentração: Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2011.

Autor: Eng^o. Agr^o. Stefan Monteiro

Orientador: Prof. Dr. Orivaldo Arf

Co-Orientador: Prof. Dr. Maria Aparecida Tarsitano

RESUMO: O arroz de terras altas era tradicionalmente cultivado em áreas novas, na qual a cultura se estabelecia após a derrubada da vegetação nativa. A utilização deste sistema tende a desaparecer em razão dos altos impactos ambientais causados, obrigando a cultura a migrar para outros sistemas de cultivo, especialmente o sistema de plantio direto, porém, ainda não está adaptado a integrar este sistema. Assim, o experimento foi conduzido durante o ano agrícola 2009/10, em área experimental da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada no município de Selvíria (MS). Os tratamentos foram constituídos pela combinação de plantas de cobertura (milheto, crotalária, guandu, milheto + crotalária, milheto + guandu e área em pousio com vegetação espontânea), fontes de nitrogênio ($N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ e $\frac{1}{2} N-NH_4^+ + \frac{1}{2} N-NO_3^-$) e o fornecimento de molibdênio. O delineamento estatístico foi o de blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial com quatro repetições. Foram realizadas as seguintes avaliações: massa seca das coberturas vegetais; cobertura morta do solo; teor de nitrogênio nas folhas; altura de plantas; grau de acamamento; número de colmos e panículas; número de espiguetas cheias por panícula; espiguetas chochas por panícula; massa de 100 grãos; produtividade de grãos; rendimento de engenho. Também os fatores econômicos foram avaliados, sendo eles: custo efetivo e custo total, lucro operacional, renda bruta e índice de lucratividade. As plantas de cobertura em cultivo consorciado (milheto + crotalaria) e solteiro proporcionaram as maiores produtividades de grãos. A aplicação de molibdênio não influenciou os parâmetros avaliados. A aplicação de $N-NO_3^-$ como fonte de nitrogênio representou maior custo operacional. Os tratamentos com utilização de milheto e crotalária e o seu consorciamento, juntamente com a aplicação de sulfato e nitrato de amônio, apresentaram os melhores índices de lucratividade.

Palavras - chave: *Oryza sativa* L. Produtividade e qualidade de grãos. Custos de produção.

MONTEIRO, S. **Cover crops, sources of nitrogen and molybdenum supply in upland rice no-till cultivation.** 2011. 62 f. Dissertation (Master's degree)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2011.

Author: Eng^o. Agr^o. Stefan Monteiro

Adviser: Prof. Dr^o. Orivaldo Arf

Co-Adviser: Prof. Dr. Maria Aparecida Tarsitano

ABSTRACT: Upland rice used to be traditionally cultivated in new areas where the crop would establish after the native vegetation was cleared. The use of this system tends to disappear due to its high environmental impacts, forcing farmers to use other cultivation systems especially no-till. However the crop is not adapted to integrate this system owing to means by which nitrogen is absorbed in the initial phase of the plant's development, a decisive factor for the low crop's development. The experiment was carried out during 2009/2010 in an experimental area of Ilha Solteira Engineer University – UNESP, Located in Selviria (MS) The treatments consisted of the combination of cover crops (millet, sunn hemp, pigeon pea, millet + pigeon pea, millet + sunn hemp and area in fallow ground with natural vegetation.), sources of nitrogen ($N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ e $\frac{1}{2} N-NH_4^+ + \frac{1}{2} N-NO_3^-$) and molybdenum supply.. The following evaluations were carried out: dry mass of the cover crops, dead cover of the soil, nitrogen content tenor of the leaves, plant height, lying rate degree, number of stems/stalks and panicles; number of spikelets full of panicle; mass of 100 grains; grains yield, mill yield. The economical factors were evaluated as will: effective cost and total cost operational profit, gross income and profitability index. Cover crops in consortium (millet + sunn hemp) and single (sunn hemp and millet) allowed a higher grains productivity. Molybdenum has not influenced the evaluated parameters. The and also indicated a higher operational cost with the use of $N-NO_3^-$ as nitrogen source. The treatments using millet and crotalaria and their consortium, together with the application of sulphate and ammonium nitrate presented the best profitability rates.

Key - words: *Oryza sativa* L. Productivity. Quality of grains and production costs.

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 -** Resultado da análise química do solo da área experimental, realizada antes da instalação do experimento. (Selvíria – MS, 2009/10). **24**
- TABELA 2 -** Valores médios da massa seca de plantas e porcentagem de cobertura do solo pelas plantas utilizadas como cultura antecessora ao arroz de terras altas em plantio direto. (Selvíria – MS, 2009/10). **32**
- TABELA 3 -** Valores médios da altura de plantas, número de colmos e panículas por m² em arroz de terras altas no sistema plantio direto em função das plantas de cobertura, fontes de nitrogênio com presença e ausência de molibdênio via foliar. (Selvíria - MS, 2009/10). **33**
- TABELA 4 -** Desdobramento da interação significativa da análise de variância entre plantas de cobertura e fontes de nitrogênio referente à altura de plantas. (Selvíria - MS, 2009/10). **35**
- TABELA 5 -** Desdobramento da interação significativa da análise de variância entre plantas de cobertura e fontes de nitrogênio referente à altura de plantas. (Selvíria - MS, 2009/10). **36**
- TABELA 6 -** Valores médios do número de espiguetas totais, cheias e chochas por panícula em arroz de terras altas no sistema plantio direto em função das plantas de cobertura, fontes de nitrogênio com presença e ausência de molibdênio via foliar. (Selvíria - MS, 2009/10). **37**
- TABELA 7 -** Valores médios do teor de N na folha bandeira, massa de 100 grãos e produtividade de grãos em arroz de terras altas no sistema plantio direto em função das plantas de cobertura, fontes de nitrogênio com presença e ausência de molibdênio via foliar (Selvíria-MS, **39**

2009/10).

- TABELA 8 -** Valores médios de Rendimento de benefício, grãos inteiros e quebrados em arroz de terras altas no sistema plantio direto em função das plantas de cobertura, fontes de nitrogênio com presença e ausência de molibdênio via foliar (Selvíria-MS, 2009/10). **40**
- TABELA 9 -** Estimativa do custo operacional obtido com a cultura do arroz de terras altas, sob palhada de milho e manejada com nitrato de amônio (Selvíria-MS, 2009/10). **42**
- TABELA 10 -** Estimativa do custo operacional obtido com a cultura do arroz de terras altas, sob palhada de milho e manejada com sulfato de amônio (Selvíria-MS, 2009/10). **43**
- TABELA 11 -** Estimativa do custo operacional obtido com a cultura do arroz de sequeiro, sob palhada de milho e manejada com salitre do Chile (Selvíria-MS, 2009/10). **44**
- TABELA 12 -** Produtividade, grãos inteiros, custo operacional total, renda bruta, lucro operacional e índice de lucratividade do arroz de terras altas em sistema de plantio direto manejado sob plantas de cobertura e fontes de nitrogênio (Selvíria-MS, 2009/10). **45**
- TABELA 13 -** Produtividade, grãos inteiros, custo operacional total, renda bruta, lucro operacional médios das fontes de nitrogênio no arroz de terras altas em sistema de plantio direto (Selvíria-MS, 2009/10). **46**
- TABELA 14 -** Produtividade, grãos inteiros, custo operacional total, renda bruta, lucro operacional médios das plantas de cobertura no arroz de terras altas em sistema de plantio direto (Selvíria-MS, 2009/10). **47**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	Importância e considerações da cultura do arroz de terras altas no Brasil	10
2.2	Arroz de terras altas em sistema de Plantio Direto	11
2.3	Metabolismo nitrogênio x molibdênio	14
2.4	Adubação nitrogenada	16
2.5	Fontes nitrogenadas	17
2.5.1	Nitrato de amônio	18
2.5.2	Salitre do Chile	18
2.5.3	Sulfato de amônio	18
2.6	Plantas de cobertura	19
2.6.1	Crotalaria	20
2.6.2	Milheto	21
2.6.3	Guandu	22
2.6.4	Consortio entre plantas de cobertura	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	Localização e características do local	24
3.2	Delineamento experimental e tratamentos utilizados	24
3.3	Preparo da área para semeadura, instalação e condução do experimento	25
3.4	Avaliações realizadas	27
3.4.1	Massa seca das coberturas vegetais	27
3.4.2	Cobertura morta do solo	27
3.4.3	Teor de nitrogênio nas folhas	27
3.4.3.1	Digestão (N)	27
3.4.3.2	Análise	28
3.4.4	Altura de plantas	28
3.4.5	Grau de acamamento	28
3.4.6	Componentes de produção	29
3.4.7	Produtividade	29
3.4.8	Rendimento de engenho	29
3.5	Análise estatística	30

3.6	Análise econômica.....	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	Características agronômicas	32
4.2	Análise econômica.....	41
5	CONCLUSÕES.....	50
	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de arroz (*Oryza sativa* L.) no mundo, tendo 2.863,2 mil hectares de área cultivada na safra 2010/11. O arroz de terras altas corresponde a 55% da área total e representa cerca de 40% da produção nacional (BRASIL, 2011).

O arroz de terras altas vinha sendo produzido tradicionalmente em áreas novas, na qual se procede a derrubada da vegetação, queima da coivara, destoca e catação de raízes, outra pequena parte era constituída de arroz cultivado em área ocupada com soja ou em reforma de pastagens. Nas últimas safras a área cultivada vem sendo reduzida pela concorrência com a soja e o milho e redução de áreas de derrubada de mata. Apesar das importantes inovações tecnológicas conseguidas nas últimas décadas, a rizicultura de terras altas apresenta grandes desafios, sendo que o principal é a consolidação da cultura de forma sustentável nos diferentes sistemas de produção de grãos, especialmente sob plantio direto (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2003).

Dentre as culturas agrícolas, o arroz parece ser o menos adaptado ao sistema plantio direto, podendo tal fato ser atribuído à ocorrência da falta de informações mais precisas (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Uma das hipóteses aventadas é de que o principal fator limitante ao bom desempenho do arroz de terras altas ao sistema de plantio direto está relacionado com a incapacidade de a planta utilizar, na fase jovem, o nitrogênio na forma de nitrato, com a conseqüente redução do sistema radicular, do perfilhamento e do desenvolvimento inicial. No sistema de cultivo inundado, o plantio direto é adotado sem restrições e é um dos mais utilizados no Rio Grande do Sul. A diferença básica entre o arroz de terras altas e o irrigado por inundação, além da farta disponibilidade de água deste último, está na forma predominante do nitrogênio no solo, que é de nitrato no sequeiro e de amônio no irrigado. A inundação do solo provoca uma série de alterações físicas, biológicas e químicas, mas não parecem ser elas a causa do sucesso ou insucesso do plantio direto (SOARES, 2004).

No sistema de plantio direto sem revolvimento de solo e acúmulo de matéria orgânica nas camadas superficiais, ocorre maior densidade e menor aeração, implicando em menor decomposição da matéria orgânica do solo, com liberação mais lenta de nitrogênio amoniacal. O pouco nitrogênio amoniacal produzido pela mineralização é rapidamente nitrificado a nitrato, uma vez que a superfície do solo é meio rico em oxigênio (SOARES, 2004).

Assim, no plantio direto, principalmente nos seis primeiros anos de implantação do sistema, a imobilização do nitrogênio é maior que a mineralização (SÁ, 1999). O arroz sofre intensa carência de nitrogênio amoniacal, já que no primeiro mês de vida, a planta não produz a enzima redutase do nitrato, ou produz em baixas quantidades. Essa deficiência afeta diretamente o desenvolvimento da planta, trazendo prejuízos diretos na produção da cultura.

Malavolta (1980) mencionou que o arroz tanto de sequeiro quanto irrigado, nas duas ou três primeiras semanas de vida, quando cultivado em solução contendo $N-NO_3^-$, desenvolve-se muito pouco, apresentando sintomas típicos de falta de N, o que não acontece, se o $N-NH_4^+$ for a fonte de nitrogênio, entretanto, após desenvolver suas folhas, antes amareladas pela falta de N, tornam-se verdes, o que indica a síntese e funcionamento da redutase do nitrato. Assim a ausência ou baixa disponibilidade dessa enzima, no primeiro mês de vida da planta, faz com que o $N-NO_3^-$, não seja aproveitado pelo arroz, causando efeito prejudicial no desenvolvimento da parte aérea, reduzindo a competitividade com as plantas daninhas, diminuindo o crescimento radicular e com redução intensa do número de perfilhos. Com o avanço no desenvolvimento a planta passa a produzir a enzima redutase do nitrato, mas o prejuízo inicial é irreversível (SOARES, 2004).

Vasconcelos et al. (2002) definem que a aplicação de determinada tecnologia influi, diretamente nos custos de produção e determina, também, a produtividade da lavoura.

Diante da grande importância do desenvolvimento do sistema de plantio direto para a cultura do arroz de terras altas, objetivou-se neste trabalho avaliar as características vegetativas, produtivas, e a análise econômica da produção de arroz de terras altas em sistema de plantio direto sob plantas de coberturas, fontes de nitrogênio e fornecimento de molibdênio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância e considerações da cultura do arroz de terras altas no Brasil

Na metade do século passado, a cultura do arroz estava presente em estados do sul, e alguns estados do centro oeste do país. Nessa época o cultivo estava relacionado com a abertura de fronteira agrícola (PEREIRA, 2002).

Durante o processo de ocupação agrícola dos cerrados, iniciado na década de 60, a cultura do arroz de sequeiro teve um destacado papel como cultura pioneira. O processo de abertura de área teve seu pico entre os anos de 1975 a 1985, em que a cultura chegou a ocupar área superior a 4,5 milhões de ha⁻¹. O sistema de exploração caracterizava-se pelo baixo custo de produção, devido à baixa adoção das práticas recomendadas, incluindo semeaduras tardias e desuniformes (FERREIRA, 2007).

Na década de 1970 havia facilidade para obtenção de crédito para custeio das lavouras e uma ampla cobertura do seguro agrícola que ressarcia os produtores quando ocorria frustração de safra. Esse fato, aliado à tradição dos produtores de considerarem, equivocadamente, o arroz como uma cultura rústica, levava-os a descuidarem de práticas recomendadas para o plantio, tratamentos culturais e colheita, não os motivando a elevarem o nível de tecnologia no cultivo. Desse modo, formou-se uma situação desfavorável à cultura, que apresenta um comportamento nômade na região central do país, sendo estigmatizada como uma lavoura de transição em áreas degradadas, principalmente pastagem (FERREIRA, 2007).

Esse quadro resultou num retrocesso tecnológico e em um conceito negativo para a cultura. Dessa forma, ocorreu uma perda de competitividade do arroz de terras altas na década de 1980, situação inversa ao desempenho do arroz irrigado. Nas quatro últimas décadas, o cultivo do arroz de terras altas sofreu outras transformações marcantes que redundaram na redução da sua participação no abastecimento do mercado interno. Quanto à qualidade do grão houve mudança de preferência quanto ao tipo, que em meados da década de 1970 a preferência do consumidor passou de grãos longos para os grãos longo-finos, característica que era encontrada somente no arroz irrigado (FERREIRA, 2007).

Dentre fatores que causaram a inversão do desempenho do arroz de terras altas pode-se destacar: a) a perda da necessidade de se utilizar esse sistema para abrir áreas agrícolas no bioma cerrado; b) a grande competição de commodities, principalmente a soja; c) dificuldade do sistema de se inserir nos arranjos produtivos locais; d) importação de arroz de países

membros do acordo do Mercosul; e) mudanças do hábito alimentar do brasileiro. Esse fato está relacionado com a estabilização da inflação e o conseqüente aumento do poder de compra da população de baixa renda, com a urbanização da população, com a oferta de produtos industrializados e com o aumento significativo do número de pessoas que se alimentam fora do lar (FERREIRA, 2007).

A perda de competitividade não impediu a permanência da rizicultura na região Brasil Central, porque a partir da metade da década de 90 ocorreu uma revitalização. a produção se manteve nos mesmos níveis da década de 70, devido ao grande aumento da produtividade, (EMBRAPA,2006).

Este incremento na produtividade deve-se a fatores que influenciaram diretamente no sistema produtivo, tais como, melhoria dos processos de conservação do solo, técnicas eficientes de cultivo e de colheita, manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas, além da correção e manutenção da fertilidade dos solos, desenvolvimento de novos cultivares adaptados a micro-regiões e com alto potencial produtivo e com característica de grão longo fino (EMBRAPA, 2003).

O Brasil continua sendo o único país do mundo em que a cultura de sequeiro desempenha um papel tão importante como a irrigada, e as mudanças realizadas conseguiram mais que reverter a situação, lograram abrir novas perspectivas, inclusive para outras regiões. No entanto, para completar o ciclo de adaptação da cultura, é necessário buscar formas de inserí-la nos padrões indicados pelo conceito do desenvolvimento sustentável (FERREIRA, 2007).

2.2 Arroz de terras altas em Sistema de Plantio Direto

O Sistema Plantio Direto (SPD), que se caracteriza pela mobilização do solo apenas na linha de semeadura e na manutenção de palhada na superfície do solo, é uma opção viável para se alcançar a sustentabilidade da produção de arroz de terras altas na região do Cerrado, onde se situa a maioria da área cultivada com esta cultura (GUIMARÃES; STONE, 2003).

O Sistema Plantio Direto (SPD) ocupou, no País, na safra 2009/2010, área aproximada de 32 milhões de hectares, dos quais cerca de 40% encontram-se em áreas de Cerrado (FEDEERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA- FEBRAPDP, 2010). Este sistema traz benefícios ambientais, como a redução na densidade populacional de plantas

daninhas e nas perdas de solo, fertilizantes e pesticidas, reduzindo a poluição das águas superficiais (FORNAROLLI et al., 1998).

Entretanto, para a cultura do arroz de terras altas, ainda não se pode recomendar com segurança essa modalidade de cultivo, principalmente por não se dispor, ainda, de dados suficientes de pesquisa nesse ambiente (REIS et al., 2004).

Por outro lado, Seguy et al. (1998) afirmam que faltam apenas alguns ajustes para tornar a cultura viável sob plantio direto e que, sob determinadas condições, a produtividade é igual ou até superior à do sistema convencional. Guedes et al. (2006) também observaram resultados semelhantes entre os dois sistemas de plantio.

Pesquisas demonstraram que o cultivo do arroz de terras altas sob SPD apresentou menores rendimentos, quando comparado ao sistema convencional (SEGUY; BOUZINAC 1992; KLUTHCOUSKI et al., 2000). Isto pode ocorrer em razão da exigência da cultura, em solos com maior macroporosidade ou demanda inicial por nitrogênio, na forma amoniacal, sendo, portanto, muito sensível à qualidade do perfil do solo (KLUTHCOUSKI et al., 2000). Desta forma, observa-se que ainda é necessário o desenvolvimento de pesquisas que viabilizem a produção de arroz de terras altas no SPD, uma vez que a demanda para uso desta cultura, neste sistema, vem crescendo, principalmente em áreas de Cerrado, como opção de rotação (MOURA NETO et al., 2002).

Dentre os sistemas de produção das principais culturas brasileiras, o cultivo de arroz, ainda é o único que não possui diretrizes e parâmetros para o seu desenvolvimento no sistema de plantio direto. O cultivo neste sistema, se comparado ao sistema convencional de cultivo (revolvimento do solo), torna-se incompatível, apresentando baixo desenvolvimento do sistema radicular, baixa resistência a seca, redução no perfilhamento e baixa qualidade de grãos.

Com a gradativa diminuição de abertura de novas áreas, principalmente nos estados amazônicos, o sistema de cultivo convencional tende a diminuir. A falta de conhecimento, e o baixo número de pesquisas, impossibilitaram até os dias atuais, a implantação e a manutenção de um sistema de plantio direto sustentável para o arroz de terras altas (EMBRAPA, 2006).

Informações desconstruídas levam ao conhecimento geral que o cultivo de arroz de terras altas em uma mesma área, após cultivos sucessivos, se tornaria inviável por conta do péssimo desenvolvimento de plantas e de baixas produtividades. Para alguns pesquisadores a causa da queda brusca de produtividade a partir do segundo ano de cultivo, é devida a desconhecidos efeitos alelopáticos, fitotoxicidade, que segundo Rice (1984) é qualquer efeito

direto ou indireto, benéfico ou prejudicial, de uma planta ou de microorganismos sobre outra planta, mediante produção de compostos químicos que são liberados no ambiente. Para o arroz irrigado por inundação contínua ou várzea úmida, os efeitos alelopáticos são inexistentes, possibilitando assim cultivos sucessivos na mesma área. O desenvolvimento do arroz irrigado por inundação em cultivos sucessivos, e em sistema de plantio direto, apresenta credibilidade e produção satisfatória (SOARES, 2004).

Segundo Soares (2004) em cultivos experimentais de arroz de terras altas no estado de Minas Gerais, em três anos subsequentes, constatou-se que nos dois primeiros anos a produtividade se manteve alta. No terceiro ano, a lavoura apresentava baixo desenvolvimento e expectativa de baixa produtividade. Em parte desta área aplicou-se uma dose elevada de nitrogênio, resultando em recuperação das plantas e produtividade elevada. Assim entende-se que o fator limitante para o cultivo sucessivos desta cultura, é a forma de aplicação de nitrogênio, descartando os efeitos de autotoxidez da cultura.

Soares (2004) ainda afirmou que o sistema de preparo do solo convencional, promove a incorporação de matéria orgânica e aeração do solo, acelerando, assim, o processo de mineralização da matéria orgânica pelos microorganismos aeróbicos, com a conseqüente disponibilização de grande quantidade de nitrogênio para arroz. A disponibilidade é máxima no primeiro ano, razoável no segundo e baixa a partir do terceiro. Isso explica a redução de produtividade de grãos no segundo ano e uma queda brusca a partir do terceiro ano.

Isto ocorre de maneira mais acentuada na cultura do arroz, devido a capacidade diferencial de absorção de formas diferentes de nitrogênio. Alguns autores como Barbosa Filho (1987), Ribeiro et al. (1999) e Fageria (1984) afirmaram que o arroz absorve nitrogênio tanto na forma amoniacal (NH_4^+) quanto na forma nítrica (NO_3^-), não havendo diferença entre elas. Entretanto o N-NH_4^+ , oriundo tanto da decomposição da matéria orgânica, quanto de fertilizantes, quando aplicado ao solo na presença oxigênio, é rapidamente nitrificado a nitrato.

No caso do arroz de várzea (solo inundado ou saturado), o meio predominante é o anaeróbico, logo a nitrificação é minimizada e só ocorre nos primeiros centímetros superficiais do solo, onde há presença de oxigênio. Nessas condições, há grande predominância de N-NH_4^+ , mesmo porque o N-NO_3^- seria desnitrificado. Observa-se que assim, não há queda brusca na produtividade a partir do terceiro ano consecutivo. Tudo leva a crer que o ponto fundamental da queda de produtividade do arroz de terras altas está relacionado com a diminuição do teor de N-NH_4^+ , sugerindo que essa forma é mais bem

aproveitada em relação ao N-NO_3^- . Leon e Arregocés (1985) também relataram a melhor utilização de N-NH_4^+ , pelo arroz em relação ao N-NO_3^- .

2.3 Metabolismo nitrogênio x molibdênio

A concentração de N nas plantas cultivadas varia de 10g kg^{-1} a 50g kg^{-1} de matéria seca. O sintoma característico da deficiência de N é a clorose generalizada. Inicia-se pelas folhas mais velhas como resultado da alta mobilidade desse nutriente. Essa alta mobilidade se deve ao fato das proteínas, compostos que estão em constante síntese e degradação, liberarem compostos nitrogenados permeáveis no floema, conferindo ao N ótima redistribuição (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O N é absorvido pelas plantas nas formas de amônio (NH_4^+) e/ou de nitrato (NO_3^-), sendo este preferencial para grande parte das culturas. A absorção de NO_3^- estimula a absorção de cátions, enquanto a absorção de NH_4^+ pode restringir a absorção de cátions, como por exemplo o Ca_2^+ . Quando absorvido na forma reduzida (NH_4^+), pode ser incorporado diretamente nos compostos orgânicos. O N no interior das plantas encontra-se combinado ao carbono, hidrogênio e oxigênio e, algumas vezes, ao enxofre, como constituinte de aminoácidos, enzimas, ácidos nucleicos, clorofila, alcalóides e outros (CARVALHO, 2005).

A assimilação do nitrato é um processo que envolve uma série de reações bioquímicas, que consomem alta quantidade de energia (12 ATP para cada N inorgânico incorporado em formas orgânicas). Já a conversão de N_2 em nitrogênio orgânico na fixação biológica de nitrogênio consome em torno de 16 ATP por nitrogênio. Em gramíneas, a maior absorção de nitrogênio se dá na forma de amônio e uma fração menor na forma de nitrato, o qual poderá ser reduzido nas raízes ou transportado para a parte aérea; nessas plantas, o amônio absorvido é assimilado principalmente nas raízes (MARENCO; LOPES, 2005).

Existem evidências de que muitas plantas podem reduzir o NO_3^- , tanto nas raízes como nas folhas. Contudo, há diferença entre espécies quanto ao principal órgão envolvido na redução do nitrato. Em muitas plantas, como os cereais, a maior porção do nitrato é reduzida nas folhas, enquanto, em outras, isso acontece nas raízes. É muito difícil inferir qual estratégia de assimilação seria mais benéfica na agricultura. As folhas, por exemplo, podem ter acesso a maior disponibilidade de energia (via fotossíntese), mas também podem sofrer com maior frequência o ataque de desfoliadores, já as raízes dependem dos assimilados exportados pela parte aérea para o seu metabolismo (MARENCO; LOPES, 2005).

O nitrato é absorvido pelas raízes e pode, então, ser reduzido ou armazenado nos vacúolos, ou translocado para a parte aérea, onde será reduzido ou armazenado nos vacúolos foliares. O primeiro passo da redução de nitrato ocorre no citossol e envolve a ação da enzima nitrato redutase (NR), produzindo nitrito, o qual adentra os plastídeos, cloroplastos em folhas, sendo reduzido à amônia. O nitrato não se constituiu apenas em uma fonte de suprimento de nitrogênio, mas age também como sinalizador para vários processos celulares. (CAMARGOS, 2002).

A NR é uma enzima complexa formada pela associação de duas subunidades idênticas. Cada subunidade contém 3 grupos protéticos redox: - FAD, heme (citocromo b) e um cofator de molibdênio - que nesta ordem transferem cataliticamente dois elétrons do NAD(P)H para o nitrato. A nitrato redutase é a principal proteína contendo molibdênio encontrada nos tecidos vegetativos e um dos sintomas da deficiência do molibdênio é o acúmulo de nitrato, devido a diminuição da atividade desta enzima (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Entre os fatores nutricionais que interferem na fixação simbiótica do nitrogênio, destaca-se o papel desempenhado pelos micronutrientes, em particular o molibdênio. Apesar da pequena quantidade desse nutriente absorvida pela planta, o molibdênio é considerado essencial por fazer parte de duas enzimas, a redutase do nitrato e a nitrogenase (DECHEN et al., 1991). A redutase do nitrato promove a redução do nitrogênio absorvido na forma nítrica, para posteriormente ser incorporado em compostos orgânicos (MENGUEL; KIRBY, 1987) e a nitrogenase catalisa a reação de fixação do nitrogênio atmosférico (TANAKA et al., 1993).

O molibdênio é o micronutriente em menor abundância no solo e na planta, porém é de extrema importância para o metabolismo vegetal (MALAVOLTA, 1980; TAIZ; ZEIGER, 2004). Os íons molibdênio (Mo^{+4} até Mo^{+6}) são cofatores de várias enzimas, incluindo a nitrato redutase (NR) e a nitrogenase (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A NR catalisa a redução do nitrato a nitrito durante sua assimilação pela célula vegetal. A atividade da NR frequentemente limita o crescimento e a síntese protéica nas plantas (SOLOMONSON; BARBER, 1990). O primeiro indicativo da deficiência de Mo é a clorose generalizada entre as nervuras e necrose das folhas mais velhas (TAIZ; ZEIGER, 2004). Sob deficiência de Mo a atividade da NR em plantas não leguminosas é reduzida em cerca de 26%, e o conteúdo de óxido nítrico (NO) cai cerca de 44% (XU; ZHAO, 2003).

Nos solos brasileiros o teor total de Mo varia entre 0,5 e 5 mg dm^{-3} , e o disponível varia de 0,1 a 0,25 mg dm^{-3} . A disponibilidade do Mo é dependente do pH do solo. Solos

ácidos ($\text{pH} < 5$) possuem baixa disponibilidade desse íon (MALAVOLTA, 1980; TAIZ; ZEIGER, 2004).

A adição direta do adubo contendo Mo ao solo é muitas vezes ineficaz pela sua adsorção à matéria orgânica e aos óxidos de ferro e de alumínio, tornando-se assim não disponível às plantas (HOROWITZ, 1978; KARIMIAN; COX, 1978). Além disso, a quantidade total de Mo necessário por unidade de área para um bom desenvolvimento das plantas é muito pequena (JACOB-NETO; FRANCO, 1989). Outras formas de aplicação visando suprir as necessidades da planta parecem ser mais adequadas que a adubação ao solo. Exemplo disso é o envolvimento das sementes com produtos que contenham Mo, como FTE (Fritted trace element), molibdato de sódio ou de amônio e ácido molibdico, que podem constituir uma forma de aumentar a eficiência da aplicação de Mo (JACOB-NETO; FRANCO, 1984; FARIAS et al., 1985).

2.4 Adubação nitrogenada

O nitrogênio (N) é o nutriente que mais limita o desenvolvimento, a produtividade e a biomassa da maioria das culturas. É um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no solo. Em decorrência destas perdas, a eficiência de utilização do nutriente pelas plantas é baixa (50-60%). Tem sido habitual a recomendação do parcelamento da adubação nitrogenada, com o intuito de aumentar sua eficiência (LOPES et al. 2004).

A recomendação atual de adubação nitrogenada para o arroz de terras altas no SPD, varia de 40 a 90 kg ha⁻¹ de N (FAGERIA, 1998) dependendo da suscetibilidade do cultivar ao acamamento e à brusone. Entretanto, como a magnitude em que a imobilização afeta a disponibilidade do N depende da relação C:N, da composição e da quantidade de resíduos produzidos pela cultura anterior, a resposta do arroz de terras altas à adubação nitrogenada no SPD deverá ser diferente após uma leguminosa ou uma gramínea (GUIMARÃES; STONE, 2003).

Com a evolução na adoção do Sistema Plantio Direto (SPD) em terras altas, é de se esperar aumento gradativo no teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, da atividade microbológica dos solos. Isto pode alterar não apenas o ciclo do nitrogênio no solo, tornando-o menos disponível para as plantas, em determinado período, como, também, o fluxo de perdas. Assim, em alguns casos, a antecipação da adubação nitrogenada, em relação às

recomendações anteriores, ou, até mesmo, em relação à semeadura da cultura, pode ser mais eficiente, no que se refere a aumento da produtividade das culturas graníferas anuais (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Desta forma, verifica-se que a dinâmica do nitrogênio no solo e a capacidade de assimilação metabólica deste elemento pelas diferentes variedades de arroz parece interferir no desempenho da cultura, nos diferentes sistemas de cultivo, principalmente no SPD (ARAÚJO, 2005).

O arroz absorve nitrogênio durante todo o seu ciclo, porém, existem duas fases fisiológicas críticas: o perfilhamento e o início do primórdio floral. Recomenda-se uma aplicação na base ($10-30 \text{ kg ha}^{-1}$), por ocasião do plantio, e uma aplicação ($20-70 \text{ kg ha}^{-1}$) em cobertura, no perfilhamento das plantas (EMBRAPA, 2009). Entretanto, verificou-se que, em trabalhos realizados em Santo Antônio de Goiás e Santa Helena (GO) e Médio Norte do Mato Grosso e Lagoa da Confusão (TO), houve rendimento maior nos tratamentos em que a adubação nitrogenada foi realizada toda na semeadura (KLUTHCOUSKI et al., 2006).

2.5 Fontes nitrogenadas

A incorporação do fertilizante nitrogenado é um meio de reduzir as perdas por volatilização. Entretanto, por causa da dificuldade de incorporação dos fertilizantes em solos com espessa camada de palha, constata-se a necessidade de uso de fontes nitrogenadas que apresentem menores perdas do elemento por volatilização (TRIVELIN et al., 1997).

Fontes de nitrogênio, como nitrato de amônio e sulfato de amônio, não estão sujeitas às perdas por volatilização de amônia. No entanto, qualquer uma delas, pode sofrer outro tipo de perda gasosa via desnitrificação, em função da diminuição da aeração, pela maior umidade e/ou por problemas de compactação e mediante presença de compostos de carbono solúveis (CANTARELLA, 1998).

Cantarella (1998) e Cantarella et al. (1999) constataram que não houve perdas mediante o uso de nitrato de amônio. Freney et al. (1992), verificaram que a aplicação de sulfato de amônio resultou em perdas de apenas 1,8 % do N aplicado.

O N-NH_4 é muito menos sujeito a perdas por lixiviação ou desnitrificação que o N-NO_3 , diferenças nas proporções dos adubos nitrogenados contendo N nas formas NO_3 ou NH_4 podem ter importantes implicações no manejo do N (YAMADA et al, 2000).

2.5.1 Nitrato de amônio

O nitrato de amônio é um produto sólido, perolado, branco cristalino, com 34% de nitrogênio (50% N-nítrico e 50%N-amoniaco). Possui forte ação oxidante e, por ser muito higroscópico, requer recobrimento de seus grânulos para reduzir o empedramento e consequentemente esfarelamento. O produto é obtido por intermédio da neutralização do ácido nítrico pela amônia, produzindo basicamente em duas etapas: produção de ácido nítrico, e neutralização do ácido nítrico com amônia. As principais características agrônômicas do nitrato de amônio são: nitrogênio nítrico prontamente disponível, nitrogênio amoniaco com disponibilidade mais prolongada, baixo índice de salinidade, é compatível com as demais matérias primas das misturas NPK (com exceção da uréia). Em termos mundiais, o nitrato de amônio é o segundo fertilizante nitrogenado mais produzido, depois da uréia. Os maiores produtores são a Rússia, Estados Unidos e China, e os principais exportadores são Rússia e Ucrânia, que representam mais de 50% do total mundial. Os grandes importadores são Estados Unidos, Turquia e Brasil (MESQUITA, 2007).

2.5.2 Sulfato de amônio

O sulfato de amônio comercializado como adubo – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – é um sal que contém 21% de nitrogênio amoniaco (N- NH_4) e mais 24% de enxofre na forma de sulfato (S- SO_4^{2-}). Essas características fazem do Sulfato de Amônio um adubo de ação rápida e eficiente, visto que o nitrogênio amoniaco e o enxofre na forma de sulfato são prontamente absorvidos pelas plantas.

A baixa eficiência de recuperação do N do fertilizante aplicado às culturas tem sido atribuída, principalmente, às perdas gasosas do elemento (volatilização e desnitrificação) associadas ao uso preferencial de uréia em aplicações superficiais no solo. Nesse contexto, o sulfato de amônio apresenta algumas vantagens em relação à uréia e outras fontes nitrogenadas, pois possui baixa tendência de perdas voláteis de N e baixa taxa de nitrificação, além de ser considerado fonte de enxofre – 24% S (COLLAMER et al., 2007).

2.5.3 Salitre do Chile

O composto químico nitrato de potássio ou nitrato potássico (também conhecido como salitre-do-Chile) é um nitrato cuja fórmula é KNO_3 . Apresenta em sua composição 15 % de N e 9% de K_2O , sólido, branco e solúvel em água. Atualmente, a maioria do nitrato potássico vem dos vastos depósitos de nitrato de sódio existentes nos desertos chilenos. O nitrato sódico é purificado e posteriormente colocado para reagir com uma solução de cloreto de potássio, na qual o nitrato potássico obtido, menos solúvel, cristaliza (ULTRAVERDE, 2008).

Pouco usado em nosso país, pelo custo elevado de importação, se comparado com os demais fertilizantes nitrogenados.

2.6 Plantas de cobertura

A sustentabilidade dos agrossistemas é diretamente influenciada pela forma de manejo dos solos e das culturas (HERNANI et al., 1997).

A sucessão de cultivos distintos contribui para a manutenção do equilíbrio dos nutrientes no solo e para o aumento da sua fertilidade, além de permitir melhor utilização dos insumos agrícolas. A adição regular de resíduos de adubos verdes aos vários solos e ambientes agroecológicos dos trópicos contribui com a conservação do solo e da água, promovendo, principalmente, a melhoria da estrutura que favorece a aeração e a infiltração de água no solo, permitindo uma maior penetração das raízes (LAL, 1986). Além disso, propicia melhor aproveitamento de adubos químicos e redução nos custos com adubação mineral, uma vez que promove aumento da atividade biológica do solo (HERNANI et al., 1995).

Assim, o uso combinado de adubos minerais e de adubação verde constitui uma prática de manejo em que se procura preservar a qualidade ambiental sem prescindir da elevada produtividade das culturas (ARF et al., 1999).

Para otimizar o uso da adubação verde, é necessário identificar as espécies mais adaptáveis à região e adequá-las à melhor forma de manejo (CERETTA et al., 1994). Verificou-se que para o sucesso do sistema de plantio direto, são requisitos fundamentais o planejamento de um sistema de rotação de culturas (CRUZ et al., 2001) e o manejo de restos culturais e de culturas de cobertura do solo (ALVARENGA et al., 2001).

Segundo Calegari (1994) os objetivos do uso de cobertura do solo são: promover a formação de cobertura vegetal, impedindo o impacto direto das gotas de chuva no solo e quebrando a energia cinética da chuva; manutenção da umidade do solo, diminuindo as perdas por evaporação; aumentar a infiltração de água no solo, diminuindo o escoamento

superficial; buscar uma melhor estruturação do solo (melhor agregação, maior aeração), favorecendo os cultivos posteriores; implementar a reciclagem de nutrientes no solo; melhorar o controle de plantas invasoras, cultivando plantas de cobertura com alto grau de competitividade; aumentar o teor de matéria orgânica do solo, melhorando características físicas, químicas e biológicas do solo.

As plantas de cobertura poderão ser implantadas em cultivo singular ou em associações. Pode-se fazer uso do consórcio de gramíneas + leguminosas, ou gramíneas + crucíferas ou, ainda, misturar duas, três ou mais espécies, que além de apresentarem um importante efeito melhorador das características físicas do solo (agregação, estruturação), produzem resíduos com relação C/N intermediária, favorecendo a mineralização paulatina do nitrogênio, além de promoverem ao longo dos anos um maior equilíbrio e acúmulo de carbono no perfil do solo. No caso de cultivos singulares, a decomposição individual das leguminosas resultará em maiores riscos de perdas de N (lixiviação, volatilização), quando comparado às gramíneas. Quando os resíduos de gramíneas são mesclados com resíduos de leguminosas, normalmente não há problemas com imobilização do nitrogênio e a mineralização paulatina favorecerá a disponibilidade e absorção pelas plantas (CALEGARI, 2001).

Espécies vegetais utilizadas como adubo verde, principalmente leguminosas, apesar de possuírem menor relação C/N, apresentam a vantagem de rápida liberação de nutrientes durante sua decomposição (DAROLT, 1998). Por meio do consórcio de leguminosas e gramíneas, com elevada produção de fitomassa, podem-se conciliar proteção e adubação do solo (OLIVEIRA et al., 2002).

2.6.1 Crotalária

O gênero *Crotalaria* L. (Leguminosae) consiste de cerca de 500 espécies, localizadas em áreas tropicais e subtropicais. Inicialmente era considerada uma planta daninha, mas hoje ela tem importância tanto pelo seu uso no controle de nematóides (MIRANDA, 1981) quanto pela produção de forragem (RIZZINI; MORS, 1995), produção de fibras, adubação verde, e controle da erosão do solo (MILLER, 1967).

A *Crotalaria juncea* é muito eficiente como produtora de massa vegetal e como fixadora de nitrogênio (SALGADO et al., 1982). Wutke (1993) considera que a *Crotalaria juncea* pode fixar 150 a 165 kg ha⁻¹ de nitrogênio no solo, podendo chegar a 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹

em certas ocasiões, produzindo 10 a 15 toneladas de matéria seca correspondendo a 41 e 217 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Aos 130 dias de idade, pode apresentar raízes na profundidade de até 4,5 m, sendo que 79% de seu peso se encontram nos primeiros 30 cm. Bifon et al. (2001), avaliando o potencial de produção de seis adubos verdes em Espírito Santo do Pinhal, Estado de São Paulo, observaram que a *C. juncea* destacou-se em termos de produção de massa seca, chegando a 10,1 t ha⁻¹ e fixou 344 kg ha⁻¹ de nitrogênio, apenas sendo superada pela mucuna preta nesse último aspecto.

A crotalária é cultivada em toda região tropical, vegeta muito bem em solos pobres, inclusive nos arenosos de várias fertilidades e bem drenados. É exigente em calor, luz e umidade, suportando geadas leves (CALEGARI et al., 1993).

2.6.2 Milheto

O milheto é uma gramínea anual, de clima tropical, recomendada para a produção de palhada e cobertura do solo no sistema de semeadura direta, por apresentar elevada taxa de crescimento, o que proporciona rápida cobertura do solo. Apresenta características favoráveis à reciclagem de nutrientes, com raízes vigorosas e abundantes, permitindo a recuperação de nutrientes que se encontram até a profundidade de 2,0 m, possui também uma alta relação C/N na palhada, garantindo assim uma decomposição mais lenta de seu resíduo; tolerância a seca e a baixos níveis de fertilidade do solo, além de sua semente ser de baixo custo e de fácil aquisição (SALTON; KICHEL, 1997). Chignolli Júnior et al. (2001), em trabalho objetivando avaliar o acúmulo de macronutrientes na planta de milheto no sistema de semeadura direta, em diferentes épocas de semeadura e de manejo da fitomassa, verificaram maiores produções de fitomassa com o manejo a cada florescimento (16,1 t ha⁻¹), com teores de nitrogênio, fósforo e potássio de 315, 14 e 358 kg ha⁻¹, respectivamente.

Entretanto, a contribuição das espécies de cobertura do solo se reflete não só em termos de nutrição da cultura em sucessão, mas também na melhoria das condições físicas e biológicas do solo (PAVINATO et al., 1994). Derpsch et al. (1985), avaliando os efeitos de algumas espécies de plantas utilizadas como adubação verde ou cobertura do solo durante o inverno, constataram que a relação entre massa seca e massa verde (MS/MV) das gramíneas foi quase 2,5 vezes maior do que a das leguminosas.

Também a associação de espécies gramíneas e leguminosas tem sido preconizada com o intuito de aumentar a quantidade e a qualidade de massa seca formada (POSTIGLIONI, 1982; FONTANELI; FREIRE JÚNIOR, 1991).

No Brasil, o milheto é uma gramínea muito cultivada na entressafra, constituindo-se como a principal cobertura vegetal usada no sistema de plantio direto na região do Cerrado, caracterizando sua grande importância na ciclagem de nutriente e conservação do solo (SILVA et al., 2003).

Por ser considerada uma planta pouco exigente em relação ao solo, o milheto é uma cultura de boa adaptação a regiões com baixa fertilidade, déficit hídrico e altas temperaturas. Seu sistema radicular vigoroso e sua alta capacidade de absorção de nutrientes são as principais características que fazem com que esta espécie sobressaia às outras coberturas verdes (PIRES et al., 2007).

Seu sistema radicular profundo permite ciclagem de nutrientes em quantidades consideráveis, deixando-os disponíveis as culturas subsequentes, uma vez que a plantas de milheto absorvem os nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os liberam, posteriormente, na camada superficial após a decomposição dos seus resíduos (PIRES et al., 2007).

2.6.3 Guandu

O guandu ocupa mundialmente o 6º lugar em importância alimentar dentre as leguminosas, sendo usado extensivamente na Ásia para alimentação animal e humana. Para o produtor rural, o guandu proporciona baixos custos de produção, que refletem diretamente no lucro da atividade pecuária e em melhorias na fertilidade do solo, decorrentes da habilidade que essa forrageira apresenta para a fixação simbiótica do nitrogênio (RAO et al., 2002).

Alvarenga et al. (1995), avaliando diferentes espécies de adubos verdes, observaram que o guandu destacou-se como a espécie de maior potencial para recuperação do solo, com maior produção de biomassa seca. Alcântara et al. (2000) verificaram alta capacidade do guandu na produção de fitomassa seca. Esses autores obtiveram, respectivamente, 13.800 kg ha⁻¹ no Sudoeste do Paraná e 13.200 kg ha⁻¹ em Lambari-MG de fitomassa seca com o guandu, comprovando a alta capacidade de produção de massa seca.

Salmi et al. (2006), avaliando a produção de fitomassa aérea, seus teores de N, P e K e a dinâmica de liberação desses nutrientes, em seis genótipos de guandu, em sistema de cultivo

em aleias, observaram a produtividade média de biomassa de 5,9 Mg ha⁻¹; o acúmulo de N variou de 188,3 a 261,3 kg ha⁻¹, o de P de 7,2 a 9,4 kg ha⁻¹ e o de K de 29,3 a 45,5 kg ha⁻¹; não houve diferença estatística entre os genótipos avaliados. Também destacaram que aproximadamente 75% da fitomassa ainda restava sobre o solo aos 30 dias após a deposição. Isso acarretou ao sistema uma boa cobertura do solo. Essa proteção ao solo, nos primeiros 30 dias depois do corte, coincide com o período mais crítico, caso uma lavoura comercial seja implantada entre as faixas, diminuindo, assim, a competição com plantas daninhas e favorecendo a conservação da umidade do solo.

Suzuki e Alves (2006) verificaram valores de produção de massa verde para o guandu de 32.708 kg ha⁻¹.

2.6.4 Consórcio entre plantas de cobertura

Entre as espécies empregadas na adubação verde, as da família das leguminosas se destacam por formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de N₂, resultando aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta (PERIN et al., 2003), contribuindo com a nutrição das culturas subseqüentes (ANDREOLA et al., 2000; ZOTARELLI, 2000). Outra característica importante das leguminosas é a baixa relação C/N, quando comparada a plantas de outras famílias.

Este aspecto, aliado à grande presença de compostos solúveis, favorece sua decomposição e mineralização por microorganismos do solo e a reciclagem de nutrientes (ZOTARELLI, 2000).

Por outro lado, o emprego de não-leguminosas na adubação verde pode amenizar perdas de N mediante a imobilização temporária deste nutriente em sua biomassa (ANDREOLA et al., 2000). Além disso, resíduos de gramíneas, em virtude de sua baixa taxa de decomposição, determinam melhor proteção do solo. Deste modo, a adubação verde, a partir do consórcio entre leguminosas e gramíneas, pode determinar a combinação de resíduos com características favoráveis, não só à proteção do solo, mas também à nutrição das plantas, pelo aporte de N pelas leguminosas via fixação biológica de nitrogênio (BORTOLINI et al., 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características do local

O trabalho foi conduzido em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia – Campus Ilha Solteira UNESP, localizada no município de Selvíria - MS, apresentando coordenadas geográficas de 51° 22' de longitude Oeste e 20° 22' de latitude Sul e altitude de 335 m. O clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, segundo a classificação internacional de Köeppen, apresentando temperatura, precipitação e umidade relativa média anual de 25 °C, 1.330 mm e 66 %, respectivamente (CENTURION, 1982). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, segundo a nova denominação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental e realizada a análise química de acordo com metodologia proposta por Raij e Quaggio (1983) e os resultados obtidos representados na Tabela 1.

Tabela 1- Resultado da análise química do solo da área experimental, realizada antes da instalação do experimento (Selvíria - MS, 2009/10).

P resina mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V (%)
			-----mmol _c dm ⁻³ -----						
15	14	5,2	2,8	24	13	21	0	60	66

Fonte: Elaboração do autor.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos utilizados

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 4 repetições e 36 tratamentos, dispostos em esquema fatorial 6 x 3 x 2. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de plantas de cobertura: milheto (*Pennisetum glaucum*), crotalaria (*Crotalaria juncea*), guandu (*Cajanus cajan*), área de pousio com vegetação espontânea, além do consórcio entre milheto + guandu e milheto + crotalaria, fontes de nitrogênio: sulfato de amônio (N-NH₄⁺) salitre do Chile (N-NO₃⁻) e nitrato de amônio (½ N-NH₄⁺ + ½ N-NO₃⁻), e presença e ausência de molibdênio. As parcelas foram constituídas por 8 linhas de 5 m de

comprimento, espaçadas 0,35 m entre si. A área útil de cada parcela foi constituída pelas 5 linhas centrais, desprezando-se 0,50 m da extremidade de cada linha.

3.3 Preparo da área para a semeadura, instalação e condução do experimento

O experimento foi implantado em área anteriormente ocupada com a cultura do milho e brachiaria, onde o sistema de plantio direto foi iniciado a mais de 10 anos. Antes da semeadura, foi realizada a dessecação da cobertura do solo utilizando o herbicida glifosate (1.440 g ha⁻¹ do i.a.).

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada no dia 17/08/2009, em espaçamento de 0,45m utilizando se matraca, sem adubação. As densidades de semeadura foram de 20 kg ha⁻¹ de sementes de milheto, 40 kg ha⁻¹ de crotalaria, 40 kg ha⁻¹ de guandu, além da área de pousio. Nos parcelamentos as densidades utilizadas foram de 50% de cada forrageira em mesmo espaçamento e em linhas alternadas. O fornecimento de água, quando necessário foi realizado através de sistema fixo de irrigação por aspersão e para o manejo de água foi levado em consideração os dados obtidos na Estação Meteorológica da Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP – Ilha Solteira.

No dia 29/10/2009, após 73 dias da semeadura as coberturas foram dessecadas com os herbicidas 2,4 D (1.209 g ha⁻¹ do i.a.) e glifosato (1.440 g ha⁻¹ do i.a.) e manejadas no dia 03/11/2009 com desintegrador mecânico, para facilitar a implantação da cultura e demarcação das parcelas experimentais. A semeadura do arroz foi realizada mecanicamente no dia 16/11/2009 utilizando-se o cultivar AN Cambará, A quantidade de sementes utilizadas foi determinada, com o objetivo de se obter 180 plantas m⁻². Para a semeadura, as sementes foram tratadas com imidacloprido e tiodicarbe (150 g e 450 g do i.a. por 100 kg de sementes, respectivamente), visando o controle de pragas do solo.

A cultivar AN Cambará é de ampla adaptabilidade, boa rusticidade, responde bem à adubação e aos tratos culturais, arquitetura de planta moderna, porte médio, resistente ao acamamento, com ciclo de 105 dias, bom “stay-green”, alto rendimento de inteiros, grãos translúcidos, ficando soltinho e macio logo após a colheita. Boa tolerância à brusone das folhas, escaldadura, complexo de manchas foliares e manchas de grãos (AGRONORTE, 2009).

A adubação química básica no sulco de semeadura foi calculada de acordo com os atributos químicos do solo, levando em consideração as recomendações de Ambrosano et al.

(1997), sendo utilizados 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 e $70 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$. As fontes utilizadas foram respectivamente superfosfato simples e cloreto de potássio. Para o tratamento com salitre do Chile, foi realizada apenas a aplicação de $10 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$, pois o próprio salitre apresenta em sua composição cerca de 9% de K_2O .

Um ponto fundamental a ser ressaltado é o uso da fonte superfosfato simples para fornecimento de P_2O_5 , tendo como objetivo disponibilizar enxofre necessário ao desenvolvimento da cultura, objetivando anular qualquer efeito causado pela fonte sulfato de amônio, que apresenta enxofre em sua composição.

Também na semeadura, foi aplicada a dose de 15 kg ha^{-1} de N, para as 3 fontes de nitrogênio, constituindo assim, o ponto inicial de parcelamento do nitrogênio.

Após a semeadura procedeu-se aplicação de herbicida pré emergente pendimethalin na dose de 1.400 g ha^{-1} do ingrediente ativo, e a irrigação da área, com a finalidade de promover a germinação das sementes, que ocorreu no dia 22 de novembro de 2009.

Devido a irregularidade de pluviosidade que ocorre nesse período do ano na região, o experimento foi implantado em área irrigadas, sendo que o fornecimento de água, quando necessário, foi realizado por sistema fixo de irrigação por aspersão com precipitação de $3,3 \text{ mm hora}^{-1}$. No manejo de água foram utilizados até três coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Para a fase vegetativa foi utilizado o valor de 0,4; para a fase reprodutiva dois coeficientes de cultura (Kc), o inicial de 0,70 e o final de 1,00 e para a fase de maturação estes valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70.

As coberturas de nitrogênio foram realizadas aos 15 DAE (dias após a emergência das plantas) e 30 DAE, com 20 kg ha^{-1} de N e 65 kg ha^{-1} de N, respectivamente.

O molibdênio foi aplicado via foliar, aos 08 DAE e aos 15 DAE, sendo as doses de 50 g ha^{-1} e 80 g ha^{-1} , respectivamente.

O controle de plantas daninhas, em pós-emergência, foi realizado aos 17 e 25 DAE, com os herbicidas metsulfurom metil ($1,98 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a.) e cialofope-butilo (600 g ha^{-1} do i.a.), respectivamente.

Para o controle de pragas, não foi necessário realizar aplicações. Para o controle das doenças foi utilizado o fungicida epoxiconazol + piraclostrobina ($137,5 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a.) aplicado aos 60 DAE.

A colheita foi realizada no dia 25/02/2010 efetuada manualmente, a trilha mecanicamente e os grãos foram submetidos à secagem a sombra.

3.4 Avaliações realizadas

3.4.1 Massa seca das coberturas vegetais

Determinada após a passagem do desintegrador mecânico, coletando-se os restos vegetais, utilizando-se um quadrado de 0,5 m de lado e área de 0,25 m², em dois pontos por parcela; essas amostras foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas para o laboratório para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 60°C até ponto de equilíbrio constante, fazendo-se a quantificação e extrapolando em kg ha⁻¹.

3.4.2 Cobertura morta do solo

Determinada aos 20 dias após a emergência do arroz, pelo método do Ponto Quadrado proposto por Spedding e Large (1957).

3.4.3 Teor de nitrogênio nas folhas

Por ocasião do florescimento, foram coletados os limbos foliares de 30 folhas bandeira por parcela e, após secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60 – 70 °C, por 72 horas, foram moídas em moinho tipo Wiley, e submetidas à digestão sulfúrica, conforme método descrito em Sarruge e Haag (1974), descrita a seguir:

3.4.3.1 Digestão (N)

- pesar 0,10 g da amostra e colocar em tubo de ensaio;
- colocar 5 mL da mistura digestora nos tubos.

- **Mistura digestora** - 24 g de sulfato de cobre + 128 g de sulfato de sódio e 21,8 g de selenito de sódio. Misturar com um bastão de vidro. Acrescentar 1.050 mL de água destilada e por último colocar vagarosamente 1.200 mL de ácido sulfúrico. Preparar a mistura digestora na capela, com o recipiente dentro de uma bacia com muito gelo e vagarosamente. O volume preparado é de 2,25 litros.

- levar o material ao bloco digestor e aquecer a 100 °C, a cada 30 minutos aumentar de 50 em 50 °C até chegar a 250 °C, depois de 30 minutos elevar a 350 °C. Esperar a amostra ficar esverdeada (mesma cor da mistura digestora);
- terminada a digestão, deixe esfriar.

3.4.3.2 Análise (N)

- colocar 15 mL de água destilada em cada tubo com auxílio de uma bureta, em seguida agitar bem;
- esfriar os tubos;
- ligar o destilador de nitrogênio;
- fazer uma destilação em branco com HCl 0,1 N, antes de iniciar a destilação das amostras;
- colocar o tubo com a amostra na entrada do destilador e adicionar, aproximadamente, 15 mL de NaOH 15 N;
- colocar 10 mL de ácido bórico com indicador em um becker de 50 mL e mergulhar na saída do destilador.

- **Solução de ácido bórico com indicador:** pesa-se 20 g de ácido bórico e coloca em um balão volumétrico de 1.000 mL com um pouco de água, acrescenta-se 15 mL de verde bromocresol a 1% e 6 mL de vermelho de metila a 1 %, em seguida completa-se o volume com água (1 litro), agitar até homogeneizar.

3.4.4 Altura de plantas

Foi avaliada a distância média compreendida, desde a superfície do solo até a extremidade superior da panícula, determinada durante o estágio de grãos na forma pastosa, em 10 plantas ao acaso, na área útil de cada parcela.

3.4.5 Grau de acamamento

Foi obtido em observações visuais na fase de maturação, utilizando-se a seguinte escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – 5 a 25%, 3 – 25 a 50%; 4 – 50 a 75% e 5 – 75 a 100% de plantas acamadas.

3.4.6 Componentes de produção

a) Número de colmos e panículas: determinado pela contagem do número de colmos e panículas em 1,0m de fileira de plantas, expressando-se os valores por metro quadrado.

b) Número de espiguetas cheias por panícula: determinado pela contagem do número de espiguetas granadas em 20 panículas por parcela, logo após separação das espiguetas chochas, por fluxo de ar.

c) Espiguetas chochas por panícula: obtido pela contagem do número de espiguetas chochas em 20 panículas por parcela, logo após separação das cheias, utilizando-se fluxo de ar.

d) Massa de 100 grãos: a massa de 100 grãos foi determinada de acordo com as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), pesando-se em balança de precisão de 0,1 g 8 subamostras de 100 grãos por parcela, com a umidade das sementes ajustada a 13 %.

3.4.7 Produtividade de grãos

Foi determinada pela pesagem dos grãos em casca, provenientes da área útil das parcelas, corrigindo-se a umidade (13 % base úmida) e convertendo-se o valor em kg ha^{-1} .

3.4.8 Rendimento de engenho: Foi coletada amostra de 100g de grãos de arroz em casca de cada parcela, e processada em engenho de prova, durante o tempo de 1 minuto; em seguida, os grãos brunidos (polidos) foram pesados e o valor encontrado foi considerado como rendimento de benefício, sendo os resultados expressos em porcentagem. Posteriormente, os grãos brunidos foram colocados no “Trieur” n° 2 e a separação dos grãos foi processada por

30 segundos; os grãos que permanecerem no “Trieur” foram pesados, obtendo-se o rendimento de inteiros e os grãos quebrados, ambos expressos em porcentagem.

3.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada pelo programa SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2000) por meio de análise de variância, com aplicação do teste F. Quando o valor de F foi significativo ao nível de 5 % de probabilidade, aplicou-se o teste de Tukey para comparação entre as médias obtidas.

3.6 Análise econômica

Para o cálculo de custo de produção, foi utilizada a estrutura do custo operacional total de produção adotada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), proposta por Matsunaga et al. (1976). O custo operacional efetivo (COE) é composto pelas despesas com operações mecanizadas, operações manuais e materiais consumidos. O custo operacional total (COT) é representado pelo COE e as despesas com encargos financeiros, outras despesas e depreciações.

Os custos foram obtidos com base nos seguintes itens:

a) para as operações manuais, foi relacionado, para cada operação realizada, o número de homens/hora (hh) para executá-la, sendo, em seguida, multiplicado o coeficiente técnico de mão de obra pelo valor médio da região;

b) os gastos com materiais foram obtidos mediante o produto entre a quantidade dos materiais usados e os seus respectivos preços de mercado;

c) para outras despesas, foi considerada a taxa de 5% do total das despesas com o COE;

d) a despesa com juros de custeio foi obtida considerando-se a taxa de 6,75% a.a. sobre 50% do COE;

e) a depreciação dos bens de capital fixo foi calculada pelo método linear.

Para determinar a lucratividade dos tratamentos envolvidos, segundo Martin et al. (1997), foram calculadas:

a) receita bruta (RB) (em R\$): produto entre a quantidade produzida (em número de sacos de 60 kg) e o preço médio de venda (em R\$);

b) lucro operacional (LO): diferença entre a receita bruta e o custo operacional total;

c) índice de lucratividade (IL): proporção da receita bruta que se constitui em recursos disponíveis, após a cobertura do custo operacional total de produção (obtido pela relação entre o lucro operacional e o COT e expresso em porcentagem).

Neste estudo de caso, os equipamentos utilizados foram: Trator 4x4 de 120 cv (semeadura), trator 4x4, 75cv (pulverizações, adubação de cobertura, triturador e transporte interno), colhedora de 105 cv. O preço dos grãos foi baseado no preço médio da região e o preço mínimo do PGPM. Para este modelo foi desconsiderada a aplicação de molibdênio, sendo os tratamentos estudados, aqueles onde não se realizou a aplicação deste micronutriente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características agronômicas

A quantidade de massa seca produzida pelas plantas de cobertura e a distribuição da palha sobre o solo não apresentaram diferenças significativas para as condições de clima da região e no período de avaliação. Os maiores valores de massa seca vegetal, 10.417 e 10.373 kg ha⁻¹ foram obtidos pelo cultivo da crotalaria e o consórcio milho + crotalaria respectivamente, sendo o oposto, ou seja, o menor valor (7.675 kg ha⁻¹) proporcionado pelo pousio. A cobertura do solo pela palhada foi superior a 65% o que deve ter possibilitado proteção inicial do solo contra a erosão hídrica, redução nas amplitudes térmicas e menores taxas de evaporação de água, sendo possivelmente favorecido o desenvolvimento da cultura do arroz em sucessão.

Tabela 2- Valores médios da massa seca de plantas e porcentagem de cobertura do solo pelas plantas utilizadas como cultura antecessora ao arroz de terras altas em plantio direto (Selvíria - MS 2009/10).

Plantas de cobertura	Massa seca (kg ha ⁻¹)	Cobertura do solo (%)
Milheto	8.901	73,3
Crotalaria	10.417	73,6
Guandu	9.581	67,8
Pousio	7.675	80,2
Milheto + crotalaria	10.373	75,3
Milheto + guandu	8.897	70,1
CV (%)	19,92	12,47

Fonte: Elaboração do autor.

Garcia et al. (2002) com o objetivo de avaliar a produção de massa seca (t ha⁻¹) e a cobertura vegetal (%) de gramíneas e leguminosas usadas como adubos verdes, antecedendo o cultivo de milho de primeira safra no sistema de semeadura direta, observaram que as maiores produções de massa seca foram obtidas com a utilização de guandu + milho, milho e crotalaria + milho, tendo sido de 11,4; 9,9 e 6,2 t ha⁻¹, respectivamente.

Os resultados obtidos na avaliação da altura de plantas, colmos e panículas por m² estão apresentados na Tabela 3. A quantidade de colmos e panículas por metro quadrado foram influenciadas de maneira semelhante proporcionando diferenças significativas entre as

plantas de coberturas, como também as fontes de nitrogênio avaliadas, independente da presença de molibdênio.

Tabela 3- Valores médios do número de colmos e panículas por m² e da altura de plantas em arroz de terras altas no sistema plantio direto em função das plantas de cobertura, fontes de nitrogênio com presença e ausência de molibdênio via foliar (Selvória - MS 2009/10).

Tratamento	Colmos por m ²	Panículas por m ²	Altura de plantas (cm)
Plantas de coberturas			
Milheto	229 c	192 b	103
Crotalária	261 a	223 a	113
Guandu	233 c	193 b	104
Pousio	222 c	184 b	104
Milheto + Crotalária	258 ab	225 a	110
Milheto + Guandu	238 bc	206 ab	102
Fontes de nitrogênio			
Sulfato de amônio	261 a	224 a	108
Salitre do Chile	211 c	176 c	105
Nitrato de amônio	248 b	211 b	104
Molibdênio			
Presença	242	205	206
Ausência	238	203	206
F – P. de cobertura (C)	8,24 **	10,02 **	20,34 **
F – F. de nitrogênio (F)	42,20 **	39,94 **	8,69 **
F – Molibdênio (M)	0,48 ns	0,19 ns	0,22 ns
F – C x F	0,30 ns	0,60 ns	4,11 **
F – C x M	0,27 ns	0,58 ns	3,69 **
F – F x M	0,68 ns	0,27 ns	3,18 *
F – C x F x M	0,40 ns	0,43 ns	2,41 *
DMS –Coberturas	23,05	22,55	-
-Fontes	13,33	13,0	-
-Molibdênio	-	-	-
CV(%)	11,42	13,18	4,59

Fonte: Elaboração do autor.

*,** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente; ns = não significativo; Nota: DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos para a quantidade tanto de colmos como para panículas por metro quadrado (Tabela 3) apresentaram os maiores valores para as plantas de cobertura crotalaria e o consórcio milheto + crotalaria, diferindo significativamente dos resultados proporcionados pelas plantas de cobertura milheto, guandu e pousio. Quanto às fontes de nitrogênio os tratamentos utilizando sulfato de amônio, nitrato de amônio e salitre do Chile

apresentaram respectivamente ordem decrescente e significativa entre ambos na quantidade de colmos e panículas por metro quadrado, sendo os maiores valores (261 e 224) proporcionados pelo sulfato de amônio e os menores (248 e 211) pelo tratamento utilizando nitrato de amônio. Bordin et al. (2003) obteve aumento significativo, em relação as gramíneas, na quantidade de panículas por metro quadrado utilizando em sucessão ao arroz as culturas *Crotalaria juncea* e *Canavalia brasiliensis*.

Cazeta et al. (2008) avaliando as plantas de cobertura antecedendo a cultura do arroz de terras altas obtiveram os maiores valores de colmos e panículas por metro quadrado utilizando as culturas de crotalaria, guandu e mucuna preta em relação aos menores valores proporcionados pelas gramíneas sorgo, milho e milho, com diferença significativa do guandu em relação ao sorgo, nos anos agrícolas 2001/02 e 2002/03.

A altura de plantas foi influenciada pelas interações significativas entre as plantas de cobertura, fontes de nitrogênio e pela presença e ausência de molibdênio aplicado via foliar, os desdobramentos estão nas Tabelas 4 a 5. Os maiores valores de altura de plantas (118,2 e 122,5 cm) foram obtidos nos tratamento que possuem como planta de cobertura a crotalaria. Para todos os tratamentos avaliados não houve problemas de acamamento de plantas.

Segundo Cazeta et al. (2008) em estudo sobre desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto, constataram que a altura de plantas não foi influenciada pelas culturas de cobertura antecessoras à cultura do arroz na safra 2001/2002. Já na safra 2002/2003, no arroz após cultivo anterior do sorgo a altura foi menor, a maior altura foi proporcionada onde houve o cultivo anterior de guandu.

Tabela 4- Desdobramento da interação significativa da análise de variância entre plantas de cobertura e fontes de nitrogênio referente à altura de plantas (Selvária - MS 2009/10).

Plantas de cobertura	Molibdênio					
	Presença			Ausência		
	Fontes de nitrogênio					
	Sulfato de amônio	Salitre do Chile	Nitrato de amônio	Sulfato de amônio	Salitre do Chile	Nitrato de amônio
Milheto	106,0 aA	106,7 abA	99,5 cA	103,0 bAB	110,2 aA	98,0 bB
Crotalária	112,2 aA	110,0 aA	107,2 abA	122,5 aA	112,0 a B	118,2 aAB
Guandu	104,0 aB	97,5 bcB	112,5 aA	110,0 bA	103,0 abA	102,5 bA
Pousio	107,7 aA	107,7 aA	99,7 cA	104,5 bA	104,0 abA	101,0 bA
Milheto + crotalária	111,5 aA	111,5 aA	112,5 aA	111,5 bA	111,5 aA	103,0 bB
Milheto + guandu	105,2 aA	96,2 cB	105,2 abA	107,7 bA	98,5 cB	99,0 bB
DMS	- Plantas de cobertura dentro de fontes de nitrogênio e molibdênio – 2,44					
	- Fontes de nitrogênio dentro de plantas de cobertura e molibdênio – 8,21					

Fonte: Elaboração do autor.

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS = diferença mínima significativa

Na presença de molibdênio verificou-se que as plantas de cobertura não apresentaram diferença significativa quando da utilização da fonte sulfato de amônio. Quando combinados com salitre do Chile, constatou-se maiores valores com a utilização de crotalária, milho + crotalária e área de pousio, e os menores com a utilização de guandu e milho + guandu. Para nitrato de amônio, o guandu e milho + crotalária apresentaram os maiores valores, milho e área de pousio os menores (Tabela 4).

Na relação planta de cobertura x fontes de nitrogênio, apenas a utilização de guandu e o seu consórcio com milho, apresentaram diferença estatística utilizando as 3 fontes nitrogenadas, as demais plantas de cobertura não foram influenciadas estatisticamente pelo uso das fontes nitrogenadas. O guandu solteiro apresentou melhor média de altura de planta quando combinado com nitrato de amônio, e o consórcio milho + guandu quando combinado com nitrato de amônio e sulfato de amônio.

Na ausência de molibdênio quando utilizado sulfato de amônio e nitrato de amônio, a melhor média de altura de planta se estabeleceu com a utilização de crotalária, não diferindo estatisticamente para as demais plantas. Já com a aplicação de salitre do Chile verificou-se maiores valores com milho, crotalária e o seu consórcio, e o menor valor com o uso de milho + guandu.

Na Tabela 5 verifica se que o molibdênio combinado com sulfato de amônio obteve diferença significativa somente com a utilização de crotalaria como planta de cobertura, influenciando negativamente a altura de plantas.

Com uso de salitre do Chile a presença de molibdênio não apresentou diferença estatística entre as plantas de cobertura. Com nitrato de amônio a aplicação de molibdênio influenciou negativamente quando combinado com crotalaria, e positivamente quando combinado com guandu e milho + crotalaria.

Tabela 5- Desdobramento da interação significativa da análise de variância entre plantas de cobertura e fontes de nitrogênio referente à altura de plantas (Selvíria - MS 2009/10).

Plantas de cobertura	Molibdênio					
	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência
	Fontes de nitrogênio					
	Sulfato de amônio		Salitre do Chile		Nitrato de amônio	
Milho	106,0 A	103,0 A	106,7 A	110,2 A	99,5 A	98 A
Crotalaria	112,2 B	122,5 A	110,0 A	112,0 A	107,2 B	118,2 A
Guandu	104,0 A	110,0 A	97,5 A	103,0 A	112,5 A	102,5 B
Pousio	107,7 A	104,5 A	107,7 A	104,0 A	99,7 A	101,0 A
Milho + crotalaria	111,5 A	111,5 A	111,5 A	111,5 A	112,5 A	103,0 B
Milho + guandu	105,2 A	107,7 A	96,2 A	98,5 A	105,2 A	99,0 A
DMS	- Molibdênio dentro de plantas de cobertura e fontes de nitrogênio – 6,84					

Fonte: Elaboração do autor.

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS = diferença mínima significativa

O número de espiguetas por panícula totais, cheias e chochas está apresentado na Tabela 6. Houve influência significativa das plantas de coberturas sobre as espiguetas cheias e chochas e espiguetas totais. O maior valor de espiguetas cheias (171,5) foi obtido com a sucessão do consórcio milho + crotalaria e o menor (151,2) com o milho. Bordin et al. (2003) trabalhando com algumas culturas de coberturas, verificaram que com o feijão-bravo-do-Ceará obteve-se o maior número de espiguetas cheias por panícula, seguindo-se a crotalaria e milho. Por outro lado Cazetta et al. (2008) obtiveram influência dos elementos climáticos como temperatura e radiação solar no florescimento e enchimento das espiguetas, uma vez que o número de espiguetas cheias foi influenciado pela cobertura vegetal na safra 2001/02; na área anteriormente ocupada com mucuna-preta obteve-se o menor valor, o mesmo não ocorrendo na safra 2002/03. Em relação as espiguetas chochas o maior valor (46,9) foi proveniente do cultivo em consórcio milho + crotalaria e semelhante aos

resultados de Cazetta et al. (2008) para o ano 2001/02 e, os menores valores foram obtidos com o cultivo da crotalaria e da mucuna-preta.

Tabela 6- Valores médios do número de espiguetas totais, cheias e chochas por panícula em arroz de terras altas no sistema plantio direto em função das plantas de cobertura, fontes de nitrogênio com presença e ausência de molibdênio via foliar (Selvória - MS 2009/10).

Tratamento	Número de espiguetas por panículas		
	Totais	Cheias	Chochas
Plantas de coberturas			
Milheto	191,8 b	151,2 b	40,4 ab
Crotalaria	198,8 ab	161,1 ab	37,6 b
Guandu	204,3 ab	164,3 ab	40,0 ab
Pousio	202,1 ab	160,4 ab	41,7 ab
Milheto + Crotalaria	218,3 a	171,5 a	46,9 ab
Milheto + Guandu	203,1 ab	157,2 ab	45,9 ab
Fontes de nitrogênio			
Sulfato de amônio	203,0	161,9	41,1
Salitre do Chile	204,1	161,8	42,3
Nitrato de amônio	202,2	159,2	42,9
Molibdênio			
Presença	203,8	160,1	43,6
Ausência	202,4	161,8	40,5
F – P. de cobertura (C)	3,16 **	2,74 *	2,65 *
F – F. de nitrogênio (F)	0,07 ns	0,27 ns	0,33 ns
F – Molibdênio (M)	0,12 ns	0,25 ns	3,01 ns
F – C x F	0,91 ns	0,97 ns	0,71 ns
F – C x M	1,15 ns	0,74 ns	1,75 ns
F – F x M	0,67 ns	0,57 ns	0,30 ns
F – C x F x M	1,59 ns	1,38 ns	0,68 ns
DMS –Coberturas	20,12	16,8	9,0
-Fontes	-	-	-
-Molibdênio	-	-	-
CV(%)	11,82	12,45	25,76

Fonte: Elaboração do autor.

*,** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente; ns = não significativo; DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Tabela 7 estão apresentados os valores médios de N na folha bandeira, a massa de 100 grãos e produtividade de grãos em arroz de terras altas. As plantas de cobertura influenciaram no teor de nitrogênio na folha bandeira e a produtividade de grãos. Quanto às fontes de nitrogênio houve efeito significativo no teor de nitrogênio na folha bandeira e as aplicações de molibdênio influenciaram a massa de cem grãos.

O maior teor de nitrogênio ($36,36 \text{ g kg}^{-1}$) na folha bandeira do arroz foi obtido com o cultivo da crotalaria, se diferenciando das demais plantas de cobertura. O menor valor ($32,72 \text{ g kg}^{-1}$) foi obtido com o pousio da área de cultivo, vale ressaltar que a vegetação espontânea predominante era de braquiária. A capacidade de fixação biológica das espécies leguminosas contribuiu com o fornecimento de nitrogênio as plantas de arroz. A crotalaria mesmo em consórcio com o milho apresentou maior valor do teor de nitrogênio na folha bandeira do arroz em relação ao cultivo solteiro do milho e ao pousio, e esse incremento de nitrogênio se refletiu na produtividade de grãos.

As plantas de cobertura e as fontes de nitrogênio não influenciaram a massa de cem grãos, porém houve interferência da aplicação de molibdênio, onde a presença de tal conferiu aumento na massa de cem grãos em 4,13%. Cazetta et al. (2008) também não encontrou diferença significativa para as plantas de coberturas avaliadas em dois anos de cultivo do arroz IAC 202.

Os maiores valores de produtividade de grãos, ou seja, 4.615 e 4.612 kg ha^{-1} foram obtidos respectivamente pelas plantas de cobertura no consórcio milho + crotalaria e crotalaria em cultivo solteiro antecedendo a cultura do arroz, sendo esses valores diferentes estatisticamente das menores produtividades, 3.715 e 3.772 kg ha^{-1} , obtidas no pousio e no consórcio milho + guandu. As plantas de cobertura milho e guandu proporcionaram valores de produtividades 4.402 e 4.093 kg ha^{-1} , respectivamente, não se diferenciando dos maiores valores como também dos menores valores. Aumentos na produtividade pela cultura da crotalaria antecedendo ao arroz foi observado por Bordin et al. (2003) utilizando o cultivar de arroz IAC 202 que obteve resultado significativo para a produtividade de grãos com o maior valor 2.424 kg ha^{-1} . Esse fato também foi constatado por Cazetta et al. (2008), porém com o cultivo do guandu em sucessão ao arroz, que proporcionou aumentos de 15% e 24% em relação ao milho e ao sorgo, respectivamente.

Tabela 7- Valores médios do teor de N na folha bandeira, massa de 100 grãos e produtividade de grãos em arroz de terras altas no sistema plantio direto em função das plantas de cobertura, fontes de nitrogênio com presença e ausência de molibdênio via foliar (Selvíria - MS 2009/10).

Tratamento	Teor de nitrogênio (g kg⁻¹)	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha⁻¹)
Plantas de coberturas			
Milheto	33,15 cd	2,50	4.402 ab
Crotalária	36,36 a	2,38	4.612 a
Guandu	34,51 bc	2,36	4.093 ab
Pousio	32,72 d	2,32	3.715 b
Milheto + Crotalária	34,81 b	2,40	4.615 a
Milheto + Guandu	33,71 bcd	2,28	3.772 b
Fontes de nitrogênio			
Sulfato de amônio	33,46 a	2,37	4.418
Salitre do Chile	34,58 b	2,37	4.065
Nitrato de amônio	34,59 b	2,38	4.121
Molibdênio			
Presença	34,07	2,42 a	4.213
Ausência	34,35	2,32 b	4.190
F – P. de cobertura (C)	14,98 **	1,87 ns	4,13 **
F – F. de nitrogênio (F)	7,31 **	0,01 ns	1,82 ns
F – Molibdênio (M)	1,06 ns	4,76 *	0,02 ns
F – C x F	0,54 ns	0,78 ns	0,92 ns
F – C x M	0,55 ns	1,16 ns	1,61 ns
F – F x M	0,19 ns	0,14 ns	0,25 ns
F – C x F x M	0,57 ns	0,81 ns	0,97 ns
DMS – Coberturas	1,39	0,22	813,8
- Fontes	0,80	-	-
- Molibdênio	-	0,08	-
CV(%)	4,86	11,24	23,1

Fonte: Elaboração do autor.

*,** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente; ns = não significativo; DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação.

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A Tabela 8 apresenta os valores médios de rendimento de benefício, grãos inteiros e quebrados em arroz de terras altas. Para os parâmetros pertinentes a qualidade industrial do arroz houve interação significativa para as plantas de coberturas avaliadas. Quanto às fontes de nitrogênio e a aplicação de molibdênio não foram verificadas diferenças significativas.

Tabela 8- Valores médios de Rendimento de benefício, grãos inteiros e quebrados em arroz de terras altas no sistema plantio direto em função das plantas de cobertura, fontes de nitrogênio com presença e ausência de molibdênio via foliar (Selvíria - MS 2009/10).

Tratamento	Rendimento de benefício	Rendimento de grãos inteiros	Grãos quebrados
Plantas de coberturas			
Milheto	66,3 a	55,2 a	10,9 c
Crotalária	66,1 ab	55,1 ab	11,0 bc
Guandu	64,9 abc	52,0 bc	12,9 ab
Pousio	64,7 bc	52,4 abc	12,1 abc
Milheto + Crotalária	65,3 ab	54,2 ab	11,4 bc
Milheto + Guandu	63,4 c	49,7 c	13,8 a
Fontes de nitrogênio			
Sulfato de amônio	65,0	52,8	12,1
Salitre do Chile	65,3	53,6	11,6
Nitrato de amônio	65,1	52,9	12,3
Molibdênio			
Presença	65,3	53,2	12,0
Ausência	65,1	52,9	12,1
F – P. de cobertura (C)	7,65 **	7,84 **	5,91 **
F – F. de nitrogênio (F)	0,31 ns	0,69 ns	1,28 ns
F – Molibdênio (M)	0,94 ns	0,22 ns	0,03 ns
F – C x F	0,95 ns	0,73 ns	0,53 ns
F – C x M	0,43 ns	0,39 ns	0,50 ns
F – F x M	0,25 ns	0,33 ns	0,20 ns
F – C x F x M	0,92 ns	0,68 ns	0,57 ns
DMS – Coberturas	1,56	3,16	1,93
- Fontes	-	-	-
- Molibdênio	-	-	-
CV(%)	2,86	7,11	19,14

Fonte: Elaboração do autor.

*,** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente; ns = não significativo; DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação.

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os maiores valores de rendimento de benefício (66,3; 66,1; e 65,3) foram obtidos respectivamente com as plantas de cobertura milheto, crotalaria e o consórcio milheto + crotalaria com diferença significativa do menor valor (63,4), proporcionado pelo consórcio milheto + guandu. Resultado semelhante ao rendimento de benefício se expressou no rendimento de inteiros com as plantas de cobertura milheto, crotalaria e o consórcio milheto + crotalaria proporcionando os maiores resultados (55,2; 55,1 e 54,2) diferindo significativamente do consórcio milheto + guandu que conferiu o menor valor (49,7). O

rendimento de grãos quebrados obteve os menores valores para as plantas de cobertura milho, crotalaria e o consórcio milho + crotalaria, sendo os valores 10,9; 11,0 e 11,4 respectivamente, sendo o consórcio milho + guandu apresentou maior valor, ou seja, 13,8%.

4.2 Análise econômica

Nas Tabelas 9,10 e 11 encontram-se as estimativas dos custos operacionais totais obtidos com o arroz de terras altas em sistema de plantio direto em função das fontes de nitrogênio sob palhada de milho na safra 2009/10, no município de Selvíria (MS). Este modelo de estrutura de COT foi utilizado individualmente para todas as plantas de cobertura.

Através da análise dos dados obtidos demonstra-se que os custos variáveis são os que mais oneraram o custo final da produção. Os itens de maior participação no custo de produção de arroz foram os gastos com irrigação, fertilizantes, serviços de operações de máquinas e defensivos químicos.

Na Tabela 12, estão explanados os valores do COT de todos os tratamentos estudados.

Tabela 9- Estimativa do custo operacional obtido com a cultura do arroz de terras altas, sob palhada de milho e manejada com nitrato de amônio (Selvíria - MS 2009/10).

Componentes	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Insumos				
Semente milho	kg	20	0,85	17,00
Adubo super Simples	kg	333,33	0,50	166,67
Adubo cloreto de potássio	kg	116,5	0,70	81,55
Adubo nitrato de amônio	kg	312,5	0,75	234,38
Semente arroz	kg	90	1,20	108,00
Inseticida Cropstar	L	0,5	80,00	40,00
Herbicida Glifosato WG	kg	6	13,00	78,00
Herbicida Clincher	L	1,5	75,00	112,50
Herbicida Ally	g	3,3	4,00	13,20
Herbicida 2,4-D	L	2,5	9,00	22,50
Inseticida Tamaron BR	L	1	18,00	18,00
Espalhante adesivo	L	0,5	5,00	2,50
Fungicida Opera	L	0,5	60,00	30,00
Sub Total				924,29
Operações mecanizadas				
Semeadura/adubação forrageiras	hm	0,8	80	64,00
Irrigação	R\$ mm	120	1,8	216,00
Aplicação herbicida dessecante	hm	0,2	60	12,00
Aplicação de triton	hm	0,5	35	17,50
Tratamento de sementes	hm	0,1	10,1	1,01
Semeadura/adubação arroz	hm	0,75	80	60,00
Transporte interno	hm	1,35	32,73	44,19
Adubação de cobertura	hm	0,3	34,72	10,42
Aplic. herbicida pós emerg. (3x)	hm	0,6	60	36,00
Aplicação inseticida	hm	0,2	60	12,00
Colheita	hm	0,5	150	75,00
Sub Total				548,11
Operações manuais				
Semeadura	hh	1,5	25,00	37,50
Tratos culturais	hh	0,82	25,00	20,50
Sub Total				58,00
Custo Operacional Efetivo (COE)				1.530,40
Outros custos				
Depreciação de máq. e equip.	R\$	1	45,50	45,50
Outros custos	R\$	1	76,52	76,52
Juros sobre custeio	R\$	1	51,65	51,65
Sub Total				173,67
Custo Operacional Total (COT)				1.704,07

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 10- Estimativa do custo operacional obtido com a cultura do arroz de terras altas, sob palhada de milho e manejada com sulfato de amônio (Selvíria - MS 2009/10).

Componentes	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Insumos				
Semente milho	kg	20	0,85	17,00
Adubo super simples	kg	333,33	0,50	166,67
Adubo cloreto de potássio	kg	116,5	0,70	81,55
Adubo sulfato de amônio	kg	500	0,76	380,00
Semente arroz	kg	90	1,20	108,00
Inseticida Cropstar	L	0,5	80,00	40,00
Herbicida Glifosato WG	kg	6	13,00	78,00
Herbicida Clincher	L	1,5	75,00	112,50
Herbicida Ally	g	3,3	4,00	13,20
Herbicida 2,4-D	L	2,5	9,00	22,50
Inseticida Tamaron BR	L	1	18,00	18,00
Espalhante adesivo	L	0,5	5,00	2,50
Fungicida Opera	L	0,5	60,00	30,00
Sub Total				1.069,92
Operações mecanizadas				
Semeadura/adubação forrageiras	hm	0,8	80	64,00
Irrigação	R\$ mm	120	1,8	216,00
Aplicação herbicida dessecante	hm	0,2	60	12,00
Aplicação de triton	hm	0,5	35	17,50
Tratamento de sementes	hm	0,1	10,1	1,01
Semeadura/adubação arroz	hm	0,75	80	60,00
Transporte interno	hm	1,35	32,73	44,19
Adubação de cobertura	hm	0,3	34,72	10,42
Aplic. herbicida pós emerg. (3x)	Hm	0,6	60	36,00
Aplicação inseticida	Hm	0,2	60	12,00
Colheita	Hm	0,5	150	75,00
Sub Total				548,11
Operações manuais				
Semeadura	Hh	1,5	25,00	37,50
Tratos culturais	Hh	0,82	25,00	20,50
Sub Total				58,00
Custo Operacional Efetivo (COE)				1.676,03
Outros custos				
Depreciação de máq. e equip.	R\$	1	45,50	45,50
Outros custos	R\$	1	83,80	83,80
Juros sobre custeio	R\$	1	56,57	56,57
Sub Total				185,87
Custo Operacional Total (COT)				1.861,89

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 11- Estimativa do custo operacional obtido com a cultura do arroz de sequeiro, sob palhada de milho e manejada com salitre do Chile (Selvíria - MS 2009/10).

Componentes	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Insumos				
Semente milho	kg	20	0,85	17,00
Adubo super simples	kg	333,33	0,50	166,67
Adubo cloreto de potássio	kg	16,66	0,70	11,66
Adubo salitre do Chile	kg	666,66	0,80	533,33
Semente arroz	kg	90	1,20	108,00
Inseticida Cropstar	L	0,5	80,00	40,00
Herbicida Glifosato WG	kg	6	13,00	78,00
Herbicida Clincher	L	1,5	75,00	112,50
Herbicida Ally	g	3,3	4,00	13,20
Herbicida 2,4-D	L	2,5	9,00	22,50
Inseticida Tamaron BR	L	1	18,00	18,00
Espalhante adesivo	L	0,5	5,00	2,50
Fungicida Opera	L	0,5	60,00	30,00
Sub Total				1.153,36
Operações mecanizadas				
Semeadura/adubação forrageiras	hm	0,8	80	64,00
Irrigação	R\$ mm	120	1,8	216,00
Aplicação herbicida dessecante	hm	0,2	60	12,00
Aplicação de triton	hm	0,5	35	17,50
Tratamento de sementes	hm	0,1	10,1	1,01
Semeadura/adubação arroz	hm	0,75	80	60,00
Transporte interno	hm	1,35	32,73	44,19
Adubação de cobertura	hm	0,3	34,72	10,42
Aplicação herbicida pós emerg. (3x)	hm	0,6	60	36,00
Aplicação inseticida	hm	0,2	60	12,00
Colheita	hm	0,5	150	75,00
Sub Total				548,11
Operações manuais				
Semeadura	hh	1,5	25,00	37,50
Tratos culturais	hh	0,82	25,00	20,50
Sub Total				58,00
Custo Operacional Efetivo (COE)				1.759,47
Outros custos				
Depreciação de máq. e equip.	R\$	1	45,50	45,50
Outros custos	R\$	1	87,97	87,97
Juros sobre custeio	R\$	1	59,38	59,38
Sub Total				192,86
Custo Operacional Total (COT)				1.952,32

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 12- Produtividade, grãos inteiros, custo operacional total, renda bruta, lucro operacional e índice de lucratividade do arroz de terras altas em sistema de plantio direto manejado sob plantas de cobertura e fontes de nitrogênio (Selvíria - MS 2009/10).

TRATAMENTOS	PRODUT. (sc ha ⁻¹)	GRÃOS INTEIROS (%)	COT (R\$ ha ⁻¹)	RB (R\$ ha ⁻¹)	LO (R\$ ha ⁻¹)	IL (%)
milheto x nitrato de amônio	68,33	56,28	1.704,07	2.186,43	482,36	22
milheto x sulfato de amônio	76,64	54,48	1.861,89	2.452,38	590,49	24
milheto x salitre do Chile	71,66	55,70	1.952,32	2.293,20	340,88	15
crotalária x nitrato de amônio	75,24	54,55	1.837,37	2.407,74	570,37	24
crotalária x sulfato de amônio	87,00	54,50	1.995,19	2.784,04	788,84	28
crotalária x salitre do Chile	85,01	57,10	2.085,62	2.720,19	634,57	23
Guandú x nitrato de amônio	68,88	53,80	1.875,31	1.997,65	122,34	6
Guandú x sulfato de amônio	64,21	51,28	2.033,13	1.862,21	-170,91	-9
Guandú x salitre do Chile	65,06	51,38	2.123,55	1.886,72	-236,83	-13
(milheto + guandú) x sulfato de amônio	54,64	47,43	1.870,97	1.584,62	-286,35	-18
(milheto + guandú) x nitrato de amônio	58,17	52,28	1.938,30	1.686,94	-251,36	-15
(milheto + guandú) x salitre do Chile	57,59	51,55	2.028,73	1.670,15	-358,58	-21
(milheto + crotalária) x sulfato de amônio	82,48	55,25	1.761,51	2.639,51	878,00	33
(milheto + crotalária) x nitrato de amônio	87,37	55,28	1.919,33	2.795,84	876,50	31
(milheto + crotalária) x salitre do Chile	71,52	54,23	2.009,76	2.288,51	278,75	12
pousio x nitrato de amônio	63,99	51,00	1.616,29	1.855,78	239,49	13
pousio x sulfato de amônio	62,29	52,00	1.774,11	1.806,47	32,36	2
pousio x salitre do Chile	63,87	52,05	1.864,54	1.852,30	-12,24	-1

Fonte: Elaboração do autor.

No geral, anulando o efeito do custo das plantas de cobertura, o salitre do Chile (N-NO_3^-), apesar de apresentar potássio em sua composição, representa maior custo em relação ao sulfato e ao nitrato de amônio. Essa desvantagem econômica deve-se à baixa utilização deste tipo de fonte nitrogenada no Brasil, que teve seu uso neste trabalho devido aos fatores fitotécnicos relatados anteriormente. O preço médio dos tratamentos onde se aplicou salitre do Chile foi de R\$ 2.010,75, de R\$ 1.920,33 para sulfato de amônio e R\$ 1.777,59 para nitrato de amônio (Tabela 13).

Tabela 13- Produtividade, grãos inteiros, custo operacional total, renda bruta, lucro operacional médios dos tratamentos das fontes de nitrogênio no arroz de terras altas em sistema de plantio direto manejado sob plantas de cobertura e fontes de nitrogênio (Selvíria - MS 2009/10).

TRATAMENTOS	PRODUT. (sc ha ⁻¹)	GRÃOS INTEIROS (%)	COT (R\$ ha ⁻¹)	RB (R\$ ha ⁻¹)	LO (R\$ ha ⁻¹)
nitrato de amônio	68,93	53,05	1.777,59	2.111,95	334,37
sulfato de amônio	72,61	53,30	1.920,33	2.231,31	310,99
salitre do Chile	69,12	53,67	2.010,75	2.118,51	107,76

Fonte: Elaboração do autor.

Em relação às plantas de cobertura, os tratamentos com milheto apresentaram o menor custo médio em comparação com os demais tratamentos onde há presença das coberturas, cerca de R\$ 1.839,43 (Tabela 14), já que este é uma planta de larga utilização na agricultura atual, apresenta sementes mais leves, tendo fácil acesso e baixo custo de produção.

Os tratamentos que utilizaram crotalaria e guandu como cobertura de solo, apresentaram os custos mais elevados em relação a todos os outros tratamentos estudados, R\$ 1.972,73 para os tratamentos com crotalaria e R\$ 2.010,66 (Tabela 14). Essa diferença é devida principalmente, à alta demanda destas leguminosas e sua baixa produção para o mercado agrícola. A *Crotalaria juncea* devido ao seu rápido ciclo de crescimento, apresenta elevada taxa de acúmulo de biomassa seca, sendo totalmente mecanizada, da semeadura à colheita de sementes, isso ocasionou nos últimos anos uma alta procura por sementes, inflacionando assim o preço de venda. Cárceres e Alcarde (1995) avaliaram o potencial produtivo para adubação verde de sete leguminosas e constataram que *Crotalaria juncea* foi a mais produtiva, tendo acumulado 7,1 t de matéria seca na parte aérea.

Nos tratamentos onde há consorciação das leguminosas com o milho, o custo operacional apresentou redução se comparado aqueles onde a leguminosa foi semeada individualmente, resultado do baixo custo das sementes de milho comentado anteriormente.

Os tratamentos manejados sob área de pousio, obtiveram o menor COT médio, R\$ 1.751,65 (Tabela 14), já que não incorporam os custos das sementes e da operação de semeadura. Em relação aos tratamentos com guandu como planta de cobertura, a redução média do COT foi de R\$ 259,01.

Tabela 14- Produtividade, grãos inteiros, custo operacional total, renda bruta, lucro operacional médios dos tratamentos das plantas de cobertura no arroz de terras altas em sistema de plantio direto manejado sob plantas de cobertura e fontes de nitrogênio (Selvíria - MS 2009/10).

TRATAMENTOS	PRODUT. (sc ha⁻¹)	GRÃOS INTEIROS (%)	COT (R\$ ha⁻¹)	RB (R\$ ha⁻¹)	LO (R\$ ha⁻¹)
Milho	72,21	55,48	1.839,43	2.310,67	471,24
Crotalária	82,42	55,38	1.972,73	2.637,32	664,59
Guandu	66,05	52,15	2.010,66	1.915,53	-95,13
milho x guandú	56,80	50,42	1.946,00	1.647,23	-298,76
milho x crotalária	80,46	54,92	1.896,87	2.574,62	677,75
área de pousio	63,39	51,68	1.751,65	1.838,18	86,54

Fonte: Elaboração do autor.

Apesar dessa diferença negativa de custo em relação ao tratamento em área de pousio, a utilização de plantas de cobertura e o sistema de plantio direto como um todo, não pode ser visto como um caso isolado, em uma safra apenas. A utilização de coberturas vegetais é uma das alternativas de manejo para sistemas de produção, reduzindo a presença de fitoparasitos, e ainda, contribuem na melhoria de outras características, como: supressão da vegetação espontânea, fornecimento de matéria orgânica e conseqüentemente de nitrogênio ao solo, direcionando os agroecossistemas para o caminho da sustentabilidade. Assim, haverá um SPD mais estabilizado na medida em que o sistema de rotação adotado possibilitar a manutenção de uma camada de palha sobre o solo ao longo do tempo (EMBRAPA, 2006).

Embora seja inquestionável a importância da palha para o SPD, pelo papel que desempenha na melhoria das condições do solo e no rendimento das culturas comerciais, os

gastos com sementes, defensivos, hora máquina, mão-de-obra, dentre outros, para a implantação e o manejo das plantas de cobertura, oneram o custo do sistema como um todo. Muitas vezes, essas espécies são de baixo valor comercial, servindo apenas como plantas para formação de palhada. Então, é de grande importância que seja agregado valor a essas plantas, de tal maneira que os custos de produção possam ser compensados com algum ganho extra (EMBRAPA, 2006).

Para obtenção da renda obtida nos tratamentos, foram levados em conta a porcentagem de grãos inteiros no rendimento de engenho do arroz produzido. Segundo a Empresa de Assistência Técnica de Extensão Rural - EMATER (1990), o preço recebido pelos produtores na comercialização do arroz depende, dentre muitos fatores, da qualidade física dos grãos após o beneficiamento, que consiste na remoção da casca e polimento.

No processo de comercialização do arroz o rendimento de grãos inteiros e a renda de benefício são parâmetros importantes na definição do preço do arroz, os quais são definidos através das normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz, contidas na Portaria nº 269 do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, de 17 de novembro de 1988.

A qualidade física do arroz após o beneficiamento depende dos efeitos do ambiente no período de formação dos grãos, genótipo e das práticas de manejo utilizadas durante o crescimento e desenvolvimento da cultura, na colheita, na secagem e no processo de remoção da casca e polimento do grão de arroz (MARCHEZAN, 1991).

Os preços adotados foram de R\$ 32,00 reais para os tratamentos que apresentaram grãos inteiros igual ou acima de 54%, e R\$ 29,00 reais para os tratamentos que apresentaram grãos com rendimento de inteiros inferiores (Tabela 14).

No geral, todos tratamentos não apresentaram porcentagens de grãos inteiros satisfatórias pelo nível de tecnologia empregado, contudo, os tratamentos com guandú, consorciação entre milheto e guandu, e vegetação espontânea, apresentaram valores de grãos inteiros inferiores a 54%, resultando em menor preço na comercialização do produto.

Quanto a renda obtida, os tratamentos com milheto, crotalária e consórcio entre as duas forrageiras, apresentaram maior lucro operacional, demonstrando assim, que na primeira safra do sistema, não houve diferenciação quanto a liquidez para as duas plantas de cobertura utilizadas. Apesar de apresentar COT médio maior, os tratamentos com crotalária, tiveram em sua produtividade a compensação de receita obtida (Tabela 14).

O alto custo de aquisição do salitre do Chile resultou em baixo índice de lucratividade nos tratamentos onde se aplicou a fonte nitrogenada. O guandu apresentou alto custo de

aquisição de sementes e não apresentou produtividade e qualidade de grãos necessária para compensar este alto custo de estabelecimento.

5 CONCLUSÕES

Para as condições de clima da região e no período de avaliação as plantas de cobertura avaliadas não diferiram quanto à quantidade de massa seca e na porcentagem de cobertura do solo.

O consórcio milho + crotalaria, a crotalaria e o milho proporcionaram as maiores produtividades de grãos.

A aplicação do molibdênio via foliar não influenciou os parâmetros avaliados para do arroz de terras altas cv. Cambará no período avaliado e nas condições de clima da região.

As fontes de nitrogênio influenciaram apenas a quantidade de colmos e panículas por m², sendo os maiores valores conferidos pela utilização do sulfato de amônio e os menores com o salitre do Chile.

Os tratamentos com utilização de milho e crotalaria e o seu consorciamento, juntamente com a aplicação de sulfato e nitrato de amônio, apresentaram os melhores índices de lucratividade.

REFERÊNCIAS

- ANDREOLA, F. et al. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 867-874, 2000.
- ALVARENGA, R. C. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.
- ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- ARAÚJO, J. L. **Atividade da redutase do nitrato sobre o crescimento e produção de grãos de arroz**. 2005. 76 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- ARF, O. et al. 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, 1999.
- BARBOSA FILHO, M. P. **Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado)**. Piracicaba: POTAFÓS, 1887. 120 p.
- BIFON, M. L. R. et al. Eficiência de seis adubos verdes em condições de Espírito Santo do Pinhal – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa/Iapar/UEL, 2001. p. 3-4.
- BORDIN, L. et al. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 241-428, 2003.
- BORTOLINI, C. G. et al. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 897-903, 2000.
- BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, nono levantamento, junho 2011. Goiânia: UFG, 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_06_09_08_50_47_graos_-_boletim_junho-2011..pdf> Acesso em: 9 jun. 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- CACERES, N. T. et al. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **STAB – Açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v. 13, n. 5, p. 16-20, 1995.

CALEGARI, A. Rotação de culturas e plantas de cobertura como sustentáculo do sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 12., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. p. 241.

CALEGARI, A. Manejo de adubação verde. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, 2., 1992, Campo Mourão. **Ata...** Campo Mourão: Associação dos Engenheiros Agrônomos de Campo Mourão, 1993. p. 104-116.

CAMARGOS, L. S. **Análise das alterações no metabolismo de nitrogênio em *Canavalia ensiformes* (L) em resposta a variações na concentração de nitrato fornecida.** 2002. 113 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de plantas) - Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Campinas, 2002.

CANTARELLA, H. Adubação nitrogenada em sistemas de cana crua. **STAB - Açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v. 16, n. 4, p. 21-22, 1998.

CANTARELLA, H. et al. Nitrogênio e enxofre na cultura da cana de açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 3., 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPNI, 2007. p. 355-392.

CARVALHO, P. G. **Efeitos do nitrogênio e no metabolismo de frutanos em *Vernonia herbácea* (Vell.) Rusby.** 2005. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

CAZETTA, D. A. et al. Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 471-479, 2008.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico na região de Ilha Solteira. **Científica**, Jaboticabal, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.

CHIGNOLLI, W. et al. Influência da época de semeadura e do manejo da fitomassa no acúmulo de macronutrientes em milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA/ IAPAR/UDEL, 2001. p. 211.

COLLAMER, D. J. et al. Sulfato de Amônio. **Informações agronômicas**, Piracicaba, v.2, n. 120, p. 7-8. 2007.

CRUZ, J. C. et al. Plantio direto e sustentabilidade agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 13-24, 2001.

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

DECHEN, A. R. et al. Mecanismos de absorção e de translocação de micronutrientes. In: FERREIRA, M. E. **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p. 79-111.

DERPSCH, J. E. et al. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - EMATER. **Norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz**. Brasília: Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Abastecimento, 1990. 16 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSo, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas de produção**. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Arroz/ArrozTerrasAltas/index.htm>>. Acesso em: 10 maio 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema de Produção**. Goiania: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/index.htm>. Acesso em: 10 maio 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Informações técnicas sobre o arroz de terras altas**: Estados de Mato Grosso e Rondônia - safras 2009/2010 e 2010/2011. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2009. 94 p.

FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz**. Rio de Janeiro: Campus; Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 341 p.

FAGERIA, N. K. Manejo da calagem e da 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. p.67-78.

FARIA, S. M. et al. Adesivos para inoculação e revestimento de sementes de leguminosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 169- 176, 1985.

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

FERREIRA, C. M. **Sustentabilidade de sistemas de produção – caso do arroz de terras altas**. 2007. 333 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

FONTANELI, R. S. et al. Avaliação de consorciação de aveia e azevém anual com leguminosas de estação fria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 5, p. 623-630, 1991.

FORNAROLLI, D. A. et al. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida Atrazine. **Planta Daninha**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 97-107, 1998.

FRENEY, J. R. et al. Factor controlling ammonia loss from tranlovered sugarcane fields fertilizes witch ureia. **Fertilises Research**, London, v. 31, n. 4, p. 341-349, 1992.

- GARCIA, R. N. et al. Produção de massa seca e de cobertura do solo por gramíneas e leguminosas isoladas e em consórcio, em Jaboticabal, SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS/Embrapa milho e sorgo/Epagri, 2002. p. 311.
- GUIMARÃES; C. M. et al. Adubação nitrogenada do arroz de terras altas no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 210-214, 2003.
- GUEDES, J. M. et al. Desempenho de cultivares e linhagens de arroz de terras altas avaliadas sob sistema plantio direto e convencional. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 3., 2006, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: Epamig/Fapemig, 2006. p. 112-129.
- GUPTA, U. C. et al. Molybdenum in soils, plants, and animals. **Advances in Agronomy**, New York, v. 34. n. 2, p. 73-115, 1981.
- HERNANI, L. C. et al. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1995. 93 p.
- HERNANI, L. C. et al. Perdas por erosão e rendimentos de soja e trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Goiânia, v. 21, n. 4, p. 667-676, 1997.
- HOROWITZ, A. Os íons do molibdênio no solo: um exemplo da aplicação das diagramas Eh-pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Goiânia, v. 2, n.3, p. 98-103, 1978.
- JACOB-NETO, J. et al. Determinação do nível crítico de Mo nos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Turrialba**, Costa Rica, v. 39, n. 2, p. 215-223, 1989.
- JACOB-NETO, J. et al. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) a molibdênio, zinco e a inoculação em latossolo vermelho-escuro no campo. In: REUNIÃO LATINOAMERICANA SOBRE Rhizobium, 12., 1984, Campinas. **Resumo...** Campinas: ALAR, 1984. p. 123.
- KARIMIAN, N. et al. Adsorption on extractability of molybdenum in relation to some chemical properties of soil. **Soil Science Society American Journal**, Londres, v. 42, n. 3, p. 757-761, 1978.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. Manejo antecipado de nitrogênio nas principais culturas anuais. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.2, n. 113, p. 1-24, 2006.
- LAL, R. Soil surface management in the tropics for intensive land use and high and sustained production. **Advances in Soil Science**, New York, v. 5, n. 2, p. 1-109, 1986.

- LEÓN, L. A. et al. Factores que afectan la respuesta a la fertilización nitrogenada del arroz. In: __. **Arroz: investigación y producción**. Cali: CIAT, 1985. p. 307-340.
- LOPES, A. S. et al. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004. 110 p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MARCHEZAN, E. **Relações entre épocas de semeadura, de colheita e rendimento industrial em grãos inteiros de cultivares de arroz (Oryza sativa L.)**. 1991. 102f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba 1991.
- MARENCO, R. A. et al. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005. 439 p.
- MATSUNAGA, M. et al. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.
- MESQUITA, L. A. V. Nitrato de amônio. **Informações agrônômicas**, Piracicaba, v.3, n. 120, p. 6-7, 2007.
- MENGUEL, K. et al. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 102 p.
- MILLER, R. H. Crotalaria seed morphology, anatomy and identification. **Technical Bulletin**, Piracicaba, v. 1373, n. 1, p. 1-73, 1967.
- MIRANDA, M. A. C. **Sistemas de incompatibilidade e autoincompatibilidade em Crotalaria juncea L.** 1981. 40 f.. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.
- MOURA NETO, F. P. et al. Desempenho de cultivares de arroz de terras altas sob plantio direto e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 904-910, 2002.
- OLIVEIRA, T. K. et al. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, 2002.
- PAVINATO, A. et al. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1427-1432, 1994.
- PEREIRA, J. A. **Cultura do arroz no Brasil: subsídios para a sua história**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 226 p.
- PERIN, A. et al. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 791-796, 2003.

PIMENTEL-GOMES, F. et al. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

POSTIGLIONI, S. R. Rendimento de quatro gramíneas subtropicais isoladas e em associação com leguminosas, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 10, p. 1457-1463, 1982.

RAIJ, B. van. et al. **Métodos de análise de solos para fins de fertilidade**.. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 8).

RAO, M. R. et al. Forage production and nutritive value of selected pigeonpea ecotypes in the southern Great Plains. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 4, p. 1259-1263, 2002.

REIS, M. S., SOARES, A. A.; GUIMARÃES, C. M. Plantio direto em arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222 , p. 58-66, 2004.

RICE, E. L. **Allelopathy**. 2. ed. New York: Academic, 1984. 422 p.

RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. **Botânica econômica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições, 1995. 100 p.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O. et al. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: UFLA/Viçosa, MG: SBCS, 1999. p. 267-319.

SALGADO, A. L. B. et al. Efeito da adubação NPK na cultura da crotalaria. **Bragantia**, Campinas, v. 41, n. 3, p. 21-23, 1982.

SALMI, G. P. et al. Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 673-678, 2006.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N. Milheto: alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 6, n. 80, p. 08-09, 1997.

SARRUGE, J. R. et al. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.

SEGUY, L. et al. Arroz de sequeiro na Fazenda Progresso: 4550 kg/ha. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 4, n. 58, p. 1-3, 1992.

SEGUY, L., S. et al. **O plantio direto do arroz de sequeiro de alta tecnologia na Zona Tropical Úmida do Centro-Norte do Mato Grosso-Brasil**. Sorriso: Agronorte,, 1998. 39 p.

SILVA, G. F. et al. Potencial de produção de biomassa e matéria seca de milho (*Pennisetum americanum* Schum.), em diferentes épocas no sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 3, p. 31-34, 2003.

- SOARES, A. A. Desvendando o segredo do insucesso do plantio direto do arroz de terras altas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 61-69, 2004.
- SOLOMONSON, L.P. et al. Assimilatory nitrate reductase: functional properties and regulation. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Piracicaba, v. 41, p. 225-253, 1990.
- SPEDDING, C. R. W. et al. A point-quadrat method for the description of pasture in terms of height and density. **Grass and forage science**, Oxford, v. 12, n. 4, p. 229-234, 1957.
- SUZUKI, L. E. A. S. et al. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 121-127, 2006.
- TANAKA, R. T. et al. Resposta da soja ao molibdênio aplicado em solo arenoso de cerrado de baixa fertilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p.253-256, 1993.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TRIVELIN, P. C. O. et al. Volatilização de amônia do solo associada à aplicação superficial de solução nitrogenada com uréia e nitrato de amônio (compact disc). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: SLACS, 1996. p. 45.
- ULTRAVERDE. **Ficha de Informação de segurança de produto químico – FIS PQ**: ficha 031. Campo Limpo Paulista: UNE, 2008. Disponível em: <www.semperverde.com.br>. Acesso em: 10 abr. 2011.
- VASCONCELOS, R. C. et al. Estimativa dos custos de produção de milho na safra agrícola 1998/1999 no município de Lavras - MG. **Ciências Agrotecnológicas**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 283-291, 2002.
- ZOTARELLI, L. **Balanco de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina - PR**. 2000. 164 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2000.
- YAMADA, T. et al. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 5, n. 91, p. 1, 2000.
- WUTKE, E. B. Adubação verde, manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E. B. et al. **Curso de adubação verde no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. p. 17- 29. (Documentos, 15).