

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**PRODUTIVIDADE DO ARROZ DE TERRAS ALTAS EM RAZÃO DA
ÉPOCA DE DESSECAÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA**

ADRIANO STEPHAN NASCENTE

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP

Dezembro - 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**PRODUTIVIDADE DO ARROZ DE TERRAS ALTAS EM RAZÃO DA
ÉPOCA DE DESSECAÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA**

ADRIANO STEPHAN NASCENTE

Orientador: Prof.: Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP

Dezembro - 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO – SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP):

N244p Nascente, Adriano Stephan, 1970-
Produtividade do arroz de terras altas em razão da época de dessecação das plantas de cobertura / Adriano Stephan Nascente. – Botucatu : [s.n.], 2012
xiv, 94 f. : gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012

Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol
Inclui bibliografia

1. Arroz. 2. Capi m braqui ária. 3. Capi m gui né. 4. Milheto. 5. Plantio direto. 6. Plantas forrageiras. 7. Semeadura direta. I. Crusciol, Carlos Alexandre Costa. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "PRODUTIVIDADE DO ARROZ DE TERRAS ALTAS EM RAZÃO DA
ÉPOCA DE DESSECAÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA"

ALUNO: ADRIANO STEPHAN NASCENTE

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL



PROF. DR. LUIS FERNANDO STONE



PROF. DR. ORIVALDO ARF



PROF. DR. JULIANO CARLOS CALONEGO



PROF. DR. JOSÉ LAÉRCIO FAVARIN

Data da Realização: 17 de dezembro de 2012.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Adriano Stephan Nascente, filho de Hélio Nascente de Oliveira e Divina Célia Ribeiro Nascente.

Nasceu na cidade de Goiânia, Estado de Goiás no dia 12 de março de 1970.

Diplomou-se em Agronomia pela Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás em abril de 1992.

Em maio de 1993 começou a trabalhar como extensionista rural no município de Bom Jardim de Goiás, Estado de Goiás pela Emater – GO.

Em março de 1996 começou o curso de mestrado pelo Departamento de Agronomia da Universidade de Brasília onde se diplomou Mestre em Agronomia em março de 1998.

Em abril de 1998 iniciou carreira de pesquisador pela Emater – GO na Estação Experimental de Anápolis, Estado de Goiás.

Em maio de 2002 iniciou carreira de pesquisador da Embrapa em Porto Velho, Estado de Rondônia, na Embrapa Rondônia.

Em novembro de 2004 transferiu-se para a Embrapa Arroz e Feijão lotado em Ponta Grossa, Estado do Paraná, aonde conduziu experimentos do programa de melhoramento de feijoeiro comum nos Estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina.

Em janeiro de 2007 transferiu-se para a sede da Embrapa Arroz e Feijão em Santo Antônio de Goiás, Estado de Goiás.

Em março de 2009 iniciou o curso de Doutorado em Agronomia na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Em 17 de dezembro de 2012 tornou-se doutor em Agronomia área de concentração Agricultura, no Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Botucatu modalidade “sanduíche” ficando de 01/10/2010 a 15/12/2011 na University of Florida, Tropical Research and Education Center em Homestead, FL, EUA.

À minha querida filha THAÍS GONTIJO NASCENTE (in memorian),

Você foi a maior expressão de amor e carinho que um pai poderia receber, sempre te amarei!

DEDICO

Aos meus pais Hélio Nascente de Oliveira (in memorian) e Divina Célia Ribeiro de Nascente, minha esposa Viviane Gontijo dos Santos e minhas filhas Gabriela Gontijo Nascente e Kamilla Gontijo Nascente por estarem sempre ao meu lado...

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Embrapa pela oportunidade de poder realizar o curso de pós-graduação;

À minha família pela compreensão, paciência e ajuda nos momentos difíceis;

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, pela valiosa amizade, pelo companheirismo, pela orientação segura, paciência e ajuda pessoal que muito contribuíram para minha formação profissional;

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita e Filho” – Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, pela oportunidade de realização do curso;

À coordenação do curso de Pós-Graduação em Agricultura, pela dedicação e qualidade de ensino;

A todos os professores da FCA em especial aos do Departamento de Produção Vegetal – Setor de Agricultura pelos ensinamentos, amizade e excelente convivência. Em especial aos professores Dr. Rogério Peres Soratto e Dr. Dirceu Maximino Fernandes;

Ao Professor Dr. Edivaldo Domingues Velini por viabilizar as análises de ácido chiquímico e ao Professor Dr. Juliano Carlos Calonego pelo auxílio na confecção dos gráficos;

Aos Funcionários do Departamento de Produção Vegetal – Setor de Agricultura e as funcionárias da Seção de Pós-Graduação pela amizade e profissionalismo;

Aos colegas da Embrapa Arroz e Feijão Dra. Beáta Eموke Madari, Dr. Nand Kumar Fageria, Dr. Cleber Morais Guimarães, Dr. Luis Fernando Stone, Dr. Tarcísio Cobucci e Dr. João Kluthcouski pelo companheirismo, sugestões e apoio;

Ao pesquisador do Instituto Biológico Dr. Marcus B. Matallo pela ajuda nas discussões dos dados sobre ácido chiquímico;

A equipe da biblioteca da Embrapa Arroz e Feijão Ana Lúcia Delibera de Faria e Faustina Gonçalves dos Santos, pelo profissionalismo e ajuda nas revisões sobre referências bibliográficas;

Aos funcionários da Embrapa Arroz e Feijão que colaboraram na condução dos experimentos de campo e análises laboratoriais;

Ao prof. Dr. Yuncong Li da Universidade da Flórida pela orientação, receptividade e compreensão e ao Dr. Xiaohui Fan da Universidade da Flórida pela amizade, companheirismo e ajuda nas análises de solo;

Ao amigo de república Dr. Diego Henrique dos Santos;

A todos os colegas e amigos (as) da Pós-Graduação minha imensa gratidão pelos momentos de convivência tão agradáveis e importantes;

Aos membros de minha banca de doutorado: Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, Dr. Luis Fernando Stone, Dr. José Laércio Favarin, Dr. Orivaldo Arf e Dr. Juliano Carlos Calonego pelas valiosas sugestões;

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste estudo.

A TODOS MEU MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XIII
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	2
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. Sistema semeadura direta e uso de plantas de cobertura.....	5
2.2. Arroz no sistema semeadura direta.....	8
2.3. Dessecação das plantas de cobertura com glifosato.....	13
2.4. Densidade e agregação do solo no sistema semeadura direta.....	15
2.5. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Caracterização da área experimental.....	22
3.2. Delineamento experimental.....	23
3.3. Instalação e condução do experimento.....	24
3.4. Obtenção de dados.....	25
3.4.1. Quantidade de matéria seca das plantas de cobertura na superfície do solo.....	25
3.4.2. Taxa de degradação das palhas e liberação de N.....	25
3.4.3. Agregados do solo.....	26
3.4.4. Densidade do solo.....	27
3.4.5. Teores de nitrato e amônio no solo.....	28
3.4.6. Carbono orgânico total, nitrogênio total e relação C/N presente no solo.....	29
3.4.7. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo.....	30
3.4.8. Estande inicial, acúmulo de matéria seca e teor de ácido chiquímico em plântulas de arroz	30

3.4.9. Componentes da produção e produtividade de grãos.....	31
3.5. Análise estatística.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1. Quantidade de matéria seca das plantas de cobertura no dia da semeadura do arroz.....	33
4.2. Degradação das palhas e taxa de liberação de N.....	37
4.3. Estabilidade de agregados e densidade do solo.....	41
4.4. pH, NO_3^- , NH_4^+ e relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$	44
4.4.1. pH.....	45
4.4.2. NO_3^-	46
4.4.3. NH_4^+	49
4.4.4. Relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$	51
4.5. Fracionamento físico da matéria orgânica.....	53
4.6. Carbono orgânico total, nitrogênio total, relação C:N e carbono nas frações físicas da matéria orgânica do solo.....	55
4.7. Teor de ácido chiquímico, estande e acúmulo de matéria seca de plântulas, componentes de produção e produtividade do arroz.....	58
5. CONCLUSÕES.....	68
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Atributos químicos do solo antes da instalação do experimento. 2007/08.....	23
Tabela 2. Granulometria e densidade do solo antes da instalação do experimento. 2007/08.....	23
Tabela 3. Quantidade de matéria seca na superfície do solo, determinada no dia da semeadura do arroz, em função da safra, das plantas de cobertura e da época de aplicação do glifosato. 2008/09 e 2009/10.....	34
Tabela 4. Massa de agregados do solo, por classe de tamanho, diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade dos agregados (IEA) e densidade do solo (DS) em função das plantas de cobertura (COB) e profundidade do solo (PROF). 2009/10.....	44
Tabela 5. Teores de NO_3^- , NH_4^+ , $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ e pH na profundidade de 0-10 cm, em função das plantas de cobertura, época de dessecação e dias após a semeadura do arroz. 2009/10.....	55
Tabela 6. Teores de matéria orgânica da fração leve livre e leve intra-agregados em função das plantas de cobertura e da profundidade do solo. 2009/10.....	55
Tabela 7. Teor de carbono orgânico total (COT), nitrogênio orgânico total (NOT), carbono ligado aos minerais (CLM) e às frações leves (livre + intra-agregados) da matéria orgânica do solo (CLFL), porcentagem de carbono ligado aos minerais (%CLM) e às frações leves (livre + intra-agregados) da matéria orgânica (%CLFL) em função das plantas de cobertura e da profundidade do solo. 2009/10.....	57
Tabela 8. Teor de ácido chiquímico, estande e massa seca das plântulas, panículas m^{-2} , espiguetas panículas $^{-1}$, fertilidade de espiguetas, massa de 1000 grãos e produtividade do arroz de terras altas em função das plantas de cobertura, época de dessecação e ano. 2008/09 e 2009/10.....	59

Tabela 9. Coeficiente de correlação de Pearson e probabilidade do teste F entre o dia de aplicação do glifosato ou matéria seca de plantas de cobertura na superfície do solo no dia da semeadura do arroz com os componentes de produção e produtividade do arroz de terras altas. 2008/09 e 2009/10.....

65

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Precipitação e temperatura média mensal durante a condução do experimento. 2007/08, 2008/09 e 2009/10.....	23
Figura 2. Época da amostragem do solo para avaliação de amônio e nitrato. Barras indicam a quantidade de chuva precipitada no dia, setas indicam o dia de amostragem e os números acima das setas indicam os dias após a semeadura do arroz. Barras indicam precipitação e linha representa temperatura, 2009/10.....	29
Figura 3. Quantidade de matéria seca das plantas das cobertura no dia da semeadura do arroz, em função da época de dessecação em relação à semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.....	35
Figura 4. Degradação da palha de plantas de cobertura em função dos dias após a semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.....	39
Figura 5. Relação C/N da palha de plantas de cobertura em função dos dias após a semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.....	40
Figura 6. Quantidade acumulada de nitrogênio (N) nas palhas de cobertura em relação aos dias após a semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.....	40
Figura 7. Percentagem de nitrogênio (N) remanescente nas palhas de cobertura em relação aos dias após a semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.....	41
Figura 8. Valores de pH do solo na profundidade de 0 a 10 cm em função dos dias após a semeadura do arroz. 2009/10.....	46
Figura 9. Teores de nitrato no solo na profundidade de 0 a 10 cm em função da época de dessecação das plantas de cobertura e dos dias após a semeadura do arroz. 2009/10.....	49
Figura 10. Teores de nitrato no solo na profundidade de 0 a 10 cm em função da época de dessecação das plantas de cobertura. 2009/10.....	50
Figura 11. Teores de amônio no solo na profundidade de 0 a 10 cm em função dos dias após a semeadura do arroz. 2009/10.....	51
Figura 12. Relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ na profundidade de 0 a 10 cm em função da época de dessecação da palha. 2009/10.....	52

Figura 13. Relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ na profundidade de 0 a 10 cm em função dos dias após a semeadura do arroz. 2009/10.....	52
Figura. 14. Número de plântulas m^{-1} de arroz em função da época de dessecação das plantas de cobertura em relação à semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.....	60
Figura 15. Matéria seca de plântulas de arroz em função da época de dessecação das plantas de cobertura em relação à semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.....	62
Figura 16. Número de panículas m^{-2} do arroz de terras altas em função da época de dessecação das plantas de cobertura em relação à semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.....	64
Figura 17. Produtividade de grãos do arroz de terras altas em função da época de dessecação das plantas de cobertura em relação à semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.....	66

RESUMO

Plantas de cobertura podem romper camadas compactadas e sua palha pode equilibrar os teores de NO_3^- e NH_4^+ no solo e proporcionar melhor desenvolvimento do arroz no sistema semeadura direta (SSD). Entretanto, deve-se observar o momento adequado para se realizar a dessecação com glifosato das plantas de cobertura e evitar fitotoxicidade na cultura do arroz. Desta forma, objetivou-se nesse trabalho avaliar o efeito de espécies de cobertura sobre os atributos do solo e da época de dessecação no acúmulo de ácido chiquímico nas plantas de arroz, nos componentes da produção e na produtividade de grãos da cultura no SSD. O experimento foi conduzido na Fazenda Capivara da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições em esquema de parcelas subdivididas por dois anos agrícolas (2008/09 e 2009/10). As plantas de cobertura (*Urochloa ruziziensis*, *Urochloa brizantha*, *Panicum maximum*, *Pennisetum glaucum*) e o pousio estavam nas parcelas e a época de dessecação (-30, -20, -10 e 0 dias em relação à semeadura do arroz) nas subparcelas. O uso de plantas de cobertura proporciona maior estabilidade dos agregados e a redução da densidade do solo. A palha de milheto proporciona a menor densidade e relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ no solo e a maior produtividade do

arroz de terras altas. A aplicação de glifosato nas plantas de cobertura provoca translocação do herbicida para as plântulas de arroz e acúmulo de ácido chiquímico. A dessecação do milho e pousio deve ser realizada entre 20 e 30 dias antes da semeadura do arroz. A dessecação de *U. ruziziensis*, *U. brizantha* e *P. maximum* deve ser realizada com mais de 30 dias em relação à semeadura do arroz.

UPLAND RICE YIELD AS A FUNCTION OF THE DESICCATION TIME OF COVER CROPS Botucatu, 2012. 92p. Thesis (Doctorate in Agronomy /Agriculture) – College of Agricultural Sciences, São Paulo State University.

Author: ADRIANO STEPHAN NASCENTE

Adviser: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

SUMMARY

Cover crops can break up compacted layers and their straw could balance the levels of NO_3^- e NH_4^+ in the soil and provide better rice development at no-tillage system (NTS). However, it must be observe the proper time to desiccate with glyphosate the cover crops and avoid phytotoxicity in rice crop. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of cover crops in the soil attributes and the desiccated times in the amount of shikimic acid in rice plants, in the yield components and grain yield of upland rice sowed in the NTS. The trial was performed on Capivara farm from Embrapa Rice and Bean, Santo Antônio de Goiás, GO. The experimental design was a randomized blocks with three replications in a split-plot scheme for two growing seasons (2008/09 and 2009/10). The cover crop (*Urochloa ruziziensis*, *Urochloa brizantha*, *Panicum maximum*, *Pennisetum glaucum*) and fallow were in the main plots and desiccation times (-30, -20, -10 and 0 days in relation to rice sowing) were in the subplots. The use of cover crops in NTS provides greater aggregate stability and reducing soil compaction. The millet straw provides the lowest soil bulk density and relation $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ and the highest upland rice yield. The application of glyphosate in cover crops causes herbicide translocation to the rice seedlings and accumulation of shikimic acid. Millet and fallow must be desiccated between 20 and 30 days before rice sowing. The cover crops *U. ruziziensis*, *U. brizantha* and *P. maximum* must be desiccated over 30 days prior to the rice sowing.

Keywords: Rice; Guineagrass; Palisadegrass; *Panicum maximum*; millet; forage plants; no-tillage system.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do arroz de terras altas não tem um bom desenvolvimento no sistema de semeadura direta (SSD), sendo observado frequentemente menor produtividade de grãos em relação ao cultivo no preparo convencional do solo (PC). Pelos resultados de pesquisas é possível levantar algumas causas para essa menor produtividade de grãos, como a compactação do solo e relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$.

No SSD, devido ao trânsito de máquinas e implementos agrícolas e a utilização de culturas com baixa produção de palha e sistema radicular pouco desenvolvido, pode ocorrer redução da macroporosidade. A planta de arroz, além de ser mais exigente em água do que outras culturas como a soja e o milho, possui sistema radicular muito sensível à compactação, tendo menor capacidade de explorar o perfil de solos adensados. Assim, a planta com o sistema radicular menos desenvolvido fica mais sujeita aos efeitos do veranico, que afeta significativamente a produtividade de grãos da cultura.

Vale ressaltar que, o arroz se desenvolve melhor em ambientes com maiores teores de NH_4^+ (20-50%) em relação ao NO_3^- (50-80%) no início de seu desenvolvimento. Entretanto, no SSD devido à maior conservação de umidade, ciclagem de

nutrientes e matéria orgânica no solo, que favorece o melhor desenvolvimento das bactérias nitrificadoras, há maior disponibilidade de nitrato no SSD do que no PC. Entretanto, apesar desses problemas, cresce a necessidade de se aprimorar tecnologias para obtenção de maiores produtividades do arroz de terras altas no SSD para evitar queda significativa na área plantada com a cultura, uma vez que no SSD as principais culturas comerciais são milho e soja e os agricultores não estão dispostos a revolver o solo para cultivar o arroz.

Assim, o uso de plantas de cobertura no SSD pode ser importante ferramenta para viabilizar o arroz nesse sistema. As plantas de cobertura podem ser utilizadas para romper camadas compactadas e sua palha para cobrir o solo e proporcionar redução da evaporação de água e manter o solo úmido por mais tempo, aumentar a ciclagem de nutrientes e matéria orgânica do solo, alterar a relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ e, portanto, propiciar condições para o melhor desenvolvimento das plantas de arroz.

Nesse sentido, outro aspecto que deve ser avaliado é o intervalo de tempo entre a dessecação dessas plantas de cobertura e a semeadura do arroz, uma vez que esse manejo normalmente é feito com o herbicida glifosato, e seu efeito sobre as plantas é lento e a cobertura demora alguns dias para secar completamente. Assim, quando da aplicação do herbicida e semeadura da cultura no mesmo dia, as plantas de cobertura ainda se encontram vivas e eretas, o que pode dificultar a operação de semeadura e também causar sombreamento nas plântulas da cultura subsequente, além de prejudicar o desenvolvimento inicial das culturas com reflexos negativos na produtividade de grãos. Existe também a possibilidade de exudação do herbicida da planta de cobertura para a cultura agrícola.

Dessa forma, as hipóteses desse trabalho foram: a) as plantas de cobertura podem alterar os atributos do solo que afetam diretamente o desenvolvimento e a produtividade de grãos do arroz de terras altas no SSD; e b) a época de dessecação das plantas de cobertura com glifosato pode provocar translocação do herbicida para plantas de arroz e conseqüentemente afetar o desenvolvimento e a produtividade de grãos.

Assim, mediante esse trabalho, objetivou-se avaliar o efeito de espécies de plantas de cobertura sobre atributos do solo e da época de dessecação no acúmulo de ácido chiquímico pelas plantas de arroz, nos componentes da produção e na produtividade de grãos da cultura no sistema plantio direto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Sistema semeadura direta e uso de plantas de cobertura

O sistema semeadura direta (SSD) é técnica que possibilita diversos benefícios ambientais, pois aumenta os teores de matéria orgânica e a atividade biológica do solo, reduz as oscilações de temperatura do solo, diminui a erosão laminar, bem como o carregamento de fertilizantes e agrotóxicos para os mananciais de água, reduz a densidade populacional de plantas daninhas e possibilita maior conservação da umidade do solo, sendo, portanto, considerado sistema de produção sustentável (OLIVEIRA et al., 2002a; MATEUS et al. 2004; BORGHI et al., 2008; SOUZA et al., 2009; VEIGA et al., 2010; CASTRO et al. 2011; NASCENTE et al., 2011a; MAULI et al., 2011; FERREIRA et al., 2012). Vale ressaltar que essa conservação de água do solo é, geralmente, uma das maiores vantagens do SSD. Isso ocorre porque os restos culturais ficam na superfície do solo, onde atuam como barreira física e reduzem a incidência de radiação solar, o que acarreta redução da perda de água por evaporação, aumento na rugosidade superficial e redução na velocidade e no volume do escoamento superficial de água, o que favorece a infiltração e o aumento da água disponível para as plantas (SALTON; KICHEL, 1997; ALVARENGA

et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2002a; CRUSCIOL et al., 2005; MAROCHI, et al., 2005; BRAZ et al., 2006).

O SSD teve crescimento mundial significativo, e atualmente é cultivado em quase 117 milhões de hectares, distribuídos, na sua grande maioria, na América Latina (58 milhões ha), EUA e Canadá (40 milhões ha) e Austrália (17 milhões ha) (FAO, 2012). O sistema vem se expandindo no Brasil desde a década de 70, em que possui uma área estimada no SSD de 25 milhões de hectares desde 2005/06 (FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 2012).

A formação de camada de palha na superfície do solo, antes da implantação da cultura principal, é requisito fundamental no SSD (ALVARENGA et al., 2001; OLIVEIRA, 2010). Entretanto, os resíduos produzidos pelas culturas comerciais geralmente são insuficientes para boa cobertura do solo, dessa forma, necessário se faz introduzir plantas com potencial de produzir quantidade de matéria seca de modo que o solo permaneça coberto o maior tempo possível, para a implantação da próxima cultura de verão (CRUSCIOL et al., 2010; TORRES et al., 2008), uma vez que, mediante resultados de pesquisa, conclui-se que a maior limitação na manutenção de palha sobre o solo é a rapidez com que a massa vegetal se decompõe (PELÁ et al., 1999; AIDAR et al., 2000; CAIRES et al., 2006; TORRES; PEREIRA, 2008; PACHECO et al., 2011a).

Assim, a busca por culturas alternativas, que possam deixar sobre o solo camada de palha com quantidade, qualidade e distribuição uniformes, têm se tornado o tema de diversas pesquisas (SALTON; KICHEL, 1997; CRUSCIOL et al., 2005; MAROCHI, et al., 2005; BRAZ et al., 2006; BOER et al., 2007; CRUSCIOL et al., 2008; TORRES et al., 2008; MORO, 2011; OLIVEIRA et al., 2011; PACHECO et al., 2011a, 2011b; COSTA et al., 2012; CRUSCIOL et al., 2012; FERRARI NETO et al., 2012; NASCENTE; CRUSCIOL, 2012). Nesses trabalhos verifica-se algumas opções, como o milheto, apontado como uma das culturas responsáveis pela expansão do SSD na Região Central do Brasil (SALTON; KICHEL, 1997). Essa planta de cobertura produz grande quantidade de biomassa (10 a 12 Mg ha⁻¹), cobre rapidamente o solo e acarreta maior competição com as plantas daninhas (TORRES et al., 2005; CRUSCIOL; SORATTO, 2007, 2009; BOER et al.; 2007; TIMOSSI et al., 2007; PIRES et al., 2008; PACHECO et al., 2011a). Além disso, o milheto possui grande capacidade de crescimento de raízes em

camadas compactadas, promove maior aeração do solo e contribui significativamente para reduzir os efeitos deletérios da compactação (GONÇALVES et al., 2006; BORDIN et al., 2008; CALONEGO; ROSOLEM, 2010).

Vale ressaltar que se constata crescente uso de espécies forrageiras perenes para produção de cobertura do solo, como as do gênero *Urochloa* e *Panicum*, devido à grande produção de biomassa (KLUTHCOUSKI et al., 2000b; BRAZ et al., 2006; TORRES et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2011; PACHECO et al., 2011a, 2011b; CRUSCIOL et al., 2012; NASCENTE; CRUSCIOL, 2012). Essas forrageiras possuem grande potencial na manutenção da palha sobre o solo devido a sua relação C/N > 30, o que retarda sua decomposição e aumenta a possibilidade de utilização em regiões mais quentes e, devido sua alta capacidade de rebrote, podem ser utilizadas para pastoreio de animais nas épocas mais críticas do ano, em que ocorre escassez de alimentos, sem afetar a sua performance na época do manejo químico para o SSD (KISSMANN; GROTH, 1997; CRUSCIOL et al., 2012). Além disso, se destacam pelo sistema radicular profundo e vigoroso, pela excelente adaptação a solos de baixa fertilidade, fácil estabelecimento e alta produção de biomassa durante o ano, o que proporciona excelente cobertura vegetal do solo, pode produzir acima de 15 Mg ha⁻¹ de biomassa seca e persistirem por mais de seis meses na superfície do solo (COBUCCI, 2001). Essas forrageiras já são difundidas e aceitas pelos produtores rurais, o que facilita a sua eventual adoção para a produção de biomassa para a cobertura do solo em SSD (BERNARDES, 2003; NARIMATSU, 2004).

Outro importante fator a ser considerado no SSD é a decomposição de resíduos das coberturas que pode proporcionar maior ciclagem de nutrientes (AITA; GIACOMINI, 2003; CRUSCIOL et al., 2005, 2008, 2009, 2012; BOER et al., 2008; TORRES et al., 2008; GARCIA, 2010; PACHECO, et al. 2011a, 2011b; COSTA et al., 2012). Assim, se destacam o milheto e as forrageiras perenes que são plantas de cobertura que possuem sistema radicular profundo e vigoroso, o que proporciona maior ciclagem de nutrientes, característica importante principalmente em solos de baixa fertilidade como é o caso dos encontrados na Região dos Cerrados (TORRES et al., 2005; CRUSCIOL, 2007; BOER et al., 2007; TORRES e PEREIRA, 2008; CARPIM et al., 2008; FOLONI et al., 2008; TORRES et al., 2008; CRUSCIOL et al., 2009; SILVEIRA et al., 2010; PACHECO et al., 2011a). Segundo Pacheco et al. (2011a) o milheto possui rápida emergência e

crescimento até aos 60 DAS (florescimento) na safrinha, enquanto, as espécies de *Urochloa* spp. e *Panicum* spp. possuem significativo acúmulo de nutrientes em sua fitomassa mais tardiamente, principalmente, após o reinício das chuvas nos meses de setembro e outubro.

Nesse sentido, merece destaque o nitrogênio (N) que é um dos nutrientes com maior dinâmica no SSD (D'ANDRÉA et al., 2004). Sua maior parte está na fração orgânica (mais de 90%), grande reservatório de formas mais prontamente disponíveis, como a nítrica e a amoniacal, sendo que, essas formas minerais, apesar de representar pequena parcela do N total, são de extrema importância do ponto de vista nutricional, já que são elas as absorvidas pelos vegetais e micro-organismos (STEVENSON, 1986). A mineralização da matéria orgânica do solo, da qual fazem parte as reações de amonificação e nitrificação, transforma, em média, de 2% a 5% do N orgânico por ano (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Além disso, o nitrogênio pode também ser liberado da palha das plantas de cobertura para o solo, durante o processo de degradação de seus resíduos, após o manejo químico (WISNIEWSKI; HOLTZ, 1997; KLIEMANN et al., 2006).

Entretanto, vale ressaltar que, apesar de existir grande quantidade de N na parte aérea das culturas utilizadas como cobertura do solo, a quantidade que efetivamente será aproveitada pela cultura em sucessão vai depender do sincronismo entre a taxa de liberação do nutriente da cobertura e a taxa de demanda da cultura (WISNIEWSKI; HOLTZ, 1997; HEINRICHS et al., 2001; BRAZ, 2003; KLIEMANN et al., 2006). Dessa forma, o conhecimento da época, quantidade e velocidade de liberação do nitrogênio pelas plantas de cobertura é fundamental para que elas possam ser efetivamente incorporados ao sistema de produção agrícola (SILVA et al., 2008).

Segundo Lange et al. (2008), a produção de palha pelas plantas de cobertura na entressafra e o manejo de nitrogênio estão entre as principais dificuldades encontradas pelos produtores que usam o SSD. Oliveira et al. (2002b) relataram que uma das características primordiais para a seleção de espécies de cobertura do solo é a capacidade de acumular nitrogênio na massa seca e sua posterior liberação, para ser utilizada pela cultura posterior. A melhor compreensão do processo de acúmulo e liberação de N possibilitaria conhecer as quantidades e períodos do N decomposto e disponibilizado visando atender à demanda em N pelas culturas comerciais de forma equilibrada. Além

disso, serviria para determinar a quantidade a ser complementada via fertilizante mineral, contribuindo, portanto, na redução dos gastos com adubos químicos e no custo de produção (HOLTZ, 1995; AMADO et al., 2002; AITA; GIACOMINI, 2003; AITA et al., 2004).

2.2. Arroz no sistema semeadura direta

O arroz é alimento que faz parte da dieta de metade da população mundial (CGIAR, 2006; ÁFRICA RICE CENTER, 2005; KUMAR; LADHA, 2011). A maior parte desse cereal é cultivado na Ásia, no sistema irrigado por inundação controlada (WANG et al., 2001; ATLIN et al., 2004; FENG et al., 2007;. QU et al., 2008; FAROOQ et al., 2009; PRASAD, 2011). No entanto, a redução da disponibilidade dos recursos hídricos para a irrigação da cultura, devido ao aumento do consumo industrial e humano, tem exigido a busca por alternativas que possibilitem o cultivo do arroz com maior economia de água (FENG et al., 2007; QU et al., 2008; FAROOQ et al., 2009). Tuong e Bouman (2003) relatam que até 2025, cerca de 15-20 milhões de hectares do ecossistema de várzea onde se cultiva o arroz irrigado vai sofrer algum grau de escassez de água. Como alternativas tem-se o cultivo do arroz no ecossistema de terras altas que pode ser no sistema irrigado por aspersão ou no sequeiro, dependendo da água da chuva (BOUMAN; TUONG, 2001; TAO et al., 2006; BOUMAN et al., 2007; CRUSCIOL et al., 2008, 2012; ARF et al., 2012).

O arroz de terras altas é cultivado na Ásia, África e Américas (OIKEH et al., 1999;. SAITO et al., 2005; CGIAR, 2006; ÁFRICA RICE CENTER, 2005; FAGERIA et al., 2011; OONYU, 2011). Nesses lugares, a restrição hídrica é um dos principais fatores que causa redução na produtividade da cultura (CGIAR, 2006; ERENSTEIN; LAXMI, 2008; HEINEMANN et al., 2011;. KUMAR; LADHA, 2011; OONYU, 2011; PRASAD, 2011). Segundo Kumar e Ladha (2011), o grande desafio na cultura do arroz é produzir esse grão com menor consumo hídrico, de mão de obra e de produtos químicos, garantindo assim sustentabilidade em longo prazo, além disso, acrescentam que a gestão agrônômica e inovação tecnológica são necessárias para garantir a produção de arroz e evitar desequilíbrios entre a oferta e a demanda em longo prazo.

Neste sentido, tem-se o SSD, sistema que, devido à manutenção de palha cobrindo o solo, se caracteriza pela maior conservação da umidade do solo. Kumar e

Ladha (2011) relataram que o cultivo de arroz em SSD pode proporcionar vários benefícios aos agricultores e ao ambiente e acrescentaram que esse sistema tem grande potencial para ser utilizado no Sul da Ásia, como alternativa para a produção de arroz com menor uso de água. Entretanto, ressaltam que é necessário que os produtores invistam em tecnologia para conseguir maiores produtividades. Corroborando essas informações, novas cultivares de arroz de terras altas com maior resistência ao acamamento, índice de colheita e alto potencial produtivo vem sendo desenvolvidas pelos programas de melhoramento na China, Brasil e Filipinas (ATLIN et al., 2004). Barbosa Filho e Yamada (2002), Saito et al. (2005) e Oonyu (2011) relataram que sob condições hídricas adequadas (chuvas bem distribuídas) e bom nível tecnológico é possível obter produtividade entre 4.000-5.000 kg ha⁻¹ no arroz de terras altas arroz sem irrigação suplementar.

Entretanto, a cultura do arroz de terras altas, quando cultivada em SSD, tem baixa produtividade, não se desenvolvendo da mesma forma que quando o cultivo ocorre em solo preparado convencionalmente (PC), ou seja, com revolvimento (OLOFINTOYE; MABBAYAD, 1980; STONE et al., 1980; OLOFINTOYE, 1989; SEGUY; BOUZINAC, 1992; KLUTHCOUSKI et al., 2000a; ARF et al., 2001; MOURA NETO et al., 2002; NASCENTE et al., 2011a, 2011b; PACHECO et al., 2011b). Com isso, a maioria das áreas cultivadas com essa cultura ainda é feita no PC, normalmente uma aração e duas gradagens (SANTOS et al., 2006). Entretanto, esse sistema caso não seja feito da forma adequada, não é sustentável pois pode causar erosão do solo, assoreamento dos rios, formação de camada compactada (pé de grade ou pé de arado), diminuição da atividade biológica do solo, aumento da temperatura do solo, menor conservação da umidade, entre outros.

Pelos resultados de pesquisas é possível levantar algumas causas para essa menor produtividade de grãos do arroz no SSD, como a compactação do solo, relação NO₃⁻ e NH₄⁺ e alelopatia (MALAVOLTA, 1980; KLUTHCOUSKI et al., 2000a; SOARES, 2004; SOUZA et al., 2006; NASCENTE et al., 2011a; PACHECO et al., 2011b). No SSD, devido ao trânsito de máquinas e implementos agrícolas utilizados nas várias etapas do processo produtivo sem revolvimento do solo, pode ocorrer redução da macroporosidade e a planta de arroz possui sistema radicular muito sensível à compactação do solo, tendo menor capacidade de explorar o perfil de solos adensados (GUIMARÃES et

al., 2006). Assim, a planta de arroz, que já é mais exigente em água do que outras culturas como a soja e o milho, com o sistema radicular menos desenvolvido, fica mais sujeita aos efeitos do veranico e também absorve menos nutrientes, o que tem acarretado em queda de produtividade de grãos (KLUTHCOUSKI et al., 2000a; GUIMARÃES et al., 2006). Diversos autores atribuíram essa menor produtividade de grãos do arroz à maior compactação do solo observado nesse sistema (OLOFINTOYE; MABBAYAD, 1980; OLOFINTOYE, 1989; SEGUY; BUSINAC, 1992; GASSEN; GASSSEN, 1996; SEGUY et al., 1998; STONE et al., 2001; KLUTHCOUSKI et al., 2000a; GUIMARÃES; MOREIRA, 2001; MOURA NETO et al., 2002; MEDEIROS et al., 2005). Neste contexto, verifica-se que uma das alternativas seria o rompimento da camada compactada. Isso pode ser realizado com máquinas por meio da descompactação mecânica (arado, grade, escarificador, subsolador etc.) ou pelas plantas de cobertura (SSD) que possuem potencial para descompactar camadas adensadas, podendo contribuir para o melhor desenvolvimento do arroz em SSD (PEDROTTI et al., 2001; GONÇALVES et al., 2006; BORDIN et al., 2008; CALONEGO; ROSOLEM, 2010).

Outra causa da menor produtividade de grãos do arroz no SSD seria a relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, pois o arroz por ser planta hidrófila de ambiente reduzido, onde há maior disponibilidade de amônio, tem dificuldade de sintetizar no primeiro mês de desenvolvimento a enzima nitrato redutase (enzima importante na assimilação do N-NO_3^- pelas plantas), o que pode explicar o baixo desenvolvimento inicial da cultura quando no ambiente prevalece N-NO_3^- (EPSTEIN; BLOOM, 2006; ARAÚJO et al., 2012). Em experimentos desenvolvidos por Sá (1993, 1999) e D'Andréa et al. (2004) observou-se que no SSD há maior disponibilidade de N-NO_3^- no solo em relação ao PC. Isso ocorre por que no SSD, devido à maior conservação de umidade, ciclagem de nutrientes e maiores quantidades de matéria orgânica, em relação ao PC, ocorre maior atividade microbiológica, em especial das bactérias nitrificadoras (ARAÚJO, 2005). Nesse sentido, verificou-se que o arroz absorveu preferencialmente o amônio do que o nitrato, em ambiente com ambas formas de N (YOSHIDA, 1981). Além disso, a taxa de absorção de NH_4^+ pela planta de arroz é de 5 a 20 vezes maior que a de NO_3^- (FAGERIA, 2009). Dessa forma, em diversos estudos foi atribuído a queda na produtividade do arroz à maior predominância de nitrato no solo, durante as primeiras semanas de desenvolvimento da cultura (MALAVOLTA,

1980; YOSHIDA, 1981; LEÓN; ARREGAOCÉS, 1985; WANG et al., 1993; KRONZUCKER et al., 1998; SOARES, 2004; ARAÚJO, 2005; ARAÚJO et al., 2012). Adicionalmente, ressalta-se que o arroz se desenvolve melhor quando há maiores quantidades de amônio no solo (teores de 20 a 50%) em relação ao nitrato, no início do desenvolvimento da cultura (ARAÚJO, 2005; HOLZSCHUH et al., 2009; MORO, 2011; ARAÚJO et al., 2012). Entretanto, ambiente onde ocorre somente amônio como fonte de N, também é prejudicial ao arroz (LIN et al., 2005; LI et al., 2007; POLETTTO et al., 2011; ARAÚJO et al., 2012).

Outro importante fator a ser analisado no cultivo do arroz no SSD é que apesar dos efeitos benéficos das plantas de cobertura, alguns estudos têm destacado que a presença de resíduos vegetais sobre a superfície do solo pode causar efeito alelopático sobre a cultura anual em sucessão. Souza et al. (2006) descreveram que a presença de *U. decumbens* reduziu o crescimento de plantas de arroz, em razão da menor disponibilidade de nitrogênio e, também, pela possibilidade da liberação de aleloquímicos tóxicos à cultura durante a decomposição dos resíduos vegetais. Souza Filho et al. (1997) e Martins et al. (2006) reportaram efeitos alelopáticos causada por espécies de *Urochloa* no arroz. Segundo eles, estes efeitos podem reduzir a germinação de sementes da cultura e o desenvolvimento da planta, com reflexo na produtividade de grãos. Cazetta et al. (2008) em dois anos de cultivo, também obtiveram baixa produtividade do arroz após o sorgo, e como possível explicação o efeito alelopático da planta antecessora. Com isso verifica-se que se deve estudar quais plantas de cobertura que podem anteceder o arroz para evitar possíveis efeitos alelopáticos.

Apesar de ser reportado a baixa produtividade do arroz no SSD, alguns autores constataram viabilidade do cultivo nesse sistema (MOURA NETO, 2001; MOURA NETO et al., 2002; ARF et al., 2003, 2005; GUIMARÃES et al., 2006; CRUSCIOL et al., 2011; MORO, 2011; NASCENTE et al., 2011a, 2011b; PACHECO et al., 2011b). Assim, com esses resultados divergentes, verifica-se que existem vários fatores (alelopatia, densidade do solo, relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, sincronismo entre a liberação de nutrientes pelas plantas de cobertura para o arroz etc.) que podem estar interferindo no desenvolvimento do arroz de terras altas em SSD e necessitam ser melhor compreendidos para viabilizar essa cultura nesse sistema.

Nesse sentido, a escolha da espécie vegetal como planta de cobertura pode influenciar diretamente a produtividade do arroz no SSD. Bordin et al. (2003) constataram maior produtividade de grãos (2424 kg ha⁻¹) sobre palha de *Crotalaria juncea*, não diferindo do milho e feijão bravo do ceará (*Canavalia brasiliensis*). Segundo os autores, com a degradação da palha constatou-se maior disponibilidade de nitrogênio para as plantas de arroz e aumento da produtividade de grãos. Arf et al. (2003) obtiveram maiores produtividades de grãos de arroz no SSD em palha de milho (3748 kg ha⁻¹) em comparação com o preparo do solo feito por grade aradora (3088 kg ha⁻¹). Cazetta et al. (2008) constataram, na média de dois anos, maiores produtividades de grãos do arroz sobre as palhas de guandu (3903 kg ha⁻¹), crotalaria (3804 kg ha⁻¹) e milho (3570 kg ha⁻¹). Em estudos de Moro (2011), onde foi avaliada a produtividade de grãos do arroz sobre seis plantas de cobertura e manejo do N no SSD, observou-se maior produtividade de grãos sobre palha de milho (6800 kg ha⁻¹) que diferiu das demais coberturas (*B. ruziziensis*, *B. brizantha*, *B. decumbens*, *Crotalaria spectabilis*). Quando se realizou o parcelamento do N na forma amoniacal, a produtividade foi ainda maior (7600 kg ha⁻¹), sendo diferente de todas as demais plantas de cobertura. Os dados obtidos corroboram os de Crusciol et al. (2011) e Pacheco et al. (2011b) que também constataram maior produtividade de grãos do arroz de terras altas em SSD sobre palha de milho. Com esses resultados, pode-se verificar que o milho parece ser importante planta de cobertura a ser utilizada no sistema de produção do arroz de terras altas no SSD.

2.3. Dessecação das plantas de cobertura com glifosato

A garantia de bons resultados das culturas comerciais, em sucessão às plantas utilizadas para cobertura do solo em SSD, depende também do manejo dispensado às essas espécies. Assim, o controle químico das plantas de cobertura é uma prática importante quando se visa à alta produtividade de grãos (COBUCCI, 2001; CESTARE, 2003; NASCENTE; CRUSCIOL, 2012). O controle das plantas de cobertura antes da semeadura é chamado de manejo e realizado normalmente com o herbicida glifosato.

O glifosato é herbicida pertencente ao grupo químico das glicinas substituídas, classificado como não seletivo e de ação sistêmica. Possui amplo espectro de ação, o que possibilita o controle de plantas daninhas anuais ou perenes, tanto de folhas largas como estreitas (GALLI; MONTEZUMA, 2005; VELINI et al., 2010). Seu mecanismo de ação é único, sendo capaz de inibir especificamente a enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPs) que catalisa a condensação do ácido chiquímico e do fosfato piruvato, evitando, assim, a síntese de três aminoácidos essenciais: triptofano, fenilalanina e tirosina (JAWORSKI, 1972; ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004; MATALLO et al., 2009). Desta forma, uma das principais características de plantas que recebem pulverizações com glifosato é o acúmulo de chiquimato causado pela inibição da EPSPs e, conseqüentemente, a desregulação da rota do chiquimato, resultando também no aumento de certos ácidos hidroxibenzóicos que aparentemente derivam diretamente do chiquimato (CAÑAL et al., 1987; LYDON; DUKE, 1988; BECERRIL et al., 1989; MATALLO et al., 2009; BINKHOLDER et al., 2011).

Uma das formas de se utilizar o glifosato é no sistema denominado “aplique-plante”, que consiste na semeadura da cultura e aplicação do herbicida no mesmo dia (CONSTANTIN et al., 2008). Entretanto, devido à natureza sistêmica desse herbicida, o efeito sobre as plantas é lento e a cobertura demora alguns dias para morrer completamente (MONQUERO et al., 2010). Dessa forma, quando da dessecação de grande cobertura vegetal no momento da semeadura, a presença das plantas ainda eretas e não completamente dessecadas ou da sua palha, pode dificultar a operação de semeadura, e causar embuchamento da máquina ou prejudicar o corte da palha (CONSTANTIN et al., 2008; NASCENTE; CRUSCIOL, 2012). Essa situação pode também causar após a semeadura, sombreamento inicial, estiolamento e amarelecimento das plântulas, redução no desenvolvimento, maior susceptibilidade à competição com as plantas daninhas e diminuição na produtividade de grãos das culturas (CALEGARI et al., 1998; MACIEL et al., 2003).

Segundo Coupland e Lutman (1982), existe também a possibilidade de exsudação radicular do glifosato aplicado nas plantas daninhas ou de cobertura para a cultura granífera, principalmente se as raízes da cultura estiverem próximas às raízes das plantas tratadas com o herbicida. Essa transferência foi comprovada por Rodrigues et al.

(1982), que estudaram os efeitos da exsudação do glifosato de plantas de trigo interplantadas com milho ou com soja no mesmo vaso. A transferência do glifosato de uma planta para outra pode ser confirmada seja por meio dos sintomas que ele causa nas folhas e raízes da planta-não alvo, ou mediante o uso de glifosato marcado com ^{14}C (YAMADA; CASTRO, 2007; SANTOS et al., 2007; RICORDI et al., 2007).

Nesse sentido, verificou-se que estudos realizados por Alves et al. (2000), Queiroz et al. (2002), Costa et al. (2004) e Matallo et al. (2009), permitiram desenvolver metodologia simples, fundamentada na detecção e quantificação do ácido chiquímico, para determinar se as plantas tiveram intoxicação por glifosato. Desses estudos verificou-se que a metodologia é funcional, permitindo detectar a acumulação do ácido chiquímico mesmo quando as quantidades de glifosato absorvidas são inferiores às necessárias para promover reduções de crescimento. Por meio da determinação dos teores de ácido chiquímico, Vivian et al. (2007), Römheld (2007), Matallo et al. (2009) e Meschede e Velini (2010) relataram a translocação do glifosato da planta-alvo para a planta-não alvo, constatando toxidez.

Desta forma, segundo Yamada e Castro (2007) o glifosato, se utilizado de forma inadequada, ou seja aplicado muito próximo da semeadura, poderá ocasionar fitotoxicidade ou mesmo levar à morte das plantas de interesse econômico (GALLI; MONTEZUMA, 2005). Nesse sentido, ponto importante a se observar é o intervalo de tempo entre a dessecação e a semeadura das culturas, uma vez que se respeitando o período adequado entre a aplicação do glifosato e a semeadura da cultura, o herbicida desseca a planta de cobertura, não causa dificuldade nas operações de semeadura e não causa prejuízo ao desenvolvimento inicial das culturas e nem na produtividade de grãos (CONSTANTIN; OLIVEIRA JUNIOR, 2005).

Assim, em diversos trabalhos de pesquisa são relatados que se deve ter intervalo de 14 a 21 dias entre a aplicação de glifosato e a semeadura da soja (MELHORANÇA et al., 1998; MELHORANÇA; VIEIRA; 1999; ROMAN, 2002; PEIXOTO; SOUZA, 2002; CONSTANTIN; OLIVEIRA JUNIOR; 2005; EMBRAPA SOJA, 2006; SANTOS et al., 2007; NUNES et al., 2009; MONQUERO et al., 2010; NASCENTE; CRUSCIOL, 2012). No milho, esse intervalo deve ser superior a 10 dias (CALEGARI et al., 1998; CONSTANTIN; OLIVEIRA JUNIOR, 2005; CONSTANTIN et

al., 2008). Nascente et al. (2012) verificaram em condições de casa de vegetação que a dessecação da *Urochloa ruziziensis* 30 antes da semeadura do arroz BRS Sertaneja proporcionou maior produtividade de grãos da cultura. Entretanto, se verifica poucos estudos sobre épocas de dessecação de palhas antecedendo a semeadura para a cultura do arroz em sistema semeadura direta.

2.4. Densidade e agregação do solo no sistema semeadura direta

As plantas de cobertura utilizadas no SSD podem alterar, de forma significativa, as propriedades físicas e químicas do solo, e afetar também as populações de seres vivos existentes no local (WANG et al., 2007; CALONEGO; ROSOLEM, 2008; SIMMONS; COLEMAN, 2008; FERREIRA et al., 2012; GARCIA; ROSOLEM, 2010; CALONEGO; ROSOLEM, 2011; CALONEGO et al., 2012).

A densidade do solo é uma propriedade física definida como a massa de solo seco por unidade de volume, onde também se considera o volume ocupado pelos poros do solo, dessa forma, esse espaço poroso tem influência direta na densidade do solo (ZOTARELLI, 2005). Com o aumento da densidade ocorre redução da taxa de infiltração de água e aumenta a resistência à penetração (TORMENA et al., 2002). A densidade é afetada pela cultura de cobertura, quantidade de matéria orgânica e o tipo de manejo do solo (CORSINI; FERRAUDO, 1999; TAVARES FILHO et al., 2010). Assim, em alguns trabalhos de pesquisa há relatos de aumento da densidade do solo no SSD devido ao trânsito de máquinas nas operações de semeadura, tratos culturais e colheita (GUIMARÃES; MOREIRA 2001; TAVARES FILHO et al., 2001; FALLEIRO et al., 2003; TAVARES FILHO et al., 2006; BARBOSA et al., 2007; NEVES et al., 2007; TAVARES FILHO et al., 2010). Por outro lado, em outros trabalhos constata-se que não houve diferenças significativas na densidade do solo entre o SSD e PC (FERNANDES et al., 1983; ALBUQUERQUE et al., 1995; GONÇALVES et al., 2006; CARNEIRO et al., 2009; CALONEGO et al., 2012). Segundo Zotarelli et al. (2007) e Garcia e Rosolem (2010), a compactação do solo no SSD pode ser reduzida devido ao aumento do teor de matéria orgânica, pela própria densidade da matéria orgânica e pela melhoria da estruturação do solo, . Isso ocorre porque durante o processo de decomposição dos resíduos

orgânicos, os micro-organismos excretam substâncias que agregam as partículas do solo, podendo resultar em menor densidade (BAYER; MIELNICZUK, 2008). Além disso, Calonego et al. (2011) relataram que plantas de cobertura podem ser utilizadas para reduzir a compactação do solo e verificaram nos seus estudos que *Sorghum bicolor* e *Urochloa ruziziensis* foram as espécies com maior potencial para estruturar solos compactados.

Outro atributo físico importante para o desenvolvimento das plantas é o estado de agregação do solo, que compreende um conjunto de partículas primárias (areia, silte e argila) aderidos uns aos outros com mais força do que às outras partículas vizinhas (KEMPER; ROSENAU, 1986) e comportam-se como unidade estrutural de solo (MADARI, 2004). A agregação do solo é definida como o processo pelo qual agregados de diferentes formas e tamanhos se agrupam e permanecem coesos devido à ação de diferentes agentes inorgânicos e orgânicos (BRONICK; LAL, 2005).

O estado de agregação do solo é o principal fator para o crescimento da planta, afetando diretamente a infiltração de água, a biodiversidade, a dinâmica da biomassa do solo, a disponibilidade de oxigênio para as raízes e a erosão do solo (FRANZLUEBBERS et al., 2002; MADARI, 2004). Esse parâmetro é influenciado por vários fatores como a fauna do solo, os micro-organismos e as raízes, sendo que esses fatores interagem entre si (SIX et al., 2004). Dessa forma, a fauna em especial as minhocas afetam os agregados do solo devido à escavação, formação de galerias e colagem mecânica de micro e macroagregados pela excreção de substâncias agregantes (BROWN et al., 2000). Com relação aos micro-organismos do solo, as bactérias e os fungos têm importante papel na agregação por produzirem polissacarídeos e outros agentes colantes (DENEFF; SIX, 2003). As raízes dos vegetais estabilizam os agregados ao exudarem principalmente mucilagens (secreção rica em polissacarídeos) que promovem a cimentação das partículas do solo (LOSS et al., 2010). De acordo com Garcia (2010), a grande densidade de raízes produzida pelas gramíneas acarretam em melhor distribuição de exsudados no solo, que se caracterizam por ter efeito aglutinador, estruturando o solo. Também essa maior quantidade de raízes disponibiliza maior quantidade de substrato para a atividade de micro-organismos, que têm papel fundamental como agregantes do solo (BAYER; MIELNICZUK, 2008). Kluthcouski et al. (2000b) acrescentam que as forrageiras perenes, em razão de seu sistema

radicular vigoroso, proporcionam maior aglutinação de partículas minerais, formação de agregados e a melhoria das características físicas do solo.

Adicionalmente constata-se que, no SSD, a cobertura vegetal e os resíduos orgânicos funcionam como agentes de formação e estabilização dos agregados (SIX et al., 2002; CALONEGO; ROSOLEM, 2008). Isso foi confirmado em diversos trabalhos de pesquisa, em que o manejo do solo no SSD, juntamente com o aporte de resíduos vegetais na superfície do solo, somado ao contínuo crescimento radicular propiciado pelo cultivo de plantas de cobertura, proporcionou maior percentual de agregados e maior estabilidade em água, com valores superiores ao normalmente encontrado nos sistemas de manejo com revolvimento do solo (VIEIRA; MUZILLI, 1984; CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990; DERPSCH et al., 1991; RESCK et al., 1995; CAMPOS et al., 1995; ZOTARELLI, 2005; CALONEGO; ROSOLEM, 2008; GARCIA; ROSOLEM, 2010). Madari (2004) acrescenta que os latossolos se caracterizam por possuir boa estruturação e agregação do solo. Entretanto, ressalta que é importante se manejar o solo adequadamente, como no SSD, de modo a preservar a sua estrutura, evitando possíveis problemas com erosão.

Para se avaliar o estado de agregação do solo são calculados índices de agregação que caracterizam a distribuição dos diferentes tamanhos de agregados que compõem o solo. Sendo eles, diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA) (MADARI, 2004). O DMP é estimativa da quantidade relativa de solo em cada classe de agregados e é expresso em milímetros. Este índice aumenta quando aumenta a porcentagem dos maiores agregados (GARCIA, 2010). O DMG representa o tamanho mais frequente dos agregados e também é expresso em milímetros (CASTRO FILHO et al., 2002). O índice de estabilidade de agregados é medida da agregação do solo, como total, não considerando a distribuição das classes de agregados, e varia entre 0 e 100 % (CASTRO FILHO et al., 2002). Quanto maior a quantidade de agregados menores que 0,053 mm, menor será o IEA (GARCIA, 2010).

2.5. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo (MOS) é um dos principais fatores responsáveis pela estrutura, bom funcionamento e sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas (PICCOLO et al., 1996; TATE III, 1996; CHRISTENSEN, 2000; CARTER, 2001). Neste contexto, entende-se por MOS todo o carbono orgânico presente no solo na forma de resíduos frescos ou em diversos estágios de decomposição, compostos humificados e materiais carbonizados, associados ou não à fração mineral, assim como a porção viva, composta por raízes e pela micro, meso e macrofauna (ROSCOE; MACHADO, 2002).

Devido à sua complexidade estrutural, funcional e dinâmica, ainda não existe consenso sobre as metodologias de estudo da MOS (ROSCOE; MACHADO, 2002). Entretanto, há forte tendência em se adotar métodos físicos para o fracionamento da MOS (STEVENSON, 1986; ELLIOTT; CAMBARDELLA, 1991; CHRISTENSEN, 1992, 1996, 2000; GOLCHIN et al., 1994, 1997; CAMBARDELLA, 1997; COLLINS et al., 1997; FELLER; BEARE, 1997; BALESSENT et al., 2000; SOHI et al., 2001; MADARI, 2004; ZOTARELLI, 2005; GARCIA, 2010). Esses métodos são considerados menos destrutivos e mais relacionados com a função e estrutura da MOS in situ, do que os métodos químicos (CHRISTENSEN, 2000; FELLER et al., 2000).

Além disso, a técnica do fracionamento físico no estudo da MOS é uma das mais promissoras, havendo a separação de diferentes compartimentos orgânicos, cada qual respondendo, de forma distinta, às práticas de manejo (COLLINS et al., 1997). No fracionamento densimétrico ocorre o isolamento e a quantificação dos compartimentos mais lábeis da MOS, e no fracionamento granulométrico há o estudo dos compartimentos mais humificados e tipicamente mais estáveis às mudanças no ambiente do solo, provocados pelo manejo (FELLER; BEARE, 1997). Neste sentido, Sohi et al. (2001) desenvolveram procedimento que combina os dois tipos de fracionamento físico (densitométrico e granulométrico), capaz de extrair, sequencialmente, frações da matéria orgânica presentes entre (fração leve livre, FLL) e dentro de agregados (fração leve intra-agregados, FLI) e ainda as associadas à argila, silte e areia (fração pesada, FP).

A FLL é constituída por materiais orgânicos derivados principalmente de restos vegetais, mas contendo quantidades razoáveis de resíduos microbianos e da microfauna, inclusive hifas fúngicas, esporos, esqueletos, peletes fecais,

fragmentos de raízes e sementes (MOLLOY; SPEIR, 1977; SPYCHER et al., 1983; GOLCHIN et al., 1997). Em solos sob vegetação onde ocorrem queimadas periódicas (ex.: Savanas africanas ou Cerrado brasileiro), a FLL pode possuir quantidades significativas de materiais carbonizados ou parcialmente carbonizados (ex.: carvão vegetal ou fuligem) (SKJEMSTAD et al., 1996; CADISCH et al. 1997; SCHMIDT; NOACK, 2000; ROSCOE et al., 2001). A composição química da FLL é comparável àquela de materiais vegetais e da liteira (SKJEMSTAD et al., 1996; FREIXO et al., 2002), sendo dominado por carboidratos de origem vegetal, principalmente celulose, mas com relação C:N ligeiramente inferior à liteira (GOLCHIN et al., 1997). Embora ainda semelhante à liteira, essa fração já passou por consideráveis transformações, perdendo parte dos compostos de rápida decomposição, como carboidratos e proteínas (ROSCOE; MACHADO, 2002).

A FLI compreende diversificado conjunto de compostos orgânicos, incluindo resíduos de plantas, peletes fecais, grãos de pólen, pêlos radiculares e estruturas fúngicas, com tamanho reduzido e grau de decomposição mais avançado em comparação à fração leve livre (GOLCHIN et al., 1994, 1997; CHRISTENSEN, 2000). Além de se observar quantidades relevantes de materiais orgânicos não reconhecíveis (GOLCHIN et al., 1994, 1997; CHRISTENSEN, 2000). Existem, também, fortes evidências da presença de materiais carbonizados nessa fração (SCHMIDT; NOACK, 2000). A mudança em composição química da FLL para a FLI segue o mesmo padrão observado da liteira para a FLL, ou seja, considerável redução nos teores de grupos O-alquil, com preservação relativa de aromáticos e grupos alquil (BALDOCK et al., 1992; GOLCHIN et al., 1994, 1997).

A fração pesada (FP) é constituída por materiais orgânicos em avançado estágio de decomposição, não identificáveis visualmente, fortemente ligados à fração mineral, constituindo os complexos organo-minerais primários (CHRISTENSEN, 2000). Acredita-se que essa fração seja dominada por compostos orgânicos de elevada recalcitrância, como remanescentes de cutina e suberina, assim como materiais resistentes, sintetizados pela microbiota durante o processo de decomposição (BALDOCK et al., 1992). Apesar de materiais carbonizados possuírem densidades caracteristicamente baixas, alguns autores têm sugerido sua presença nesta fração (SCHMIDT; NOACK, 2000), o que seria possível caso estivessem ligados às partículas minerais, aumentando a sua densidade. Baldock et al. (1992) ressaltam, ainda, a possibilidade de significativas quantidades de

materiais recentes e pouco recalcitrantes (como polissacarídeos de origem microbiana) aderirem à superfície de argilas. A fração pesada concentra a maior parte do carbono orgânico do solo, sendo responsável, na maioria das vezes, por mais de 90% do carbono total (CHRISTENSEN 1992, 1996, 2000; ROSCOE et al., 2001; ROSCOE, 2002).

Por ser mais sensível às práticas de manejo do solo, a determinação das frações leves da matéria orgânica é importante na avaliação da qualidade do sistema de manejo em curto prazo (RANGEL; SILVA, 2007). Em estudos de Maia et al. (2007), que avaliaram quatro sistemas agroflorestais em SSD e o preparo convencional do solo, os autores relataram que as principais alteração na fração leve livre da matéria orgânica ocorreu na camada superficial, com incrementos significativos no manejo sem revolvimento do solo. Garcia (2010) também relatou que o fracionamento da matéria orgânica possibilitou avaliar as alterações ocorridas no solo após o cultivo de plantas de cobertura em curto espaço de tempo (1 a 2 anos agrícolas).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, localizada no município de Santo Antônio de Goiás, GO (16° 27' de latitude, 49° 17' de longitude e 823 m de altitude). O clima é classificado como Aw, tropical de savana, mesotérmico, segundo a classificação de Koppen. Durante a condução do experimento a precipitação pluvial e as temperaturas médias do ar foram monitoradas (Figura 1). O solo é classificado como Latossolo Vermelho ácrico, de textura argilosa (EMBRAPA, 1999), com relevo suavemente ondulado. Antes da instalação do experimento, realizou-se a caracterização química, granulométrica e densidade do solo nas profundidades: 0-5, 5-10 e 10-20 cm (Tabelas 1 e 2), segundo a metodologia proposta no manual de métodos da Embrapa (CLAESSEN, 1997).

O experimento foi instalado em área que era utilizada para produção de grãos e estava há seis anos em SSD com as seguintes rotações: 2001/02 milho verão –

pousio inverno, 2002/03 soja verão – pousio inverno, 2003/04 milho verão – pousio inverno, 2004/05 soja verão – pousio inverno e 2005/06 milho verão – pousio inverno.

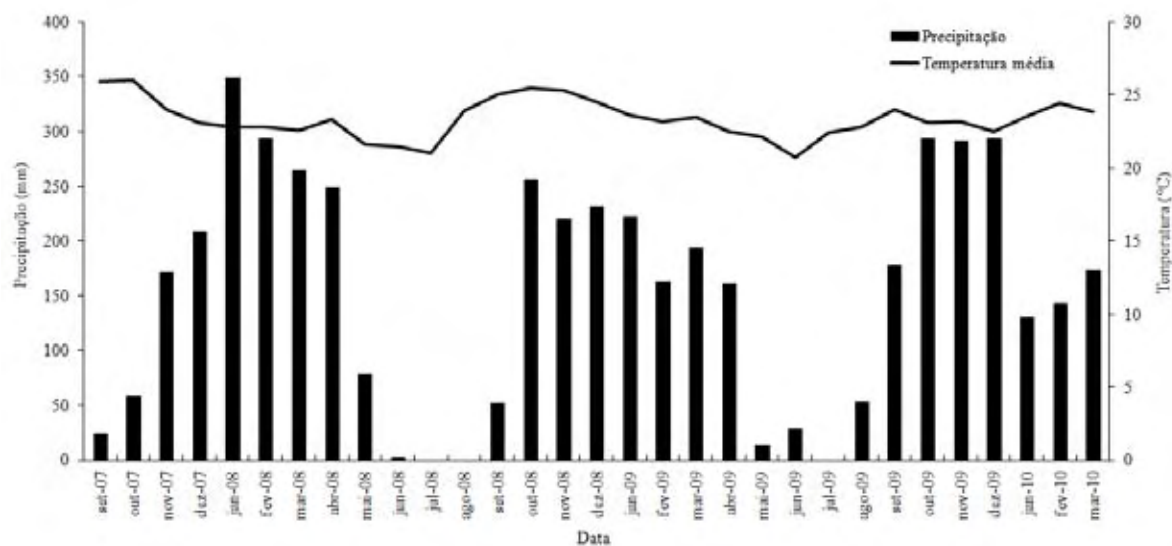


Figura 1. Precipitação e temperatura média mensal durante a condução do experimento. 2007/08, 2008/09 e 2009/10.

Tabela 1. Atributos químicos do solo antes da instalação do experimento. 2007/08.

Prof.	pH	Ca	Mg	Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O.	
(cm)	Águacmol _c dm ⁻³mg dm ⁻³						g dm ⁻³
0 – 5	6,4	2,5	0,8	0,0	13,8	97,0	1,9	5,1	27,6	18,1	20,4	
5 – 10	6,2	1,9	0,6	0,0	26,1	95,8	2,0	5,1	28,6	15,8	18,6	
10 – 20	6,2	1,9	0,5	0,0	9,7	91,0	2,0	4,6	26,6	14,9	16,4	

Tabela 2. Granulometria e densidade do solo antes da instalação do experimento. 2007/08.

Profundidade	Argila	Silte	Areia	Classe Textural	Densidade do solo
Cm	Granulometria (g kg ⁻¹)				kg dm ⁻³
0 – 5	531	119	350		1,38
5 – 10	538	115	347	Argiloso	1,38
10 – 20	552	103	345		1,27

3.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 4, arranjado em parcelas subdivididas, com três repetições em dois anos agrícolas. Os tratamentos foram constituídos por cinco coberturas vegetais [1 – pousio (vegetação espontânea), 2 – *Panicum maximum* Jacq. cv. Colômbio, 3 – *Urochloa ruziziensis* (R. Germ. and C.M. Evrard) Crins, 4 – *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster cv. Marandu e 5 – *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. cv. BN-2] e quatro épocas de dessecação (30, 20, 10 e 0 dias antes da semeadura do arroz). As dimensões das parcelas (coberturas vegetais) foram de 6 m de largura e 40 m de comprimento, perfazendo 240 m², e das subparcelas (épocas de dessecação) de 6 m de largura e 10 m de comprimento, perfazendo 60 m². Havia uma distância de um metro separando as unidades experimentais.

3.3. Instalação e condução do experimento

Com exceção do tratamento pousio, a *B. brizantha*, *B. ruziziensis* e *P. maximum* foram semeadas, respectivamente nos dois anos, em 27/11/2007 e 23/03/2009, e o milheto em 14/03/2008 e 23/03/2009. A semeadura das forrageiras perenes constou da distribuição de 10 kg ha⁻¹ de sementes (VC = 30%), no milheto utilizou-se 20 kg ha⁻¹ de sementes (germinação = 85%). O espaçamento utilizado foi de 0,20m e a profundidade de 2 cm.

Em ambos os anos as espécies que predominaram no tratamento pousio (vegetação espontânea) foram: picão-preto (*Bidens pilosa*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), bulva (*Conyza bonariensis*) e capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*).

Em 30/09/2008 e 17/09/2009, no início do período chuvoso, realizou-se roçagem total da área. Em 22/10/2008 e 14/10/2009, ou seja, 30 dias antes da data prevista para a semeadura do arroz, iniciou-se as dessecações, utilizando o herbicida glifosato na dose de 1,8 kg ha⁻¹ de equivalente ácido e volume de calda de 200 L ha⁻¹.

O arroz foi semeado nos dias 21/11/2008 e 13/11/2009, utilizando-se a cultivar BRS Sertaneja no espaçamento de 0,35 m com 80 sementes por metro. Utilizou-

se uma semeadora modelo Personale-DRILL-13 da empresa Semeato, equipada com discos de corte de palha com 16" de diâmetro e com discos sulcadores defasados (13" e 14" de diâmetro) para as sementes. As sementes foram tratadas com o inseticida/ fungicida fipronil + metil tiofanato + piraclostrobina, utilizando-se 100 g i.a. 100 kg sementes⁻¹.

A adubação constou de 400 kg ha⁻¹ da fórmula 04-30-16, na semeadura, 44 kg ha⁻¹ de N (ureia), um dia após, e, essa mesma quantidade (44 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia), em cobertura, aos 45 dias após a emergência do arroz, sendo ambas realizadas na entrelinha da cultura mediante distribuidora de fertilizantes dotada de disco de corte de palha para incorporação.

Aos três dias após a semeadura do arroz foi realizada a aplicação dos herbicidas Paraquat, 200 g i.a. L⁻¹ na dose de 1,5 L ha⁻¹ com pendimetalina, 500 g i.a. L⁻¹ na dose de 3,0 L ha⁻¹. Aos 20 dias após a semeadura foi feita a aplicação do herbicida bentazone, 600 g i.a. L⁻¹ na dose de 2,0 L ha⁻¹. Aos 50 e 57 dias após a semeadura do arroz (emborrachamento) foi feita a aplicação do fungicida Triciclazol, 750 g i.a. kg⁻¹ na dose de 200 g ha⁻¹. As pulverizações foram feitas com pulverizador de barras com volume de calda de 200 L ha⁻¹, munido com bicos tipo leque, modelo 110-04, marca Tej-Jet, espaçados em 0,5 m, com pressão de trabalho de 50 lbf cm⁻². Todas as aplicações de defensivos foram realizadas com o mesmo pulverizador. Os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações para a cultura (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2003).

3.4. Obtenção de dados

3.4.1. Quantidade de matéria seca das plantas de cobertura na superfície do solo

Foi determinada no dia da semeadura do arroz a quantidade de matéria seca das plantas de cobertura na superfície do solo. Assim, foram realizadas amostragens utilizando-se quadrado metálico vazado de 1,0 m x 1,0 m (1,0 m²) jogado ao acaso em cada unidade experimental. O material vegetal foi coletado rente ao solo, colocado em sacos de papel e seco em estufa com ventilação forçada a 65°C até obter massa constante. Em seguida, o material foi pesado para se obter a massa de matéria seca, os valores foram extrapolados para megagrama por hectare.

3.4.2. Taxa de degradação das palhas e liberação de N

Essa avaliação foi realizada somente nas unidades experimentais dessecadas no dia da semeadura do arroz. Assim, realizou-se amostragens aos 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias em relação à semeadura do arroz. O material foi amostrado e pesado como descrito no item 3.4.1. Em seguida o material vegetal foi moído em moinho tipo Willey (2 mm de malha) e retirou-se uma subamostra de 200 mg em que se determinou os teores de nitrogênio, via combustão seca utilizando analisador elementar CHNS/O, no Centro de Análise Agroambiental da Embrapa Arroz e Feijão.

A decomposição da cobertura do solo e a liberação de N pelas palhas de cobertura foram ajustadas ao modelo matemático exponencial (THOMAS; ASAKAWA, 1993), de acordo com a equação 1.

$$y = y_0 \cdot \exp^{-k \cdot t}, \quad \text{equação (1)}$$

Onde y é a quantidade do resíduo existente no tempo t , e y_0 é a quantidade inicial do resíduo. Assim calculou-se k que é a constante de decomposição do resíduo.

A quantidade acumulada de nitrogênio foi determinada pelo produto da quantidade de matéria seca e os teores desse nutriente no resíduo vegetal. A partir desses valores, determinou-se a taxa de liberação de nitrogênio das palhas avaliadas.

3.4.3. Agregados do solo

As amostragens do solo foram realizadas após a colheita da segunda safra de arroz (04/2010) nas subparcelas dessecadas 30 dias antes da semeadura do arroz, em três camadas do solo (0-5, 5-10 e 10-20 cm). Para isso foi aberta uma trincheira por unidade experimental em local representativo, escolhido de maneira aleatória. Assim, no perfil exposto pela trincheira foram retirados, com auxílio de espátula, torrões de solo com dimensões aproximadas de 5 cm de altura por 15 cm de comprimento e 10 cm de largura em cada profundidade. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas e

encaminhada para o Centro de Análises Agroambientais da Embrapa Arroz e Feijão. As amostras foram peneiradas em malha 19 mm, conforme metodologia de Madari (2004).

Assim, para separar os agregados estáveis em água por tamanho (somente dos materiais que passaram pela peneira de 19 mm), procedeu-se da seguinte forma: a. Pesou-se 6 béqueres de 100 ml em balança analítica (precisão: 0,01 g); b. Encheu-se os cilindros do aparelho de oscilação vertical; c. Colocou-se papel de filtro na primeira peneira (8 mm); d. Ajustou-se o nível da água para que o papel de filtro entrasse em contato com a superfície da água; e. Pesou-se e colocou-se 50 g representativo do solo sobre o papel de filtro; f. Deixou-se o solo sobre o papel de filtro durante 5 minutos para que o solo pudesse absorver água pela força de capilaridade e em seguida retirou-se, cuidadosamente, o papel de filtro com a ajuda de pinça; g. Executou-se tamisação durante 15 minutos; a oscilação vertical do aparelho foi de 35 mm e o número de repetição de uma fase foi de 30 por minuto; h. Tirou-se, cuidadosamente, a série de peneiras da água e a levou a pia com água corrente; i. Transferiu-se, com a ajuda de corrente lenta de água, os agregados de cada peneira para béquer separadamente para cada classe de agregados; j. Colocou-se os béqueres com os agregados numa estufa com ar forçado para secar a 105 °C; a secagem continuou até uniformidade de massa; l. Transferiu-se os béqueres com os agregados num dessecador a vácuo e os deixou resfriar à temperatura de ambiente (25 °C); m. Pesou-se os béqueres com os agregados na balança analítica (precisão: 0,01 g).

Cada conjunto foi composto por 8 peneiras com as seguintes malhas: 8,0, 4,0, 2,0, 1,0, 0,5, 0,25, 0,125 e 0,053 mm. Os dados foram utilizados para avaliar o estado de agregação do solo. Para isso, foram calculados índices de agregação que caracterizam a distribuição dos diferentes tamanhos de agregados que compõem o solo: diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA) (MADARI, 2004). Assim para o cálculo do DMP e DMG usou-se metodologia proposta por Kelper e Rose nau (1986). O IEA do solo foi calculado com o uso da fórmula proposta por Castro Filho et al. (2002).

3.4.4. Densidade do solo

Para determinar a densidade do solo foram coletadas amostras indeformadas de solo em cada unidade experimental, por meio de anéis volumétricos de inox com 5,0 cm de altura por 4,8 cm de diâmetro interno, nas camadas de 2,5-7,5 (centro da camada 0-10 cm) e 12,5-17,5 (centro da camada de 10-20 cm). Utilizou-se um suporte de aço para os anéis (“castelinho”) e marreta de 1 kg. As amostras foram retiradas após a colheita do arroz na segunda safra (abril/ 2010). Foram abertas trincheiras com dimensões aproximadas de 40 cm de largura por 60 cm de comprimento e 60 cm de profundidade. Após a coleta das amostras, ainda no campo, foi retirado o excesso de solo dos bordos dos anéis, com o auxílio de um estilete. Em seguida, os anéis volumétricos foram vedados com tampas plásticas para evitar possíveis danos e deformações, e enviadas para o laboratório. As amostras foram secas em estufa a 105°C até massa constante, pesadas e o valor obtido foi dividido pelo volume do anel volumétrico para o cálculo da densidade, e os resultados apresentados em Mg m^{-3} .

3.4.5. Teores de nitrato e amônio no solo

As amostragens de solo foram efetuadas com trado calador na camada de 0-10 cm, no dia da semeadura do arroz e em mais cinco datas: aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após essa semeadura (Figura 2) somente na segunda safra (2009/10). Assim, foram coletadas oito subamostras para cada amostra composta em cada subparcela. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em caixa de isopor com gelo, para serem levadas ao Centro de Análise Agroambiental da Embrapa Arroz e Feijão. Por ocasião da análise do N mineral (realizada no mesmo dia da coleta) as amostras foram homogeneizadas manualmente retirando-se alíquota de 20 gramas do solo e misturada a 60 ml de solução extratora $\text{KCl } 2 \text{ mol L}^{-1}$. (BREMNER, 1965). Após agitação por uma hora e a decantação do material sólido, o sobrenadante foi filtrado com uso de papel de filtro. Esse sobrenadante foi utilizado para a quantificação dos teores de nitrato e amônio.

Para isso, realizou-se método proposto por Griess (1879), em que se quantificou indiretamente o nitrato, ou seja, sob a forma do íon nitrito, após reação com sulfanilamida e *n*- α - naftiletilenodiamina. O amônio foi determinado de acordo com metodologia de Berthelot (1859). Ambas as determinações foram realizadas por

espectrofotometria acoplada ao sistema FIA (“Flow Injection Analysis”) seguindo metodologia proposta por Gine et al. (1980). Como informação adicional foi avaliado o pH do solo coletado, utilizando-se o pHmetro.

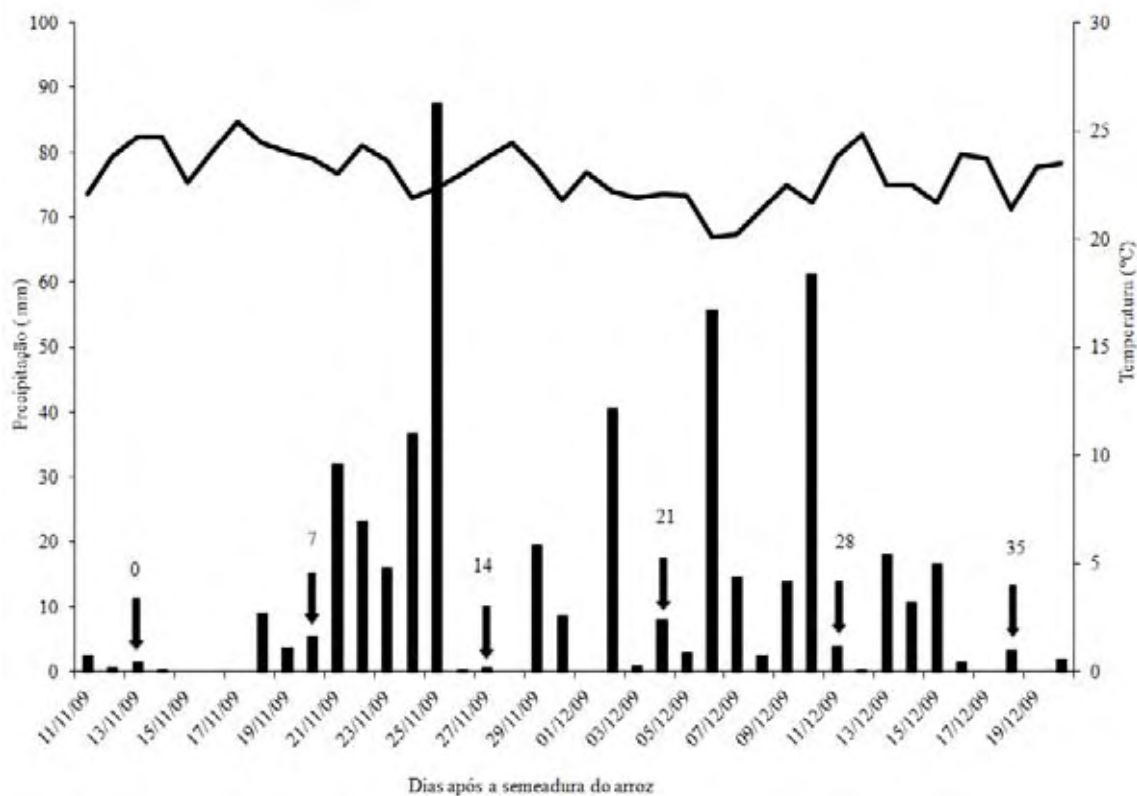


Figura 2. Época da amostragem do solo para avaliação de amônio e nitrato. Barras indicam a quantidade de chuva precipitada no dia, setas indicam o dia de amostragem e os números acima das setas indicam os dias após a semeadura do arroz. 2009/10. Barras indicam precipitação e linha representa temperatura.

3.4.6. Carbono orgânico total, nitrogênio total e relação C/N presente no solo

Essas variáveis foram determinadas após a colheita da segunda safra de arroz (04/2010) nas subparcelas dessecadas 30 dias antes da semeadura. Assim, utilizou-se de trato calador, amostrando nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Cada amostra foi composta por oito subamostras coletadas em cada subparcela nas referidas profundidades. Essas amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solos e Água da

Universidade da Flórida, no Tropical Research and Education Center em Homestead, FL, EUA. No laboratório, as amostras foram secas ao ar, passadas em peneiras de malha 2 mm e retiradas alíquota de 200 mg. A avaliação dos teores de C e N total foi feita pelo método de combustão a seco, em analisador elementar CHNS/O.

3.4.7. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo

Para essa avaliação, realizou-se amostragem do solo após a colheita da segunda safra de arroz (04/2010) nas subparcelas desseccadas 30 dias antes da semeadura do cereal, com o auxílio de trato calador, em três camadas do solo (0-5, 5-10 e 10-20 cm). Cada amostra foi composta por oito subamostras coletadas em cada subparcela. Estas amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solos e Água da Universidade da Flórida, no Tropical Research and Education Center, em Homestead, FL, USA.

No laboratório, as amostras de solo foram passadas em peneiras de malha 2 mm, e colocadas para secar ao ar. Para a realização dessas análises seguiu-se procedimento recomendado por Sohi et al. (2001). Assim, do solo peneirado, retirou-se amostra representativa de 5 g e misturou-se com 30 ml de iodeto de sódio na densidade de $1,8 \text{ g cm}^{-3}$, depois se agitou manualmente por 30 segundos, separou-se a fase sólida (solo) e líquida (NaI) por 30 minutos em centrífuga. Em seguida foi realizado a filtração a vácuo em filtro de fibra de vidro ($1.6 \mu\text{m}$) do sobrenadante. O material retido no filtro era a fração leve livre da matéria orgânica do solo. Em seguida com a mesma amostra, utilizou-se a fase sólida e adicionou-se novamente 30 ml de iodeto de sódio e fez-se a quebra de macro e microagregados pela agitação mecânica, com o uso do aparelho vortex durante 15 minutos. Depois, novamente fez-se a centrifugação por 30 minutos e a filtração do decantado para obtenção da fração leve intra-agregados que ficou retida no filtro. O solo restante continha a fração pesada da matéria orgânica ou seja aquela aderida aos minerais do solo.

Foi feita a avaliação dos teores de C e N nas frações físicas da matéria orgânica. Dessa forma, utilizando-se o analisador elementar, fez-se a determinação dos teores de C e N no solo inteiro e no solo sem as frações leves (solo com a fração pesada

da matéria orgânica) e por diferença (C ou N do solo inteiro – C ou N do solo com a fração pesada), calculou-se os valores de C e N das frações leves.

3.4.8. Estande inicial, acúmulo de matéria seca e teor de ácido chiquímico em plântulas de arroz

Foi feita a contagem do número de plântulas em um metro de linha em local pré-determinado na área útil de cada unidade experimental aos sete dias após a emergência da cultura, determinando-se o estande. Essas plântulas foram cortadas rente ao solo e colocadas para secar em estufa de ventilação forçada a 65°C até massa constante e depois pesadas para o cálculo do acúmulo de matéria seca. Em seguida foram moídas em moinho tipo Willey (2 mm de malha) e enviadas para o Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia, da Faculdade de Ciências Agrônômicas, da Unesp, câmpus Botucatu, SP, para avaliação do ácido chiquímico.

Para essa avaliação utilizou-se o método proposto por Matallo et al. (2009). Assim, foi utilizada alíquota de 400 mg de cada amostra e adicionada 10 mL de água a pH 7,0 em béquer de vidro de 50 mL de capacidade sendo posteriormente colocados individualmente no centro do disco de forno micro-ondas durante 20 segundos na potência de 100 W a temperatura média de 49,8 °C ($\pm 2,8$ °C). Após o esfriamento, a amostra foi filtrada em filtro de papel Watmann nº 1. O extrato foi analisado em cromatógrafo Shimadzu LC 2010 (HPLC).

3.4.9. Componentes da produção e produtividade de grãos

Foram coletados após a maturação fisiológica da cultura.

a) **Número de panículas m⁻²**: Foi obtido contando-se as panículas contidas nas duas linhas centrais de cinco metros em cada subparcela, desprezando-se 0,50 m de cada lado. A partir desse resultado foi calculado o número de panículas por metro quadrado.

b) **Número de espiguetas panícula⁻¹**: Foi obtido contando-se as espiguetas contidas em 10 panículas por subparcela e efetuada a contagem e o cálculo da média do número de espiguetas panículas⁻¹.

c) **Fertilidade das espiguetas**: Foi determinada pela relação entre o número de espiguetas granadas com o número total de espiguetas por panícula x 100. Considerou-se a média de 10 panículas por subparcela.

d) **Massa de 1000 grãos**: Foi obtida pesando-se quatro amostras de 1000 grãos por unidade experimental (130 g kg⁻¹ base úmida).

e) **Produtividade de grãos**: Foi obtida mediante a colheita do arroz após a maturação fisiológica, manualmente em duas linhas centrais de cinco metros em cada subparcela, desprezando-se 0,50 m de cada lado da unidade experimental. As plantas foram trilhadas e os grãos secos. Os grãos foram pesados e os dados transformados para kg ha⁻¹ (130 g kg⁻¹ base úmida).

3.5. Análise estatística

Para os dados de agregados e densidade do solo, quantidade de material vegetal na superfície do solo no dia da semeadura e meia-vida, realizou-se a análise de variância, sendo que a comparação das médias dos tratamentos foi realizada pelo teste LSD ($p \leq 0,05$). Com relação aos agregados, para efeito de avaliação, os resultados foram divididos em três classes de tamanho <2 mm, 2-8 mm e > 8 mm. Foi realizada análise de correlação de Pearson ($p \leq 0,05$) entre a densidade do solo e os teores de carbono e nitrogênio do solo.

Para os dados de degradação da palha e liberação de nitrogênio, teores de amônio e nitrato no solo e pH realizou-se análise de variância e de regressão polinomial ($p \leq 0,05$) ajustando-se equações matemáticas para o fator dias após a semeadura do arroz. Para os dados de teores de amônio e nitrato no solo, pH, estande, teores de ácido chiquímico, componentes de produção e produtividade de grãos realizou-se análise de variância e de regressão polinomial ($p \leq 0,05$) ajustando-se equações matemáticas para o fator épocas de dessecação das plantas de cobertura. Para o fator plantas de cobertura fez-se o teste comparativo LSD ($p \leq 0,05$). Foi feita a análise de correlação de Pearson ($p \leq 0,05$)

entre os componentes de produção e a produtividade de grãos com o número de dias entre a aplicação do herbicida e a semeadura do arroz e com a quantidade de palha na superfície do solo no dia da semeadura do arroz. Em todas as análises estatísticas utilizou-se o pacote estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1999).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Quantidade de matéria seca das plantas de cobertura no dia da semeadura do arroz

A época de dessecação afetou significativamente a quantidade de matéria seca das plantas de cobertura na superfície do solo no dia da semeadura do arroz (Tabela 3). Dessa forma, se obteve ajuste para todas as plantas de cobertura a equações lineares (Figura 3). Assim, constatou-se que as dessecações mais próximas do dia da semeadura do arroz proporcionaram maior quantidade de matéria seca na superfície do solo. Isso ocorreu por que plantas dessecadas 30 dias antes da semeadura paralisaram seu crescimento e possivelmente já iniciaram o processo de degradação da palha, o que pode ter causado, inclusive, redução do acúmulo de matéria seca, constatado no dia da semeadura do arroz. Por outro lado, as plantas dessecadas aos 20, 10 e no dia da semeadura do arroz tiveram mais tempo para se desenvolverem e acumularem matéria seca, e somente após a dessecação iniciaram a degradação de sua palha.

O milheto proporcionou as menores quantidades de matéria seca na superfície do solo, no dia da semeadura do arroz, em todas as épocas avaliadas, com valores

similares ao das plantas que compuseram o pousio, diferindo das demais plantas de cobertura (Tabela 3 e Figura 3). Essa menor quantidade de matéria seca na superfície do solo no dia da semeadura do arroz ocorreu por que o milho é planta anual e, dessa forma, após o final do ciclo vital ocorreu a liberação de sementes para o solo (julho). Assim, com o início do período chuvoso subsequente (set/out), essas sementes germinaram e ocorreu o reestabelecimento de plantas que se desenvolveram, sendo dessecadas de acordo com o planejado.

Tabela 3. Quantidade de matéria seca na superfície do solo, determinada no dia da semeadura do arroz, em função da safra, das plantas de cobertura e da época de aplicação do glifosato. 2008/09 e 2009/10.

Plantas de Cobertura	Época de aplicação do glifosato em relação à semeadura do arroz							
	-30 dias		-20 dias		-10 dias		0 dias	
	08/09	09/10	08/09	09/10	08/09	09/10	08/09	09/10
	Mg ha ⁻¹							
Pousio	4,4 b	2,2 b	5,0 bc	4,2 bc	7,6 b	5,2 c	9,5 b	5,3 c
<i>Panicum maximum</i>	9,0 a	5,8 a	10,7 a	5,9 b	13,6 a	7,2 b	14,9 a	8,3 b
<i>Urochloa ruziziensis</i>	7,2 a	5,4 a	8,5 b	7,1 a	11,3 a	8,3 b	12,3 a	9,9 ab
<i>Urochloa brizantha</i>	8,9 a	6,1 a	9,2 ab	8,6 a	12,3 a	10,3 a	13,2 a	11,4 a
Milheto	3,3 b	1,3 b	4,4 c	3,4 c	3,7 c	4,7 c	4,8 c	5,4 c
Fatores	ANAVA (probabilidade do teste F)							
Plantas de cobertura (C)	< 0,001							
Ano (A)	0,0434							
Época de dessecação (E)	<0,001							
C x A	0,1159							
C x E	<0,001							
A x E	0,3278							
C x A x E	0,5429							

*Mesma letra minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ($p \leq 0,05$).

Portanto, as plantas tiveram menos tempo para acumular biomassa em relação ao pousio e às espécies perenes. O milho quando semeado entre outubro e novembro pode acumular até 15 Mg ha⁻¹ de matéria seca, entretanto se cultivado na safrinha, limita-se à cerca de 5 Mg ha⁻¹ (SALTON; KICHEL, 1998; BOER et al., 2007; PACHECO et al., 2011a, 2011b). Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Torres et al. (2005) e Pacheco et al. (2011a), que obtiveram para o milho na região do Cerrado 3,6 e 4,1 Mg ha⁻¹ de matéria seca, respectivamente. Além disso, o milho é extremamente sensível à aplicação do glifosato. Após a dessecação, em 7 dias constata-se

70% das plantas já completamente secas (MONQUERO et al., 2010). Assim, nas dessecações realizadas aos 30, 20 e 10 dias é provável que tenha havido maior acúmulo de matéria seca do que o constatado no dia da semeadura do arroz, pois a degradação do resíduo é antecipada. Com base nos resultados é possível inferir que para se obter maior quantidade de palha na superfície do solo no dia da semeadura do arroz, a dessecação do milho deve ser realizada mais próxima desse dia, uma vez que essa planta é muito sensível ao glifosato, iniciando rapidamente, após a dessecação, a degradação da palha, sem prejuízo da produtividade do arroz.

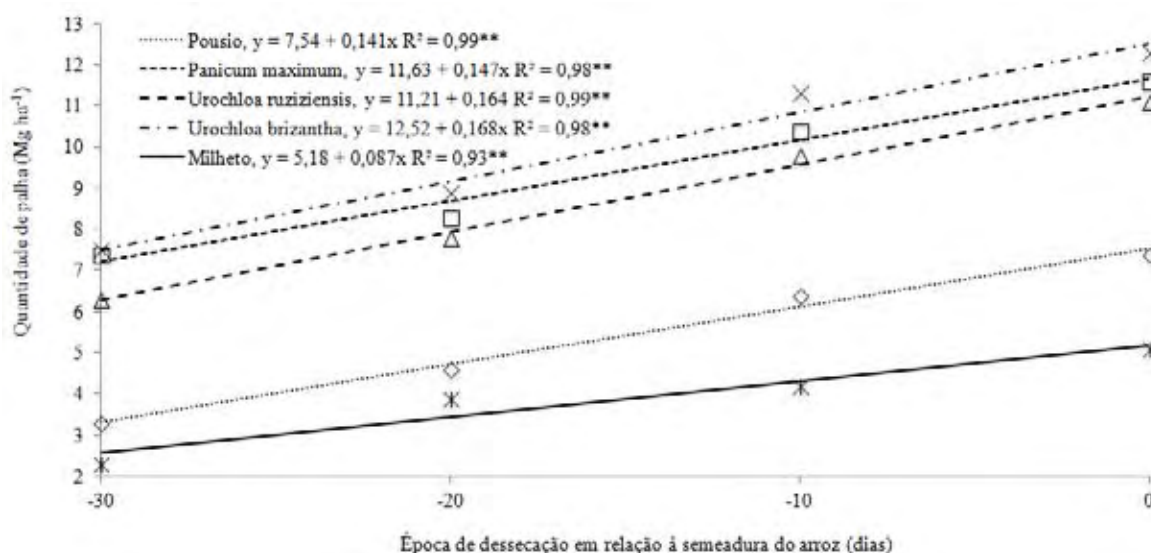


Figura 3. Quantidade de matéria seca das plantas das coberturas no dia da semeadura do arroz, em função da época de dessecação em relação à semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.

Com relação às plantas daninhas, na área em pousio, verificou-se quantidade de matéria seca na superfície do solo, no dia da semeadura do arroz, variando de 3,3 a 7,4 Mg ha⁻¹ (Figura 3). Plantas daninhas possuem características de rápido crescimento e acúmulo de matéria seca, grande eficiência na extração de água e nutrientes do solo, além de possuírem maior adaptabilidade às condições adversas, como estratégia de sobrevivência (PITELLI, 1985; COBUCCI, 2001; NASCENTE et al., 2004). No entanto, apesar das plantas daninhas acumularem matéria seca que poderia ser utilizada como palha no SSD, elas possuem crescimento desuniforme e mal distribuído no solo, devido à composição variada de espécies. Além disso, se não forem adequadamente controladas,

podem competir por água, luz e nutrientes causando redução na produtividade de grãos das culturas, servir de hospedeiras de pragas e doenças, dificultar as operações de colheita e caso completem o ciclo, reinfestar a área (NASCENTE et al., 2004), não sendo, portanto, prática recomendada o uso do pousio para a formação de palha no SSD. Segundo Balbinot Júnior (2009), nos solos sob pousio ocorre incremento na infestação de plantas daninhas e a utilização de plantas de cobertura reduz significativamente essa incidência. De acordo com Favero et al. (2000), tratamentos com apenas plantas espontâneas produziram menos biomassa seca e acumularam menos nutrientes do que os tratamentos com leguminosas.

Com relação às forrageiras perenes, *Panicum maximum*, *Urochloa ruziziensis* e *Urochloa brizantha*, constatou-se que não houve diferenças entre elas para a quantidade de matéria seca na superfície do solo no dia da semeadura do arroz, nas quatro épocas de dessecação (Tabela 3 e Figura 3). Além disso, verificou-se que essas plantas demoram mais a serem desseçadas pelo glifosato, corroborando o relato de Monquero et al. (2010) de que após 14 dias da aplicação do herbicida, em média, somente 65% das plantas estavam completamente secas. No presente trabalho, mesmo dessecações mais distantes da semeadura do arroz proporcionaram quantidades significativas de matéria seca, com valores superiores a 6 Mg ha^{-1} nas dessecações realizadas aos 30 dias.

Segundo Lopes et al. (1987), é necessário de 6 a 7 Mg ha^{-1} de matéria seca para cobrir 100% do solo. Além disso, essas forrageiras possuem hábito perene, dessa forma já possuíam sistema radicular estabelecido no início do período chuvoso subsequente. Assim, após o início das chuvas de verão em setembro, elas rapidamente retomaram o crescimento e constatou-se quantidades significativas de fitomassa seca na superfície do solo no dia da semeadura do arroz em todas as épocas de dessecação, alcançando valores superiores a 11 Mg ha^{-1} (Tabela 3 e Figura 3). Corroborando essas informações, em diversos trabalhos descreve-se que essas espécies são conhecidas por produzirem grande quantidade de biomassa, terem tolerância ao déficit hídrico e boa capacidade de rebrota após o reinício das chuvas (PORTES et al., 2000; TIMOSSI et al., 2007; PACHECO, 2009; NASCENTE; CRUSCIOL, 2012). Nesse sentido, essas espécies possuem importantes características que as credenciam para serem utilizadas na formação e acúmulo de palha para as culturas anuais no SSD.

De maneira geral as plantas de cobertura se desenvolveram mais na safra 2008/09 do que na safra 2009/10 (Tabela 3). Esse maior acúmulo de matéria seca observado em 2008/09, provavelmente ocorreu porque na primeira safra, com exceção do milho, as plantas de cobertura foram implantadas no início do período chuvoso (novembro de 2007). Enquanto que, na segunda safra, a semeadura das plantas de cobertura ocorreu em março de 2009, após a colheita do arroz, ou seja, no primeiro ano, as plantas de cobertura se desenvolveram por período superior ao do segundo ano. No entanto, vale ressaltar que nas duas safras, mesmo atravessando todo o período seco, após o início do período chuvoso subsequente, as plantas de cobertura acumularam quantidade de matéria seca para proporcionar palha uniforme e bem distribuída na superfície do solo, suficiente para a condução do SSD. A exceção ocorreu no tratamento pousio, que produz matéria seca desuniforme e mal distribuída. Dessa forma, a presença de matéria seca na superfície do solo na época da semeadura da cultura granífera é importante, uma vez que na região do Cerrado o inverno é seco e a temperatura é relativamente alta, compreendendo normalmente o período entre os meses de abril e setembro, fato que dificulta o estabelecimento de culturas (PACHECO et al., 2011a, 2011b). Assim, as plantas de cobertura utilizadas nessa região precisam ter alta capacidade de produção de fitomassa para manter o solo coberto durante a maior parte do ano e alta capacidade de rebrota no início do período chuvoso antecedendo a semeadura das culturas agrícolas (CRUSCIOL et al., 2005, 2010; TORRES et al., 2005; CARPIM et al., 2008).

4.2. Degradação das palhas e taxa de liberação de N

Avaliando-se a degradação das palhas das plantas de cobertura no dia da semeadura do arroz, constatou-se que o milho e as espécies da área em pousio foram mais rapidamente degradados (Figura 4). Com esses resultados verifica-se que o milho tem velocidade de degradação maior que as demais espécies, o que pode ser explicado pela menor relação C/N desse material (Figura 5). Essa característica de maior velocidade de degradação da palha pode significar maior rapidez em liberar seus nutrientes para o solo, o que pode se traduzir em benefícios para a cultura em sucessão (FERREIRA et al., 2010). Oliveira et al. (2002b), trabalhando com diferentes culturas de cobertura, relataram que o

milheto está entre aquelas com maior acúmulo e rapidez na liberação de nutrientes a serem disponibilizados para as culturas em sucessão. No entanto, degradação mais rápida indica menor período de tempo da palha na superfície do solo e menor proteção contra erosão e menor conservação de água.

Em relação ao pousio, também se observou rápida taxa de degradação, o que indica menor persistência da palha na superfície do solo, mas pode trazer benefícios ao sistema de produção pela mais rápida ciclagem de nutrientes. As espécies espontâneas, apesar de serem consideradas plantas daninhas e causarem prejuízos às culturas agrícolas, podem promover os mesmos efeitos de cobertura do solo, produção de biomassa e ciclagem de nutrientes que as espécies introduzidas ou cultivadas para adubação verde (FAVERO et al., 2000). Estes autores relataram que as plantas espontâneas (*Portulaca oleracea*, *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa*, *Commelina benghalensis* e *Melanpodium perfoliatum*) se destacaram no acúmulo e ciclagem de nutrientes e tiveram maiores teores de potássio, magnésio e fósforo do que as leguminosas feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), feijão-bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), lab-lab (*Dolichos lablab*) e guandu (*Cajanus cajan*).

Com relação às forrageiras perenes, as palhas foram degradadas mais lentamente (Figura 4). Crusciol et al. (2010), trabalhando com milheto, *Urochloa brizantha* e *Panicum maximum*, também observaram que a persistência das palhas das forrageiras perenes foram superiores à do milheto. Essa maior longevidade da palha na superfície do solo é importante característica visando a maior conservação da umidade, redução da oscilações de temperatura do solo, maior atividade biológica e proteção do impacto das gotas de chuva (DABNEY et al., 2001; PACHECO et al., 2011b).

Com relação à quantidade acumulada de N nas palhas de cobertura, os dados, em todos os tratamentos, foram ajustados à equações exponenciais (Figura 6). Dessa forma, no dia da semeadura do arroz constatou-se valores de 194, 186, 167, 92 e 84 kg ha⁻¹ de N para as coberturas *U. ruziziensis*, *P. maximum*, *U. brizantha*, pousio e milheto, respectivamente. Na taxa de N remanescente na palha, também se ajustou os dados a equações exponenciais e verificou-se maior taxa de liberação do milheto e menor na *U. ruziziensis* (Figura 7).

Assim, vale ressaltar que as palhas de *Urochloa brizantha*, *Urochloa ruziziensis* e *Panicum maximum*, além das maiores quantidades de biomassa e menor taxa de degradação, também acumularam mais de 150 kg de N ha⁻¹ no dia da semeadura do arroz (Figura 6). Kluthcouski et al. (2000b) relataram que forrageiras perenes são importantes fontes de N. Essas plantas de cobertura conciliam maior período cobrindo o solo e ciclagem de nutrientes. Entretanto, essa liberação de nutrientes ocorre mais tardiamente, como observado na meia vida do nitrogênio. Por outro lado, o milheto, apesar de ter acumulado menos de 100 kg ha⁻¹ de N, destacou-se pela rápida liberação do nutriente. Da mesma forma, em diversos trabalhos de pesquisa foi relatada a rápida liberação de N pela palha de milheto (BOER et al., 2007; TORRES et al., 2008; TORRES; PEREIRA, 2008; CRUSCIOL et al., 2010; PACHECO et al., 2011a). Essa planta de cobertura, aos 35 dias após a semeadura do arroz, já tinha liberado mais de 70% de N, enquanto que o *P. maximum* tinham liberado cerca de 58% e *U. brizantha* por volta de 45% de N (Figura 7). Crusciol et al. (2010) também relataram que *Urochloa brizantha*, milheto e *P. maximum* liberaram 57%, 78% e 52% de N, respectivamente, ao solo 68 dias após o manejo químico.

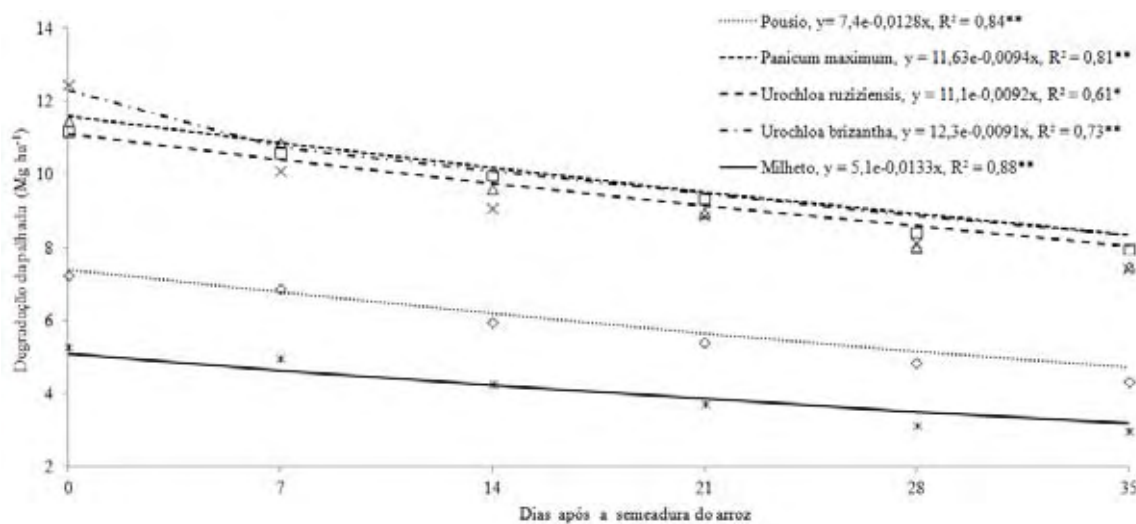


Figura 4. Degradação da palha de plantas de cobertura em função dos dias após a semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.

Essa informação de quantidade e taxa de liberação de N pelas culturas de cobertura é importante para que elas possam eficientemente ser inseridas nos sistemas agrícolas e possibilitar redução da aplicação de fertilizantes, uma vez que, o

estádio de senescência das plantas, após serem submetidas à dessecação, pode comprometer o sincronismo entre a fonte do nutriente (palha da superfície do solo) e a demanda da cultura subsequente no SSD (CALONEGO et al., 2005). Além disso, observa-se a importância das palhas de cobertura ora para a liberação dos nutrientes ora para a proteção do solo (BOER et al., 2007). Nesse sentido, Calonego et al. (2005) ressaltam que a palha ideal no SSD é aquela cuja taxa de decomposição dos resíduos vegetais seja compatível com a manutenção do solo coberto por maior período de tempo e com o fornecimento de nutrientes sincronizado com a demanda pela cultura subsequente.

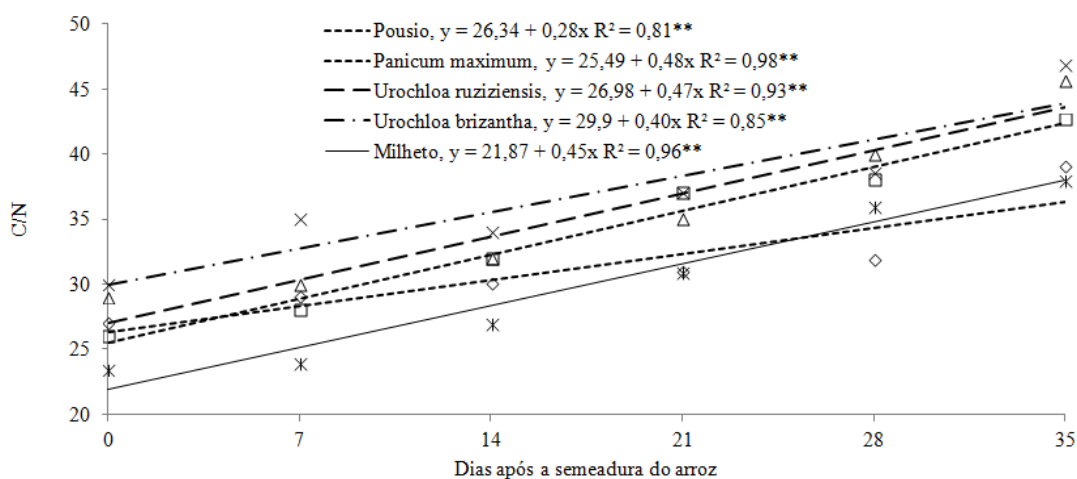


Figura 5. Relação C/N da palha de plantas de cobertura em função dos dias após a semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.

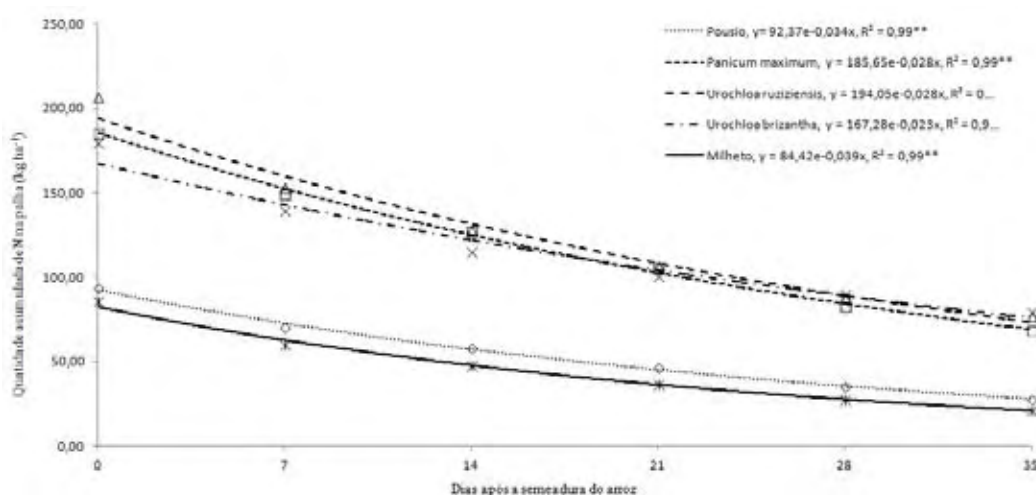


Figura 6. Quantidade acumulada de nitrogênio (N) nas palhas de cobertura em relação aos dias após a semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.

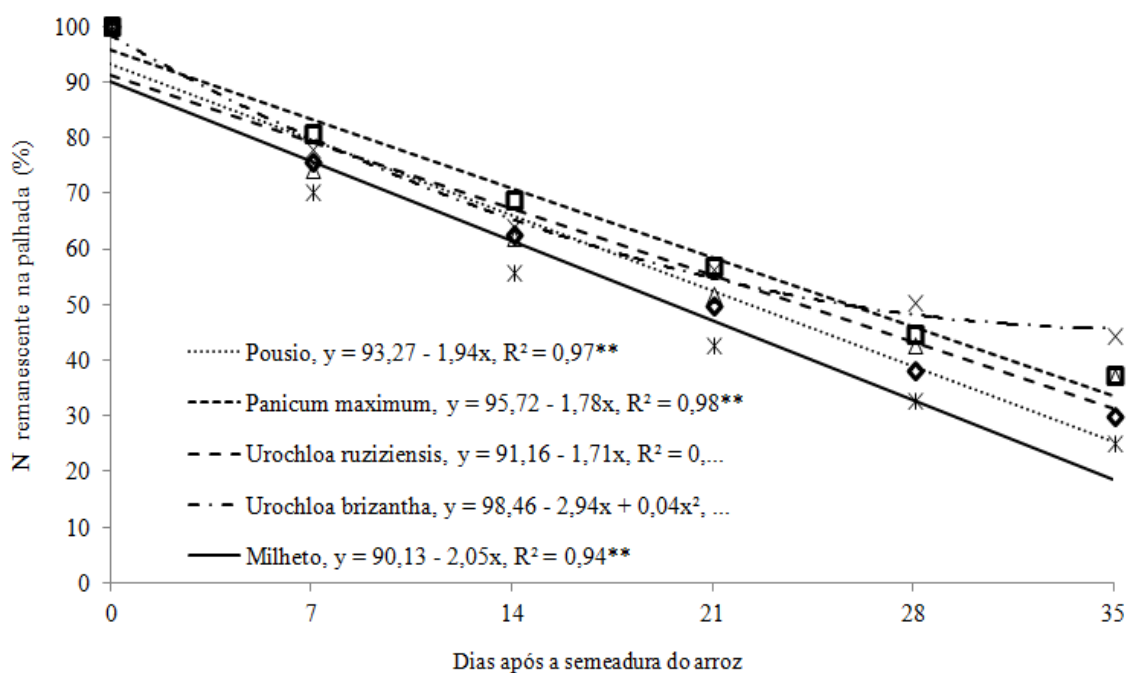


Figura 7. Percentagem de nitrogênio (N) remanescente nas palhas de cobertura em relação aos dias após a semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.

4.3. Estabilidade de agregados e densidade do solo

Com relação à estabilidade dos agregados e densidade do solo, observou-se efeito das plantas de cobertura em todas as variáveis (Tabela 4). Houve também efeito da profundidade de amostragem nas variáveis agregados menores do que 2 mm, índice de estabilidade dos agregados e densidade do solo, e não foram constatados efeitos das interações entre plantas de cobertura e profundidade de amostragem. Assim, nos agregados menores do que 2 mm verificou-se maiores valores sob *P. maximum*, que diferiu das unidades experimentais sob *U. brizantha*. Pousio, *U. ruziziensis* e milho não diferiram entre si. Nos agregados entre 2 e 8 mm observou-se maiores valores sob *U. ruziziensis* e milho, que diferiram de *P. maximum* e pousio. Para os agregados com diâmetro superior a 8 mm houve maiores valores sob pousio, *P. maximum* e *U. brizantha* que diferiram de *U. ruziziensis* e milho.

No diâmetro médio ponderado, verificou-se maiores valores sob pousio, *B. brizantha* e *P. maximum*, sendo que os resultados sob pousio foram diferentes

dos obtidos sob milho e *U. ruziziensis* (Tabela 4). Com relação ao diâmetro médio geométrico, constatou-se maiores valores sob pousio e *U. brizantha* que diferiram do obtido sob milho. No índice de estabilidade dos agregados, constatou-se valores semelhantes entre as plantas de cobertura avaliadas, sendo que, na profundidade de amostragem, verificou-se valores similares entre 0-5 cm e 10-20 cm.

Vale ressaltar o maior índice de estabilidade dos agregados do solo constatados sob pousio, que podem ter ocorrido devido à maior quantidade de plantas com diversas formas e tamanhos de sistema radicular que proporcionou maior estabilidade de agregados. A agregação do solo pode ter seu efeito acelerado pela maior exploração radicular do perfil do solo que promove maior distribuição dos exudados no solo, os quais possuem efeito aglutinador (ZONTA et al., 2006). Entretanto, mesmo com essas características benéficas, o uso do pousio é temeroso devido à possibilidade de aumento do banco de sementes e dos prejuízos advindos do aumento da população de plantas daninhas em áreas agrícolas (NASCENTE et al., 2004), além da possibilidade de estabelecimento de espécies de difícil controle, como as tolerantes aos herbicidas disponíveis.

Observou-se sob todas as coberturas maior quantidade de agregados na classe de tamanho superior a 8 mm, o que pode ser indicativo de maior agregação do solo. Solos com agregados estáveis de maior tamanho são considerados estruturalmente melhores e mais resistentes ao processo erosivo (CALONEGO; ROSOLEM, 2008). Adicionalmente, as plantas de cobertura utilizadas no SSD, normalmente, possuem grande densidade de raízes que proporcionam melhor estruturação do solo (GARCIA, 2010). Kluthcouski et al. (2000b) acrescentam que forrageiras perenes devido ao sistema radicular vigoroso proporcionam maior aglutinação de partículas minerais, formação de agregados e melhoria das características físicas do solo. Além disso, no SSD devido aos maiores teores de umidade e matéria orgânica ocorre aumento na atividade de minhocas e micro-organismos que também têm papel fundamental como agregantes do solo (BAYER; MIELNICZUK, 2008; LOSS et al., 2010).

Devido à sua importância, a estabilidade dos agregados é um dos indicadores que caracteriza a qualidade do solo (SOUZA et al., 2010). No presente trabalho constatou-se altos valores de índice de estabilidade de agregados (IEA), indicando boa estruturação e qualidade do solo em todas as coberturas utilizadas. Segundo Lal (2000) e

Madari (2004), geralmente os solos tropicais (Latosolos) possuem boa estrutura com alto IEA. Entretanto, é importante se manejar o solo adequadamente, como no SSD, de modo a preservar a sua estrutura, evitando possíveis problemas com erosão. Da mesma forma, em diversos trabalhos de pesquisa são relatados melhor estruturação do solo e maior estabilidade de agregados devido ao uso de plantas de cobertura no SSD (SIX et al., 2002; ZOTARELLI, 2005; CALONEGO; ROSOLEM, 2008; GARCIA; ROSOLEM, 2010).

No atributo densidade do solo, houve maiores valores sob pousio e *P. maximum*, que diferiram dos valores obtidos sob milho (Tabela 4). Assim pode-se inferir que o milho tem grande potencial para reduzir a densidade do solo. Corroborando essas informações, Gonçalves et al. (2006) e Bordin et al. (2008) apontaram o milho como alternativa para promover maior aeração dos solos. O milho é espécie com grande potencial para o manejo de solos e alta capacidade para crescer e se desenvolver em solos compactados, podendo diminuir a densidade devido ao seu crescimento radicular e aumento do teor de matéria orgânica no perfil do solo (PASQUALETTO et al., 1999; PASQUALETTO; COSTA, 2001; CASTRO FILHO et al., 2002; BRAZ, 2003; GONÇALVES et al., 2006; SILVEIRA NETO et al., 2006; CALONEGO; ROSOLEM, 2008).

No fator profundidade, obteve-se menor densidade de 0-10 cm em relação a 10-20 cm. Isso pode ter ocorrido por que no SSD devido ao maior acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo, principalmente devido ao uso de plantas de cobertura, ocorre aumento dos teores de matéria orgânica e também do desenvolvimento radicular das culturas nas camadas mais superficiais, o que proporciona menores valores de densidade do solo, uma vez que, as raízes ao morrerem deixam canais no solo, também conhecidos como bioporos, que pode favorecer a difusão de oxigênio, as trocas gasosas e a infiltração de água (ABREU et al., 2004; ZOTARELLI, 2005; CALONEGO; ROSOLEM, 2008; LOSS et al., 2010). Da mesma forma, Calonego (2007) relatou redução da densidade do solo com o uso de plantas de cobertura no SSD nas camadas superficiais e efeitos menos pronunciados em profundidade, atribuindo os resultados ao menor desenvolvimento de raízes nas camadas mais profundas.

Para Corsini e Ferraudo (1999) e Tavares Filho et al. (2010) a densidade do solo é afetada pela cultura de cobertura, quantidade de matéria orgânica e o

tipo de manejo do solo. Dessa forma, a densidade do solo no SSD pode diminuir devido ao aumento dos teores de matéria orgânica na camada superficial (STONE; SILVEIRA, 2001; OLIVEIRA et al., 2003).

Tabela 4. Massa de agregados do solo, por classe de tamanho, diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade dos agregados (IEA) e densidade do solo (DS) em função das plantas de cobertura (COB) e profundidade do solo (PROF). Safra 2009/10.

Fatores	Classe de agregados			DMP	DMG	IEA	DS
	< 2 mm	2-8 mm	>8 mm				
<u>COB</u>	g 100 g solo ⁻¹			Mm	Mm	%	Mg m ⁻³
Pousio	29,63 ab*	14,78 c	55,59 a	8,37 a*	2,09 a	90,10 a	1,31 a
<i>P. maximum</i>	35,44 a	20,70 bc	49,79 ab	7,15 abc	1,91 ab	91,82 a	1,31 a
<i>B. ruziziensis</i>	29,96 ab	35,12 a	35,45 c	6,67 bc	1,94 ab	90,39 a	1,26 ab
<i>B. brizantha</i>	27,73 b	27,35 ab	49,79 ab	7,54 ab	2,14 a	94,44 a	1,23 b
Milheto	34,81 ab	32,29 a	32,89 c	6,08 c	1,82 b	90,89 a	1,08 c
<u>PROF</u>							
0-5 cm	33,02 a	23,91 a	43,07 a	7,11 a	1,95 a	89,93 ab	1,20 a
5-10 cm	34,10 a	26,21 a	42,26 a	6,75 a	1,94 a	86,12 b	
10-20 cm	26,43 b	27,38 a	46,20 a	7,63 a	2,05 a	93,52 a	1,27 b
<u>Fator</u>	ANOVA (probabilidade do teste F)						
COB	< 0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0217	0,5844	0,0313
PROF	0,0321	0,2742	0,2943	0,4407	0,3611	0,0411	0,0386
COB x PROF	0,4782	0,3813	0,5102	0,4421	0,6749	0,7113	0,1527

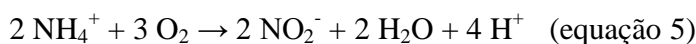
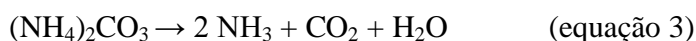
*Mesma letra minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste LSD ($p \leq 0,05$).

A rotação de culturas, pela inclusão de espécies com sistema radicular agressivo, pode alterar os atributos físicos do solo, reduzindo a densidade como observado para todas as coberturas em relação à densidade inicial, com menores valores sobre milheto, *U. brizantha* e *U. ruziziensis* (Tabela 4). Assim, a utilização de plantas de cobertura capazes de romper camadas compactadas ao invés do uso de rompimento mecânico (aração e/ou gradagem e/ou escarificação e/ou subsolagem) tem sido evidenciado em vários trabalhos (OLOFINTOYE; MABBAYAD, 1980; STONE et al., 1980; OLOFINTOYE, 1989; SEGUY et al., 1998; GASSEN; GASSSEN, 1996; KLUTHCOUSKI et al., 2000a; GUIMARÃES; MOREIRA, 2001; GUIMARÃES et al., 2003; GONÇALVES et al., 2006; CALONEGO; ROSOLEM, 2008; CALONEGO et al., 2011).

4.4. pH, NO_3^- , NH_4^+ e relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$

4.4.1. pH

A análise dos dados revelou que na variável pH houve apenas efeito isolado dos dias após a semeadura do arroz (Tabela 5). Dessa forma houve ajuste dos dados à equação polinomial de segundo grau (Figura 8). Com isso constatou-se valor de pH 5,9 na primeira avaliação (dia da semeadura do arroz), com redução do pH do solo nas avaliações realizadas aos 7 e 14 dias após a semeadura do arroz. Possivelmente isso tenha ocorrido devido à adubação nitrogenada com ureia (1 DAS, dia após a semeadura). No solo, a ureia é hidrolisada pela ação da urease (equação 2) em dois ou três dias (MALAVOLTA, 1980), produzindo carbonato de amônio, que é instável, e depois, pelo aumento do pH próximo do grânulo da ureia, o NH_4^+ transforma-se em NH_3 , CO_2 e água (equação 3). Essa amônia (NH_3), dependendo das condições de pH e umidade do solo, pode ser perdida por volatilização. Entretanto parte dessa molécula é convertida a NH_4^+ (equação 4), sendo que, em ambientes aeróbicos esse amônio é rapidamente metabolizado a nitrato passando pela forma intermediária nitrito, num processo chamado nitrificação (equações 5 e 6) (CRUSCIOL et al., 2011). Durante esta reação é liberado íons hidrogênios que contribuem para a acidificação do solo, conforme constatado no presente trabalho.



Por outro lado, verificou-se que a partir do 16º dia, os valores de pH foram crescentes no solo (Figura 8). Isso ocorreu possivelmente devido ao efeito tampão do solo (FAGERIA et al., 2011).

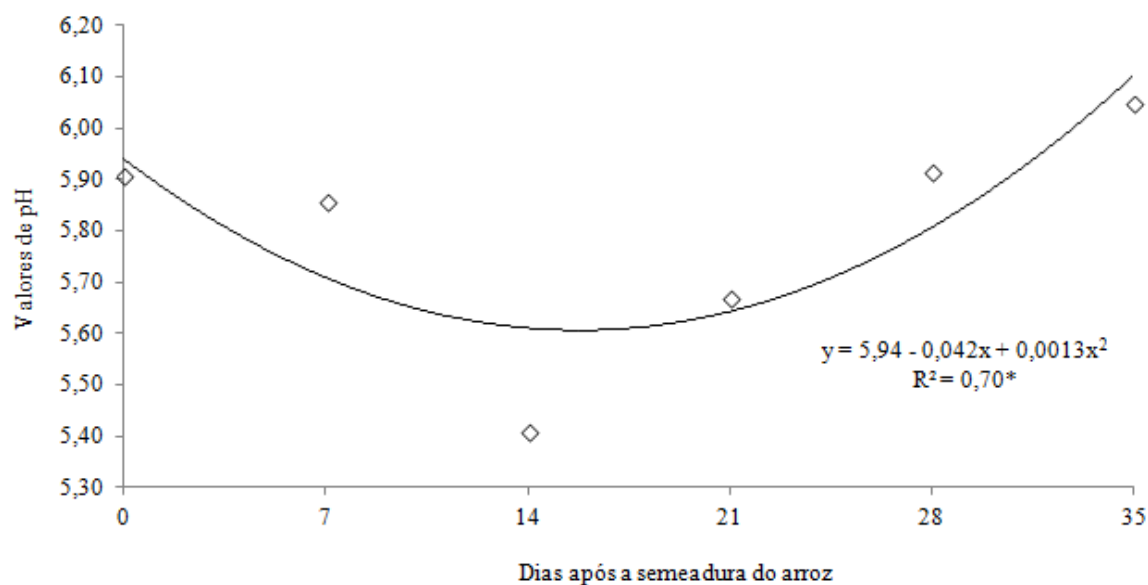


Figura 8. Valores de pH do solo na profundidade de 0 a 10 cm em função dos dias após a semeadura do arroz. 2009/10.

4.4.2. NO_3^-

Pelos resultados constatou-se interações entre plantas de cobertura e época de aplicação do glifosato e entre dias após a semeadura do arroz com época de aplicação do herbicida (Tabela 5). Assim, constatou-se maiores teores de nitrato sob as coberturas *P. maximum*, *U. ruziziensis* e *U. brizantha*, que diferiram de pousio e milho. Os menores teores de nitrato observado nas unidades experimentais com milho e pousio e os maiores valores obtidos sob *P. maximum*, *U. ruziziensis* e *U. brizantha* pode ser explicado pelo acúmulo de matéria seca (Tabela 3) e quantidade acumulada de N nessas plantas de cobertura (Figura 6). Nesse sentido, em vários trabalhos de pesquisa, é relatado que maior quantidade de matéria seca acumulada pela cobertura vegetal significa maior ciclagem de nutrientes (D'ANDRÉA et al., 2004; KLIEMANN et al., 2006; BOER et al., 2007; PACHECO et al., 2011a), como observado para o nitrogênio.

Tabela 5. Teores de NO_3^- , NH_4^+ , $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ e pH na profundidade de 0-10 cm, em função das plantas de cobertura, época de dessecação e dias após a semeadura do arroz. 2009/10.

Fatores	pH	NO_3^-	NH_4^+	$\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$
<u>Plantas de cobertura</u>		<u>mg g solo seco⁻¹</u>		
Pousio	5,9 a*	32,98 b	12,00 b	2,75 cd
<i>Panicum maximum</i>	5,8 a	44,02 a	14,10 a	3,12 bc
<i>Urochloa ruziziensis</i>	5,8 a	42,26 a	11,90 b	3,55 ab
<i>Urochloa brizantha</i>	5,7 a	45,59 a	12,26 b	3,72 a
Milheto	5,9 a	30,24 b	13,57 a	2,23 d
<u>Época de dessecação</u>				
-30 dias	5,8	44,67	13,35	3,35
-20 dias	5,8	43,78	11,85	3,69
-10 dias	5,8	39,28	13,68	2,87
0 dias	5,8	32,33	12,18	2,65
<u>Dias após a semeadura do arroz</u>				
0 dias	5,9	43,72	3,22	13,58
7 dias	5,9	109,10	39,79	2,74
14 dias	5,4	52,43	8,66	6,05
21 dias	5,7	25,52	7,64	3,34
28 dias	5,9	3,19	6,67	0,48
35 dias	6,1	6,13	10,62	0,58
<u>Fatores</u>	ANOVA (Probabilidade do teste F)			
Cobertura (C)	0,1101	<0,001	0,0376	<0,001
Dias após a semeadura do arroz (D)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Época de dessecação (E)	0,7697	<0,001	0,3441	0,015
C x D	0,071	0,0824	0,8727	0,7690
C x E	0,4017	<0,001	0,2132	0,5489
D x E	0,4563	<0,001	0,3657	0,3498
C x D x E	0,7868	0,3782	0,7548	0,7028

* Mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste LSD ($p \leq 0,05$).

Na interação entre época de dessecação das plantas de cobertura e dias após a semeadura do arroz, os dados foram ajustados à equações polinomiais (Figura 9). Dessa forma, constatou-se que, nas dessecações realizadas aos 30 dias e 20 dias antes da semeadura do cereal, houve maiores teores de nitrato no solo no dia da semeadura do arroz. Na segunda avaliação (7 dias após a semeadura do arroz), os maiores valores foram obtidos nas dessecações realizadas aos 30, 20 e 10 dias. Após esse período houve queda dos teores de nitrato em todas as épocas de dessecação. Os resultados permitem inferir que as dessecações realizadas com 10 ou mais dias antes da semeadura proporciona maiores teores

de nitrato no solo nas avaliações realizadas aos 7 dias. Entretanto, nesse período as plântulas de arroz ainda estão emergindo e portanto a demanda por nitrogênio é baixa. Além disso, verificou-se baixos teores de nitrato no solo no dia da semeadura do cereal, maiores teores aos sete dias e depois queda nos períodos subsequentes. Assim, foi constatado que por volta do sétimo dia começou haver queda significativa nos teores de nitrato no solo. Isso aconteceu, em parte, devido ao desenvolvimento radicular das plantas de arroz, que com o crescimento absorvem nitrogênio no solo (MALAVOLTA, 1980; FAGERIA, 2009), mas também foi reflexo da alta precipitação pluvial ocorrida na área experimental (Figura 3). Um dia antes da quarta amostragem (21 dias) ocorreu chuva de 40,6 mm e entre a quinta (28 dias) e sexta (35 dias) a precipitação acumulada foi de 160 mm, sendo que 61,40 mm constatado na noite anterior à quinta amostragem. De acordo com Crusciol et al. (2011), o nitrato é facilmente lixiviável, e está diretamente relacionado com o volume de água precipitado. Isso ocorre porque no solo há predominância de cargas negativas e o NO_3^- tem baixa interação química com os minerais do solo, ocorrendo fácil lixiviação desse ânion, seguindo o fluxo descendente de água que se infiltra através do perfil do solo (FAGERIA et al., 2011). Ao lado disso, constatou-se que a aplicação de ureia 1 dia após a semeadura do arroz causou aumento dos teores de nitrato no solo sob todas as coberturas, o que foi observado na amostragem subsequente (7 dias). Também Pacheco (2009) relatou níveis mais altos de nitrato no solo após a aplicação de fertilizantes nitrogenados. Isso ocorreu, possivelmente, devido às transformações que ocorrem no solo após a aplicação da ureia, que resultam na formação do nitrato, conforme descrito anteriormente e relatado por outros autores (FAGERIA, 2009; FAGERIA et al., 2011).

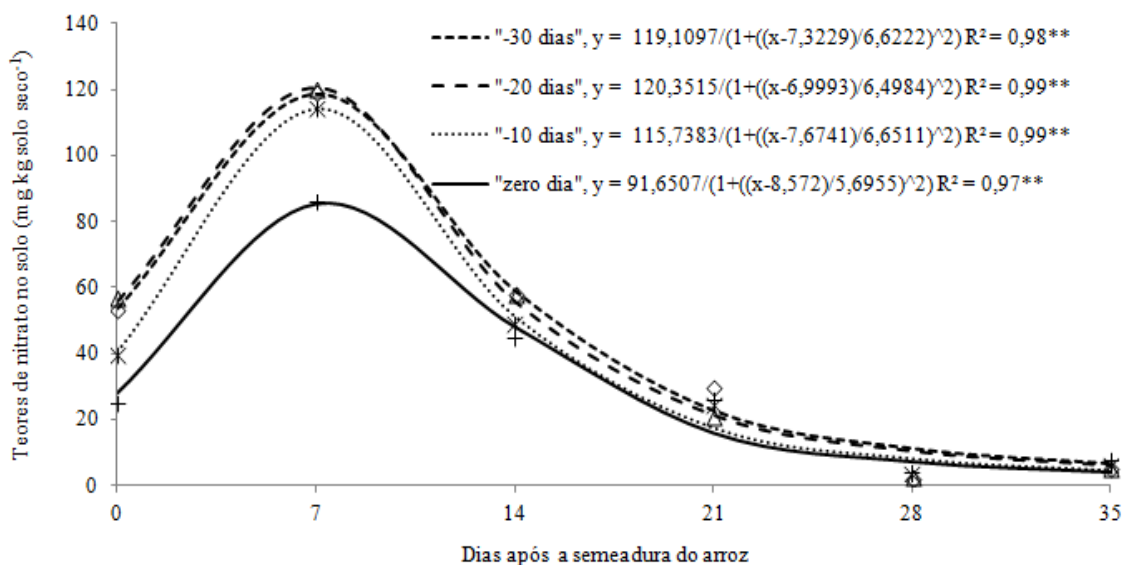


Figura 9. Teores de nitrato no solo na profundidade de 0 a 10 cm em função da época de dessecação das plantas de cobertura e dos dias após a semeadura do arroz. 2009/10.

Na interação entre plantas de cobertura e época de dessecação, os dados obtidos sob pousio e milheto foram ajustados às equações polinomiais de segundo grau, com valores mais elevados nas parcelas dessecadas aos 10 e 20 dias antes da semeadura do arroz e menores valores nas dessecações realizadas aos 30 e 0 dias (Figura 10). Nas unidades experimentais com *P. maximum*, *U. ruziziensis* e *U. brizantha* ajustou-se os dados a equações lineares. Nesse sentido, pode-se inferir que a dessecação realizada 30 dias antes da semeadura do arroz proporcionou maior concentração de nitrato no solo, reduzindo com a diminuição do intervalo entre a dessecação e a semeadura do arroz. Plantas dessecadas no dia da semeadura demoram mais tempo para liberar nutrientes em relação às aquelas dessecadas antecipadamente (DABNEY et al., 2001; FAGERIA, 2009). De acordo com Kliemann et al. (2006), a quantidade de nitrogênio que será efetivamente utilizada pela cultura em sucessão, oriundo das plantas de cobertura, vai depender do sincronismo entre a taxa de liberação dos nutrientes e a demanda da cultura.

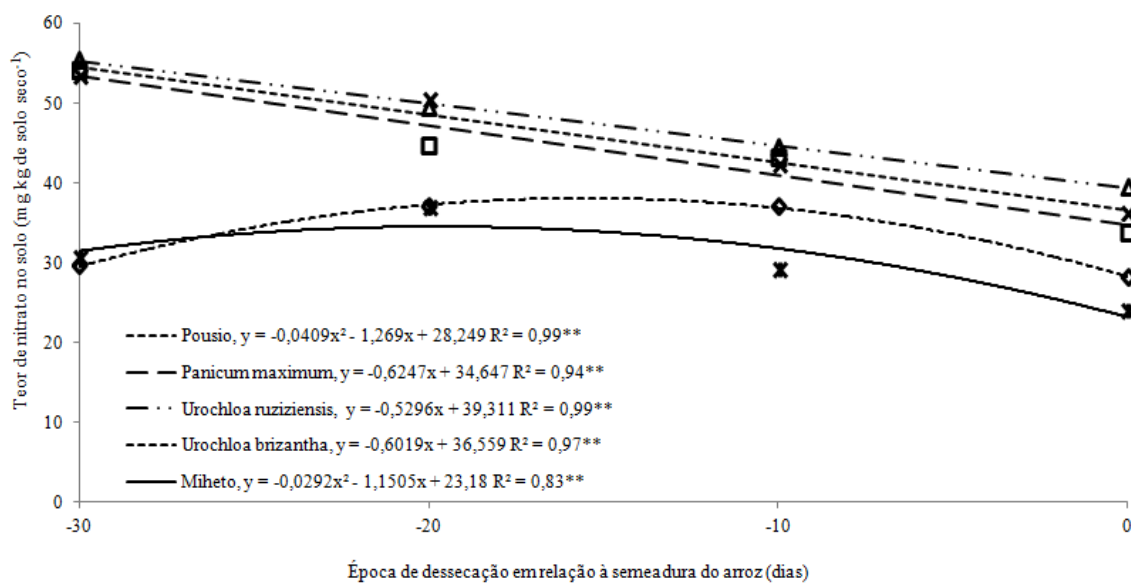


Figura 10. Teores de nitrato no solo na profundidade de 0 a 10 cm em função da época de dessecação das plantas de cobertura. 2009/10.

4.4.3. NH_4^+

Para amônio, houve apenas efeito isolado das plantas de cobertura e dos dias após a semeadura do arroz (Tabela 5). Assim, constatou-se os maiores teores de amônio sob *P. maximum* que não diferiu do milheto. Sob as palhas de *U. brizantha*, pousio e *U. ruziziensis* os resultados foram similares e diferiram das demais plantas de cobertura. Nesse sentido, como o arroz tem origem hidrófila e se desenvolve melhor em ambientes com maiores teores de amônio (MALAVOLTA, 1980), o uso das plantas de cobertura milheto e *P. maximum* foram as mais promissoras. Com relação aos dias após a semeadura do arroz, os dados foram ajustados à equação exponencial (Figura 11). Dessa forma, verificou-se os mais baixos teores de amônio na primeira avaliação, seguido dos maiores valores aos 7 dias, e depois redução nas demais avaliações, com valores semelhantes aos 21, 28 e 35 dias após a semeadura do arroz. Esse aumento nos teores de amônio aos sete dias foram causados pela aplicação de ureia 1 dia após a semeadura do arroz, com reduções significativas após esse período, provavelmente devido à absorção pelas plantas e pela transformação do nitrogênio, uma vez que o amônio em ambientes aeróbicos rapidamente se transforma em nitrato (CRUSCIOL et al., 2011).

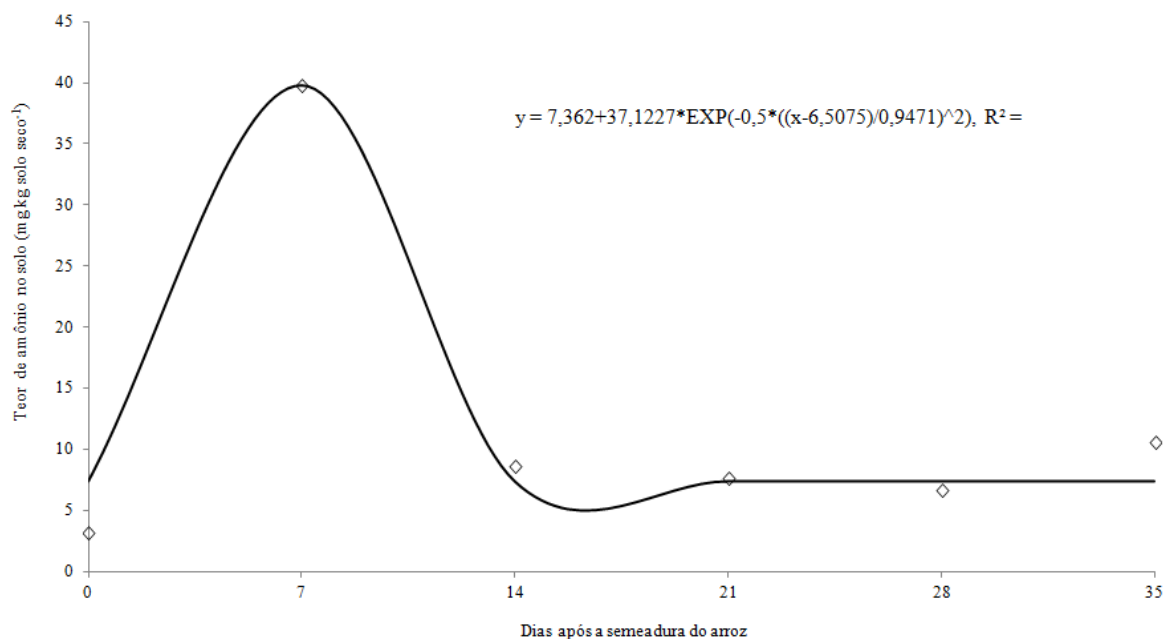


Figura 11. Teores de amônio no solo na profundidade de 0 a 10 cm em função dos dias após a semeadura do arroz. 2009/10.

4.4.4. Relação $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$

Na relação $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$ houve efeitos isolados das plantas de cobertura, dias após a semeadura do arroz e época de dessecação da palha (Tabela 5). Dessa forma, constatou-se que sob milheto teve-se as menores relações nitrato amônio sendo similar ao pousio e diferente de *P. maximum*, *U. ruziziensis* e *U. brizantha*. A *U. brizantha* e a *U. ruziziensis* não diferiram entre si. Essa relação nitrato: amônio é importante característica para ser avaliada no sistema de produção do arroz de terras altas, uma vez que essa cultura se desenvolve melhor quando há proporções entre 20 a 50% de NH_4^+ em relação ao NO_3^- , ou seja melhor equilíbrio na relação $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$, no início do desenvolvimento da cultura (ARAÚJO, 2005; HOLZSCHUH et al., 2009; MORO, 2011; ARAÚJO et al., 2012).

Com relação à época de dessecação, os dados foram ajustados à equação polinomial de terceiro grau (Figura 12). Dessa forma, os maiores valores foram estimados na dessecação da palha realizada aos 23 dias, seguido da aplicação do herbicida

aos 20 e 30 dias antes da semeadura do arroz e com valores menores nas demais épocas de dessecação (10 e 0 dias antes da semeadura do arroz).

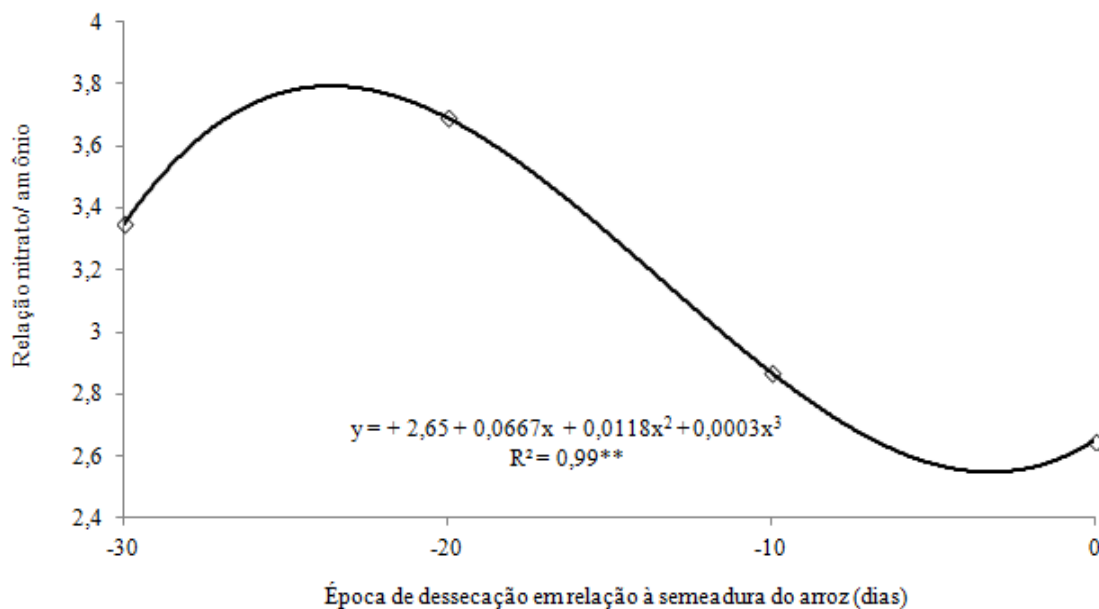


Figura 12. Relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ na profundidade de 0 a 10 cm em função da época de dessecação da palha. 2009/10.

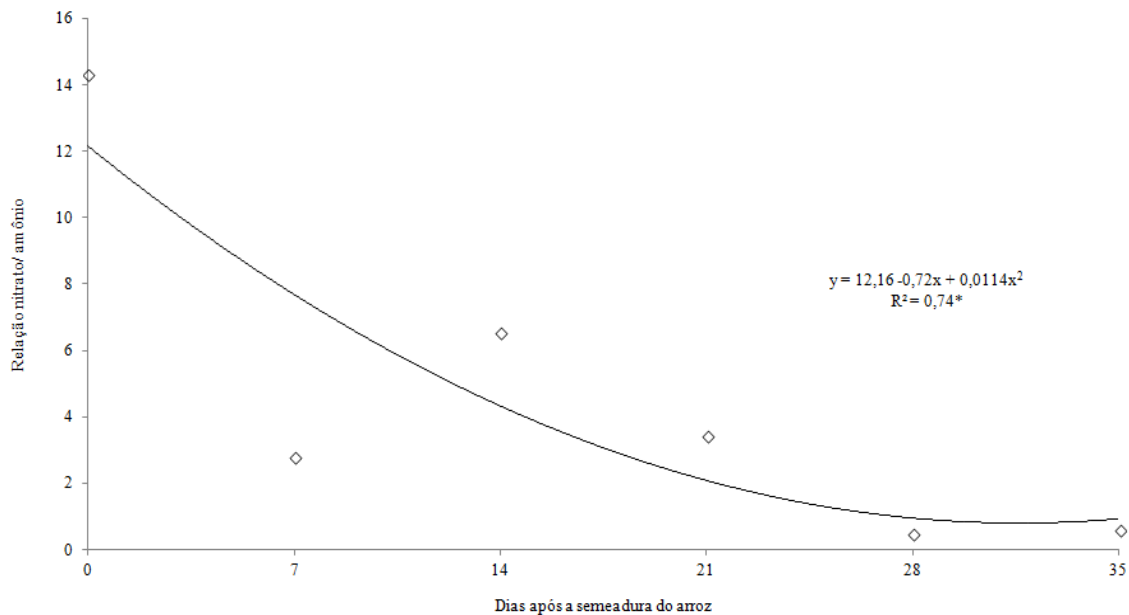


Figura 13. Relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ na profundidade de 0 a 10 cm em função dos dias após a semeadura do arroz. 2009/10.

Analisando a relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ nos dias após a semeadura do arroz constata-se ajuste à equação polinomial de segundo grau (Figura 13). Nesse sentido, a relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ foi elevada no dia da semeadura do arroz com valores decrescentes nas demais avaliações. Ou seja, havia maiores quantidades de nitrato no início do desenvolvimento da cultura, o que pode ser prejudicial ao arroz, e esse resultado foi reflexo dos maiores teores de nitrato constatado no solo sob as forrageiras perenes (Tabela 5).

4.5. Fracionamento físico da matéria orgânica

Analisando-se os dados da fração leve livre (FLL) da matéria orgânica, constatou-se que houve apenas efeito da profundidade do solo, não havendo efeito das plantas de cobertura e nem da interação (Tabela 6). Assim, verificou-se que os teores da FLL foram maiores na profundidade de 0 a 5 cm diferindo dos teores observados na profundidade de 5 a 10 cm que foi maior que a quantidade encontrada na profundidade de 10 a 20 cm. Esses maiores teores nas camadas mais superficiais (0-5 cm) podem ser explicados porque essa fração é constituída, normalmente, por materiais orgânicos oriundos de restos vegetais, fragmentos de raízes e sementes (MOLLOY; SPEIR, 1977; SPYCHER et al., 1983; GOLCHIN et al., 1997). Com isso, principalmente no SSD, é de se esperar maior acúmulo de material vegetal na superfície do solo (ROSCOE; MACHADO, 2002). Skjemstad e Dalal (1987) verificaram maior acúmulo de FLL em solos continuamente vegetados, citando como exemplo os solos sob florestas e pastagens permanentes. Christensen (1992) relatou que o uso do solo influencia diretamente no acúmulo de FLL e acrescentou, também, que o tipo de vegetação que cobre o solo afeta a decomposição da matéria orgânica. Nesse sentido, o uso de plantas de cobertura em SSD proporcionou o acúmulo de resíduos orgânicos, sem entretanto haver algum tratamento que se destacasse.

Com relação à fração leve intra-agregados (FLI), verificou-se efeito das plantas de cobertura e da profundidade, sem interação entre os fatores (Tabela 6). Dessa forma, os maiores valores foram obtidos sob pousio e milho que diferiram das demais coberturas. A *U. ruziziensis* proporcionou os menores teores e foi similar a *U. brizantha*, diferindo das demais coberturas. Com relação às profundidades, também se verificou maiores teores nas camadas mais superficiais que diferiram entre si. Segundo Roscoe e

Machado (2002), assim como a FLL os teores de FLI têm tendência de decrescer com a profundidade, podendo chegar a valores desprezíveis abaixo da camada superficial. Esta fração intra-agregados é composta por conjunto de compostos orgânicos, reconhecíveis ou não, formados por resíduos de plantas, grãos de pólen, pêlos radiculares e estruturas fúngicas, muito pequenos e em alto grau de decomposição em relação à fração leve livre (GOLCHIN et al., 1994, 1997; CHRISTENSEN, 2000; ROSCOE; MACHADO, 2002). O tipo de vegetação que cobre o solo afeta diretamente a quantidade de FLI (CHRISTENSEN, 1992). Isto parece estar claro no presente estudo, pois plantas que tiveram maior taxa de degradação da palha (milheto e pousio) e de liberação de N (Tabela 4 e figura 5), também proporcionaram maior acúmulo de massa da FLI. Por outro lado, *U. ruziziensis* que teve a degradação mais lenta e liberação mais tardia de N, também proporcionou os menores valores de FLI.

Além disso, Theng et al. (1989) relataram que fatores como aeração do solo, mineralogia, estado físico do resíduo, sua localização (livre ou intra-agregados), quantidade de nutrientes no solo e tipo de manejo também afetam os teores da fração leve no solo. Assim a massa do solo representada pela FLL varia entre 4-67 g kg⁻¹ de solo (ROSCOE; MACHADO, 2002), no presente trabalho estes valores variaram de 5 a 12 g kg⁻¹ (Tabela 8). Resultados semelhantes aos obtidos por Pinheiro (2007), que constatou valores entre 5 e 10 g kg⁻¹ para parcelas com *U. brizantha* e *P. maximum*. Com relação à fração leve intra-agregados, os dados de Pinheiro (2007) variaram de 1,1 a 4,5 g kg⁻¹ do solo, enquanto no presente experimento variou de 1,3 a 2,2 g kg⁻¹ (Tabela 6). De acordo com Roscoe e Machado (2002), que fizeram revisão sobre este tema, os valores de FLI variam de 1 a 26 g kg⁻¹ de solo.

Pinheiro et al. (2004) acrescentam que as variações do conteúdo das frações leve livre e intra-agregados são reflexos da cultura de cobertura e, principalmente, do tipo de manejo do solo, que vai influenciar a quantidade e permanência de resíduos vegetais na superfície e subsuperfície do solo. Eles concluíram, assim, que essas frações podem vir a ser utilizadas como indicadores de qualidade do solo. Em outros trabalhos também se verifica que as frações mais lábeis da MOS, como a fração leve, são indicadores sensíveis às mudanças decorrentes das diferentes formas de uso do solo (DALAL; MAYER, 1986; JANZEN et al., 1998; GARCIA, 2010).

Tabela 6. Teores de matéria orgânica da fração leve livre e leve intra-agregados em função das plantas de cobertura e da profundidade do solo. 2009/10.

Fatores	Fração leve livre	Fração leve intra-agregados
<u>Plantas de cobertura</u>		g kg ⁻¹
Pousio	9,31 a*	2,11 a
<i>Panicum maximum</i>	8,10 a	1,69 b
<i>Urochloa ruziziensis</i>	8,68 a	1,24 c
<i>Urochloa brizantha</i>	7,97 a	1,53 bc
Milheto	8,64 a	2,09 a
<u>Profundidade (cm)</u>		
0-5	12,17 a	2,19 a
5-10	8,41 b	1,69 b
10-20	5,05 c	1,32 c
<u>Fatores</u>	ANAVA (probabilidade do teste F)	
Plantas de cobertura (C)	0,6519	0,027
Profundidade (P)	<0,001	<0,001
C*P	0,3545	0,1176

* Mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste LSD ($p \leq 0.05$).

4.6. Carbono orgânico total, nitrogênio total e carbono nas frações físicas da matéria orgânica do solo

Com relação aos teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio orgânico total (NOT) e carbono ligado aos minerais (CLM) verificou-se efeito das plantas de cobertura e da profundidade de solo, sem interação entre os fatores (Tabela 7). Quanto ao carbono ligado às frações leves (CLFL) da matéria orgânica não se observou efeito das plantas de cobertura, da profundidade do solo e nem da interação. Na percentagem de carbono ligado aos minerais (%CLM) e percentagem de carbono ligado as frações leves (%CLFL) somente verificou-se efeito das plantas de cobertura.

Assim no COT, NOT e CLM constatou-se maiores valores sob milho (Tabela 7). Os teores de COT sob milho não diferiram dos obtidos sob *B. ruziziensis*. Com relação ao NOT e CLM, os valores constatados sob milho diferiram de todos os demais tratamentos. Esses maiores teores de NOT, COT e CLM sob a palha de milho podem ter sido, devido à maior rapidez na liberação de nitrogênio por essa planta, nutriente esse que afeta diretamente a população bacteriana e, conseqüentemente, os teores de carbono no solo (GARCIA, 2010).

No processo de decomposição da palha realizado pelos micro-organismos, eles utilizam o nitrogênio como constituinte estrutural, sendo parte do carbono liberada para a atmosfera na forma de CO₂ e o restante torna-se constituinte da matéria orgânica do solo (PAUL; CLARK, 1996). Também Garcia (2010) relatou maiores teores de COT nas parcelas sob milho. O COT tem grande importância ambiental, uma vez que o incremento dos estoques de carbono no solo resulta na retirada de CO₂ da atmosfera, contribuindo para a mitigação do efeito estufa (ABDALLA et al., 2010). Assim, o SSD é prática agrícola conservacionista que promove o aumento do teor de carbono orgânico total, tanto pelo aporte constante de material vegetal, como pela redução da taxa de decomposição da matéria orgânica, devido à maior proteção do carbono já incorporado aos minerais. Além disso, a deposição da palha na superfície do solo sem incorporação diminui as perdas de C via oxidação da matéria orgânica (BAYER; MIELNICZUK, 2008). Assim, devido sua importância no ambiente, o monitoramento dos estoques de carbono orgânico total têm sido considerado um dos principais indicadores de qualidade do solo e da agricultura sustentável (PILLON et al., 2007).

Com relação à profundidade, para COT, NOT e CLM observou-se maiores valores na camada 0-5 cm que diferiu da camada 5-10cm, que foi diferente da camada 10-20 cm (Tabela 7). Freixo et al. (2002), Conceição et al. (2005) e Zotarelli (2005) obtiveram resultados semelhantes, com maiores valores de COT e NOT nas primeiras camadas do solo, e atribuíram esse resultado ao maior acúmulo de material vegetal na superfície do solo. Corroborando essas constatações, vários outros autores (BAYER et al., 2000; LOVATO et al., 2004; SISTI et al., 2004; DIEKOW et al., 2005; SIQUEIRA NETO et al., 2010; FIGUEIREDO et al., 2010) também relataram aumentos nas quantidades de C e N nas camadas superficiais do solo no SSD.

Avaliando a % CLM, constatou-se os maiores valores sob milho que diferiu do pousio. Na % CLFL ocorreu o inverso, com maiores valores sob pousio que foi diferente de milho (Tabela 7). Também Garcia (2010) observou maiores valores de C associado aos minerais nas parcelas sob milho em comparação ao tratamento pousio. Plantas de cobertura aumentam significativamente os teores de C nas frações pesadas em comparação com os tratamentos que utilizaram apenas a rotação grão/grão (CONCEIÇÃO et al., 2005; BAYER et al., 2006; LOSS et al., 2009).

Os maiores teores de C foram constatados na porção mineral do solo (Tabela 7). Essa fração é composta de materiais orgânicos em estágios avançados de decomposição, não visualmente identificáveis, e fortemente ligados à fração mineral do solo, e onde normalmente se concentra a maioria do carbono orgânico do solo (CHRISTENSEN 1992, 1996, 2000; ROSCOE et al., 2001; ROSCOE; BUURMAN, 2003; SÁ; LAL, 2009). No presente experimento, esses valores variaram de 75,18 a 85,52%, confirmando que nessas frações há maior quantidade de C orgânico. Ashagrie et al. (2007) também verificaram variações entre 60 e 90% do carbono associado aos minerais.

Tabela 7. Teor de carbono orgânico total (COT), nitrogênio orgânico total (NOT), carbono ligado aos minerais (CLM) e às frações leves (livre + intra-agregados) da matéria orgânica do solo (CLFL), porcentagem de carbono ligado aos minerais (%CLM) e às frações leves (livre + intra-agregados) da matéria orgânica (%CLFL) em função das plantas de cobertura e da profundidade do solo. 2009/2010.

Fatores	COT	NOT	CLM	CLFL	%CLM	%CLFL
<u>Plantas de cobertura</u>	-----g kg solo seco ⁻¹ -----				-----%-----	
Pousio	17,72 b*	0,91 b	13,33 b	4,43 a	75,18 b	24,82 a
<i>Panicum maximum</i>	17,92 b	0,97 b	14,20 b	3,77 a	78,90 ab	21,10 ab
<i>Urochloa ruziziensis</i>	18,33 ab	0,94 b	14,36 b	3,97 a	79,04 ab	20,96 ab
<i>Urochloa brizantha</i>	17,88 b	0,94 b	14,09 b	3,78 a	78,99 ab	21,01 ab
Milheto	19,47 a	1,09 a	16,68 a	2,78 a	85,52 a	14,48 b
<u>Profundidade (cm)</u>						
0-5	20,31 a	1,13 a	16,51 a	3,83 a	81,18 a	18,82 a
5-10	17,98 b	0,96 b	13,98 b	3,99 a	77,80 a	22,20 a
10-20	16,50 c	0,81 c	13,09 b	3,42 a	79,29 a	20,71 a
<u>Fator</u>	ANAVA (probabilidade do teste F)					
Plantas de cobertura (C)	0,0357	0,0137	0,0118	0,1359	0,0470	0,0431
Profundidade (P)	<0,001	<0,001	0,0369	0,4335	0,2143	0,3476
C*P	0,0587	0,0981	0,0723	0,6822	0,5438	0,7719

* Mesma letra minúscula na vertical não diferem pelo teste LSD ($p \leq 0.05$).

Nesse sentido, é importante ressaltar que a fração leve (livre + intra-agregado) foi inferior a 20 g kg⁻¹ de solo (2%) (Tabela 6), mas mesmo assim acumulou entre 14,48 e 24,82% de todo o C (Tabela 7). De acordo com Frazão et al. (2010), a avaliação da fração leve da MOS é indicador de mudanças nos estoques de carbono do solo para as diferentes formas de manejo. Também Roscoe et al. (2001) encontraram valores superiores a 20% de C na matéria orgânica da fração leve. De acordo com Roscoe e

Machado (2002) a quantidade de C presente nestas frações de matéria orgânica pode atingir valores mais elevados do que um terço do total de C nas camadas superficiais do solo. Além disso, os materiais que formam essas frações passaram por mudanças consideráveis, perdendo parte de compostos como carboidratos e proteínas e são muito sensíveis ao tipo de manejo do solo utilizado (SPYCHER et al., 1983; GOLCHIN et al., 1997; ROSCOE; MACHADO, 2002; JINBO et al., 2007; RANGEL; SILVA, 2007; FRAZÃO et al., 2010).

4.7. Teor de ácido chiquímico, estande e acúmulo de matéria seca de plântulas, componentes de produção e produtividade do arroz

No teor de ácido chiquímico, com exceção do milho, constatou-se quantidades mais elevadas desse composto nas plântulas de arroz, indicando que houve maior translocação do glifosato dessas plantas de cobertura para a cultura (Tabela 8). A baixa concentração de ácido chiquímico nas plântulas de arroz sobre milho pode ter sido reflexo da alta sensibilidade dessa planta de cobertura ao herbicida, o que causou rápida taxa de degradação. Portanto, após a aplicação do glifosato, o milho secou muito rápido e provavelmente não houve tempo suficiente para translocar o herbicida a partir de suas plantas para as de arroz.

Segundo Monquero et al. (2010), milho é uma das plantas mais sensíveis à aplicação de glifosato, sendo rapidamente dessecado após o uso do herbicida. Crusciol et al. (2010), trabalhando com milho, *U. brizantha* e *P. maximum*, relataram que o milho teve degradação mais rápida, depois da dessecação com glifosato, do que as outras plantas de cobertura. Por outro lado, as demais plantas de cobertura são menos sensíveis ao glifosato, demorando mais tempo para serem totalmente dessecadas após a aplicação do herbicida (MONQUERO et al., 2010).

Tabela 8. Teor de ácido chiquímico, estande e massa seca das plântulas, panículas m⁻², espiguetas panículas⁻¹, fertilidade de espiguetas, massa de 1000 grãos e produtividade do arroz de terras altas em função das plantas de cobertura, época de dessecação e ano. 2008/09 e 2009/10.

Plantas de cobertura	Teor de ac. Chiquímico		Estande		Massa seca plântulas		Panícula		Espiguetas		Fertilidade		Massa de		Produtividade	
	µg g ⁻¹	Número	Número	g m ⁻¹	s m ⁻²	número	Número	%	g	kg ha ⁻¹						
Pousio	2,7 b	60 a	4,7 b	96 ab	172 b	72,6 b	25,7 a	3068,6 b								
<i>Panicum maximum</i>	3,7 ab	46 a	3,1 c	86 b	162 c	75,0 a	23,7 c	2422,5 c								
<i>Urochloa ruziziensis</i>	4,5 a	56 a	3,2 c	68 c	163 bc	72,3 b	23,4 c	1855,0 d								
<i>Urochloa brizantha</i>	4,0 a	51 a	3,4 c	67 c	173 b	73,9 b	23,7 c	1982,3 d								
Milheto	0,7 c	53 a	5,7 a	98 a	201 a	77,6 a	24,8 b	3647,7 a								
Média (2008/2009)	2,90 a	50 b	3,8 a	74 b	165 b	74,3 a	25,4 a	2343 b								
Média (2009/2010)	2,91 a	56 a	4,0 a	92 a	183 a	74,2 a	23,0 b	2846 a								
Variável	ANOVA (Probabilidade do teste F)															
Planta cobertura (C)	<0,001	0,089	<0,001	<0,001	0,027	<0,001	0,012	0,017								
Época dessecação (E)	0,323	0,096	<0,001	<0,001	0,342	0,767	0,098	0,023								
Ano (A)	0,297	<0,001	0,098	<0,001	0,033	0,375	0,041	0,044								
A x C	0,457	0,883	0,223	0,871	0,753	0,761	0,754	0,257								
A x E	0,325	0,321	0,195	0,434	0,218	0,478	0,432	0,325								
Cx E	0,651	0,047	0,897	0,219	0,884	0,159	0,769	0,115								
A x C x E	0,765	0,764	0,512	0,342	0,754	0,653	0,312	0,532								

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD para P < 0.05

Nesse sentido, pode-se inferir que o glifosato fica mais tempo circulando dentro dessas plantas de cobertura e elas proporcionaram translocação do herbicida para as plântulas do arroz, conforme verificado pelos resultados de acúmulo de ácido chiquímico. Vale ressaltar que a aplicação do paraquat três dias após a semeadura contribuiu para a dessecação mais rápida das plantas de cobertura dessecadas com glifosato no dia da semeadura do arroz. Com isso, pode-se inferir que caso não tivesse sido aplicado o paraquat os efeitos danosos da translocação do glifosato poderiam ter sido maiores.

De acordo com Yamada e Castro (2007) e Matallo et al. (2009), quando se aplica o glifosato nas plantas de cobertura, o herbicida pode ser remobilizado na rizosfera e afetar o desenvolvimento das plantas não-alvo, sendo que essa translocação pode ser comprovada pela mensuração do acúmulo de ácido chiquímico nas plantas.

Com relação ao estande de plântulas de arroz houve efeito isolado de ano e interação entre planta de cobertura e época de dessecação (Tabela 8). Assim, verificou-se que para *P. maximum*, *U. ruziziensis* e *U. brizantha* houve aumento linear no estande de plantas a medida que foi se distanciando a aplicação do herbicida do dia da semeadura do arroz, por outro lado não houve efeito para milho e pousio (Figura 14). Com relação aos anos, constatou-se maior estande no ano 2009/10 do que no ano 2008/09. Com base nesses resultados pode-se inferir que a maior quantidade de palha observada nas forrageiras perenes teve efeito na emergência das plântulas, o milho e as plantas que compuseram o pousio tiveram menor quantidade de palha sobre o solo e não causaram prejuízos ao estande de plântulas. O mesmo raciocínio pode ser utilizado para os anos, uma vez que em 2008/09 houve maior quantidade de palha na superfície do solo do que no ano 2009/10 (Tabela 3). De acordo com Constantin et al. (2007), os efeitos do glifosato sobre as plantas não alvo podem ser potencializados pelo maior acúmulo de matéria seca das plantas de cobertura.

Considerando-se o acúmulo de matéria seca pelas plântulas de arroz, verificou-se efeito das plantas de cobertura e da época de dessecação (Tabela 8). Assim, sobre milho, verificou-se os maiores valores, que foi diferente dos obtidos sobre pousio, *U. brizantha*, *P. maximum* e *U. ruziziensis*.

Na época de dessecação, verificou-se ajuste linear para matéria seca das plântulas de arroz em relação ao momento de aplicação do herbicida nas plantas de cobertura (Figura 15), com maiores valores aos 30 dias e menores o dia da semeadora. Assim, o solo

com quantidades mais elevadas de biomassa, ainda verdes, durante a semeadura, como observado nas unidades experimentais das forrageiras perenes (Tabela 3), além de proporcionar dificuldades nas operações de semeadura e causar sombreamento inicial das plântulas, pode proporcionar translocação do herbicida para as plântulas da cultura não alvo e reduzir o desenvolvimento vegetativo, podendo ter efeito adverso sobre a produtividade da cultura (CONSTANTIN et al., 2007; MONQUERO et al., 2010; NASCENTE; CRUSCIOL, 2012). Esses efeitos puderam ser constatados na produção de matéria seca das plântulas de arroz.

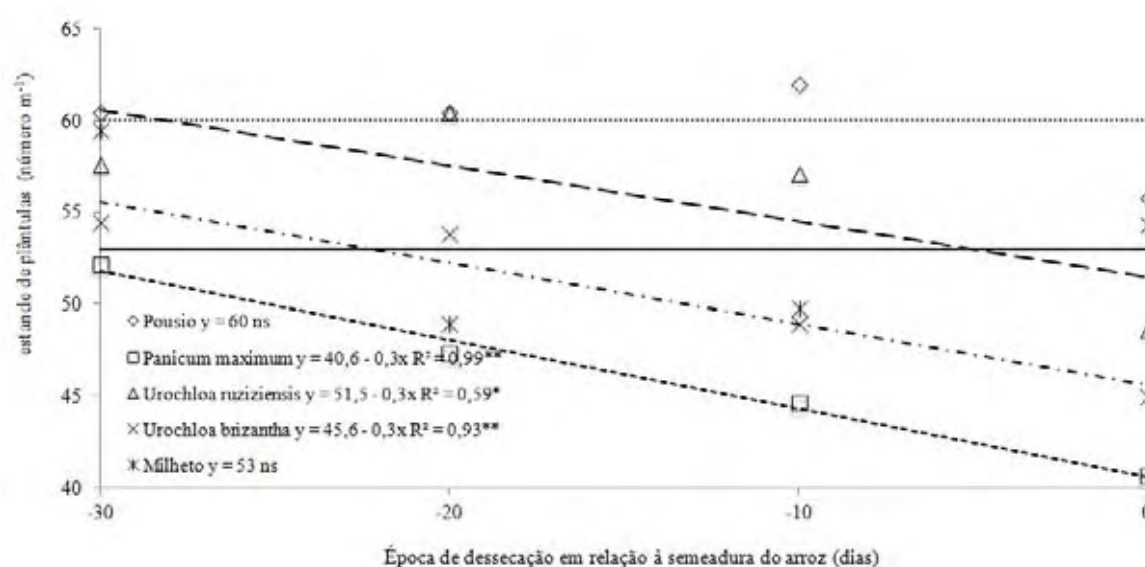


Figura 14. Número de plântulas m^{-2} de arroz em função da época de dessecação das plantas de cobertura em relação à semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.

Ao se aplicar o herbicida com maior intervalo de tempo em relação à semeadura do arroz (mais tempo para que o glifosato atue na planta de cobertura, dessencando-a), observou-se maior quantidade de matéria seca nas plântulas de arroz. Uma solução poderia ser a aplicação de herbicidas alguns dias antes da semeadura, 10 a 20 dias para milheto e pousio e mais de 30 dias para as forrageiras perenes, dependendo da espécie de cobertura, isso proporcionaria a dessecação da cobertura vegetal e facilitaria a operação de semeadura e reduziria a possibilidade de translocação do herbicida para as plantas não alvo. Além disso, os benefícios da dessecação química das plantas de cobertura antes da semeadura

da cultura principal são: a) reduzir a competição por água no desenvolvimento inicial da cultura, b) promover a decomposição de resíduos das plantas de cobertura ou daninhas, que pode fornecer nutrientes para as culturas, c) melhorar a uniformidade da semeadura, d) reduzir possíveis efeitos alelopáticos de plantas de cobertura ou daninhas e e) promover melhor desenvolvimento e maior produtividade de grãos das culturas graníferas (CONSTATIN et al., 2009; MONQUERO et al., 2010; NASCENTE; CRUSCIOL, 2012).

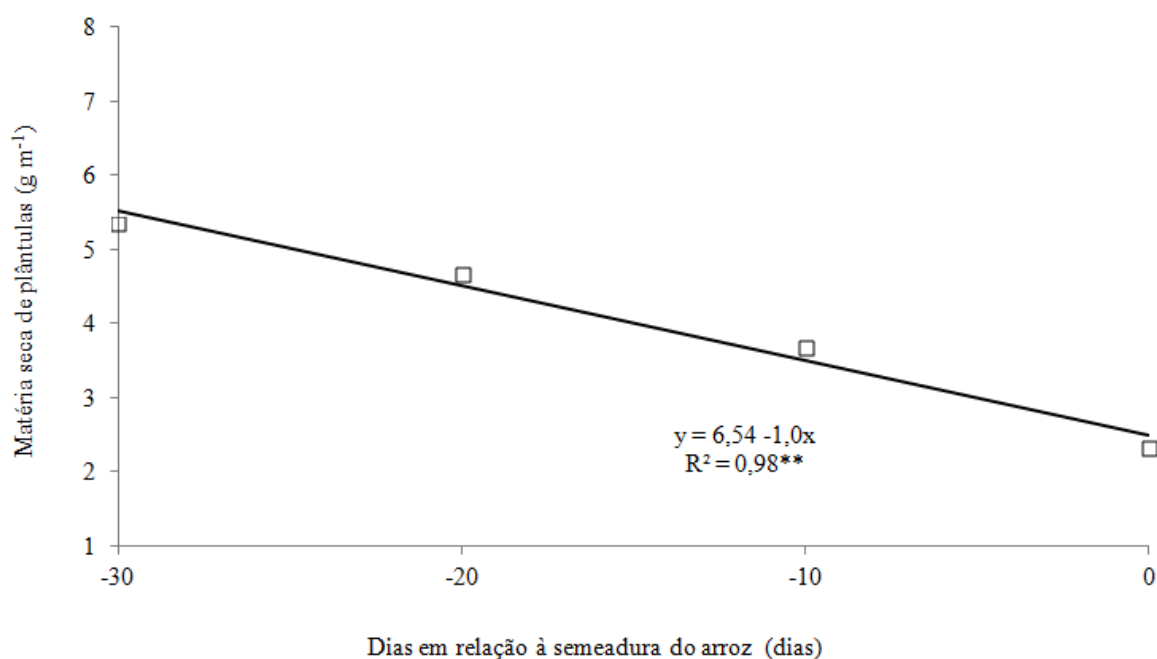


Figura 15. Matéria seca de plântulas de arroz em função da época de dessecação das plantas de cobertura em relação à semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.

Quanto aos componentes de produção, constatou-se efeito significativo das plantas de cobertura para todos os componentes (Tabela 8). Assim, para o número de panículas m⁻² verificou os maiores valores sobre milho e pousio, que diferiram dos resultados obtidos sobre as plantas de cobertura *P. maximum*, *U. ruziziensis* e *U. brizantha*. Nascente et al. (2011b) também relataram valores similares de número de panículas m⁻² para a cultivar BRS Sertaneja no SSD. Cazetta et al. (2008) relataram que dentre as palhas avaliadas no SSD, para o arroz de terras altas, o milho foi uma das que proporcionou o maior número de panículas m⁻². Da mesma forma, Moro (2011) obteve maior número de panículas m⁻² sobre palha de milho, que diferiu dos valores obtidos sobre *U. brizantha* e *U. ruziziensis*. Bordin et

al. (2003) constataram maior número panículas m^{-2} sobre crotalária (*Crotalaria juncea*), seguido do feijão bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*), e do milho.

Em relação ao número de espiguetas panícula⁻¹ (Tabela 8), obteve-se o maior valor sobre milho, sendo diferente de todos os demais tratamentos. Esse valor foi semelhante ao obtido por Cazetta et al. (2008) sobre milho, mas superior aos relatados por Nascente et al. (2011b) e Moro (2011) sobre milho, *U. brizantha* e *U. ruziziensis*. Bordin et al. (2003), que estudou diversas espécies de plantas de cobertura, descreveu maior número de espiguetas panículas⁻¹ sobre feijão bravo do Ceará, seguido da crotalária e milho, que tiveram valores semelhantes.

Para a característica fertilidade das espiguetas (Tabela 8), observou-se maiores valores para milho e *P. maximum*, que diferiram da *U. ruziziensis*, *U. brizantha* e pousio. Nascente et al. (2011b) também obtiveram valores semelhantes para a cultivar BRS Sertaneja. Moro (2011) relatou valores similares para fertilidade das espiguetas sobre milho, *U. brizantha* e *U. ruziziensis*. Também Bordin et al. (2003) descreveram maior fertilidade das espiguetas sobre palha de milho.

No componente massa de 1000 grãos (Tabela 8), constatou-se sobre pousio os maiores valores que diferiu dos demais tratamentos, seguido pelo milho que também diferiu do *P. maximum*, *U. ruziziensis* e *U. brizantha*. Cazetta et al. (2008) não verificaram diferenças entre as plantas de cobertura avaliadas para a massa de grãos. Por outro lado, Moro (2011) verificou maiores valores sobre milho, que diferiu dos obtidos sobre *U. brizantha* e *U. ruziziensis*. Bordin et al. (2003) também constataram maior massa de grãos sobre milho que não diferiu da crotalária.

Adicionalmente, a época de aplicação do herbicida afetou somente o componente de produção panícula m^{-2} (Figura 16), reduzindo de 92 (aplicação 30 dias antes da semeadura do arroz) para 75 (dia da semeadura do arroz).

Com relação ao fator ano, verificou-se efeito nas variáveis número de panícula m^{-2} e número de espiguetas panícula⁻¹. Essas diferenças podem ter ocorrido devido à maior quantidade de massa vegetal pelas plantas de cobertura do ano 2008/09 do que no ano 2009/10 (Tabela 3), que pode ter proporcionado maior translocação do herbicida para as plantas de arroz, prejudicando seu desenvolvimento. No componente de produção massa de 1000 grãos, verificou-se o inverso, ou seja, maiores valores na safra 2008/09 do que na safra

2009/10. Quando se aumenta o número de panículas há tendência de redução do tamanho da panícula, o que resulta em menor massa de grão (SANTOS et al., 2006).

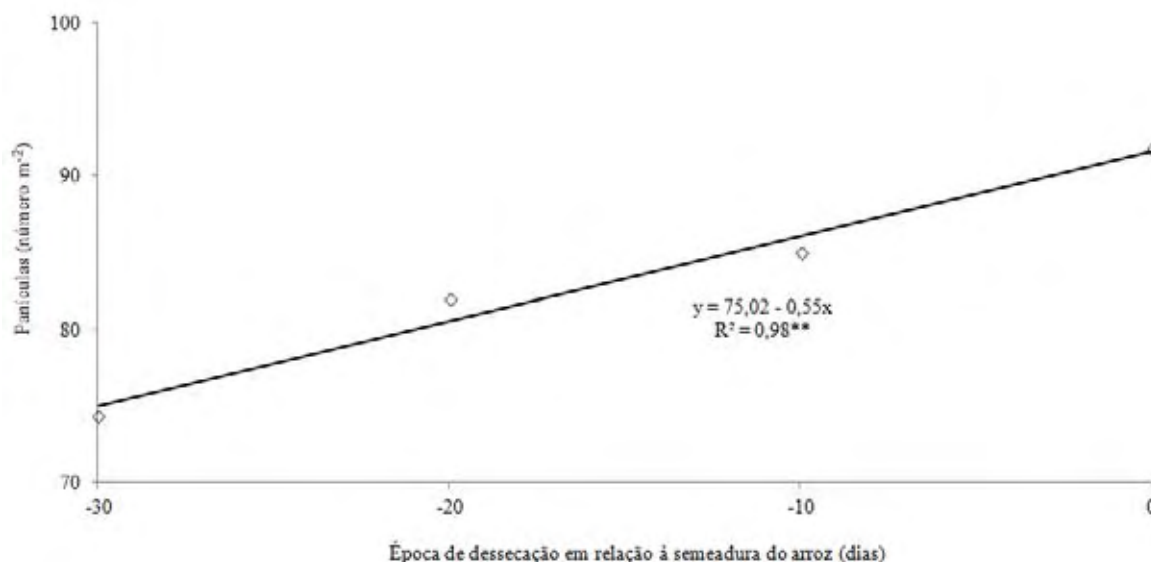


Figura 16. Número de panículas m⁻² do arroz de terras altas em função da época de dessecação das plantas de cobertura em relação a semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.

Quanto à produtividade de grãos do arroz, houve apenas os efeitos isolados dos anos, das plantas de cobertura e da época de dessecação, sem interações (Tabela 8).

A produção de arroz foi maior no ano de 2009/10 do que em 2008/09, o que pode ter sido reflexo dos valores obtidos no estande, panícula m⁻² e espiguetas panícula⁻¹. Isto pode ser explicado pela maior quantidade de biomassa seca produzida pelas plantas de cobertura em 2008/09 em relação à 2009/10 (Tabela 3).

O prejuízo causado nas culturas, devido à aplicação de glifosato em plantas de cobertura, pode ser agravado pela maior produção de matéria seca dessas plantas (YAMADA; CASTRO, 2007; CONSTANTIN et al., 2008; NASCENTE; CRUSCIOL, 2012). Além disso, a presença de grande quantidade de massa vegetal ainda verde no período de emergência das plântulas pode dificultar o desenvolvimento inicial da cultura e causar queda na produtividade (CONSTANTIN et al., 2009; MONQUERO et al., 2010). Corroborando essa informação, houve correlação significativa e negativa entre a quantidade de biomassa de

cobertura vegetal e produção de grãos de arroz, massa de 1000 grãos, número de espiguetas panícula⁻¹ e de número de panículas m⁻² (Tabela 9). Assim, fica a questão se a aplicação do glifosato afetou o desenvolvimento do arroz por causa da produção de matéria seca das plantas de cobertura ou pela data de aplicação do herbicida. De acordo com os resultados, pode-se inferir que a aplicação do glifosato nas plantas de cobertura prejudicou o desenvolvimento do arroz e esses efeitos foram potencializados pelo aumento da produção de biomassa pelas plantas de cobertura.

A aplicação do glifosato na semeadura do arroz causou redução de 544 kg ha⁻¹ de grãos em relação à dessecação realizada 30 dias antes da semeadura (Figura 17). Com isso, verifica-se que as dessecações das plantas de cobertura realizadas próximas à semeadura do arroz ou no “aplique-plante” proporcionam queda significativa na produtividade de grãos, sendo portanto não recomendada. As coberturas como milho e as plantas daninhas que compuseram o pousio, por terem taxa de degradação mais rápida (Tabela 3), podem ser desseccadas mais próximas à semeadura, entre 10 e 20 dias. No entanto, nas forrageiras perenes que são menos sensíveis ao glifosato e demoram mais tempo para serem totalmente desseccadas, o herbicida deve ser aplicado com maior intervalo de tempo em relação à semeadura do arroz (mais de 30 dias). Corroborando essas informações, o coeficiente de correlação foi significativo entre o intervalo de tempo entre a aplicação do herbicida e o dia da semeadura do arroz na produtividade de grãos e número de panículas m⁻² (Tabela 9).

Tabela 9. Coeficiente de correlação de Pearson e probabilidade do teste F entre o dia de aplicação do glifosato ou matéria seca de plantas de cobertura na superfície do solo no dia da semeadura do arroz com os componentes de produção e produtividade do arroz de terras altas. Média das safras 2008/09 e 2009/10.

Variável	Produtividade	Massa de 1000 grãos	Fertilidade das espiguetas	Espiguetas panículas ⁻¹	Panículas m ⁻²
Dia aplicação do glifosato	0,23453 0,0099	0,05038 0,5848	0,01148 0,9009	0,11145 0,2256	0,26718 0,0032
Matéria seca das plantas de cobertura	-0,56047 <,0001	-0,25805 0,0044	-0,02201 0,8114	-0,55791 <,0001	-0,46659 <,0001

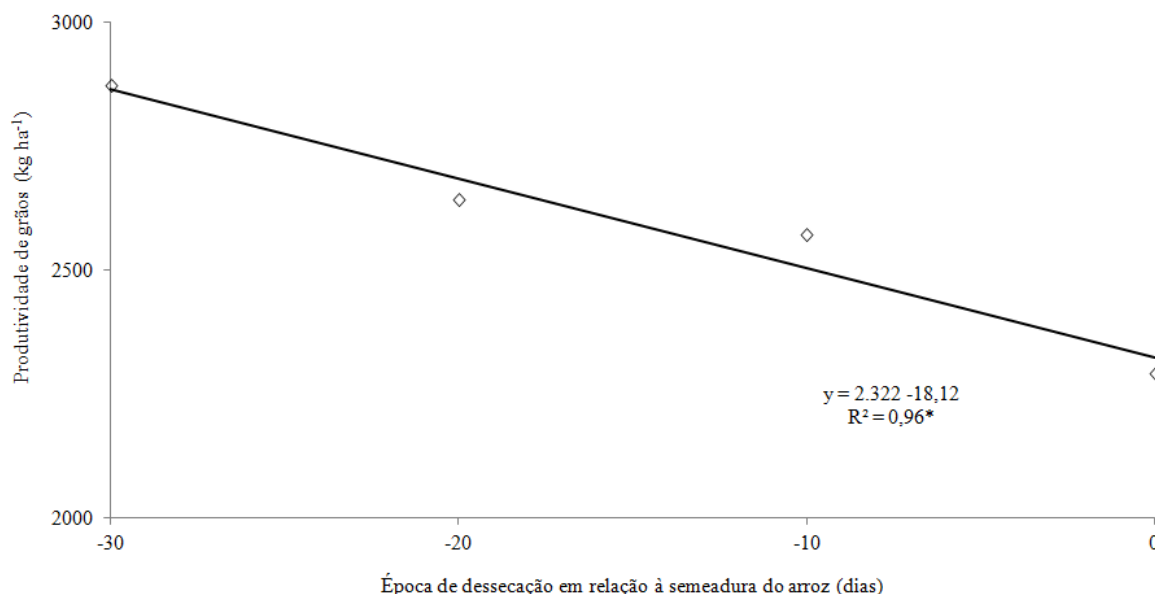


Figura 17. Produtividade de grãos do arroz de terras altas em função da época de dessecação das plantas de cobertura em relação a semeadura do arroz. Média das safras 2008/09 e 2009/10.

Como a produtividade de grãos de arroz é determinada por quatro componentes: 1) número de panículas m⁻², 2) número de espiguetas panícula⁻¹, 3) fertilidade das espiguetas e 4) massa de 1000 grãos (YOSHIDA, 1981), a partir dos resultados obtidos nos componentes de produção, esperava-se que o cultivo do arroz sobre milho proporcionasse a maior produtividade de grãos, o que foi confirmado, pois sobre essa palha constatou-se os maiores valores diferindo de todas as outras plantas de cobertura (Tabela 8). Arf et al. (2003), Bordin et al. (2003), Cazetta et al. (2008), Pacheco et al. (2011b), Crusciol et al. (2011) e Moro (2011) também obtiveram melhores resultados sobre o milho como planta de cobertura na produção de grãos do arroz de terras altas. Eles explicaram que isso ocorreu porque o milho tem rápida degradação e liberação de nutrientes para as plantas de arroz. Além disso, pelos resultados obtidos pode-se inferir que sobre milho as plântulas de arroz foram menos afetadas pela aplicação do herbicida. Portanto, foi possível ter alta produção de arroz de terras altas no SSD, superior à média nacional no ecossistema terras altas, que é de 3.200 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012).

Por outro lado, nas parcelas sobre as plantas de cobertura *U. brizantha*, *P. maximum* e *U. ruziziensis* constatou-se as menores produtividades (Tabela 8). Apesar de

terem sido totalmente controladas com a aplicação do glifosato, essas plantas de cobertura demoram mais tempo para serem dessecadas após a aplicação do produto (MONQUERO et al., 2010; NASCENTE; CRUSCIOL, 2012). Assim, é provável que o herbicida tenha ficado “circulando” por mais tempo dentro dessas plantas e tenha ocorrido maior translocação do glifosato para as plântulas de arroz (como observado pelo aumento dos teores de ácido chiquímico), com reflexos negativos na produtividade de grãos.

Talvez, dessecações realizadas com maior antecedência, em relação à semeadura do arroz, proporcionassem maior produtividade de grãos, sendo, entretanto, necessário estudos para confirmar essa hipótese. Além disso, pode-se investigar a aplicação de maiores quantidades de nitrogênio (superior a 45 kg ha⁻¹) na semeadura quando da utilização dessas plantas de cobertura para avaliar o desenvolvimento do arroz. Vale ressaltar que a utilização do arroz após pastagem foi prática corriqueira na abertura do Cerrado, sem nenhum relato de queda da produtividade, entretanto o manejo do solo era realizado com revolvimento (SANTOS et al., 2006). Estudos sobre espécies de plantas de cobertura na cultura do arroz de terras altas ainda carecem de mais informações, e o uso de forrageiras perenes pode ser viável, desde que se identifique a época ideal para se realizar a dessecação juntamente com a dose aplicada de nitrogênio e evitar problemas no desenvolvimento do cereal. Além disso, como trata-se de trabalho pioneiro, não existe definido valor de acúmulo de ácido chiquímico, mensurado em plantas de arroz devido à aplicação do glifosato em plantas de cobertura, que pode ser considerado prejudicial à cultura, assim, deve-se também estudar a partir de quais quantidades de herbicida, translocadas para as plântulas de arroz há intoxicação na cultura.

Dessa forma, pensando-se num sistema agrícola, pode-se recomendar a utilização do milheto como planta de cobertura para o arroz, e depois da colheita (março) poderiam ser introduzidas forrageiras perenes, como *P. maximum* ou *U. brizantha* ou *U. ruziziensis*, e assim ter grande quantidade de palha no início da estação chuvosa subsequente (Tabela 3) para cultivo de outra cultura. Kluthcouski et al. (2000a) obtiveram maior produtividade de milho, soja e feijão, utilizando forrageiras perenes como plantas de cobertura. Crusciol et al. (2010) também obtiveram melhores resultados com as culturas da soja, aveia branca ou milho sobre a palha de *U. brizantha*. Nascete e Crusciol (2012) tiveram maior produção de soja, em SSD, sobre as palhas de *U. brizantha*, *U. ruziziensis*, *P. maximum* e milheto, que diferiram de pousio incorporado.

5. CONCLUSÕES

O uso de plantas de cobertura proporciona maior estabilidade dos agregados e a redução da densidade do solo.

A palha de milho proporciona a menor densidade e relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ no solo e a maior produtividade do arroz de terras altas.

A aplicação de glifosato nas plantas de cobertura provoca translocação do herbicida para as plântulas de arroz e acúmulo de ácido chiquímico.

A dessecação do milho e pousio deve ser realizada entre 20 e 30 dias antes da semeadura do arroz.

A dessecação de *U. ruziziensis*, *U. brizantha* e *P. maximum* deve ser realizada com mais de 30 dias em relação à semeadura do arroz.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, M.; JONES, M.; WILLIAMS, M. Simulation of N₂O fluxes Irish arable soils: effect of climate change and management. **Biology and Fertility of Soils**, Dordrecht, v. 46, n. 3, p.247-260, 2010.

ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p.519-531, mai./jun. 2004.

AFRICA RICE CENTER (WARDA). **Annual Report 2003–2004**. Cotonou, 2005. 56 p.

AIDAR, H. et al. Bean production and white mould incidence under no-till system. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 43, p. 150-151, 2000.

AITA, C. et al. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o pousio em plantio direto. I - Dinâmica do nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 4, p. 739-749, jul./ago. 2004.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 601-612, jul./ago. 2003.

ALBUQUERQUE, J. A. et al. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 19, n. 1, p. 115-119, jan./abr. 1995.

ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 22, n. 208, p. 25-36, jan./fev. 2001.

ALVES, L. W. R.; SILVA, J. B.; SOUZA I. F. Efeito da aplicação de subdoses dos herbicidas glifosato e oxyfluorfen, simulando deriva sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 889-897, out./dez. 2000.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; VEZZANI, F. M. Nova recomendação de adubação nitrogenada para o pousio sob plantio direto no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, RS, n. 68, p. 30-35, 2002.

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.

ARAÚJO, J. L. et al. Crescimento e produção do arroz sob diferentes proporções de nitrato e de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n.3, p. 921-930, mai./jun. 2012.

ARF et al. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 6, p. 871-879, 2001.

ARF, O. et al. Manejo do solo e adubação nitrogenada para cultivares de arroz de terras altas irrigadas por aspersão. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 60, n. 2, p.348-352, 2003.

ARF, O. et al. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio na produção de arroz de terras altas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v. 27, n. 2, p. 215-223, 2005.

ARF, O. et al. Uso de etil-trinexapac em cultivares de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 42, n. 2, p. 150-158, abril/ junho. 2012.

ASHAGRIE, Y. et al. Soil aggregation, and total and particulate organic matter following conversion of native forests to continuous cultivation in Ethiopia. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 94, n. 1, p. 101-108, May 2007.

ATLIN, G. N. et al. **Agronomic performance of tropical aerobic, irrigated, and traditional upland rice varieties in three hydrological environments at IRRI**. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress Brisbane, Australia, 2004. Disponível em: <http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/1/2/1259_atlina.htm>. Acesso em: 31 maio 2012.

BALBINOT JUNIOR, A. A. et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, set. 2009.

BALDOCK, J. A. et al. Aspects of the chemical-structure of soil organic materials as revealed by solid-state ¹³C NMR spectroscopy. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 16, n. 1, p. 1-42, 1992.

BALESDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 53, n. 3/4, p. 215-230, Feb. 2000.

BARBOSA FILHO, M. P.; YAMADA, T. Upland rice production in Brazil. **Better Crops International**, Atlanta, v. 16, n.esp., p. 43-46, May 2002.

BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I. C. B. Efeito do lodo de esgoto em propriedades físicas de um Latossolo Vermelho eutroférico. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 28, n. 1, p. 65-70, 2007.

BAYER, C. et al. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 86, n. 2, p. 237-245, Apr. 2006.

BAYER, C. et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1/2, p. 101-109, Mar. 2000.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo em ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. rev. atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7-18.

BECERRIL, J. M.; DUKE, S. O.; LYDON, J. Glifosato effects on shikimate pathway products in leaves and flowers of velvetleaf. **Phytochemistry**, Oxford, v. 28, p. 695-699, 1989.

BERNARDES, L. F. **Semeadura de capim-braquiária em pós-emergência da cultura do pousio para obtenção de cobertura morta em sistema de plantio direto**. 2003. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

BERTHELOT, M. P. E. Violet d'aniline. **Report Chim. Appl.**, v. 1, p. 282-284, 1859.

BINKHOLDER, K. M. et al. Selection of glifosato resistant annual bluegrass (*Poa annua* L.) on a golf course. **Weed Science**, Champaign, v. 59, n. 2, p. 286-289, July/Sept. 2011.

BOER, C. A. et al. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 843-851, mar./abr. 2008.

BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, set. 2007.

- BORDIN, I. et al. Matéria seca, carbono e nitrogênio de raízes de soja e milho em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 12, p. 1785-1792, dez. 2008.
- BORDIN, L. et al. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 62, n. 3, p. 417-428, 2003.
- BORGHI, E. et al. Influência da distribuição espacial do milho e da *Urochloa brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema de plantio direto na palha. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 559-568, 2008.
- BOUMAN, B. A. M. et al. Exploring options to grow rice using less water in northern China using a modeling approach II: Quantifying yield, water balance components, and water productivity. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 88, n. 1/3, p. 23-33, Mar. 2007.
- BOUMAN, B. A. M.; TUONG, T. P. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 49, n. 1, p. 11-30, July 2001.
- BRAZ, A. J. B. P. et al. Emergência de plantas daninhas em lavouras de feijão e de trigo após o cultivo de espécies de cobertura de solo. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 621-628, 2006.
- BRAZ, A. J. B. P. **Fitomassa e decomposição de espécies de cobertura do solo e seus efeitos na resposta do feijoeiro e do trigo ao nitrogênio**. 2003. 72 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- BREMNER J. M. Total nitrogen. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 1149-1178. (Agronomy, 9).
- BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, Amsterdam, v. 124, n. 1/2, p. 3-22, Jan. 2005.
- BROWN, G. G.; BAROIS, I.; LAVELLE, P. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. **European Journal of Soil Biology**, Montpellier, v. 36, n. 3/4, p. 177-198, 2000.
- CADISCH, G. et al. Carbon turnover (δC^{13}) and nitrogen mineralization potential of particulate light soil organic matter after rainforest clearing. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 28, n. 12, p. 1555-1567, Dec. 1997.
- CAIRES, E. F. et al. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 87-98, fev. 2006.

- CALEGARI, A. et al. Culturas, sucessões e rotações. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. p. 59-80. (Coleção 500 perguntas 500 respostas).
- CALONEGO, J. C. et al. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.29, n. 1, p. 99-108, jan./ fev. 2005.
- CALONEGO, J.C. **Uso de plantas de cobertura na recuperação de solo compactado**. 2007. 125p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- CALONEGO, J. C. et al. Crescimento de plantas de cobertura em solo compactado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 27, n. 2, p. 289-296, 2011.
- CALONEGO, J. C. et al. Estoque de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v. 25, n. 3, p. 128-135, julho/ setembro. 2012.
- CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 1399-1407, ago. 2008.
- CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Least limiting water range in soil under crop rotations and chiseling. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.35, n.3, p. 759-771, maio/ junho, 2011.
- CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. Soybean root growth and yield in rotation with cover crops under chiseling and no-till. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 33, n. 3, p. 242-249. 2010.
- CAMBARDELLA, C. A. Experimental verification of simulated soil organic matter pools. In: LAL, R. et al. (Ed.). **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 519-526.
- CAMPOS, B. C. et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 19, n. 1, p. 121-126, jan./abr. 1995.
- CAÑAL, M. J.; TAMÉS, R. S.; FERNÁNDEZ, B. Effects of glifosato on phenolic metabolism in yellow nutsedge leaves. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 69, n. 4, p. 627-632, Apr. 1987.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 147-157, fev. 2009.

- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolo Roxo submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 14, n. 1, p. 99-105, jan./abr. 1990.
- CARPIM, L. K. et al. Liberação de nutrientes pela palha de milho em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. spe, p. 2813-2819, dez. 2008.
- CARTER, M. R. Organic matter and sustainability. In: REES, R. M. et al. (Ed.). **Sustainable management of soil organic matter**. New York: CABI Publishing, 2001. p. 9-22.
- CASTRO FILHO, C. et al. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 45- 51, Apr. 2002.
- CASTRO, G.S.A et al. Sistemas de produção de grãos e incidência de plantas daninhas. **Planta daninha**, Viçosa, MG, v.29, n. spe., p. 1001-1010, 2011.
- 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, SP, v.67, n.2, p. 471-479, 2008.
- CESTARE, M. A. **Recuperação da pastagem de capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) após o plantio das culturas de soja e pousio, no sistema de semeadura direta**. 2003. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- CGIAR. Science Council. **IRRI's upland rice research: follow-up review to the 6th IRRI External Program Management Review**. Rome, 2006. 56 p.
- CHRISTENSEN, B. T. Matching measurable soil organic matter fractions with conceptual pools in simulation models of carbon turnover: revision of model structure. In: POWLSON, D. S.; SMITH, P.; SMITH, J. V. (Ed.). **Evaluation of soil organic matter models**. Berlin: Springer-Verlag, 1996. p. 143-159.
- CHRISTENSEN, B. T. **Organic matter in soil: structure, function and turnover**. Tjele: DIAS, 2000. 95 p. (DIAS Report. Plant production, 30).
- CHRISTENSEN, B. T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. **Advances in Soil Sciences**, New York, v. 20, p. 1-90, 1992.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p.
- COBUCCI, T. Manejo integrado de plantas daninhas em sistema plantio direto. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. p. 583-624.

COLLINS, H. P. et al. Characterization of soil organic carbon relative to its stability and turnover. In: PAUL, E. A. et al. (Ed.). **Soil organic matter in temperate agroecosystems: long-term experiments in North America**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 51-72.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, oitavo levantamento safra 2010/2011. Maio 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_06_02_10_59_38_graos_-_boletim_maio-2011..pdf>. Acesso em: 16 jul. 2011.

CONCEIÇÃO, P.C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 777-788, set./out. 2005.

CONSTANTIN, J. et al. Influência do glifosato na dessecação de capim-braquiária e sobre o desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 627-636, 2008.

CONSTANTIN, J. et al. Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 513-520, set. 2007.

CONSTANTIN, J. et al. Sistemas de manejo de plantas daninhas no desenvolvimento e na produtividade da soja. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 68, n. 1, p. 125-135, 2009.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Dessecação antecedendo a semeadura direta pode afetar a produtividade. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, SP, n. 109, p. 14-15, mar. 2005.

CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 2, p. 289-298, fev. 1999.

COSTA, A. G. F. et al. Efeito da redução de doses de glifosato aplicados em aveia preta na produção de material seca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro, SP. **Resumos**. Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2004. 1 CD-ROM.

COSTA, C.H.M. et al. Persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa de crotalária em função da fragmentação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 384-394, 2012.

COUPLAND, D.; LUTMAN, P. Investigations into the movement of glifosato from treated to adjacent untreated plants. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 101, n. 2, p. 315-321, 1982.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. An innovative crop-forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 104, n. 4, p. 1085-1095, 2012.

- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Benefits of integrating crops and tropical pastures as systems of production. **Better Crops International**, Atlanta, v. 94, p. 14-16, 2010.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Nitrate role in basic cation leaching under no-till. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 1975-1984, nov./dez. 2011.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Persistência de palha e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 2, p. 161-168, fev. 2005.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palha de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008.
- CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nitrogen supply for cover crops and effects on peanut grown in succession under a no-till system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, n. 1, p. 41-46, 2009.
- CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 11, p. 1553-1560, nov. 2007.
- CRUSCIOL, C.A.C. et al. Integração Lavoura-Pecuária: benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, SP, n. 25, p. 2-15. 2009.
- CRUSCIOL, C.A.C. Qualidade química do solo. In: DECHEN, S.C.F. **Workshop sobre o Sistema Plantio Direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba: Fundação Agrisus; FEALQ; Campinas: Instituto Agrônomico, p. 103-117, 2007.
- D'ANDRÉA, A. F. et al. Estoque de carbono e formas de nitrogênio mineral em solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p. 179-186, fev. 2004.
- DABNEY, S. M., DELGADO, J. A.; REEVES, D. W. Using winter cover crops to improve soil and water quality. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 32, n. 7/8, p. 1221-1250, 2001.
- DALAL, R. C.; MAYER, R. J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. II. Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 24, n. 2, p. 281-292, 1986.
- DENEFF, K.; SIX, J. Clay mineralogy modifies macroaggregate stabilization through active root growth, plant residues and associated microbial activity. **European Journal of Soil Science**, Montpellier, v. 124, p. 123-129, 2003.

- DERPSCH, R. et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: IAPAR: GZT, 1991. 272 p.
- DIEKOW, J. et al. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping system and N fertilization. **Plant and Soil**, The Hague, v. 268, n. 1/2, p. 319-328, Jan. 2005.
- ELLIOTT, E. T.; CAMBARDELLA, C. A. Physical separation of soil organic matter. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 34, n. 1/4, p. 407-419, Feb. 1991.
- EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Cultivo do arroz de terras altas**. 2003. (Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de produção, 1). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltas/index.htm>>. Acesso em: 31 mar. 2012.
- EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja**. Londrina, 2006. 217 p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 10).
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.
- ERENSTEIN, O.; LAXMI, V. Zero tillage impacts in India's rice-wheat systems: a review. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 100, n. 1/2, p. 1-14, July/Aug. 2008.
- FAGERIA, N. K. **The use of nutrients in crops plants**. Boca Raton: CRC Press, 2009. 430 p.
- FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A.; COELHO, A. M. Yield and yield components of upland rice as influenced by nitrogen sources. **Journal of Plant Nutrition**, London, v. 34, n. 3, p. 361-370, 2011.
- FALLEIRO, R. M. et al. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, nov./dez. 2003.
- FAO. **Conservation agriculture adoptions worldwide**. 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/ca/6c.html>>. Acesso em: 10 maio 2012.
- FAROOQ, M. et al. Strategies for producing more rice with less water. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 101, p. 351-388, 2009.
- FAVERO, C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 171-177, jan./mar. 2000.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Evolução do plantio direto no Brasil**. Disponível em:

<<http://www.febrapdp.org.br/arquivos/EvolucaoAreaPDBr72A06.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2012.

FELLER, C. et al. Approaching "functional" soil organic matter pools through particle-size fractionation. Examples for tropical soils. In: LAL, R. et al. (Ed.). **Assessment methods for soil carbon pools**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 102-132. (Advances in Soil Science).

FELLER, C.; BEARE, N. H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 79, n. 1/4, p. 69-116, Sept. 1997.

FENG, L. P. et al. Exploring options to grow rice under water-short conditions in northern China using a modeling approach. I: Field experiments and model evaluation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 88, n. 1/3, p. 1-13, Marc. 2007.

FERNANDES, B. et al. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 7, n. 3, p. 329-333, set./dez. 1983.

FERRARI NETO, J. et al. Consórcio de gandu-anão com milho: persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 71, n. 2, p. 264-272, 2012.

FERREIRA, A. et al. Produção de biomassa por cultivos de cobertura do solo e produtividade do algodoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 6, p. 546-553, jun. 2010.

FERREIRA, E. A. B. et al. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1625-1635, Dez. 2007.

FERREIRA, E. P. B.; FAGERIA, N. K.; DIDONET, A. D. Chemical properties of an oxisol under organic management as influenced by application of sugarcane bagasse ash. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, CE, v. 43, n. 2, p. 228-236, abr./jun. 2012.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; CARNEIRO, M. A. C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 907-916, maio/jun. 2010.

FOLONI, J. S. S. et al. Aplicação de fosfato natural e reciclagem de fósforo por milho, braquiária, milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, n.3, p. 1147-1155, maio/junho. 2008.

FRANZLUEBBERS, A. J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 66, n. 2, p. 95-106, July 2002.

FRAZÃO, L. A. et al. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy Brazilian Cerrado soil under different land uses. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 135, n.3, p. 161-167, Jan. 2010.

FREIXO, A. A.; CANELLAS, L. P.; MACHADO, P. L. O. de A. Propriedades espectrais da matéria orgânica leve-livre e intra-agregados de dois Latossolos sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 445-453, abr./jun. 2002.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosate na agricultura**. São Paulo: Monsanto do Brasil, 2005. 60 p.

GARCIA, A. R. **Rotação de culturas e propriedades físicas e material orgânica de um latossolo**. 2010. 146 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 12, p. 1489-1498, dez. 2010.

GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R. **Plantio direto: o caminho do futuro**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.

GINE, M. F. et al. Simultaneous determination of nitrate and nitrite by flow injection analysis. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 114, p. 191-197, Feb. 1980.

GOLCHIN, A. et al. Soil structure and carbon cycling. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 32, n. 5, p. 1043-1068, 1994.

GOLCHIN, A.; BALDOCK, J. A.; OADES, J. M. A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics. In: LAL, R. et al. (Ed.). **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 245-266. (Advances in Soil Science).

GONÇALVES, W. G. et al. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 67-75, 2006.

GRIESS, P. Bemerkungen zu der abhandlung der H.H. Weselsky und Benedikt .Ueber einige azoverbindungen. **Chemische Berichte**, Weinheim, v. 12, p. 426-428, 1879.

GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do Solo na Cultura do Arroz de Terras Altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 4, p. 703-707, abr. 2001.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; CASTRO, E. da M. de. Comportamento de cultivares de arroz de terras altas no sistema plantio direto em duas profundidades de adubação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 22. n. 1, p. 53-59, 2006.

- GUIMARÃES, G. L. et al. Culturas de inverno e pousio na sucessão da cultura da soja em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, PR, v. 25, n. 2, p. 339-344, 2003.
- HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; FAGERIA, N. K. Transpiration rate response to water deficit during vegetative and reproductive phases of upland rice cultivars. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 68, n. 1, p. 24-30, jan./fev. 2011.
- HEINRICH, R. et al. Cultivo consorciado de aveia e ervilha: relação C/N da fitomassa e produtividade do pousio em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 331-340, abr./jun. 2001.
- HOLTZ, G. P. **Dinâmica da decomposição da palha e da distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambeí - PR**. 1995. 129 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- HOLZSCHUH, M. J. et al. Resposta do arroz irrigado ao suprimento de amônio e nitrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 1323-1331, set./out. 2009.
- JANZEN, H. H. et al. Management effects on soil C storage on the Canadian Prairies. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 47, n. 3/4, p. 181-195, July 1998.
- JAWORSKI, E.G. Mode of action of N-phosphonomethylglycine: inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 20, n. 6, p. 1195-1198, 1972.
- JINBO, Z.; CHANGCHUN, S.; SHENMIN, W. Dynamics of soil organic carbon and its fractions after abandonment of cultivated wetlands in Northeast China. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 96, n. 1/2, p. 350-360, Oct. 2007.
- KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 425-443.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1997. 825 p.
- KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 36, n. 1, p. 21-28, jan./abr. 2006.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 57, n. 1, p. 97-104, jan./mar. 2000a.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. **Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas**

- direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000b. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 38).
- KRONZUCKER, H. J. et al. Effects of hypoxia on $^{13}\text{NH}_4^+$ fluxes in rice roots kinetics and compartmental analysis. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 116, n. 2, p. 581-587, Feb. 1998.
- KUMAR, V.; LADHA, J. K. Direct seeding of rice: recent developments and future research needs. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 111, p. 297-396, 2011.
- LAL, R. Physical management of soils of the tropics: priorities for the 21st century. **Soil Science**, Baltimore, v. 165, n. 3, p. 191-207, Mar. 2000.
- LANGE, A.; LARA-CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O. Recuperação do nitrogênio das fontes sulfato e nitrato de amônio pelo milho em sistema de semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 1, p. 123-130, jan. 2008.
- LEÓN, L. A.; ARREGOCÉS, O. Factores que afectan la respuesta a la fertilization nitrogenada del arroz. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Arroz: Investigación y producción**. Cali, 1985. p. 307-340.
- LI, Y. L. et al. Contribution of nitrification happened in rhizospheric soil growing with different rice cultivars to N nutrition. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 43, n. 4, p. 417-425, Mar. 2007.
- LIN, S. et al. Response of lowland and aerobic rice to ammonium and nitrate supply during early growth stages. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 28, n. 9, p.1495-1510, 2005.
- LOPES, P. R. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 11, n. 1, p. 71-75, 1987.
- LOSS, A. et al. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 1, p. 68-75, 2009.
- LOSS, A. et al. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 69, p. 913-922, 2010.
- LOVATO, T. et al. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 175-187, jan./fev. 2004.
- LYDON, J.; DUKE, S. O. Glifosato induction of elevated levels of hydroxybenzoic acids in higher plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 36, n. 4, p. 813-818, July/Aug. 1988.

- MACIEL, C. D. G. et al. Influência do manejo da palha de capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) sobre o desenvolvimento inicial de soja (*Glycine max*) e amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 365-373, set./dez. 2003.
- MADARI, B. E. **Fracionamento de agregados**: procedimento para uma estimativa compartimentada do sequestro de carbono no solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 10 p. (Embrapa Solos. Comunicado técnico, 22).
- MAIA, S. M. F. et al. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 71, n. 2, p. 127-138, 2007.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MAROCHI, A. I.; BORGES, J. H.; SCALEA, M. **Urochloa ruziziensis é alternativa de cobertura de solo para o sistema de plantio direto no cerrado**. Newsletter Monsanto em Campo, maio 2005. Disponível em: <http://www.monsanto.com.br/monsanto/brasil/newsletter/geral/03_2005maio/edi01_noticia_Urochloa.asp>. Acesso em: 31 mar. 2012.
- MARTINS, D.; MARTINS, C. C.; COSTA, N. V. Potencial alelopático de soluções de solo cultivado com *Urochloa brizantha*: efeitos sobre a germinação de gramíneas forrageiras e plantas daninhas de pastagens. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 61-70, 2006.
- MATALLO, M. B. et al. Microwave-assisted solvent extraction and analysis of shikimic acid from plant tissues. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n.esp., p. 987-994, dec. 2009.
- MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; NEGRISLOI, E. Palha de sorgo guiné gigante no estabelecimento de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 6, p.539-542, jun. 2004.
- MAULI, M. M. et al. Variation on the amount of winter cover crops residues on weeds incidence and soil seed bank during an agricultural year. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, PR, v. 54, n. 4, p. 683-690, July/Aug. 2011.
- MEDEIROS, R. D. et al. Efeitos da compactação do solo e do manejo da água sobre os componentes de produção e a produtividade de grãos de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 29, n.5, p. 960-967, 2005.
- MELHORANÇA, A. L. et al. Plantas daninhas e seu controle. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. p. 177-194. (Coleção 500 perguntas 500 respostas).

MELHORANÇA, A. L.; VIEIRA, C. P. Efeito da época de dessecação sobre o desenvolvimento e produção da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 21., 1999, Dourados. **Resumos...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1999. p. 224-225.

MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D. Acúmulo de ácido chiquímico em cana-de-açúcar sob sub-doses de glifosato. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 2961-2965.

MOLLOY, L. F.; SPEIR, T. W. Studies on a climosequence of soil in tussock grasslands. 12. constituents of the soil light fraction. **New Zealand Journal of Science**, Wellington, v. 20, n. 2, p. 167-177, 1977.

MONQUERO, P. A. et al. Intervalo de dessecação de espécies de cobertura do solo antecedendo a semeadura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 561-573, 2010.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. 625 p.

MORO, E. **Formas de nitrogênio no solo e produção do arroz de terras altas em plantio direto**. 2011. 120 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MOURA NETO, F. P. **Desempenho de cultivares de arroz de terras altas sob plantio direto e convencional**. 2001. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MOURA NETO, F. P.; SOARES, A. A.; AIDAR, H. Desempenho de cultivares de arroz de terras altas sob plantio direto e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 26, n. 5, p. 904-910, set./out. 2002.

NARIMATSU, K. C. P. **Plantio direto de soja sobre *Urochloa brizantha* no sistema integração agricultura-pecuária**. 2004. 59 p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

NASCENTE, A. S. et al. Desenvolvimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas em função do manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 41, n. 2, p. 186-192, abr./jun. 2011b.

NASCENTE, A. S. et al. Produtividade do arroz de terras altas em função do manejo do solo e da época de aplicação de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 41, n. 1, p. 60-65, jan./mar. 2011a.

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crops and herbicide timing management on soybean yield under no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 2, p. 187-192, fev. 2012.

- NASCENTE, A. S.; PEREIRA, W.; MEDEIROS, M. A. Interferência das plantas daninhas na cultura do tomate para processamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 3, p. 602-606, jul./set. 2004.
- NEVES, C. M. N. et al. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 74, p. 45-53, jun. 2007.
- NUNES, A. S. et al. Épocas de manejo químico de *Urochloa decumbens* antecedendo o plantio direto de soja. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 297-302, abr./jun. 2009.
- OIKEH, S. O. et al. Growth and distribution of maize roots under nitrogen fertilization in plinthite soil. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 62, n. 1, p. 1-13, June 1999.
- OLIVEIRA, F. H. T. et al. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002a. v. 2, p. 394-471.
- OLIVEIRA, P. de et al. Consórcio de milho com braquiária e guandu-anão em sistema de dessecação parcial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1184-1192, out. 2011.
- OLIVEIRA, P. de. **Consórcio de milho com adubos verdes e manejo da adubação nitrogenada no cultivo de feijão em sucessão no sistema integração lavoura-pecuária no Cerrado**. 2010. 125 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- OLIVEIRA, G. C. et al. Compressibilidade de um Latossolo Vermelho argiloso de acordo com a tensão de água no solo, uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, n.5, p.773-781, 2003.
- OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, ago. 2002b.
- OLOFINTOYE, J. A. Tillage and weed control practices for upland rice (*Oryza sativa* L.) on a hydromorphic soil in the Guinea savanna of Nigeria. **Tropical Agriculture**, London, v. 66, n. 1, p. 43-48, Jan. 1989.
- OLOFINTOYE, J. A.; MABBAYAD, B. B. Weed growth, establishment and yield of an upland rice variety under three tillage systems and four seeding rates. **Philippine Agriculturist**, Los Baños, v. 63, n. 4, p. 345-352, Oct./Dec. 1980.
- OONYU, J. Upland rice growing: a potential solution to declining crop yields and the degradation of the Doho wetlands, Butaleja district-Uganda. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 6, n. 12, p. 2774-2783, June 2011.

PACHECO, L. P. **Arroz de terras altas cultivado em sucessão a plantas de cobertura em sistemas de manejo do solo**. 2009. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

PACHECO, L. P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 1, p. 17-25, jan. 2011a.

PACHECO, L. P. et al. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 5, p. 1787-1800, set./out. 2011b.

PASQUALETTO, A.; COSTA, L. M. da. Contribuição de safrinhas em sucessão à cultura da soja em plantio direto sobre a resistência à penetração do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 31, n. 1, p. 55-59, jan./jun. 2001.

PASQUALETTO, A.; COSTA, L. M. da; SILVA, A. A. da. Influência de culturas de safrinha em sucessão a cultura do milho (*Zea mays* L) no sistema plantio direto sobre a resistência a penetração do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 29, n. 2, p. 27-32, jul./dez. 1999.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1996. 340p.

PEDROTTI, A. et al. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 521-529, jul./set. 2001.

PEIXOTO, M. F.; SOUZA, I. F. Efeitos de doses de imazamox e densidades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em soja (*Glycine max* (L.) Merr.) sob plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 252-258, mar./abr. 2002.

PELÁ, A. et al. Avaliação da resistência a decomposição de dez espécies de plantas de cobertura visando o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, RS, n. 53, p. 26, set./out. 1999.

PICCOLO, A.; CELANO, G.; CONTE, P. Adsorption of glifosato by humic substances. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 44, n. 8, p. 2442-2446, Aug. 1996.

PILLON, C. N. et al. Acúmulo de carbono orgânico por sistemas de cultura sob plantio direto em terras baixas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, RS, v. 2, n. 1, fev. 2007. Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia.

PINHEIRO, E. F. M. et al. Fracionamento densimétrico da material orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal em paty do alferes (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 4, p. 731-737, jul./ago. 2004.

- PINHEIRO, E. F. M. **Fracionamento físico e caracterização de matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais**. 2007. 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- PIRES, F. R. et al. Manejo de plantas de cobertura antecessora à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 55, n. 2, p. 94-101, mar./abr. 2008.
- PITELLI, R. A. Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 11, n. 129, p.16-27, 1985.
- POLETTI, N. et al. Padrão de afilhamento em arroz afetado pela presença dos íons amônio e nitrato. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 70, n. 1, p. 96-103, 2011.
- PORTES, T. A. et al. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, jul. 2000.
- PRASAD, R. Aerobic rice systems. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 111, p. 207-247, 2011.
- QU, Y. et al. Mapping QTLs of root morphological traits at different growth stages in rice. **Genetica**, Dordrecht, v. 133, n. 2, p. 187–200, June 2008.
- QUEIROZ, C. A. S. et al. Avaliação da aplicação de glifosato em eucalipto e pinus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD, 2002. p. 567.
- RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1609-1623, nov./dez. 2007.
- RESCK, D. V. S. et al. Efeito do plantio direto e do arado de discos nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob vegetação de Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. v. 4, p. 1840-1841.
- RICORDI, A. H.; TORNISIELO, V. L.; ALMEIDA, G. P. A. Translocação de ¹⁴C-glifosato entre *Urochloa brizantha* e mudas de café (*Coffea arabia*) e citros (*Citrus limonia* Osbeck). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLIFOSATO, 1., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA-UNESP, 2007. p. 307-310. 1 CD-ROM.
- RODRIGUES, J. J. V.; WORSHAM, A. D.; CORBIN, F. T. Exudation of glifosato from wheat (*Triticum aestivum*) plants and its effects on interplanted corn (*Zea mays*) and soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, v. 30, n. 3, p. 316-320, 1982.

- ROMAN, E. S. Eficácia de herbicidas na dessecação e no controle residual de plantas daninhas no sistema desseque e plante. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v. 3, n. 1, p. 45-49, jan./abr. 2002.
- RÖMHELD, V. Dinâmica do glifosato nas rizosferas das plantas-alvo e não alvo. In: **problemas de nutrição e de doenças de plantas na agricultura moderna: ameaças a sustentabilidade?** 2007, Piracicaba. Piracicaba: IPNI, 2007. 1CD-ROM.
- ROSCOE, R. et al. Soil organic matter dynamics in density and particle-size fractions as revealed by the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. **Geoderma**, Amsterdam, v. 104, n. 3/4, p. 185-202, Dec. 2001.
- ROSCOE, R. **Soil organic matter dynamics in a Cerrado Oxisol**. 2002. 156 p. Tese (Doutorado) - Wageningen University, The Netherlands.
- ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 70, n. 2, p. 107-119, Apr. 2003.
- ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. de A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86 p.
- SÁ, J. C. M. de. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro, PR: Fundação ABC, 1993. 96 p.
- SÁ, J. C. M. de. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O. et al. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: UFLA, 1999. p. 267-319.
- SÁ, J. C. M. de; LAL, R. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 103, n. 1, p. 46-56, Apr. 2009.
- SAITO, K. et al. Response of traditional and improved upland rice cultivars to N and P fertilizer in northern Laos. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 96, n. 2/3, p. 216-223, Apr. 2005.
- SALTON, J. C.; KICHEL, A. N. **Milheto: alternativa para cobertura do solo e alimentação animal**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1997. 1 Folder.
- SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. e A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1000 p.
- SANTOS, J. B. et al. Época de dessecação anterior à semeadura sobre o desenvolvimento da soja resistente ao glifosato. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 4, p. 869-875, out./dez. 2007.

SAS INSTITUTE. **Procedure guide for personal computers**. Version 5. Cary, 1999.

SCHMIDT, M. W. I.; NOACK, A. G. Black carbon in soils and sediments: analysis, distribution, implications, and current challenges. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, v. 14, n. 3, p. 777-793, Sept. 2000.

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

SEGUY, L.; BOUZINAC, S. Arroz de sequeiro na fazenda Progresso: 4550 kg/ha. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 58, p. 1-3, jun. 1992.

SILVA, E. C. et al. Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. esp., p. 2853-2861, out./dez. 2008.

SILVEIRA NETO, A. N. et al. Efeitos de manejo e rotação de culturas em atributos físicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 36, n. 1, p.1-20, jan./abr. 2006.

SILVEIRA, P. M. da et al. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 40, n. 3, p. 283-290, jul./set. 2010.

SIMMONS, B. L.; COLEMAN, D. C. Microbial community response to transition from conventional to conservation tillage in cotton fields. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 40, n. 3, p. 518-528, Nov. 2008.

SIQUEIRA NETO, M. et al. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). II - emissões de CO₂ and N₂O emissions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 1023-1029, jul./ago. 2009.

SISTI, C. P. J. et al. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.76, n. 1, p. 39-58, Mar. 2004.

SIX, J. et al. Measuring and understanding carbon storage in afforested soils by physical fractionation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, n. 6, p. 1981–1987, Nov./Dec. 2002.

SIX, J. et al. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 79, p. 7-31, 2004.

SKJEMSTAD, J. O.; DALAL, R. C.; BARRON, P. F. Spectroscopic investigations of cultivation effects on organic matter of Vertisols. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 50, n. 2, p. 354-359, Mar./Apr. 1996.

SKJEMSTAD, J.; DALAL, R. C. Spectroscopic and chemical differences in organic matter of two Vertisols subjected to long periods of cultivation. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 25, n. 3, p. 323-335, 1987.

SOARES, A. A. Desvendando o segredo do insucesso do plantio direto do arroz de terras altas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 25, n. 222, p.61-69, 2004.

SOHI, S. P. et al. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, n. 4, p. 1121-1128, Jul./Aug. 2001.

SOUZA FILHO, A. P. S.; RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. Potencial alelopático de forrageiras tropicais: efeitos sobre invasoras de pastagens. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 15, n. 1, p. 53-60, 1997.

SOUZA, C. F. L. et al. Eficiência de diferentes herbicidas na dessecação de três espécies vegetais para a cobertura do solo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v. 1, n. 1, p.57-60, 2000.

SOUZA, E. D. de et al. Estoque de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetidos a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 1829-1836, nov./dez. 2009.

SOUZA, E. D. et al. Soil aggregation in a crop-livestock integration system under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1365-1374, jul./ago. 2010.

SOUZA, L. S. et al. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p.657-668, dez. 2006.

SPYCHER, G.; SOLLINS, P.; ROSE, S. Carbon and nitrogen in the light fraction of a forest soil: vertical distribution and seasonal patterns. **Soil Science**, Baltimore, v. 135, n. 2, p. 79-87, 1983.

STEVENSON, F. J. **Cycles of soil**: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. New York: J. Wiley, 1986. 380 p.

STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos; STEINMETZ, S. Influência de práticas culturais na capacidade de retenção de água do solo e no rendimento do arroz-de-sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 15, n. 1, p. 63-68, 1980.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Efeitos de sistema de prepare e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 395-401, abr./jun. 2001.

TAO, H. B. et al. Growth and yield formation of rice (*Oryza sativa* L.) in the water-saving ground cover rice production system (GCRPS). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 95, n. 1, p. 1-12, Jan. 2006.

- TATE III, R. L. Humic substances: analytical perplexities. **Soil Science**, Baltimore, v. 161, n. 3, p. 144-166, Mar. 1996.
- TAVARES FILHO, J. et al. Efeito da escarificação na condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 36, n. 3, p. 996-999, jun. 2006.
- TAVARES FILHO, J. et al. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 725-730, jul./set. 2001.
- TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. de C.; RIBON, A. A. Physical properties of dystrophic Red Latosol (Oxisol) under different agricultural uses. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 925-933, maio/jun. 2010.
- THENG, B. K. G.; TATE, K. R.; SOLLINS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical ecosystems. In: COLEMAN, D. C.; OADES, J. M.; UEHARA, G. (Ed.). **Dynamics of soil organic matter**. Manoa: University of Hawaii Press, 1989. p. 5–32.
- THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, Oct. 1993.
- TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palha por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007.
- TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S. Densidade, porosidade e resistência a penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Sciencia Agrícola**, Piracicaba, SP, v.59, n.4, p.795-801, 2002.
- TORRES, J. L. R. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 609-618, jul./ago. 2005.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 1609-1618, jul./ago. 2008.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 421-428, mar. 2008.
- TUONG, T. P.; BOUMAN, B. A. M. Rice production in water scarce environments. In: KIJNE, J.W.; BARKER, R.; MOLDEN, D. (Ed.). **Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement**. Wallingford: CABI, 2003. p. 53-67.

- VEIGA, M. da; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Tillage systems and nutrient sources affecting soil cover, temperature and moisture in a clayey oxisol under corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 2011-2020, nov./dez. 2010.
- VELINI, E. D. et al. Growth regulation and other secondary effects of herbicides. **Weed Science**, Champaign, v. 58, n. 3, p. 351-354, July/Sept. 2010.
- VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 7, p. 873-882, jul. 1984.
- VIVIAN, R. et al. Potencial fitotóxico de glifosato em eucalipto a partir da exsudação radicular de *Urochloa*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLIFOSATO, 1., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA-UNESP, 2007. p. 318-321. 1 CD-ROM.
- WANG, H. X. et al. Improving water use efficiency of irrigated crops in the North China Plain-measurements and modeling. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 48, n. 2, p. 151-167, June 2001.
- WANG, M. Y. et al. Ammonium uptake by rice roots. II. Kinetics of $^{13}\text{NH}_4$ influx across the plasmalemma. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 103, n. 4, p. 1259-1267, Dec. 1993.
- WANG, Q. R.; LI, Y. C.; KLASSEN, W. Changes of soil microbial biomass carbon and nitrogen with cover crops and irrigation in tomato field. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 30, n. 4/6, p. 623-639, 2007.
- WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G. P. Decomposição da palha e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Brasília, DF, v. 32, n. 11, p. 1191-1197, 1997.
- YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, SP, n. 119, p. 1-32, set. 2007.
- YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Manila: International Rice Research Institute, 1981. 269 p.
- ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Impact of glifosato and *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis with glifosato-resistant transgenic soybean: a minireview. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 33, n. 3, p. 825-831, May/June 2004.
- ZONTA, E. et al. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.7-52.
- ZOTARELLI, L. et al. Impact of tillage and crop rotation on light fraction and intra-aggregate soil organic matter in two oxisols. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 95, n. 1/2, p. 196-206, Sept. 2007.

ZOTARELLI, L. **Influência do sistema de plantio direto e convencional com rotação de culturas na agregação, acumulação de carbono e emissão de óxido nitroso num Latossolo Vermelho distroférico.** 2005. 117 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.