



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Sistemas de Produção

DOUGLAS DE CASTILHO GITTI

Engenheiro Agrônomo M.Sc.

**MANEJO DO SOLO, DOSES DE NITROGÊNIO E INOCULAÇÃO DE
Azospirillum brasilense EM ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADO POR
ASPERSÃO SOBRE DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS**

Ilha Solteira

2015

DOUGLAS DE CASTILHO GITTI

Engenheiro Agrônomo M.Sc.

**MANEJO DO SOLO, DOSES DE NITROGÊNIO E INOCULAÇÃO DE
Azospirillum brasilense EM ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADO POR
ASPERSÃO SOBRE DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS**

Tese apresentada à UNESP, Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção.

Orientador: Dr. Orivaldo Arf

Ilha Solteira

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Gitti, Douglas de Castilho.

G536m Manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas irrigado por aspersão sobre diferentes coberturas vegetais / Douglas de Castilho Gitti. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2015
114 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2015



Orientador: Orivaldo Arf
Inclui bibliografia

1. Plantio direto. 2. Cultivo mínimo. 3. Preparo convencional. 4. Coberturas vegetais.


Raiane da Silva Santos

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE DOUGLAS DE CASTILHO GITTI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA.

Aos 17 dias do mês de março do ano de 2015, às 08:00 horas, no(a) Sala de Defesa do DFTASE, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. ORIVALDO ARF do(a) Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA do(a) Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Prof. Dr. SALATIER BUZETTI do(a) Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL do(a) Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, Prof. Dr. SEBASTIÃO FERREIRA DE LIMA do(a) Departamento de Agronomia / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de DOUGLAS DE CASTILHO GITTI, intitulado "Manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de Azospirillum brasilense em arroz de terras altas irrigado por aspersão sobre diferentes coberturas vegetais". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovado. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. ORIVALDO ARF
Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA
Prof. Dr. SALATIER BUZETTI
Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL
Prof. Dr. SEBASTIÃO FERREIRA DE LIMA

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

DOUGLAS DE CASTILHO GITTI – Filho de Décio Gitti e Darlei Regina Castilho Gitti, ex-empresários, nasceu em 15 de dezembro de 1984 na cidade de Sud Mennucci, estado de São Paulo, Brasil, onde cursou o ensino fundamental e, na cidade de Pereira Barreto o ensino médio. Em junho de 2009 obteve o título de Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP-FEIS), período em que ficou marcado pela ativa participação em atividades de iniciação científica, sendo bolsista pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) durante 44 meses ininterruptos (11/2005 a 07/2009). Determinado a continuar os estudos na mesma Universidade que havia se graduado, concluiu o curso de Mestrado em Agronomia em março de 2012, iniciando o Doutorado no mesmo ano, vinculado ao Programa de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, com auxílio da bolsa de doutorado da FAPESP. Atualmente, é Pesquisador responsável do setor de Manejo e Fertilidade do Solo na Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias, e desenvolve pesquisas com as culturas da soja e do milho safrinha no estado de Mato Grosso do Sul.

Dedico,

Aos meus queridos pais, Décio e Darlei, meus anjos da guarda pelos caminhos de Deus.

Pai! Mãe! Obrigado pelo incentivo e força em todos os momentos de minha vida.

Ofereço,

*A minha esposa Paula Fernanda, aos meus irmãos Daccio e
Drielly, aos meus avós, aos meus tios (as), aos meus
primos (as) e ao meu sobrinho Henrique Hideck, pelo
amor e alegria contagiante. Sempre me apoiando em
minhas escolhas, fruto da confiança
edificada nos bons momentos ao lado de todos.*

Agradecimentos

À Deus pelo Dom da vida, sua guia nessa peregrinação terrena, sua luz e paz que colocaste dentro do meu coração.

Aos meus pais, pelo carinho, amor e dedicação com seus filhos.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (SP), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - FEIS/UNESP, pela oportunidade concedida da realização do curso de Engenharia Agrônômica, e agora, por mais uma conquista pessoal e profissional, a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Ao professor Dr. Orivaldo Arf, um agradecimento especial pelo exemplo de pessoa, pela paciência já há alguns anos orientando nos trabalhos acadêmicos.

A todos os professores de Agronomia e Zootecnia da FEIS/UNESP, pela amizade, dedicação e contribuição a minha formação acadêmica.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da FEIS/UNESP, pelo exemplo de simplicidade e amizade e pelos esforços perante a realização deste trabalho.

Aos bibliotecários da FEIS/UNESP, pela dedicação e atenção concedida.

Aos funcionários da seção de Pós-Graduação da FEIS/UNESP.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela bolsa de estudo concedida.

As meus amigos Claudinei Kappes, Daiene, Flávio Hiroshi, João Paulo, José R. Portugal, Marcelo Arf e Rafael Vilela, pela ajuda na condução de vários experimentos.

Ao meu sogro Aparecido Zonta, a minha sogra Clélia e ao meu cunhado Heitor, pela ajuda em várias avaliações, e também, pela amizade, carinho, amor e companheirismo.

A todas as pessoas que de uma maneira ou outra, contribuíram no desenvolvimento deste trabalho, e que mesmo não mencionados neste agradecimento sabem da sua importância em algum momento da minha vida.

Muito obrigado!

Ilha Solteira, São Paulo,
março de 2015.

Douglas de Castilho Gitti

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a influência dos sistemas de manejo do solo, doses de nitrogênio em cobertura e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* no arroz de terras altas cultivado após diferentes coberturas vegetais sobre as características agronômicas e componentes de produção da cultura do arroz de terras altas, o trabalho foi desenvolvido, durante os anos agrícolas de 2011/12 e 2012/13 em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista, no município de Selvíria (MS). O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho-Escuro de textura argilosa, sob vegetação de cerrado. O trabalho é constituído por três subprojetos envolvendo sistemas de manejos do solo, doses de nitrogênio e, presença e ausência de inoculação de sementes com *A. brasilense* sobre as coberturas vegetais milho (subprojeto 1), crotalária (subprojeto 2) e o consórcio milho + crotalária (subprojeto 3). Pode-se concluir que, a massa seca da parte aérea do arroz aumentou com a inoculação de sementes com *A. brasilense* em função da cobertura vegetal e do manejo do solo. Houve redução do número de panículas por m² reduziu nas doses 0 e 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio em sucessão ao milho, e aumento na dose de 120 kg ha⁻¹ em sucessão a crotalária e o milho + crotalária. A massa de 100 grãos aumentou com a inoculação de sementes em sucessão ao milho na dose de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio. A produtividade aumentou linearmente pela maior disponibilidade de nitrogênio em cobertura, independente do manejo do solo e da cobertura vegetal. Em sucessão ao milho não houve influencia da inoculação de sementes, porém, em sucessão a crotalária e o milho + crotalária, maiores produtividades são obtidas no SPD e com doses de nitrogênio de 80 e 120 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: Plantio direto. Cultivo mínimo. Preparo convencional. Coberturas vegetais.

ABSTRACT

In order to evaluate the influence of soil management systems, nitrogen levels in coverage and seed inoculation with *Azospirillum brasilense* in upland rice grown after different cover crops on agronomic characteristics and rice crop production components highlands, the study was conducted during the growing seasons of 2011/12 and 2012/13 in the experimental area of the Teaching Farm and Research of the Universidade Estadual Paulista, in Selvíria (MS). The soil is of type Ferralsol epi-eutrophic Alic and clayey, originally under savannah vegetation. The average annual rainfall is 1,330 mm, the average annual temperature is 25 ° C and the relative humidity of annual mean air of 66%. The work consists of three sub-projects involving soil managements systems, nitrogen levels and presence or absence of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* on the cover crops millet (subproject 1), hemp (subproject 2) and millet consortium + sunnhemp (subproject 3). It can be concluded that the dry weight of shoots of rice increased linearly with inoculation with *Azospirillum brasilense* seeds in function of plant cover in succession and soil management. There was a reduction in the number of panicles per m² reduced the doses 0 and 80 kg ha⁻¹ of nitrogen in succession to millet, and increased 120 kg ha⁻¹ in succession to sun hemp and millet + sunnhemp. The mass of 100 grains increased by inoculation of seeds in succession to millet in the dose of 40 kg ha⁻¹ of nitrogen. Productivity increased linearly by the greater availability of nitrogen in coverage, regardless of soil management and plant cover. In succession to millet no influence seed inoculation, however, in succession to sun hemp and millet + crotalária highest yields are obtained in the SPD and nitrogen doses of 80 and 120 kg ha⁻¹

Keywords: No-tillage system. Minimum tillage. Convencional preparation. Cover crops.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Ranking dos dez maiores produtores de arroz em casca no mundo.....	22
Figura 2.	Consumo mundial em toneladas de arroz em casca no ano de 2007, nos continentes da África, América do Norte, América do Sul, Europa e Ásia, como também os países Brasil, China e Índia.....	23
Figura 3.	Variação diária de precipitação pluvial e da temperatura máxima e mínima do ar, durante o desenvolvimento do arroz em Selvíria, MS, 2011/12 e 2012/13.....	40
Figura 4.	Semeadura das coberturas vegetais no dia 13/09/2011 (esquerda), e aspecto geral do milho aos 13 dias após a semeadura (direita).....	101
Figura 5.	Aspecto geral da crotalaria (esquerda) e do milho + crotalárias aos 13 dias após a semeadura (direita).....	101
Figura 6.	Intersecção entre as coberturas vegetais milho e crotalaria (esquerda), e entre a crotalaria e o milho + crotalaria (direita) aos 49 dias após a semeadura.....	102
Figura 7.	Intersecção entre as coberturas vegetais milho e crotalaria (esquerda), e entre a crotalaria e o milho + crotalaria (direita) aos 52 dias após a semeadura.....	102
Figura 8.	Dessecação química aos 56 dias após a semeadura (esquerda), e manejo mecânico do milho com o Triton® (direita) 2 dias após a dessecação.....	102
Figura 9.	Manejo mecânico da crotalaria (esquerda) e do milho + crotalaria (direita) com o Triton® (direita) 2 dias após a dessecação.....	103
Figura 10.	Aspecto geral da área experimental após o manejo mecânico das coberturas vegetais (esquerda), e coleta da palha para avaliação da massa seca das coberturas vegetais (direita).....	103
Figura 11.	Implemento utilizado para realizar o manejo do solo com escarificador (esquerda), e aspecto geral da área experimental após o manejo do solo (direita).....	104
Figura 12.	Implemento utilizado para realizar o manejo do solo com grade pesada (esquerda), e aspecto geral da área experimental após o manejo do solo (direita).....	104
Figura 13.	Primeira (esquerda) e segunda (direita) operação de nivelamento com grade leve.....	104
Figura 14.	Tratamento de sementes com o inseticida fipronil (esquerda), e diferença de coloração entre as sementes na ausência e presença da inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> (direita).....	105

Figura 15.	Semeadura do arroz no dia 17/11/2011.....	105
Figura 16.	Aplicação do herbicida em pré-emergência no mesmo dia da semeadura do arroz (esquerda), e em pós-emergência (direita) aos 14 dias após a emergência.....	105
Figura 17.	Copos utilizados para aplicação manual do fertilizante nitrogenado (esquerda) e irrigação após aplicação superficial a lanço para incorporação (direita), aos 29 dias após a emergência.....	106
Figura 18.	Faixa do arroz em sucessão ao milho (esquerda), e em sucessão a crotalaria aos 64 dias após a emergência.....	106
Figura 19.	Faixa do arroz em sucessão ao milho + crotalaria (esquerda), e faixa do arroz com manejo do solo realizado com E + GL (direita) aos 64 dias após a emergência.....	107
Figura 20.	Faixa do arroz com manejo do solo realizado com GP + GL (esquerda), e no SPD (direita) aos 64 dias após a emergência.....	107
Figura 21.	Aspecto geral do experimento aos 98 dias após a emergência (esquerda), e colheita aos 107 dias após a emergência (direita).....	108
Figura 22.	Semeadura das coberturas vegetais no dia 03/09/2012 (esquerda), e aspecto geral do milho aos 15 dias após a semeadura (direita).....	109
Figura 23.	Aspecto geral da crotalaria (esquerda) e do milho + crotalaria aos 15 dias após a semeadura (direita).....	109
Figura 24.	Intersecção entre as coberturas vegetais milho e crotalaria (esquerda), e entre a crotalaria e o milho + crotalaria (direita) aos 39 dias após a semeadura.....	110
Figura 25.	Intersecção entre as coberturas vegetais milho e crotalaria (esquerda), e entre a crotalaria e o milho + crotalaria (direita) aos 39 dias após a semeadura.....	110
Figura 26.	Dessecação química aos 60 dias após a semeadura (esquerda), e manejo mecânico do milho com o Triton® (direita) 4 dias após a dessecação.....	111
Figura 27.	Manejo mecânico da crotalaria (esquerda) e do milho + crotalaria (direita) com o Triton® (direita) 4 dias após a dessecação.....	111
Figura 28.	Aspecto geral da área experimental após o manejo mecânico das coberturas vegetais (esquerda), e coleta da palha para avaliação da massa seca das coberturas vegetais (direita).....	112
Figura 29.	Implemento utilizado para realizar o manejo do solo com escarificador (esquerda), e aspecto geral da área experimental após o manejo do solo (direita).....	112

Figura 30.	Implemento utilizado para realizar o manejo do solo com grade pesada (esquerda), e aspecto geral da área experimental no início do manejo do solo (direita)...	113
Figura 31.	Primeira (esquerda) e segunda (direita) operação de nivelamento com grade leve.....	113
Figura 32.	Tratamento de sementes com o inseticida fipronil (esquerda), e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> com produto turfoso (direita)....	113
Figura 33.	Semeadura do arroz no dia 19/11/2012.....	114
Figura 34.	Aplicação dos herbicidas em pré-emergência no mesmo dia da semeadura do arroz (esquerda), e em pós-emergência (direita) aos 14 dias após a emergência.....	114
Figura 35.	Copos utilizados para aplicação manual do fertilizante nitrogenado (esquerda) e aspectos geral da parcela após a aplicação superficial a lanço (direita), aos 23 dias após a emergência.....	114
Figura 36.	Faixa do arroz em sucessão ao milho (esquerda), e em sucessão a crotalária aos 42 dias após a emergência.....	115
Figura 37.	Faixa do arroz em sucessão ao milho + crotalária (esquerda), e faixa do arroz com manejo do solo realizado com E + GL (direita) aos 42 dias após a emergência.....	115
Figura 38.	Faixa do arroz com manejo do solo realizado com GP + GL (esquerda), e no SPD (direita) aos 42 dias após a emergência. a.....	115
Figura 39.	Colheita manual (esquerda), e trilha mecânica do arroz (direita) aos 108 dias após a emergência.....	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Área, produção e produtividade dos estados onde se cultiva o arroz de terras altas no Brasil.....	25
Tabela 2.	Análise química do solo da área experimental na camada de 0,0 a 0,2 m nos sistemas de manejo do solo estudados. Selvíria, MS, Brasil, 2011 e 2012.....	41
Tabela 3.	Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (P) na massa seca da parte aérea das coberturas vegetais e a influência do manejo do solo e da inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria, MS, Brasil, 2011 e 2012..	47
Tabela 4.	Interação entre manejo do solo e cobertura vegetal no teor de nitrogênio na massa seca da parte aérea das coberturas vegetais. Selvíria, MS, Brasil, 2011.....	48
Tabela 5.	Massa seca da parte aérea das coberturas vegetais (MSCV) e teores totais acumulados de nitrogênio (NAC), fósforo (PAC) e potássio (KAC) e a influência do manejo do solo e da inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> . Selvíria, MS, Brasil, 2011 e 2012.....	49
Tabela 6.	Massa seca da parte aérea do arroz (MSPA), índice de clorofila foliar (IC) e teor de nitrogênio foliar (TN) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milheto. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.....	50
Tabela 7.	Interação entre manejo do solo e dose de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milheto sobre a massa seca da parte aérea do arroz. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	50
Tabela 8.	Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milheto sobre o índice de clorofila foliar. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	51
Tabela 9.	Altura de plantas (AP) e número de panículas por m ² (NP) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milheto. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013... ..	53
Tabela 10.	Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milheto sobre a altura de plantas. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	54
Tabela 11.	Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milheto sobre o número de panículas por m ² . Selvíria, MS, Brasil, 2012.....	55

Tabela 12. Número total de espiguetas (ET), espiguetas granadas (EG) e chochas (EC) por panícula em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.	55
Tabela 13. Interação entre manejo do solo e dose de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o número total de espiguetas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2012.....	55
Tabela 14. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o índice de clorofila foliar. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	57
Tabela 15. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o número de espiguetas granadas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	58
Tabela 16. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o número de espiguetas granadas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2012.....	58
Tabela 17. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o número de espiguetas granadas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	59
Tabela 18. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o número de espiguetas granadas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2012.....	59
Tabela 19. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o índice de clorofila foliar. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	60
Tabela 20. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o número de espiguetas chochas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	60
Tabela 21. Massa de 100 grãos (MC) e produtividade (PR) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013....	60
Tabela 22. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre a massa de 100 grãos. Selvíria, MS, Brasil, 2012.....	60

Tabela 23. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre a massa de 100 grãos. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	61
Tabela 24. Rendimento de benefício (RB), rendimento de inteiros (RI) e grãos quebrados (GQ) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013... ..	61
Tabela 25. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o rendimento de benefício. Selvíria, MS, Brasil, 2012... ..	64
Tabela 26. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre a massa de 100 grãos. Selvíria, MS, Brasil, 2013.	64
Tabela 27. Massa seca da parte aérea do arroz (MSPA), índice de clorofila foliar (IC) e teor de nitrogênio foliar (TN) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão a crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.....	65
Tabela 28. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre a massa seca da parte aérea do arroz. Selvíria, MS, Brasil, 2012.	66
Tabela 29. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre a massa seca da parte aérea do arroz. Selvíria, MS, Brasil, 2013..... ..	67
Tabela 30. Altura de plantas (AP) e número de panículas por m ² (NP) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão a crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.	67
Tabela 31. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre o número de panículas por m ² . Selvíria, MS, Brasil, 2012... ..	69
Tabela 32. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre o número de panículas por m ² . Selvíria, MS, Brasil, 2013... ..	69
Tabela 33. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre o número de panículas por m ² . Selvíria, MS, Brasil, 2013... ..	70
Tabela 34. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre o número de panículas por m ² . Selvíria, MS, Brasil, 2013... ..	70

Tabela 35. Número total de espiguetas (ET), espiguetas granadas (EG) e chochas (EC) por panícula em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão a crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.....	71
Tabela 36. Massa de 100 grãos (MC) e produtividade (PR) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão a crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012.....	73
Tabela 37. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre a produtividade. Selvíria, MS, Brasil, 2012.....	74
Tabela 38. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre a produtividade. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	74
Tabela 39. Rendimento de benefício (RB), rendimento de inteiros (RI) e grãos quebrados (GQ) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão a crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.....	75
Tabela 40. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre o rendimento de benefício. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	76
Tabela 41. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre o rendimento de inteiros. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	76
Tabela 42. Massa seca da parte aérea do arroz (MSPA), índice de clorofila foliar (IC) e teor de nitrogênio foliar (TN) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.....	76
Tabela 43. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre a massa seca da parte aérea do arroz. Selvíria, MS, Brasil, 2012.....	78
Tabela 44. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre a massa seca da parte aérea do arroz. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	78

Tabela 45. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre a massa seca da parte aérea do arroz. Selvíria, MS, Brasil, 2012.....	79
Tabela 46. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre o índice de clorofila foliar. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	79
Tabela 47. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre o teor de nitrogênio foliar. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	79
Tabela 48. Altura de plantas (AP) e número de panículas por m ² (NP) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.....	80
Tabela 49. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre a altura de plantas. Selvíria, MS, Brasil, 2012.....	81
Tabela 50. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre o número de panículas por m ² . Selvíria, MS, Brasil, 2012.....	81
Tabela 51. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre o número de panículas por m ² . Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	82
Tabela 52. Número total de espiguetas (ET), espiguetas granadas (EG) e chochas (EC) por panícula em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.....	82
Tabela 53. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre o número de espiguetas granadas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	83
Tabela 54. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre o número de espiguetas chochas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2012.....	84

Tabela 55. Massa de 100 grãos (MC) e produtividade (PR) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.....	84
Tabela 56. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre a produtividade. Selvíria, MS, Brasil, 2012.....	85
Tabela 57. Interação entre manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre a produtividade. Selvíria, MS, Brasil, 2013.....	86
Tabela 58. Rendimento de benefício (RB), rendimento de inteiros (RI) e grãos quebrados (GQ) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com <i>Azospirillum brasilense</i> em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.....	86

SÚMARIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1	Importância econômica da cultura do arroz	22
2.2	Manejo do solo.....	26
2.3	Nitrogênio.....	30
2.4	Coberturas vegetais.....	33
2.5	Bactérias promotoras do crescimento de plantas.....	35
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.1	Cobertura vegetal.....	43
<i>3.1.1</i>	<i>Matéria seca das coberturas vegetais (MSCV).....</i>	<i>43</i>
<i>3.1.2</i>	<i>Teores de N, P e K total acumulado.....</i>	<i>43</i>
3.2	Características agronômicas	43
<i>3.2.1</i>	<i>Emergência das plântulas</i>	<i>43</i>
<i>3.2.2</i>	<i>Floração.....</i>	<i>43</i>
<i>3.2.3</i>	<i>Massa seca da parte aérea do arroz (MSPA)</i>	<i>44</i>
<i>3.2.4</i>	<i>Estimativa do teor de clorofila foliar.....</i>	<i>44</i>
<i>3.2.5</i>	<i>Teor de nitrogênio foliar.....</i>	<i>44</i>
<i>3.2.6</i>	<i>Altura de plantas</i>	<i>44</i>
<i>3.2.7</i>	<i>Maturação.....</i>	<i>47</i>
<i>3.2.8</i>	<i>Acamamento de plantas</i>	<i>44</i>
3.3	Componentes de produção e produtividade	45
<i>3.3.1</i>	<i>Número de panículas por m²</i>	<i>45</i>
<i>3.3.2</i>	<i>Número total de espiguetas por panícula</i>	<i>45</i>
<i>3.3.3</i>	<i>Número de espiguetas granadas e chochas por panícula.....</i>	<i>45</i>
<i>3.3.4</i>	<i>Massa de 100 grãos.....</i>	<i>45</i>
<i>3.3.5</i>	<i>Produtividade.....</i>	<i>45</i>
<i>3.3.6</i>	<i>Rendimento de benefício.....</i>	<i>45</i>
3.4	Análise estatística dos dados.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47

4.1	Coberturas vegetais.....	47
4.2	Arroz em sucessão ao milho (subprojeto 1).....	50
4.3	Arroz em sucessão a crotalária (subprojeto 2).....	64
4.4	Arroz em sucessão ao milho + crotalária (subprojeto 3).....	76
5	CONSIDERAÇÕES.....	88
5.1	Características agronômicas.....	88
5.1.1	<i>Massa seca da parte aérea do arroz, índice de clorofila e teor de nitrogênio foliar.....</i>	88
5.1.2	<i>Número mais provável de colônias de Azospirillum spp. nas raízes e altura de plantas.....</i>	88
5.2	Componentes de produção e produtividade.....	89
5.2.1	<i>Número de panículas por m².....</i>	89
5.2.2	<i>Número total de espiguetas, espiguetas granadas e chochas por panícula.....</i>	90
5.2.3	<i>Massa de 100 grãos e produtividade.....</i>	91
5.2.4	<i>Rendimento de benefício, grãos inteiros e quebrados.....</i>	92
6	CONCLUSÕES.....	93
	REFERÊNCIAS.....	94
	APÊNDICE A – FOTOS DA ÁREA EXPERIMENTAL (SAFRA 2011/12).....	101
	APÊNDICE B – FOTOS DA ÁREA EXPERIMENTAL (SAFRA 2012/13)...	119

1 INTRODUÇÃO

A capacidade produtiva do arroz em cultivo no sistema de irrigação por inundação são as maiores, sendo os Estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) os maiores produtores nacionais de arroz irrigado, com médias de produtividades entre os anos de 2005 a 2009, de 6.702 e 6.892 kg ha⁻¹ (IBGE, 2011), respectivamente. Para a safra 2010, o cultivo do arroz pelo sistema de inundação foi responsável por mais de 72% da produção nacional. Por outro lado, o sistema de terras altas é responsável por 10% da produção de arroz brasileiro. Predominante na região Centro-Oeste e representada pelos Estados de Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS) e Goiás (GO) a produtividade média foi de 2.988 kg ha⁻¹, sendo a maior dentro desse sistema de cultivo do arroz. A diferença média de produtividade entre os sistemas de cultivo são marcantes. Embora sistemas muito distintos, o potencial produtivo do arroz é expresso no sistema inundado e ainda não obtido no sistema de terras altas.

A redução na abertura de novas áreas agrícolas insere o arroz de terras altas em sistemas de rotação de culturas, integrando ambientes de produção mais complexos com outras culturas ou até mesmo com pastagens. No entanto, o uso do sistema plantio direto (SPD) no cultivo do arroz de terras altas ainda é bastante incipiente (REIS; SOARES; GUIMARÃES, 2004). Trabalhos de pesquisa estão sendo realizados na busca de informações para tornar essa prática vantajosa para o orizicultor de terras altas.

O manejo adequado para a cultura do arroz de terras altas em cada sistema de produção pode proporcionar produtividade e lucratividade elevada, considerando o potencial produtivo que a cultura exprime no sistema irrigado por inundação. Práticas agrícolas como: o manejo do solo, a escolha da cobertura vegetal, o fornecimento adequado de nitrogênio (N) e, atualmente a possibilidade da utilização de bactérias fixadoras de N atmosférico e sintetizadores de hormônios do crescimento, como o *Azospirillum brasilense* podem elevar a produtividade do arroz de terras altas.

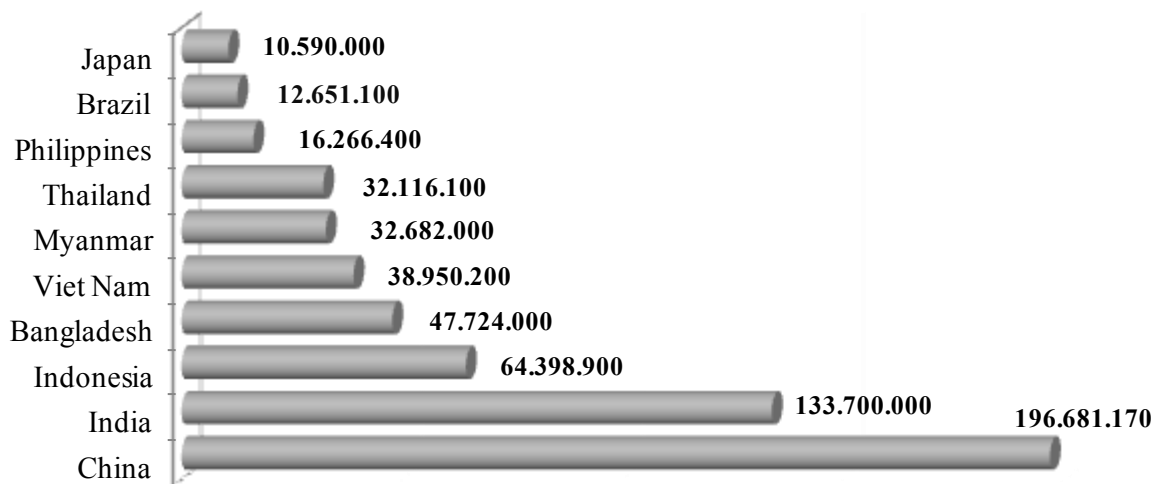
Assim, o projeto teve como objetivo avaliar a influência dos sistemas de manejo do solo, doses de nitrogênio em cobertura e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* no arroz de terras altas cultivado após diferentes coberturas vegetais sobre as características agronômicas e componentes de produção da cultura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica da cultura do arroz

A produção mundial de arroz beneficiado em 2010/11 foi de 466,6 milhões de toneladas, ocupando a terceira posição no ranking dos cereais mais produzidos mundialmente, ficando abaixo do milho com 845,3 milhões de toneladas, e do trigo, que obteve 651,7 milhões de toneladas. A taxa de exportação mundial de arroz foi de 7% em 2010/11, sendo ainda uma cultura predominantemente consumida nos próprios países produtores, como observado no continente asiático, que produz e consome 90% do arroz mundial. A China e a Índia são os maiores produtores mundiais de arroz, com produção de aproximadamente 197 e 134 milhões de toneladas (Figura 1), respectivamente (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS/CENTRAL BUREAU OF STATISTICS - FAO/CBS, 2012).

Figura 1. Ranking dos dez maiores produtores de arroz em casca no mundo.

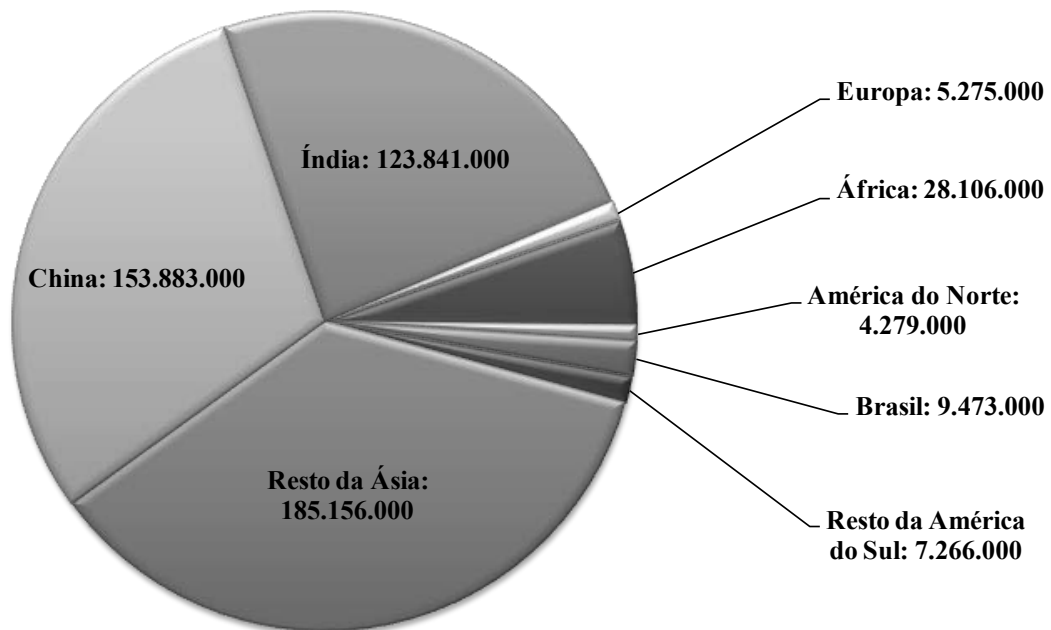


Fonte: FAO (2012a).

Grande parcela da população mundial está presente na Ásia e sendo o arroz uma importante fonte de calorias para a população asiática, faz deste continente os maiores consumidores de arroz (Figura 2), sendo a China e a Índia, no ano de 2007, os países responsáveis pelo consumo de mais de 50% da produção mundial deste cereal (FAO, 2012b). A África ocupa a segunda posição entre os continentes que mais consomem arroz, porém em quantidade muito inferior que os asiáticos. Apresentando as menores taxas de consumo de arroz, temos a América do Sul, América do Norte e Europa, que juntos consomem uma quantidade menor que o segundo colocado, ou seja, a África.

Entre os países do continente americano, o Brasil é o maior consumidor de arroz, apresentando um consumo de 9,473 milhões de toneladas em 2007.

Figura 2. Consumo mundial em toneladas de arroz em casca no ano de 2007, nos continentes da África, América do Norte, América do Sul, Europa e Ásia, como também os países Brasil, China e Índia.



Fonte: FAO (2012b).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial atingiu 7 bilhões de pessoas em outubro de 2011 e pode chegar a 9 bilhões em 2050, segundo estimativas da ONU (FAN, 2011). Quase todo o crescimento populacional, ou seja, 97% são projetados para vir de países em desenvolvimento, especialmente na Ásia e África. Quanto à taxa de aumento na produtividade do arroz, na última década caiu para menos de 1% em comparação com 2-3% obtido durante o período da Revolução Verde, de 1967 a 1990 (MOHANTY, 2011). A demanda por arroz está crescendo mais rápido que a produção e, considerando que milhões de pessoas dependem do arroz para reposição de suas necessidades calóricas, principalmente as pobres e famintas em países em desenvolvimento, a importância da cultura se mostra ainda maior para o mundo.

Países da África subsaariana e da América do Norte possuem potencial para expansão e aumento da produtividade do arroz com intuito de suprir parte da demanda mundial desse cereal. A presença de clima favorável, terras agricultáveis e água em países localizados ao Sul da África são pontos positivos para o cultivo do arroz, no entanto a produtividade do arroz é baixa em relação aos países asiáticos, tendo em vista a instabilidade política e a infra-estrutura precária. De outro

lado, países como: Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai podem expandir a produção do arroz, desde que o mercado apresente rentabilidade semelhante ou superior às atuais culturas concorrentes, como: soja, algodão e trigo.

No Brasil a área cultivada pelo arroz no ano 2010 foi de 2,709 milhões de hectares, com produção de 11,308 milhões de toneladas de arroz em casca, ocupando a terceira posição no ranking da área cultivada e produção entre as cultura anuais produtoras de grãos. A maior parte da área cultivada pelo arroz no Brasil, ou seja, 45,6% está na região Sul do país. O sistema de cultivo por inundação é o sistema característico utilizado pelos produtores desta região, e responsável por 71,9% da produção nacional do arroz. A capacidade produtiva do arroz em sistemas de irrigação por inundação é a maior, sendo os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina os maiores produtores nacionais de arroz, com médias de produtividades para o ano 2010 de 6.626 e 6.922 kg ha⁻¹, respectivamente (IBGE, 2011).

O sistema de cultivo de terras altas no ano 2008 foi responsável por aproximadamente 24,3% da produção de arroz brasileiro (Tabela 1). Esse sistema de cultivo do arroz pode ser encontrado em 22 dos 27 estados brasileiros. Entre as regiões produtoras de arroz de terras altas destacam-se os estados do Mato Grosso, Maranhão, Pará, Goiás, Piauí e Tocantins. A produtividade média para o arroz de terras altas no ano de 2008 foi de 1.884 kg ha⁻¹, bem abaixo da média nacional (3.794 kg ha⁻¹) e do cultivo no sistema irrigado (5.634 kg ha⁻¹).

A variabilidade nas condições climáticas e a maior incidência de estresses bióticos e abióticos fazem com que os níveis de produtividade do arroz de terras altas fiquem abaixo dos 2.000 kg ha⁻¹ na média nacional. Obviamente que a baixa média nacional de produtividade de arroz de terras altas está ligada ao fato de que muitas áreas são cultivadas de forma extensiva, de caráter quase extrativista, onde o arroz entra em cultivos consorciados, com baixo nível de adoção de tecnologia. Porém, existem também regiões onde o arroz de terras altas produz mais de 4.000 kg ha⁻¹, com adoção de práticas de manejo visando a aperfeiçoar o sistema produtivo e o resultado econômico-financeiro dos produtores (WANDER, 2010).

No cenário mundial o Brasil se destaca por ser o único país onde o arroz de terras altas tem participação importante na produção e abastecimento interno deste produto. No final da década de 1980 o arroz de terras altas ocupava 80% da área e respondia por mais da metade da produção nacional de arroz. No período de 1988 a 2008 (20 anos), o arroz de terras altas teve sua área de plantio reduzida em 70%, sua produção diminuiu 55%, porém sua produtividade cresceu 49%. Os ganhos de produtividade do arroz de terras altas, em termos relativos, foram até superiores ao arroz irrigado por inundação, cuja produtividade aumentou 47% no mesmo período (WANDER, 2010).

Tabela 1. Área, produção e produtividade dos estados onde se cultiva o arroz de terras altas no Brasil.

Estado	Área cultivada (ha)	Produção (t)	Produtividade (kg ha⁻¹)
Mato Grosso	239.133	679.960	2.843
Maranhão	469.334	660.286	1.407
Pará	158.581	292.811	1.846
Goiás	94.340	196.606	2.084
Piauí	125.123	187.267	1.497
Tocantins	103.171	186.340	1.806
Rondônia	66.437	144.311	2.172
São Paulo	22.600	81.948	3.626
Paraná	27.739	54.210	1.954
Minas Gerais	29.121	48.247	1.657
Ceará	23.674	43.276	1.828
Bahia	23.829	35.464	1.488
Acre	12.660	20.200	1.596
Santa Catarina	7.253	17.601	2.427
Rio Grande do Sul	4.863	10.926	2.247
Amazonas	4.800	9.124	1.901
Mato Grosso do Sul	3.778	8.640	2.287
Roraima	4.000	7.000	1.750
Paraíba	5.999	5.772	962
Amapá	3.215	3.568	1.110
Rio Grande do Norte	730	1.032	1.414
Arroz de terras altas	1.430.380	2.694.589	1.884
Arroz irrigado	1.484.936	11.060.741	3.794

Fonte: Wander (2010).

Tendo em vista a necessidade do aumento da produção de arroz para suprir sua demanda crescente no mundo, como também a importância de se produzir mais e com sustentabilidade, desperta o interesse pelo sistema de cultivo do arroz em terras altas no Brasil. O arroz pode se tornar mais uma opção para rotacionar as culturas em área que utilizam o sistema plantio direto (MORENCO; SANTOS, 1999), principalmente na região Centro-Oeste. Nesta região, a área ocupada com soja e feijão na primeira safra em 2010 foi de 31,609 e 1,076 milhões de hectares, respectivamente. Na segunda safra é comum a utilização do cultivo de milho safrinha, que ocupou 13,516 milhões de hectares no mesmo ano. Assim, o cultivo de arroz poderia ser realizado após o cultivo de soja e feijão, como também substituir o milho safrinha, desde que haja lucratividade ao sistema de produção planejado. A utilização de híbridos com maior potencial genético e o cultivo em áreas com elevada fertilidade do solo, manejadas tecnologicamente, podem aumentar a produção do arroz no Brasil e aumentar as opções aos sistemas agrícolas.

2.2 Manejo do solo

O manejo do solo pelo conjunto de diferentes práticas associadas visa manter as características físicas, químicas e biológicas do solo, proporcionando obtenção de altas produtividades por tempo ilimitado. Atualmente a utilização do sistema de plantio direto se tornou uma ferramenta sustentável para conservação do solo e recursos hídricos nos países de clima tropical. No entanto, o cultivo convencional do solo pelo revolvimento superficial por implementos como grades e arados, é uma realidade, especialmente em áreas degradadas ou com problemas de compactação do solo.

A capacidade de produção do arroz de terras altas é diferente em cada manejo do solo. Segundo Kluthcouski et al. 2000 os manejos que movimentaram maior volume de solo e rompem a camada compactada, como a aração e escarificação, demonstram ser benéficas para o arroz devido a planta ser altamente sensível às condições de porosidade do solo, confirmando as observações de Seguy et al. (1989) que relatam ser esta gramínea bastante sensível à condição de baixa macroporosidade no solo, independente das condições hídricas do ano agrícola.

A fragilidade do sistema radícula do arroz pode ser um motivo das baixas produtividades da cultura no sistema plantio direto. Conforme Guimarães e Moreira (2001), o sistema radicular do arroz é reduzido com o aumento da densidade do solo a partir de $1,2 \text{ g cm}^{-3}$. Conforme Atwell (1990), o crescimento das raízes seminais é, também, muito sensível à compactação do solo. Esse autor verificou um crescimento de $0,6$ e $1,78 \text{ cm dia}^{-1}$, em solo compactado e descompactado, respectivamente. Por outro lado, Grohmann e Queiroz Neto (1966) observaram uma total inibição do crescimento radicular de plântulas de arroz nas densidades do solo superiores a $1,38 \text{ g cm}^{-3}$. Em condições de elevada compactação do solo, seu preparo com grade, escarificador ou arados de aivecas pode ser o melhor método identificado até o momento para o arroz de terras altas.

O aumento da densidade do solo em sistema plantio direto é devido à movimentação das máquinas e dos implementos agrícolas usados nas várias etapas do processo produtivo e podem comprometer a produtividade do arroz. Segundo Guimarães, Stone e Castro (2006), o mecanismo de distribuição do fertilizante das semeadoras do sistema plantio direto podem contribuir rompendo parte da camada compactada e induzir o aprofundamento do sistema radicular do arroz de terras alta.

O efeito de dois mecanismos rompedores do solo e dois tipos de roda compactadora em semeadora-adubadora, no condicionamento físico do solo e no desenvolvimento de plantas de milho em semeadura direta, foi estudado por Mello e Takahashi (2000). Os autores verificaram

que não houve diferença entre os tratamentos, porém o rompedor tipo facão permitiu aumento de 11% na produtividade quando comparado ao mecanismo rompedor tipo disco, sendo a produtividade superior em 714 kg ha⁻¹. O mecanismo rompedor tipo facão teve maior eficiência no rompimento da camada superficial do solo, causando a diminuição da densidade e aumento da porosidade do solo, atenuando o problema de compactação.

Kamimura et al. (2009), avaliando as propriedades físicas do solo manejado com grade, escarificador e sistema plantio direto, concluiu que a macroporosidade e a porosidade total do solo em sistema plantio direto apresentou menores valores, além de maior resistência à penetração e densidade do solo nos primeiros 0,10 m do solo, o que muitas vezes interfere negativamente no desenvolvimento do sistema radicular do arroz, levando à menor produtividade de grãos.

Experimentos conduzidos na Embrapa Arroz e Feijão indicam que o desempenho da cultura do arroz de terras altas no sistema plantio direto melhora com o passar dos anos (STONE; STEINMETZ; SANTOS, 1984). Segundo Stone et al. (2002), a produtividade do arroz de terras altas sob sistema plantio direto e no preparo com arado foram na média de quatro anos, respectivamente, 32 e 21 % superiores à obtida no preparo com grade. Os autores mencionam que o aumento do conteúdo de matéria orgânica com o tempo no sistema e o efeito das raízes das culturas de coberturas na reestruturação do solo podem reduzir a densidade deste.

Valores obtidos em experimento conduzido por 20 anos mostraram que o sistema plantio direto proporciona acúmulo de matéria orgânica, fósforo extraível e potássio trocável, na camada de 0-0,05 m em relação aos manejos com preparo do solo, e maior teor de carbono orgânico nas camadas 0-0,05 e 0,05-0,10 m. No entanto, da camada 0-0,05 para a 0,15-0,20 m os teores de matéria orgânica, fósforo e potássio diminuem progressivamente no sistema plantio direto (SANTOS et al., 2008).

Moura Neto, Soares e Aidar (2002), avaliando quatorze cultivares de arroz de terras altas em plantio direto, conduzido à 14 anos, verificaram produtividade de grãos semelhantes entre o preparo convencional e o sistema plantio direto. Nascente et al. (2011), também obteve produtividades semelhantes entre o preparo convencional do solo (aiveca e grade) em relação ao sistema plantio direto. Porém, os autores mencionam que o fornecimento de nitrogênio todo na semeadura e parte na semeadura e em cobertura proporcionou respostas diferentes entre os manejos do solo.

2.3 Coberturas vegetais

A agricultura convencional trouxe muito progresso para a Ciência Agrônômica em termos de conhecimentos e de produtividade por unidade de área em curto prazo; entretanto, o uso inadequado dessa tecnologia tem ocasionado degradação do solo e do ambiente (CARNEIRO et al., 2004). Castellini et al. (2006) afirmam também, que o preparo convencional do solo requer maior consumo de energia fóssil, principalmente pelo alto consumo de fertilizantes e defensivos agrícolas, e contribui para o efeito estufa através do aumento da liberação de CO₂ para a atmosfera, colocando em cheque a sobrevivência desse modelo de desenvolvimento.

Atualmente estratégias ecológicas são adotadas visando estabelecer maiores produtividades através de uma agricultura sustentável. Elas se apóiam na diversificação de sistemas de cultivo, manejo preservacionista do solo, rotação de culturas e consórcios, utilização de adubos verdes e de controle biológico de pragas, tal como o emprego eficiente dos recursos naturais.

Entre as ferramentas tecnológicas sustentáveis, o sistema plantio direto é um importante degrau para elevar a produtividade das culturas de maneira ambientalmente correta. Ele é utilizado em diversas regiões do Brasil, abrangendo na safra de 2005/06 uma área de aproximadamente 25,5 milhões de hectares, tendo contribuído para tal expansão a introdução do sistema na região dos cerrados no início da década de 1990 (FEBRAPDP, 2011). A principal dificuldade encontrada em tais áreas se refere à manutenção da palha sobre a superfície do solo, dadas às estações bem definidas, com precipitação concentrada na primavera/verão, dificultando a produção de fitomassa na entressafra, e com altas temperaturas acelerando a decomposição da palha.

A produção de fitomassa é imprescindível para o sistema, pois protege o solo da erosão, contribui para melhoria da fertilidade, aumenta a infiltração e disponibilidade de água para as plantas, minimizando os impactos ao ambiente. Para Andrioli et al. (2008), o sucesso na implantação e no estabelecimento do sistema plantio direto está fortemente relacionado com a alta produção de fitomassa nos sistemas de rotação, sem a qual os objetivos e vantagens dessa forma de cultivo não são alcançados.

Entre os benefícios desse sistema, o aumento no estoque de carbono orgânico em comparação ao preparo convencional do solo, é de fundamental importância, uma vez que contribui diretamente para o aumento na adsorção de água e nutrientes as plantas, e também possibilita melhorias na estrutura do solo, sendo este efeito restrito às camadas superficiais e também depende das espécies utilizadas no sistema produtivo. Nas regiões tropicais e subtropicais, a redução do potencial produtivo dos solos agrícolas está relacionado principalmente aos processos de erosão e decomposição da matéria orgânica do solo (BAYER et al., 2004).

Segundo Amado et al. (2002), o sistema de cultivo é um dos principais fatores que condiciona a velocidade de decomposição/mineralização da matéria orgânica do solo e dos resíduos vegetais deixados pelas culturas, coberturas vegetais e, ou, vegetação espontânea. Silva et al. (2006a), avaliando o teor de carbono orgânico e de nitrogênio total no solo não obtiveram aumento pelo cultivo em um ano, de milheto, crotalária e da área em pousio. Todavia, segundo Bayer et al. (2004), o acréscimo do teor de carbono orgânico e de nitrogênio total no solo somente ocorre ao longo dos anos. Bayer e Mielniczuk (1997), observaram que há aumento no teor de nitrogênio total até a camada de 0-0,075 m quando se utilizam sistemas de cultivo com menor mobilização do solo, após cinco anos de avaliação. Para Fernandez et al. (1998), o aumento na matéria orgânica em sistema plantio direto foi após oito anos da instalação do sistema, na camada de 0-0,075 m.

Os benefícios do sistema plantio direto proporcionado pelo aumento, em longo prazo, da matéria orgânica estão relacionados a fatores climáticos, tipos de solo e intrínsecos as espécies utilizadas como cobertura vegetal. Quanto a espécies, a relação carbono/nitrogênio (C/N), teores de lignina e celulose, presença de fenóis e a carga de nutrientes dos resíduos também influencia a taxa de decomposição e a relação imobilização/mineralização.

Existe um grande número de espécies que podem ser utilizadas como coberturas vegetais. No entanto, a escolha por determinada cobertura vegetal é realizada de acordo a disponibilidade de sementes na região e o preço. As características técnicas como capacidade de produção de palha, cobertura do solo, decomposição da palha, liberação de nutrientes, relação C/N entre outras são importantes, mais não decisivas na escolha da espécie que cobrirá o solo. Entre as gramíneas, o milheto tem sido utilizado na maioria das áreas em sistema plantio direto. Quanto às leguminosas, a mais utilizada é o crotalária em áreas de reforma de canaviais com baixas produtividades em determinadas regiões do Estado de São Paulo.

A capacidade de produção de matéria seca da parte aérea e a relação C/N do milheto e da crotalária em condições de cerrado, na região Noroeste do Estado de São Paulo no período de setembro a novembro, foi de 6,8 e 9,1 toneladas ha⁻¹ e relação 45,0 e 20,5; respectivamente. Segundo Silva et al. (2006a), na média de dois anos agrícolas, o cultivo da crotalária anterior ao milho de verão sem a aplicação de N proporcionou efeito equivalente à aplicação de 56,0 e 73,0 kg ha⁻¹ de N-uréia, comparado ao do milho cultivado no solo em pousio e em sucessão ao milheto, respectivamente. No entanto, as gramíneas também têm suas vantagens, sendo em condições de cerrado tem desempenhado importante atuação como cobertura vegetal, com destaque para as espécies de braquiária e também o milheto. A maior utilização do milheto se deve à resistência ao déficit hídrico, elevada produção de biomassa e menor custo das sementes (BRAZ et al., 2004;

SILVA et al., 2006b). O consórcio entre leguminosas e gramíneas pode ser uma boa opção, tendo em vista os benefícios da fixação biológica de N da crotalária, e a produção de palha e baixos preços da semente de gramíneas, no caso o milheto.

Gitti et al. (2011), avaliando as coberturas vegetais milheto, crotalária, guandu, e os consórcio milheto + crotalária e milheto + guandu, obtiveram produção de matéria seca variando de 8 a 10 tonelada ha⁻¹ na entressafra, com utilização de irrigação por aspersão. As produtividades de grãos do arroz de terras altas em sistema plantio direto foram superiores quando o arroz sucedeu as coberturas vegetais crotalária (4.612 kg ha⁻¹) e o consorcio milheto + crotalária (4.615 kg ha⁻¹) em relação à área em pousio (3.715 kg ha⁻¹) e o consórcio milheto + guandu (3.772 kg ha⁻¹), e semelhante ao milheto (4.402 kg ha⁻¹). O desenvolvimento do arroz de terras altas cultivado após culturas leguminosas é beneficiado pelos maiores valores de área foliar, fitomassa de folha, colmos e total, e maior teor de nitrogênio foliar (JESUS et al., 2007).

A cobertura do solo pela palha reduz a amplitude entre as temperaturas mínimas e máximas, mantém a umidade do solo e possibilita ambiente favorável ao desenvolvimento de organismos benéficos ao solo. Além das qualidades físicas, as químicas são de grande interesse, pois liberam nutrientes para o desenvolvimento das plantas. Segundo Teixeira et al. (2009), o acúmulo inicial de nitrogênio da palhada de milheto + crotalaria foi de 252,1 kg ha⁻¹, acumulando o milheto solteiro 131,1 kg ha⁻¹. Aos 20 dias após o manejo, as palhadas de milheto e milheto + crotalária já haviam liberado 102,7 e 170,6 kg ha⁻¹ de nitrogênio, sendo a liberação das duas palhadas, teoricamente, suficientes para suprir a demanda de nitrogênio do feijoeiro. A maior liberação de nitrogênio da palha de milheto + crotalária proporcionou maiores teores de amônio (N-NH₄⁺) no solo.

Para o arroz de terras altas a disponibilidade constante N-NH₄⁺ durante as fases iniciais de seu desenvolvimento pode ser fundamental para conferir altas produtividades (MALAVOLTA, 1980). As hipóteses levantadas por Soares (2004) sugerem que o principal motivo das baixas produtividades do arroz de terras altas em sistema plantio direto seria a disponibilidade de nitrato (N-NO₃⁻) predominante em condições aeróbicas do solo nesse sistema de cultivo, devido o processo de nitrificação do N-NH₄⁺, pelas bactérias nitrossomonas e nitrobacter, a N-NO₃⁻. Assim o cultivo de espécies leguminosas e o manejo adequado da fonte e época de aplicação do nitrogênio podem influenciar na produtividade do arroz em sistema plantio direto.

2.4 Nitrogênio

O nitrogênio é o segundo macronutriente mais exigido pela cultura do arroz e o primeiro mais exportado como produto colhido. No solo, o nitrogênio disponível é praticamente todo proveniente da decomposição e mineralização da matéria orgânica, realizada por microrganismos que transformam o nitrogênio orgânico nas formas N-NH_4^+ e N-NO_3^- , aproveitáveis pelas plantas.

A presença de oxigênio no solo (ambiente aeróbico) no sistema de cultivo do arroz em terras altas faz com que a forma predominante de nitrogênio seja o N-NO_3^- . Quanto ao cultivo por inundação, há ausência de oxigênio no solo (ambiente anaeróbico) e predomina o N-NH_4^+ , assimilado preferencialmente pelo arroz nas primeiras semanas de desenvolvimento. As principais fontes de N-NH_4^+ são o sulfato de amônio e a uréia, que ao colocados no solo em condições aeróbicas são transformados a forma de N-NO_3^- por bactérias nitrificadoras em torno de 20 a 30 dias (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006).

Segundo Malavolta (1980), o arroz tanto de terras altas, quanto o irrigado, entre 14 e 21 dias de desenvolvimento, quando cultivado em solução contendo N-NO_3^- , desenvolve-se muito pouco, apresentando sintomas típicos da falta de nitrogênio, o que não acontece, se o N-NH_4^+ for à forma de nitrogênio; entretanto, aos poucos começa a se desenvolver e suas folhas, antes amareladas pela falta de nitrogênio, tornam-se verdes, o que indica síntese e funcionamento da redutase do nitrato. No processo de redução do nitrato à amônia, denominado redução assimilatória do nitrato, é essencial a presença da enzima redutase do nitrato. Assim, a ausência ou a baixa disponibilidade dessa enzima, no primeiro mês de vida da planta, faz com que o N-NO_3^- não seja aproveitado pelo arroz (SOARES, 2004).

Gitti et al. (2011), avaliando as fontes de nitrogênio sulfato de amônio, salitre do Chile e nitrato de amônio, sendo 15 kg ha^{-1} na semeadura e; 20 e 65 kg ha^{-1} de nitrogênio aos 15 e 30 dias após a emergência das plântulas, respectivamente, não obtiveram diferença significativa na produtividade de grãos do arroz de terras altas em sistema plantio direto. No entanto, as fontes de nitrogênio, sulfato de amônio (disponibiliza 100% do nitrogênio na forma de N-NH_4^+), nitrato de amônio (50% N-NH_4^+ + 50% N-NO_3^-) e salitre do Chile (100% N-NO_3^-) proporcionaram produtividade de grãos 4.418, 4.121 e 4.065, respectivamente, sendo numericamente maior nas fontes que disponibilizam nitrogênio da forma de N-NH_4^+ e menor no N-NO_3^- . Corroborando com Malavolta (1980), no que diz respeito à forma preferencial de nitrogênio na fase inicial de desenvolvimento do arroz.

Outra forma de aumentar a disponibilidade de N-NH_4^+ no solo seria pelo retardamento do processo de nitrificação no solo utilizando os inibidores de nitrificação, minimizando os possíveis impactos negativos decorrentes do excesso de N-NO_3^- no solo, como a lixiviação. Segundo Trenkel (1997), os inibidores têm por objetivo retardar a formação de N-NO_3^- no solo

mediante interferência na atividade das bactérias do gênero nitrosomonas, responsáveis pela oxidação do N-NH_4^+ a nitrito (NO_2^-), que corresponde à primeira fase da nitrificação.

Entre as fontes de nitrogênio disponíveis no mercado mundial, a uréia é o principal fertilizante sólido, e apresenta como vantagens o menor preço por unidade de nitrogênio, alta concentração de nitrogênio, alta solubilidade, menor corrosividade, compatibilidade com um grande número de outros fertilizantes e defensivos e alta taxa de absorção foliar (CANTARELLA, 2007). No Brasil esse produto representa cerca de 60% dos fertilizantes nitrogenados comercializados (CANTARELLA et al., 2008). No entanto, a principal desvantagem da uréia é a possibilidade de altas perdas de nitrogênio por volatilização de amônia (NH_3). Porém, em solos ácidos, como os que predominam no Brasil, a aplicação de uréia incorporada a 5 cm ou mais de profundidade no solo é suficiente para controlar essas perdas e fazer com que o nitrogênio, proveniente de sua hidrólise, fique na forma de N-NH_4^+ (CANTARELLA; MARCELINO, 2007).

Entretanto, se por um lado a incorporação da uréia diminui as perdas por volatilização de NH_3 , por outro, não faz com que o nitrogênio da uréia deixe de estar sujeita às perdas de N-NO_3^- por lixiviação (SANGOI et al., 2003), uma vez que a presença de N-NH_4^+ é condição para que o processo de nitrificação se inicie no solo.

Hernandes et al. (2010), não obtiveram diferenças significativas entre as fontes de nitrogênio com inibidor de nitrificação (sulfonitrato de amônio) e fontes sem o inibidor (sulfato de amônio e uréia) na cultura do arroz de terras altas em sistema plantio direto. Os autores justificam as produtividades de grãos semelhantes entre as fontes de nitrogênio com e sem o inibidor de nitrificação, pelo fato da baixa perda de amônia por volatilização com a aplicação de uréia, já que o pH do solo se encontrava baixo ($\text{pH CaCl}_2 = 4,7$) e da irrigação logo após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados, que proporcionou a incorporação ao solo. Já, no caso do sulfonitrato de amônio, as temperaturas superiores a 25°C durante o período de condução do trabalho prejudicaram a inibição da nitrificação, uma vez que, segundo o fabricante desse fertilizante, a temperatura ideal para tal inibição é de 20°C .

O aumento da atividade da enzima redutase do nitrato pode influenciar a assimilação de nitrogênio pelo N-NO_3^- durante todo o ciclo da cultura do arroz. Embora algumas fontes de nitrogênio disponibilizem N-NH_4^+ , as condições aeróbicas do solo reduzem o N-NO_3^- . Bactérias promotoras do crescimento de plantas, como o *Azospirillum brasilense*, podem aumentar a atividade da redutase do nitrato quando associadas endofiticamente, mencionam Cassán et al. (2008). E também, disponibilizar nitrogênio pela fixação biológica segundo Huergo et al. (2008) e hormônios do crescimento vegetal (TIEN; GASKINS; HUBBELL, 1979; BOTTINI et al., 1989; STRZELCZYK; KAMPER, 1994).

Reichemback et al. (2011), avaliando fontes de nitrogênio e inoculação de *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas sob preparo convencional do solo, obtiveram resultados significativos com a inoculação das sementes. A altura de plantas, panículas por m², massa hectolétrica, e conseqüentemente, a produtividade foram incrementados com a inoculação. A inoculação proporcionou 3.839 kg ha⁻¹ e à ausência 3.056 kg ha⁻¹, ou seja, aumento superior a 20 % na presença da bactéria. As fontes sulfato de amônio, nitrato de amônio e salitre do Chile não obtiveram diferenças significativas nas variáveis avaliadas.

2.5 Bactérias promotoras do crescimento de plantas

O grupo das bactérias promotoras de crescimento de plantas são microrganismos benéficos às plantas que possuem a capacidade de colonizar a superfície das raízes, rizosfera, filosfera e tecidos internos das plantas (DAVISON, 1988; KLOEPPER et al., 1989).

Esse grupo de bactérias possui a capacidade de fixação biológica de nitrogênio (HUERGO et al., 2008), aumento na atividade da redutase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas (CASSÁN et al., 2008), produção de hormônios como: auxinas; citocininas (TIEN; GASKINS; HUBBELL, 1979); giberilinas (BOTTINI et al., 1989) e etileno (STRZELCZYK et al., 1994), solubilização de fosfato (RODRIGUEZ et al., 2004) entre outros. A combinação de todos esses mecanismos benéficos, segundo Dobbelaere, Martin-Didonet e Gomes (2003), promovem o desenvolvimento das plantas.

O gênero *Azospirillum*, presente no grupo das bactérias promotoras do crescimento de plantas, atualmente é comercializado para inoculação de milho, trigo (HUNGRIA, 2011) e arroz. O grande destaque mundialmente desse gênero iniciou na década de 1970 (DÖBEREINER; DAY, 1976; DÖBEREINER et al., 1976), com a descoberta pela pesquisadora da Embrapa, Dra. Johanna Döbereiner (1924-2000), da capacidade de fixação biológica do nitrogênio dessas bactérias quando em associação com gramíneas.

Outra característica benéfica conferida pelo *Azospirillum* é o estímulo a planta para aumentar o desenvolvimento do sistema radicular. Segundo Tien, Gaskins e Hubbell (1979), o estímulo pode estar associado à produção de fitohormônios ácido indol-acético (AIA), giberilinas e citocininas, liberados por *Azospirillum brasilense*. Sua utilização no arroz pode aumentar o volume de solo explorado quando cultivado em sistema plantio direto. Kluthcouski et al. (2000) menciona que uma das causas do insucesso do arroz neste sistema é devido o reduzido enraizamento, causado pela compactação/adensamento do solo. Se tratando de sistema plantio direto, práticas agrícolas alternativas ao revolvimento do solo, que proporcionem maior

desenvolvimento do sistema radicular devem ser avaliadas. Pois, a sustentação do sistema se dá através da permanência de palha sobre a superfície do solo, não revolvimento do solo e a rotação de culturas na área.

Avaliando o desenvolvimento do sistema radicular de dez linhagens de arroz de terras altas inoculadas com *Azospirillum lipoferum* e *Azospirillum brasilense*, estirpes Sp59b e Sp245, respectivamente, Didonet et al. (2003), obtiveram aumentos significativos no comprimento da parte aérea e raiz em relação a testemunha sem inoculação, com destaque para o *Azospirillum brasilense*, que obteve maiores valores ao *Azospirillum lipoferum*. Corroborando com Reichemback et al. (2011), obtiveram aumento de aproximadamente 6% na parte aérea de plantas de arroz de terras altas inoculadas por *Azospirillum brasilense*.

O melhor desenvolvimento das plantas tanto na parte aérea como raízes, é proporcionado também pela melhor disponibilidade de nitrogênio pelas bactérias, haja vista que, as bactérias em associação as plantas tem a habilidade de aproveitar o nitrogênio do ar atmosférico, e converte-lo a amônia, disponibilizando as plantas. No entanto, as bactérias associativas (ex.: *Azospirillum* spp., *Azotobacter* spp.) ao contrário das simbióticas, que suprem toda a necessidade por nitrogênio das plantas leguminosas, excretam somente uma parte do nitrogênio fixado diretamente para a planta associada; posteriormente, a mineralização das bactérias pode contribuir com aportes adicionais de nitrogênio para as plantas, contudo, é importante salientar que o processo de fixação biológica por essas bactérias consegue suprir apenas parcialmente as necessidades das plantas (HUNGRIA, 2011).

Há na literatura respostas benéficas da interação entre *Azospirillum* spp. demonstradas com plantas de trigo (HUNGRIA et al., 2011), milho (QUADROS, 2009), milheto (BOUTON et al., 1985), *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (OLIVEIRA; OLIVEIRA; BARIONI JUNIOR, 2007) e arroz (PEDRAZA et al., 2009; REICHEMBACK et al., 2011). A diversidade de associação entre espécies e a bactéria sugere que não há especificidade, mas sim estirpes para cada cultura específica.

Os resultados na cultura do trigo com a mistura das estirpes Ab-V5 e Ab-V6 obtiveram aumentos de 31% na produtividade de grãos, sendo o rendimento médio 2.656 kg ha⁻¹ em relação ao controle não inoculado, ambos com fornecimento de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura (HUNGRIA et al. 2011). Segundo Sala et al. (2007), a inoculação promove maior massa de matéria seca e nitrogênio acumulado e aumenta a produtividade de grãos, principalmente na presença de adubo nitrogenado, com lucro para o agricultor. O maior aumento na produtividade de grãos foi obtido nas plantas do genótipo IAC-370, com o emprego do isolado IAC-HT-12, na ausência de

nitrogênio, que superou em 45% o tratamento testemunha. As respostas variaram em relação ao local de cultivo, o que sugere expressiva interação planta-bactéria-ambiente.

Para a cultura do milho Cavallet et al. (2000), avaliando o produto comercial “Graminante”, a base de *Azospirillum* spp., obtiveram incrementos na produtividade de grãos de 17% em relação ao tratamento não inoculado. Os autores mencionam que o aumento significativo no tamanho da espiga proporcionou maior número de grãos por espiga e conseqüentemente maior produtividade com a inoculação das sementes. Concordando com Hungria et al (2011), que inoculando as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 de *Azospirillum brasilense* obtiveram incrementos de 26% na produtividade de grãos de milho com fornecimento de 24 kg ha⁻¹ de N na semeadura. Para Quadros (2009), a inoculação de *Azospirillum* spp. nos híbridos de milho AS 1575 e SHS 5050 e o fornecimento de 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio na base, apresenta desempenho equivalente à aplicação de 130 kg ha⁻¹ de nitrogênio (50 kg ha⁻¹ na base + 80 kg ha⁻¹ em cobertura) quanto a produtividade de grãos. A economia proporcionada pela eliminação da operação de aplicação e o fertilizante nitrogenado no custo de produção total pode ser considerável e benéfica para o produtor.

Hahn et al. (2011), avaliando o efeito da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6) em arroz inundado obtiveram incremento 10,5 % na produtividade de grãos em relação ao tratamento sem inoculação, ambos com fornecimento de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura. Concordando com Pedraza et al. (2009), que obtiveram diferença significativa pelo aumento de aproximadamente 30,4 % na produtividade de grãos de arroz inundado, com a inoculação de *Azospirillum brasilense* (estirpe 13-2C S2) e o fornecimento de 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio, em relação ao tratamento sem inoculação e nitrogênio. O tratamento com 50 kg ha⁻¹ nitrogênio não apresenta diferença significativa entre os tratamentos inoculados e com fornecimento de nitrogênio, mas, verificaram aumento numericamente de aproximadamente 8,7 % na produtividade de grãos com a inoculação do *Azospirillum brasilense* (estirpe 13-2C S2) e o fornecimento de nitrogênio. Para diferenças não significativas, é interessante a análise de custos comparando aumentos entre tratamentos com inoculação e tratamentos com o fornecimento de nitrogênio mineral.

3 MATERIAL E MÉTODOS

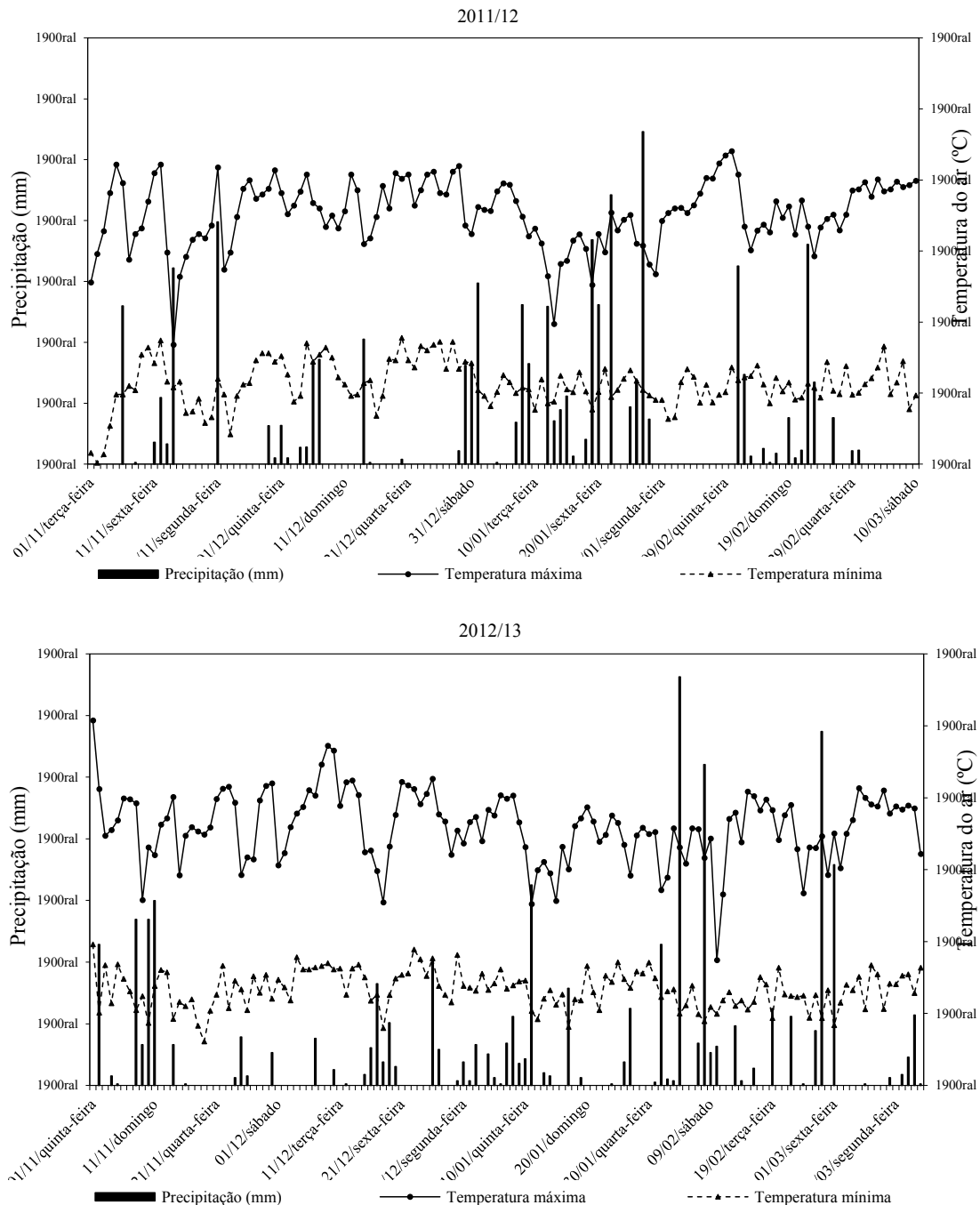
O experimento foi instalado no município de Selvíria (MS), em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista (20° 20' 53" S e 51° 24' 02" W), com altitude de 335 m. O solo local é do tipo Latossolo Vermelho distrófico álico e de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). O clima da região, segundo classificação de Koppen, é do tipo Aw, com precipitação pluvial média anual de 1.330 mm, temperatura média anual de 25 °C e umidade relativa do ar média anual de 66% (CENTURION, 1982). Os valores diários de precipitação pluvial e temperatura do ar (máxima e mínima) foram registrados durante o período de desenvolvimento do arroz em 2011/12 e 2012/13 (Figura 3).

O trabalho foi conduzido, nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/13. A área experimental esta com os sistemas de manejo do solo instalados desde o ano agrícola de 1997/98. No período de verão de 2008/09, 2009/10 e 2010/11 a área foi cultivada com milho. No inverno de 2008/09 a área ficou em pousio e nos anos agrícolas 2009/10, 2010/11, 2011/12 e 2012/13 foi semeada com milheto, crotalária e o consórcio milheto + crotalária mantendo cada cobertura vegetal durante os quatro últimos anos agrícolas nos mesmos locais de cultivo. No inverno de 2011/12 e 2012/13, a área foi cultivada com feijão. O presente trabalho avaliou o terceiro (2011/12) e o quarto (2012/13) ano de cultivo de inverno, com as mesmas coberturas vegetais.

As coberturas vegetais foram semeadas em 13/09/2011 e 03/09/2012 com semeadora específica para o SPD e mecanismo de distribuição de sementes com fluxo contínuo (Figura 4 e 22). O milheto e a crotalária, no cultivo solteiro, foram semeados em linhas espaçadas de 0,17 m entre si, com densidades de 20 e 40 kg ha⁻¹, respectivamente. No cultivo consorciado (milheto + crotalária), a densidade de semeadura foi à metade da utilizada no cultivo solteiro para ambas as espécies vegetais. O milheto foi semeado em linhas intercalares com as de crotalária, portanto, espaçadas de 0,17 m. As coberturas vegetais foram dessecadas aos 56 e 60 dias após a semeadura (DAS) com os herbicidas glifosato (1.920 g ha⁻¹) e carfentrazona (20 g ha⁻¹), sendo os herbicidas aplicados com pulverizador tratorizado de barras regulado para 200 L ha⁻¹ de calda em ambos os anos de avaliação (Figura 8 e 26). Não foram realizados quaisquer tipos de adubação mineral e tratamentos fitossanitários nas coberturas vegetais. O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado com sistema de irrigação por aspersão do tipo “canhão” hidráulico auto-propelido, levando-se em consideração os dados de precipitação pluvial registrados em Estação Meteorológica. Dois e quatro dias após a dessecação, as coberturas vegetais foram manejadas com triturador mecânico horizontal Triton® (Figura 8, 9, 26 e 27) nos anos 2011 e 2012,

respectivamente. Após a fragmentação mecânica, foi avaliada a produtividade de massa seca da parte aérea das coberturas vegetais (Figura 10 e 28).

Figura 3. Variação diária de precipitação pluvial e da temperatura máxima e mínima do ar, durante o desenvolvimento do arroz em Selvíria, MS, 2011/12 e 2012/13.



Fonte: Próprio autor.

O preparo do solo foi realizado um e sete dias após o manejo mecânico da palha das coberturas vegetais nos anos 2011 e 2012, respectivamente. O preparo com escarificador + grade niveladora foi realizado com implemento escarificador de sete e cinco hastes em 2011 e 2012

respectivamente (Figura 11 e 29), à profundidade de trabalho em torno de 0,35 m e com grade niveladora 32 x 20 (Figura 12 e 30) à profundidade aproximada de 0,10 m, respectivamente. O preparo do solo com grade pesada + grade niveladora (Figura 13 e 31) foi realizado com grade 14 x 32 a profundidade em torno de 0,20 m e com grade 32 x 20 a profundidade de 0,10 m, respectivamente. O manejo no SPD foi restrito somente a desintegração mecânica das coberturas vegetais.

A semeadura mecanizada do arroz IAC 202 foi realizada em 17/11/2011 e 19/11/2012, emergindo aos 5 e 7 DAS, respectivamente. Foi realizado o tratamento de sementes com o inseticida fipronil (50 g por 100 kg de sementes). Após a tratamento de sementes com o inseticida, e pouco antes da semeadura do arroz, foi realizada a inoculação de parte das sementes com *Azospirillum brasilense*, com as estirpes AbV₅ e AbV₆ (Figura 14, 15, 32 e 33). O inoculante utilizado apresentava 2×10^8 unidades formadoras de colônias por grama do produto comercial (Azo Total ®), utilizando-se a dose de 100 g de inoculante para 25 kg de sementes. A densidade de semeadura foi de 80 kg ha⁻¹ de sementes, e o espaçamento entre linhas de 0,35 m. A adubação de semeadura foi de 250 kg ha⁻¹ da formulação 4-30-10. De acordo com a análise química do solo (Tabela 2), e as recomendações de Cantarella e Furlani (1997) para a cultura do arroz de terras altas.

Tabela 2. Análise química do solo da área experimental na camada de 0,0 a 0,2 m nos sistemas de manejo do solo estudados. Selvíria, MS, Brasil, 2011 e 2012.

Manejo do solo ^(a)	pH	P ^(b)	S	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	V	MO
	CaCl ₂	--mg dm ⁻³ --					mmolc dm ⁻³			%	g dm ⁻³
2011											
E + GL	5,7	19	4	1,4	23	14	0	21	59,4	65	17
GP + GL	5,8	27	2	1,9	21	13	0	20	55,9	64	18
SPD	5,8	22	3	2,0	28	18	0	21	69,0	70	19
2012											
E + GL	5,5	26	2	1,9	30	18	0	24	73,9	68	20
GP + GL	5,5	34	1	2,1	31	19	0	25	77,1	68	21
SPD	5,5	31	2	2,0	29	19	0	25	75,0	67	20

Nota: ^(a) SPD: sistema plantio direto; GP + GL: preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL: preparo com escarificador + grade niveladora. ^(b) Método da resina.

Fonte: Próprio autor.

O controle de plantas daninhas de folhas estreitas foi realizado em pré-emergência, logo após a semeadura do arroz, com o herbicida pendimethalin (1.400 g ha⁻¹) em 2011, e pendimenthalin e paraquat (600 g ha⁻¹) em 2012. Para o controle das plantas daninhas de folhas largas, foi realizada aplicação em pós-emergência (Figura 16 e 34) com o herbicida metsulfurom metílico (1,68 g ha⁻¹) e óleo mineral (200 ml ha⁻¹) aos 14 dias após a emergência (DAE) em ambos os anos, sendo aplicados com pulverizador tratorizado de barras regulado para 200 L ha⁻¹ de calda.

A adubação de cobertura foi realizada aos 29 e 23 DAE. A aplicação foi realizada na superfície do solo, de forma manual próximo as linhas de arroz. Foi utilizada como fonte de nitrogênio a ureia. Após a adubação foi aplicado uma lâmina de aproximadamente 10 mm para incorporação do fertilizante (Figura 17 e 35).

Foi realizada uma divisão do trabalho em três subprojetos, onde as fontes de variação manejo do solo, doses de N e inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* foram mantidas, e mudando a cobertura vegetal em cada subprojeto. Assim, os subprojetos foram definidos como: 1) três manejos do solo, quatro doses de N com e sem inoculação sobre palha de milho; 2) três manejos do solo, quatro doses de N com e sem inoculação sobre palha de crotalária e; 3) três manejos do solo, quatro doses de N com e sem inoculação sobre palha do consórcio milho + crotalária.

Os três subprojetos (1, 2 e 3) contem 24 tratamentos cada, os quais resultaram da combinação dos fatores manejo do solo, doses de N em cobertura com e sem inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* sobre as coberturas vegetais milho (subprojeto 1), crotalária (subprojeto 2) e consórcio milho + crotalária (subprojeto 3). Os sistemas de manejo do solo consistiram em: preparo com grade pesada + grade niveladora; preparo com escarificador + grade niveladora e; SPD. As doses de N em cobertura foram as seguintes: 0 (sem aplicação de N); 40; 80; 120 kg ha⁻¹. E a presença e ausência da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, sendo os tratamentos distribuídos em um esquema fatorial 3x4x2. As parcelas foram compostas de cinco linhas com 6 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,35 m. A área útil foi constituída pelas três linhas centrais de cada parcela, considerando as linhas laterais como bordadura e desprezando 0,5 m das extremidades.

No manejo de água da cultura do arroz foi utilizados três coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Para a fase vegetativa foi utilizado o valor de 0,4; para a fase reprodutiva dois coeficientes de cultura (Kc), o inicial de 0,70 e o final de 1,00 e para a fase de maturação estes valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70.

O florescimento do arroz ocorreu aos 76 e 80, e a colheita aos 107 e 108 DAE em 2012 e 2013, respectivamente (Figura 21 e 39), permanecendo a área em repouso até a semeadura do feijão de inverno (cultivar Pérola) no dia 17/05/2012 e 25/04/2013.

3.1 Coberturas vegetais

3.1.1 Massa seca da parte aérea das coberturas vegetais (MSCV)

Imediatamente após a passagem do desintegrador mecânico foi realizada a avaliação da produção de massa seca da cobertura vegetal, por meio de amostragens em uma área de 0,25 m² em quatro pontos da parcela. As plantas foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65°C.

3.1.2 Teores de N, P e K na MSCV

Foi determinado os teores de N, P e K nas amostras, conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Pelo produto do teor dos nutrientes (g kg⁻¹) com a produção de MSCV (kg ha⁻¹) foi obtido o N, P e K total acumulado pelas coberturas.

3.2 Características agronômicas

3.2.1 Emergência das plântulas

Número de dias transcorridos entre a semeadura e a emergência da maioria das plântulas de arroz (“ponto de agulhamento”).

3.2.2 Floração

Número de dias transcorridos entre a emergência e a floração de 50% das plantas das parcelas.

3.2.3 Massa seca da parte aérea do arroz (MSPA)

Por ocasião do florescimento foi coletado por parcela 0,50 m de linha da parte aérea das plantas de uma das linhas centrais. A massa de matéria seca foi obtida após secagem das plantas em estufa a 65°C com circulação de ar até peso constante.

3.2.4 *Estimativa do teor de clorofila foliar*

Durante o desenvolvimento da cultura, foi realizada a estimativa do teor de clorofila foliar com a utilização do clorofilômetro portátil ClorofiLOG® (modelo CFL 1030) no período de florescimento das plantas de arroz

3.2.5 *Teor de nitrogênio foliar*

Por ocasião do florescimento foi coletado o limbo foliar de vinte “folhas bandeira” por parcela que, após a secagem, foram moídas em moinho tipo Wiley, e em seguida, foram submetidas à digestão sulfúrica, conforme metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.2.6 *Altura de plantas (cm)*

Durante o estágio de grãos na forma pastosa foi determinada em dez plantas ao acaso, na área útil de cada parcela a distância média compreendida desde a superfície do solo até a extremidade superior da panícula mais alta.

3.2.7 *Maturação*

Número de dias transcorridos entre a emergência e a maturação de 90% das panículas da parcela.

3.2.8 *Acamamento de plantas*

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

3.3 Componentes de produção e produtividade

3.3.1 Número de panículas por m²

Contagem do número de panículas em 1,0 m de fileira de plantas na área útil das parcelas e posteriormente calculado por metro quadrado.

3.3.2 Número total de espiguetas por panícula

Contagem do número de espiguetas de vinte panículas coletadas no momento da colheita, em cada parcela.

3.3.3 Número de espiguetas granadas e chochas por panícula

Contagem do número de espiguetas granadas e chochas de vinte panículas após separação dos mesmos por fluxo de ar.

3.3.4 Massa de 100 grãos

Avaliada pela coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de 100 grãos de cada parcela (13% base úmida).

3.3.5 Produtividade

Determinada pela pesagem dos grãos, provenientes da área útil das parcelas, corrigindo-se a umidade para 13% e convertendo em kg ha⁻¹.

3.3.6 Rendimento de engenho

Uma amostra de 100g de grãos de arroz de cada parcela foi processada em engenho de prova, por 1 minuto e, em seguida, os grãos brunidos (polidos) foram pesados, sendo que o valor encontrado foi considerado como rendimento de benefício. Posteriormente, os grãos brunidos foram colocados no “Trieur” por 30 segundos, para separação dos grãos. Os grãos que

permanecerem no “Trieur” foram pesados, obtendo-se o rendimento de inteiros e os demais, grãos quebrados. Todos os resultados foram expressos em porcentagens.

3.4 Análise estatística dos dados

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Quando constatada interação significativa entre as fontes de variação, procedeu-se o desdobramento, comparando as médias dos manejos do solo e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* pelo teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), de acordo com Pimentel Gomes e Garcia (2002). O efeito das doses de nitrogênio foi analisado por regressão polinomial, ajustando-se modelos de equações lineares e quadráticas significativas pelo teste F ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), para melhor discussão dos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Coberturas vegetais

Os teores de N, P e K obtidos na massa seca das coberturas vegetais, e a influencia do manejo do solo e da inoculação de sementes do arroz (safra 2011/12) apresentaram interação entre coberturas vegetais e manejo do solo para o N, e diferentes teores de P e K entre as coberturas vegetais em 2011 (Tabela 3).

Tabela 3. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (P) na massa seca da parte aérea das coberturas vegetais e a influência do manejo do solo e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*. Selvíria, MS, Brasil, 2011 e 2012.

Tratamentos	N		P		K		
	-----g kg ⁻¹ -----						
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	
Cobertura vegetal (C)							
Milheto	6,2 c	9,0 c	2,0 b	3,2	19,8 ab	19,4 a	
Crotalária	15,1 a	18,2 a	2,3 a	3,1	18,2 b	16,7 b	
Consórcio	14,2 b	15,2 b	2,3 a	3,0	20,2 a	19,8 a	
Manejo do Solo (M)							
E + GL	11,5	13,0 b	2,1	3,1	19,2	18,2	
GP + GL	12,0	14,3 ab	2,2	3,0	19,3	19,0	
SPD	11,9	15,1 a	2,1	3,2	19,8	18,8	
Inoculação (I)							
Presença	-	13,8	-	2,8 b	-	17,8 b	
Ausência	-	14,4	-	3,4 a	-	19,5 a	
	C	462,02 **	82,68 **	8,26 *	0,48 ns	3,52 *	7,2 **
	M	1,48 ns	4,04 *	0,67 ns	0,57 ns	0,41 ns	0,47 ns
	I	-	1,06 ns	-	10,26 **	-	5,8 *
Teste F	C x M	16,15 **	0,58 ns	0,91 ns	0,81 ns	1,39 ns	2,35 ns
	C x I	-	0,05 ns	-	1,57 ns	-	0,75 ns
	M x I	-	0,47 ns	-	0,52 ns	-	0,47 ns
	C x M x I	-	0,79 ns	-	0,24 ns	-	0,45 ns
	C	0,8	1,8	0,2	-	1,9	2,1
DMS (5%)	M	-	1,8	-	-	-	-
	I	-	-	-	0,3	-	1,4
Média geral		11,8	14,1	2,2	3,1	19,4	18,7
CV (%)		7	18	10	23	10	16

Nota: **, * e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação. SPD: sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.
Fonte: Próprio autor.

Em 2012, houve diferenças nos teores de N e K entre as coberturas vegetais e dos manejos do solo para N, além da influencia da inoculação de sementes do arroz nos teores de P e K.

No ano de 2011, os maiores teores de N na massa seca foi obtido na crotalária com os manejos do solo que apresentaram revolvimento do solo (E + GL e GP + GL). No SPD o maior teor de N foi obtido na massa seca do milho + crotalária, em relação à crotalária e ao milho. Na massa seca do milho foram obtidos os menores teores de N, independente do manejo do solo (Tabela 4). Em 2012, em relação ao P, a crotalária e o milho + crotalária obtiveram valores semelhantes e superiores ao milho. Para o teor de K, maiores valores foram obtidos com o milho e o consórcio, em relação à crotalária, com menor valor.

Tabela 4. Interação entre manejo do solo e cobertura vegetal no teor de nitrogênio na massa seca da parte aérea das coberturas vegetais. Selvíria, MS, Brasil, 2011.

Tratamentos	Teor de nitrogênio (g kg ⁻¹)		
	Coberturas vegetais		
Manejo do solo	Milho	Crotalária	Consórcio
E + GL	6,2 C	16,0 a A	12,3 b B
GP + GL	5,7 C	16,0 a A	14,4 a B
SPD	6,5 C	13,5 b B	15,8 a A
DMS ⁽¹⁾ = 1,4	DMS ⁽²⁾ = 1,4		

Nota: Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas das linhas, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação. ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de manejo do solo dentro de cada nível de: inoculação de sementes; ⁽²⁾ referente ao desdobramento de inoculação de sementes dentro de cada nível de: manejo do solo. SPD: sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

O cultivo das coberturas vegetais no período de setembro a novembro de 2011 (ciclo de 57 DAS) com irrigação suplementar proporcionou produção de massa seca acima dos 6.000 kg ha⁻¹, porém, as espécies avaliadas não apresentaram diferenças significativas entre si. Como também, os sistemas de manejo do solo utilizados na área experimental desde o ano agrícola 1997/98 não influenciaram a massa seca das coberturas vegetais (Tabela 4). Em sucessão, e semeada oito dias após a fragmentação das coberturas vegetais, a cultura do arroz (verão) obteve maior quantidade de massa seca da parte aérea em sucessão a crotalária e o milho + crotalária, aumentando o total de massa seca (cobertura vegetal + arroz) sobre a superfície do solo para o cultivo do feijão (inverno). No ano de 2012, no mesmo período de cultivo do ano de 2011 (setembro a novembro), as coberturas vegetais apresentaram um ciclo de desenvolvimento de 60 DAS. Quanto à produção de matéria seca, o milho + crotalária proporcionou maior valor (6.549 kg ha⁻¹) em relação à crotalária, e semelhante ao milho.

Quanto aos teores de nutrientes acumulado na massa seca das coberturas vegetais, o N apresentou diferença, onde a crotalária e o milho + crotalária obtiveram valores semelhantes e superiores ao milho (Tabela 5) em 2011 e 2012.

Tabela 5. Massa seca da parte aérea das coberturas vegetais (MSCV) e teores totais acumulados de nitrogênio (NAC), fósforo (PAC) e potássio (KAC) e a influência do manejo do solo e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*. Selvíria, MS, Brasil, 2011 e 2012.

Tratamentos	MSCV		NAC		PAC		KAC		
	-----kg ha ⁻¹ -----								
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	
Cobertura vegetal (C)									
Milho	6.352	5.991 ab	39,6 b	54,2 b	12,5	18,5 ab	126,7	115,1 a	
Crotalária	6.128	4.917 b	92,2 a	89,2 a	13,9	14,9 b	112,1	81,4 b	
Consórcio	6.993	6.549 a	97,8 a	99,6 a	16,0	19,6 a	140,9	130,0 a	
Manejo do Solo (M)									
E + GL	6.433	5.628	74,4	71,4 b	13,8	17,3	123,4	103,0	
GP + GL	6.978	5.827	82,4	81,4 ab	15,5	17,2	135,8	111,8	
SPD	6.063	6.003	72,9	90,2 a	13,1	18,6	120,6	111,7	
Inoculação (I)									
Presença	-	5.871	-	78,7	-	16,2 b	-	105,5	
Ausência	-	5.768	-	83,3	-	19,2 a	-	112,2	
	C	0,64 ^{ns}	5,47 ^{**}	20,0 ^{**}	19,82 ^{**}	1,70 ^{ns}	5,24 ^{**}	1,57 ^{ns}	12,77 ^{**}
	M	0,67 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,50 ^{ns}	3,10 [*]	0,80 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,53 ^{ns}
	I	-	0,06 ^{ns}	-	0,55 ^{ns}	-	5,77 [*]	-	0,69 ^{ns}
Teste F	C x M	1,31 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,79 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,87 ^{ns}
	C x I	-	0,48 ^{ns}	-	0,14 ^{ns}	-	0,56 ^{ns}	-	0,84 ^{ns}
	M x I	-	0,96 ^{ns}	-	1,67 ^{ns}	-	1,24 ^{ns}	-	1,20 ^{ns}
	CxMxI	-	1,80 ^{ns}	-	1,74 ^{ns}	-	1,29 ^{ns}	-	2,01 ^{ns}
	C	-	1.211	25,4	18,2	-	3,7	-	23,8
DMS (5%)	M	-	-	-	18,2	-	-	-	-
	I	-	-	-	-	-	2,5	-	-
Média geral		6.491	5.819	76,5	81,0	14,2	17,7	126,6	108,8
CV (%)		30	30	32	32	33	30	31	31

Nota: **, * e ^{ns} – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação. SPD: sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.
Fonte: Próprio autor.

Os maiores teores de N acumulados na massa seca da crotalária e do milho + crotalária são justificados pelo maior teor (g kg⁻¹) desse nutriente na espécie leguminosa, tanto em cultivo exclusivo como em consórcio com o milho, uma vez que, a produção de massa seca entre as

coberturas vegetais foram semelhantes. A consorciação entre espécies de coberturas vegetais apresenta elevado potencial para incrementar a oferta de N nos sistemas de produção (SILVA et al., 2009). Os teores acumulados de P e K na massa seca, não apresentaram diferença em 2011, semelhantes aos resultados obtidos por Rodrigues et al. (2012), avaliando as mesmas coberturas vegetais, com manejo da palha aos 120 DAS. Para 2012, os teores de P e K acumulados na massa seca do milho + crotalária apresentam diferença em relação à crotalária, obtendo maiores valores, reforçando ainda mais a importância da consorciação entre coberturas vegetais.

4.2 Arroz em sucessão ao milho (subprojeto 1)

A massa seca da parte aérea do arroz e o teor de nitrogênio foliar do arroz aumentaram linearmente com o aumento da disponibilidade de nitrogênio pela adubação em cobertura em 2012 (Tabela 6).

Tabela 6. Massa seca da parte aérea do arroz (MSPA), índice de clorofila foliar (IC) e teor de nitrogênio foliar (TN) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (continua)

Tratamentos	MSPA kg ha ⁻¹		IC		TN g kg ⁻¹		
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	
Manejo do Solo (M)							
E + GL	10.252	5.754	16,0	21,8	14,3 b	25,7 b	
GP + GL	10.794	5.350	17,4	27,7	14,7 ab	25,7 b	
SPD	10.195	7.064	17,9	29,2	15,1 a	29,2 a	
Dose de N (D)							
0 kg ha ⁻¹	7.704 ⁽¹⁾	4.834	15,9 ⁽²⁾	25,0	13,6 ⁽³⁾	24,8 ⁽⁴⁾	
40 kg ha ⁻¹	10.535	6.647	15,9	25,7	14,2	27,1	
80 kg ha ⁻¹	10.937	6.130	17,1	26,8	14,9	26,7	
120 kg ha ⁻¹	12.718	6.613	19,6	27,4	16,0	29,0	
Inoculação (I)							
Presença	10.479	6.054	17,3	26,6	14,7	26,7	
Ausência	10.468	6.058	17,0	25,9	14,7	27,0	
	M	0,90 ^{ns}	13,14 ^{**}	2,94 ^{ns}	36,86 ^{**}	4,48 [*]	12,61 ^{**}
	D	15,49 ^{**}	8,84 ^{**}	7,12 ^{**}	2,18 ^{ns}	22,06 ^{**}	7,31 ^{**}
	I	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,22 ^{ns}
Teste F	M x D	0,56 ^{ns}	2,97 ^{**}	1,27 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,33 ^{ns}
	M x I	0,19 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,56 ^{ns}	4,59 [*]	0,75 ^{ns}	2,72 ^{ns}
	D x I	2,20 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,17 ^{ns}	1,51 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,63 ^{ns}
	M x D x I	1,00 ^{ns}	1,19 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,71 ^{ns}

Tabela 6. Massa seca da parte aérea do arroz (MSPA), índice de clorofila foliar (IC) e teor de nitrogênio foliar (TN) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milheto. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (conclusão)

DMS (5%)	M	-	-	-	-	0,6	-
	I	-	-	-	-	-	-
Média geral		10.474	6.055	17,1	26	14,7	27,0
CV (%)		21	20	19	14	6	10

Nota: **, * e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 8.157,0111 + 38,6100x$ ($R^2 = 0,92$); ⁽²⁾ $y = 15,2933 + 0,0307x$ ($R^2 = 0,82$); ⁽³⁾ $y = 13,5057 + 0,0198x$ ($R^2 = 0,99$); ⁽⁴⁾ $y = 25,0444 + 0,0310x$ ($R^2 = 0,83$).

Fonte: Próprio autor.

Para 2013, a massa seca da parte aérea do arroz apresentou interação entre manejo do solo e dose de nitrogênio, e para o teor de nitrogênio foliar, entre manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*. Quanto ao índice de clorofila, o resultado foi semelhante nos dois anos.

O cultivo do arroz em SPD proporcionou a maior estimativa da massa seca de plantas de arroz (7.796 kg ha^{-1}) com a da dose de $69,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N (Tabela 7), segundo o ajuste quadrático das doses de N. Entre os manejos do solo, e na ausência da aplicação de nitrogênio em cobertura, a maior massa seca foi obtida no SPD, como também na dose de 80 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Tabela 7. Interação entre manejo do solo e dose de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milheto sobre a massa seca da parte aérea do arroz. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Massa seca da parte aérea do arroz (MSPA)				
	Dose de N (kg ha^{-1})				
Manejo do solo	0	40	80	120	
E + GL	3.893 b	6.990	4.910 b	7.221	ns
GP + GL	4.418 b	5.718	5.462 b	5.802	ns
SPD	6.190 a	7.234	8.016 a	6.815	RQ ** (1)
DMS = 1.693					

Nota: ** e ns – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; RQ – Regressão quadrática; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 6.103,5500 + 48,6992x - 0,3503x^2$ ($R^2 = 0,92$).

Fonte: Próprio autor.

O índice de clorofila foliar apresentou maiores valores nos manejos do solo com GP + GL e SPD. A inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* proporcionou maior índice de

clorofila foliar no manejo do solo com E + GL, não apresentando diferença nos demais manejos do solo (Tabela 8).

O teor de nitrogênio foliar, também foi influenciado pelo manejo do solo, uma vez que o cultivo do arroz em SPD apresentou maior valor do teor de nitrogênio foliar em relação ao manejo do solo com E + GL, e valor semelhante ao manejo do solo com GP + GL em 2012, e maior valor em relação aos demais manejos do solo em 2013.

Não houve influencia da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* para essas variáveis analisadas em ambos os anos de avaliação. Fonseca et al. (2012), obteve maior teor de nitrogênio foliar no arroz cultivado no SPD em relação aos manejos do solo com grade pesada e escarificador.

Tabela 8. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milheto sobre o índice de clorofila foliar. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Índice de clorofila foliar	
	Inoculação	
Manejo do solo	Presença	Ausência
E + GL	23,7 b A	19,9 b B
GP + GL	27,7 a	27,7 a
SPD	28,4 a	30,0 a
DMS ⁽¹⁾ = 3,1	DMS ⁽²⁾ = 2,7	

Nota: Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas das linhas, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação. ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de manejo do solo dentro de cada nível de: inoculação de sementes; ⁽²⁾ referente ao desdobramento de inoculação de sementes dentro de cada nível de: manejo do solo; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

Na mesma safra do presente trabalho (2011/12), Gitti et al. (2012) avaliaram diferentes coberturas vegetais, doses de nitrogênio em cobertura e a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* no cultivar de arroz de terras altas ANa 5011 (precoce), obtiveram aumentos lineares na massa seca de plantas de arroz e no teor de nitrogênio foliar pelo aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura, semelhante ao presente trabalho, como também para Hernandez et al. (2010), com relação ao teor de nitrogênio foliar, até a dose de nitrogênio em cobertura de 200 kg ha⁻¹. Também não houve interação entre doses de nitrogênio e a inoculação com *Azospirillum brasilense*, porém, entre coberturas vegetais e a inoculação de sementes, apresentando maiores valores de massa seca de plantas de arroz em sucessão ao cultivo de milheto + guandu.

A altura de plantas apresentou resposta quadrática ao aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura em 2012, e interação entre manejo do solo e dose de nitrogênio em 2013.

Quanto ao número de panículas por m² houve diferenças em 2012, onde o cultivo do arroz no SPD obteve o maior valor em relação demais manejos do solo (Tabela 9). Houve também, interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes sobre o número de panículas por m².

A altura de plantas, como as demais características agronômicas do arroz (massa seca da parte aérea do arroz, índice de clorofila e teor de nitrogênio foliar), apresentou influência das doses de nitrogênio em cobertura em 2012. Para 2013, houve interação entre os manejos do solo, sendo as maiores altura de plantas obtidas no SPD, independente das doses de N. O desenvolvimento em comprimento observado não proporcionou problemas de acamamento de plantas em nenhum dos tratamentos avaliados em ambos os anos.

Tabela 9. Altura de plantas (AP) e número de panículas por m² (NP) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milheto. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (continua)

Tratamentos	AP		NP		
	cm		panículas m ⁻²		
	2012	2013	2012	2013	
Manejo do Solo (M)					
E + GL	85	76	257 b	292	
GP + GL	86	81	256 b	270	
SPD	84	91	281 a	291	
Dose de N (D)					
0 kg ha ⁻¹	82 ⁽¹⁾	78	240	267	
40 kg ha ⁻¹	84	86	254	287	
80 kg ha ⁻¹	86	81	274	289	
120 kg ha ⁻¹	88	86	292	295	
Inoculação (I)					
Presença	85	83	261	291	
Ausência	85	83	269	278	
	M	2,44 ^{ns}	45,93 ^{**}	7,08 [*]	1,21 ^{ns}
	D	7,52 ^{**}	8,43 ^{**}	13,23 ^{**}	0,86 ^{ns}
	I	0,00 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,80 ^{ns}	1,05 ^{ns}
Teste F	M x D	1,77 ^{ns}	2,25 [*]	0,84 ^{ns}	0,67 ^{ns}
	M x I	0,42 ^{ns}	2,09 ^{ns}	2,34 ^{ns}	0,59 ^{ns}
	D x I	0,41 ^{ns}	0,29 ^{ns}	3,32 [*]	0,90 ^{ns}
	M x D x I	1,17 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,59 ^{ns}
DMS (5%)	M	-	-	18	-
	I	-	-	-	-
Média geral		85	83	265	284

Tabela 9. Altura de plantas (AP) e número de panículas por m² (NP) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milheto. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.

(conclusão)

CV (%)	6	8	11	23
--------	---	---	----	----

Nota: **, * e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ y = 82,0833 + 0,0526x (R² = 1,00).

Fonte: Próprio autor.

O número de panículas por m² aumento linearmente com o aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura, tanto em presença como na ausência, da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*. No entanto, pelas equações lineares observa-se que, o aproveitamento de nitrogênio aplicado em cobertura é maior quando se inoculou as sementes, uma vez que o valor de incremento do número de panículas por kg de nitrogênio é maior na presença da inoculação (0,5629). Nas doses de nitrogênio 0 e 80 kg ha⁻¹, a inoculação de sementes reduziu o número de panículas por m², quanto as doses de 40 e 120 kg ha⁻¹, não houve diferença (Tabela 11).

Tabela 10. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milheto sobre a altura de plantas. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Altura de plantas (cm)				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Manejo do solo	0	40	80	120	
E + GL	67 c	84 b	73 c	81 b	ns
GP + GL	78 b	82 b	82 b	86 ab	ns
SPD	90 a	93 a	90 a	93 a	ns
DMS = 8					

Nota: ** e ns – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

Neste sistema conservacionista do solo ocorre o aumento dos resíduos vegetais na superfície do solo, e o revolvimento do solo (menor aeração) apenas na linha de semeadura, contribuem para o aumento no teor de C no solo (HICKMANN; da COSTA, 2012), relacionado intimamente à matéria orgânica do solo, e associado a ganhos em produtividade das culturas, em função de melhorias nas qualidades químicas, físicas e biológicas do solo (D' ANDRÉA et al., 2002).

O número total de espiguetas por panícula do arroz reduziu com a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em 2012. Houve interação entre o manejo do solo e as doses de nitrogênio em cobertura para o número total de espiguetas por panícula, e interações entre o manejo do solo e doses de nitrogênio, como também, entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes, para o número de espiguetas granadas por panícula.

Tabela 11. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o número de panículas por m². Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	Número de panículas por m ²				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Inoculação	0	40	80	120	
Presença	226 b	257	261 b	300	RL ** (1)
Ausência	254 a	251	287 a	284	RL ** (2)
DMS = 24					

Nota: ** – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; ⁽¹⁾ $y = 227,1000 + 0,5629x$ ($R^2 = 0,92$); ⁽²⁾ $y = 250,6500 + 0,3089x$ ($R^2 = 0,71$).

Fonte: Próprio autor.

Quanto ao número de espiguetas chochas por panícula, o cultivo do arroz no SPD e GP + GL obteve menores valores em relação ao E + GL. Os demais fatores avaliados não influenciaram o número de espiguetas chochas por panícula.

Em 2013, o número total de espiguetas por panícula do arroz apresentou influencia da interação entre o manejo do solo e a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e; entre dose de nitrogênio e inoculação (Tabela 12).

Tabela 12. Número total de espiguetas (ET), espiguetas granadas (EG) e chochas (EC) por panícula em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (continua)

Tratamentos	ET		EG		EC	
	-----número de espiguetas por panícula-----					
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Manejo do Solo (M)						
E + GL	157	145	141	107	16 a	38
GP + GL	165	144	153	102	12 b	41
SPD	142	160	131	118	10 b	41
Dose de N (D)						
0 kg ha ⁻¹	147	141	134	103	13	39

Tabela 12. Número total de espiguetas (ET), espiguetas granadas (EG) e chochas (EC) por

panícula em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milheto. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (conclusão)

40 kg ha ⁻¹		154	152	139	112	14	40
80 kg ha ⁻¹		153	148	142	106	11	42
120 kg ha ⁻¹		164	157	152	116	12	41
Inoculação (I)							
Presença		148 b	153	137	112	12	41
Ausência		161 a	146	147	106	13	40
	M	8,29 **	2,78 ns	8,16 **	4,00 *	13,83 **	0,63 ns
	D	2,37 ns	1,15 ns	3,06 *	1,59 ns	1,74 ns	0,25 ns
	I	6,48 *	1,16 ns	5,78 *	1,46 ns	2,77 ns	0,13 ns
Teste F	M x D	2,84 *	1,98 ns	2,85 *	2,31 *	1,91 ns	0,97 ns
	M x I	1,89 ns	7,58 **	2,17 ns	8,39 **	2,02 ns	1,55 ns
	D x I	2,54 ns	2,74 *	2,78 *	1,69 ns	0,26 ns	3,09 *
	M x D x I	0,62 ns	0,88 ns	0,62 ns	1,18 ns	0,52 ns	0,31 ns
DMS (5%)	M	-	-	-	-	3	-
	I	9	-	-	-	-	-
Média geral		155	150	142	109	13	40
CV (%)		13	20	13	21	29	33

Nota: **, * e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.
Fonte: Próprio autor.

Para o número de espiguetas granadas por panículas houve interação entre o manejo do solo e dose de nitrogênio e; manejo do solo e inoculação. Quanto ao número de espiguetas chochas por panícula houve interação entre dose de nitrogênio e a inoculação.

O aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura apresentou aumento linear no número total de espiguetas por panícula no cultivo do arroz no SPD em 2012 (Tabela 13). Houve diferença entre os manejos do solo, com maiores valores do número total espiguetas por panícula nos manejos do solo com E + GL e GP + GL, na ausência da aplicação de nitrogênio em coberturas (dose “zero”), as demais doses de nitrogênio não apresentaram diferenças.

Tabela 13. Interação entre manejo do solo e dose de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milheto sobre o número total de espiguetas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2012. (continua)

Tratamentos	Número total de espiguetas por panícula				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Manejo do solo	0	40	80	120	
E + GL	150 a	155	160	160	ns

Tabela 13. Interação entre manejo do solo e dose de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o número total de espiguetas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2012. (conclusão)

GP + GL	174 a	162	160	164	ns
SPD	116 b	143	139	169	RL ** (1)
DMS = 28					

Nota: ** e ns – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 118,4233 + 0,3912x$ ($R^2 = 0,85$).

Fonte: Próprio autor.

Para 2013, o maior número total de espiguetas por panícula foi obtido com o cultivo do arroz com inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* no manejo com E + GL (Tabela 14), semelhante a 2012 com maiores valores no manejo do solo com E + GL. No entanto, observa nesse ano, início da influência da inoculação de sementes, uma vez que não houve resposta do aumento das doses de N na presença da inoculação, mas sim, na ausência da inoculação, as doses de nitrogênio proporcionaram incrementos lineares do número total de espiguetas por panículas (Tabela 15).

O número de espiguetas granadas por panícula apresentou influencia semelhante ao número total de espiguetas por panícula pelo aumento da disponibilidade de nitrogênio em coberturas em 2012, apresentando aumento linear pelo cultivo do arroz no SPD (Tabela 16). Em 2013 (Tabela 17), não se observa ajuste de doses como em 2012 no SPD, mas valores pontuais maiores do número de espiguetas nas doses de 40 e 80 kg ha⁻¹, refletindo a importância do nitrogênio para o arroz de terras altas cultivado nesse manejo do solo.

Tabela 14. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o índice de clorofila foliar. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Número total de espiguetas por panícula	
	Inoculação	
Manejo do solo	Presença	Ausência
E + GL	165 a A	125 b B
GP + GL	136 b	151 a
SPD	158 ab	162 a
DMS ⁽¹⁾ = 26	DMS ⁽²⁾ = 21	

Nota: Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas das linhas, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação. ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de manejo do solo dentro de cada nível de: inoculação de sementes; ⁽²⁾ referente ao desdobramento de inoculação de sementes dentro de cada nível de: manejo do solo; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 15. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milheto sobre o número de espiguetas granadas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Número total de espiguetas por panícula				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Inoculação	0	40	80	120	
Presença	158	147	154	153	ns
Ausência	124	158	142	161	RL ** (1)
DMS = 18					

** e ns – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; ⁽¹⁾ $y = 132,1667 + 0,2364x$ ($R^2 = 0,53$).

Os menores valores obtidos na ausência de nitrogênio em cobertura do número total de espiguetas e de espiguetas granadas no SPD pode estar relacionado a maior imobilização de nitrogênio nesse manejo do solo. A permanência da palha na superfície do solo e a menor velocidade de decomposição aumentam a competição entre as plantas de arroz e os microrganismos decompositores pelo nitrogênio do solo, reduzindo a disponibilidade para as plantas, lembrando que a palha de milheto apresenta maior relação C/N, e que a área esta em cultivo sucessivo de gramíneas há quatro anos. Com o aumento da disponibilidade de nitrogênio, pela adubação em cobertura, aumentam-se linearmente o número total de espiguetas, como também, as espiguetas granadas por panícula.

Tabela 16. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milheto sobre o número de espiguetas granadas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	Número de espiguetas granadas por panícula				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Manejo do solo	0	40	80	120	
E + GL	133 b	137	148	146	ns
GP + GL	161 a	150	148	153	ns
SPD	108 b	131	129	158	RL ** (1)
DMS = 26					

Nota: ** e ns – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 109,3017 + 0,3707x$ ($R^2 = 0,86$).

Fonte: Próprio autor.

Tabela 17. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milheto sobre o número de espiguetas granadas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Número de espiguetas granadas por panícula				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Manejo do solo	0	40	80	120	
E + GL	105	94 b	117	113 ab	ns
GP + GL	101	107 ab	97	104 b	ns
SPD	101	135 a	106	132 a	ns
DMS = 26					

Nota: ** e ^{ns} – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

O número de espiguetas granadas por panícula aumentou linearmente com o aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura na presença da inoculação de sementes em 2012 (Tabela 18), distinto do resultado obtido para o número total de espiguetas, que aumentou com as doses de N na ausência da inoculação em 2013. Embora exista ajuste linear das doses de N ao número de espiguetas totais (2013) e granadas por panículas (2012), não há diferenças significativas entre a presença e ausência da inoculação de sementes dentro das doses avaliadas. Quanto à interação entre manejo do solo e inoculação de sementes em 2013, maior número de espiguetas por panícula foi obtido com o cultivo do arroz inoculado no manejo com E + GL (Tabela 19), semelhante ao resultado obtido para o número total de espiguetas por panículas.

Tabela 18. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milheto sobre o número de espiguetas granadas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	Número de espiguetas granadas por panícula				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Inoculação	0	40	80	120	
Presença	119 b	141	135	152	RL ** (1)
Ausência	148 a	138	149	153	ns
DMS = 18					

Nota: ** e ^{ns} – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; ⁽¹⁾ y = 122,6200 + 0,2331x (R² = 0,76).

Fonte: Próprio autor.

Tabela 19. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o número de espiguetas granadas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Número de espiguetas granadas por panícula	
	Inoculação	
Manejo do solo	Presença	Ausência
E + GL	124 a A	91 b B
GP + GL	97 b	108 ab
SPD	116 ab	121 a
DMS ⁽¹⁾ = 20	DMS ⁽²⁾ = 16	

Nota: Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas das linhas, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação. ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de manejo do solo dentro de cada nível de: inoculação de sementes; ⁽²⁾ referente ao desdobramento de inoculação de sementes dentro de cada nível de: manejo do solo; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 20. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o número de espiguetas chochas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Número de espiguetas chochas por panícula				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Inoculação	0	40	80	120	
Presença	44	35	46	39	ns
Ausência	34	45	38	43	ns

Nota: ns – não significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Próprio autor.

A massa de 100 grãos obteve influência da interação entre doses de nitrogênio e a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* (Tabela 21) em 2012. Para 2013, houve influência da inoculação de sementes e da interação entre manejo do solo e dose de nitrogênio. A inoculação de sementes aumentou a massa de cem grãos na dose de 40 kg ha⁻¹ nitrogênio em cobertura. As demais doses não apresentaram diferença entre a presença e ausência da inoculação de sementes na massa de cem grãos (Tabela 22) em 2012.

Tabela 21. Massa de 100 grãos (MC) e produtividade (PR) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (continua)

Tratamentos	MC		PR	
	g		kg ha ⁻¹	
	2012	2013	2012	2013
Manejo do Solo (M)				

Tabela 21. Massa de 100 grãos (MC) e produtividade (PR) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (conclusão)

E + GL	2,28	2,19	2.872	2.394 b	
GP + GL	2,53	2,18	3.277	2.333 b	
SPD	2,41	2,21	3.136	3.387 a	
Dose de N (D)					
0 kg ha ⁻¹	2,29	2,11	2.351 ⁽¹⁾	2.256 ⁽²⁾	
40 kg ha ⁻¹	2,42	2,24	2.814	2.862	
80 kg ha ⁻¹	2,46	2,19	3.578	2.622	
120 kg ha ⁻¹	2,46	2,24	3.639	3.079	
Inoculação (I)					
Presença	2,42	2,17 b	3.060	2.571 b	
Ausência	2,39	2,22 a	3.131	2.838 a	
	M	2,07 ^{ns}	0,57 ^{ns}	2,71 ^{ns}	37,72 ^{**}
	D	0,62 ^{ns}	5,78 ^{**}	18,56 ^{**}	10,05 ^{**}
	I	0,04 ^{ns}	5,17 [*]	0,24 ^{ns}	5,75 [*]
Teste F	M x D	0,58 ^{ns}	2,29 [*]	0,56 ^{ns}	1,57 ^{ns}
	M x I	1,21 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,89 ^{ns}
	D x I	3,15 [*]	1,75 ^{ns}	0,66 ^{ns}	1,64 ^{ns}
	M x D x I	0,86 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,70 ^{ns}
DMS (5%)	M	-	-	-	326
	I	-	0,05	-	222
Média geral		2,41	2,20	3.095	2.704
CV (%)		20	5	23	20

Nota: **, * e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 2.400,9958 + 11,5712x$ ($R^2 = 0,92$); ⁽²⁾ $y = 2.370,1875 + 5,5745x$ ($R^2 = 0,67$).

Fonte: Próprio autor.

Em 2013, a massa de 100 grãos ajustou-se a equações quadráticas com o aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura nos manejos com revolvimento do solo. No SPD, e na ausência do fornecimento de nitrogênio em cobertura, maior foi a massa de 100 grãos (Tabela 23).

Tabela 22. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre a massa de 100 grãos. Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	Massa de 100 grãos (g)				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Inoculação	0	40	80	120	
Presença	2,33	2,67 a	2,33	2,33	ns
Ausência	2,25	2,17 b	2,58	2,58	ns
DMS = 0,4					

Nota: ns – não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 23. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre a massa de 100 grãos. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Massa de 100 grãos				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Manejo do solo	0	40	80	120	
E + GL	2,05 b	2,28	2,19	2,25	RQ ** (1)
GP + GL	2,06 b	2,24	2,21	2,22	RQ ** (2)
SPD	2,24 a	2,21	2,16	2,24	ns
DMS = 0,14					

Nota: ** e ns – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 2,0712 + 0,0046x - 0,00003x^2$ ($R^2 = 0,65$); ⁽²⁾ $y = 2,0702 + 0,0042x - 0,00002x^2$ ($R^2 = 0,84$).

Fonte: Próprio autor.

A produtividade aumentou devido a maior disponibilidade de nitrogênio em cobertura em 2012. Os demais fatores avaliados não influenciaram a produtividade. Aumento crescente de produtividade foi obtido por Cazetta et al. (2008) para o cultivar de arroz de terras altas IAC 202 em SPD pelo aumento das doses de nitrogênio em cobertura, independente da cultura em sucessão. Gitti et al. (2012), obteve resposta quadrática ao aumento das doses de nitrogênio em cobertura, sendo a estimativa da dose de 107 kg ha⁻¹ proporcionado maior produtividade ao arroz cultivar ANa 5011. Para 2013, não houve interações, sendo as maiores produtividades obtidas com o cultivo do arroz de terras altas no SPD, tendo aumento linear crescente com o aumento das doses de nitrogênio em cobertura, e na ausência da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*.

O rendimento de benefício e de grãos inteiros, como também o de grãos quebrados foram influenciados pela aplicação de nitrogênio em cobertura (Tabela 24).

Tabela 24. Rendimento de benefício (RB), rendimento de inteiros (RI) e grãos quebrados (GQ) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (continua)

Tratamentos	RB		RI		GQ	
	-----%-----					
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Manejo do Solo (M)						
E + GL	73	62	55	49	18	12
GP + GL	73	61	57	49	16	12
SPD	73	62	56	49	17	13
Dose de N (D)						

Tabela 24. Rendimento de benefício (RB), rendimento de inteiros (RI) e grãos quebrados (GQ)

em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (conclusão)

0 kg ha ⁻¹		71 ⁽¹⁾	61	47 ⁽²⁾	49	24 ⁽³⁾	12
40 kg ha ⁻¹		72	62	53	49	20	13
80 kg ha ⁻¹		74	62	60	48	13	13
120 kg ha ⁻¹		75	62	64	50	10	12
Inoculação (I)							
Presença		73	62	57	49	16	13
Ausência		73	62	55	49	18	13
	M	1,49 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,18 ^{ns}
	D	36,89 ^{**}	2,60 [*]	36,60 ^{**}	0,81 ^{ns}	33,28 ^{**}	1,71 ^{ns}
	I	0,19 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,42 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,29 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Teste F	M x D	0,90 ^{ns}	1,47 ^{ns}	1,48 ^{ns}	1,09 ^{ns}	1,56 ^{ns}	1,02 ^{ns}
	M x I	8,39 ^{**}	1,84 ^{ns}	1,35 ^{ns}	1,63 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,96 ^{ns}
	D x I	0,36 ^{ns}	2,63 [*]	0,89 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,20 ^{ns}
	M x D x I	0,71 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,66 ^{ns}
DMS (5%)	M	-	-	-	-	-	-
	I	-	-	-	-	-	-
Média geral		73	62	56	49	17	13
CV (%)		2	4	11	8	31	21

Nota: **, * e ^{ns} – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ y = 71,3771 + 0,0280x (R² = 1,00); ⁽²⁾ y = 47,1792 + 0,1462x (R² = 0,99); ⁽³⁾ y = 24,2525 - 0,1196x (R² = 0,98).

Fonte: Próprio autor.

O aumento foi positivamente linear para o rendimento de benefício e de grãos inteiros, e negativamente linear, para os grãos quebrados, pelo aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura.

Houve interação entre os manejos do solo e a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* para o rendimento de benefício em 2012 e; entre dose de nitrogênio e inoculação de sementes em 2013. Não houve influencia do manejo de solo e da inoculação de sementes para o rendimento de grãos inteiros e quebrados em ambos os anos.

O rendimento de benefício apresentou diferença entre os manejos do solo na ausência da inoculação de sementes, sendo os maiores valores obtidos pelo cultivo do arroz na área com os manejos do solo com GP + GN e SPD (Tabela 25).

Tabela 25. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre o rendimento de benefício. Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	Rendimento de benefício (%)	
	Inoculação	
Manejo do solo	Presença	Ausência
E + GL	73 A	72 b B
GP + GL	73	73 ab
SPD	72 B	74 a A
DMS ⁽¹⁾ = 1,0	DMS ⁽²⁾ = 0,8	

Nota: Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas das linhas, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação. ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de manejo do solo dentro de cada nível de: inoculação de sementes; ⁽²⁾ referente ao desdobramento de inoculação de sementes dentro de cada nível de: manejo do solo; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

Em 2012 a inoculação de sementes proporcionou maior valor de rendimento de benefício do arroz pelo cultivo em área com o manejo do solo com E + GN. Porém, na ausência da inoculação de sementes, o cultivo do arroz em SPD apresentou maior valor de rendimento de benefício. Para 2013, aumentos lineares do rendimento de benefício foram obtidos com a inoculação de sementes (Tabela 26).

Tabela 26. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho sobre a massa de 100 grãos. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Rendimento de benefício (%)				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Inoculação	0	40	80	120	
Presença	60	62	63	63	RL ** ⁽¹⁾
Ausência	62	63	61	62	ns

Nota: ns – não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; ⁽¹⁾ $y = 60,3900 + 0,0266x$ ($R^2 = 0,79$).

Fonte: Próprio autor.

4.3 Arroz em sucessão a crotalária (subprojeto 2)

A massa seca da parte aérea do arroz obteve influencia da interação entre dose de nitrogênio em cobertura e a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em 2012 e; manejo do solo e inoculação de sementes em 2013 (Tabela 27).

Tabela 27. Massa seca da parte aérea do arroz (MSPA), índice de clorofila foliar (IC) e teor de nitrogênio foliar (TN) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão a crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.

Tratamentos	MSPA		IC		TN		
	kg ha ⁻¹				g kg ⁻¹		
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	
Manejo do Solo (M)							
E + GL	13.101	7.139	20,2	25,0 b	18,5 a	30,1 ab	
GP + GL	12.891	5.169	20,6	28,9 a	17,4 b	29,1 b	
SPD	13.007	7.704	18,8	27,3 a	18,6 a	30,8 a	
Dose de N (D)							
0 kg ha ⁻¹	10.922	5.860	18,3	26,2	16,3 ⁽¹⁾	29,4 ⁽²⁾	
40 kg ha ⁻¹	13.376	7.117	20,6	27,2	18,1	29,7	
80 kg ha ⁻¹	13.290	6.418	19,7	27,3	18,8	30,9	
120 kg ha ⁻¹	14.412	7.288	20,9	27,6	19,4	30,0	
Inoculação (I)							
Presença	12.659	6.961	19,8	27,2	18,0	30,0	
Ausência	13.341	6.379	20,0	26,9	18,4	30,0	
	M	0,05 ^{ns}	21,39 ^{**}	1,62 ^{ns}	11,10 ^{**}	4,75 [*]	6,43 ^{**}
	D	7,46 ^{**}	3,93 [*]	1,85 ^{ns}	0,82 ^{ns}	13,27 ^{**}	2,56 [*]
	I	1,59 ^{ns}	3,07 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Teste F	M x D	2,20 ^{ns}	2,56 [*]	0,26 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,98 ^{ns}
	M x I	0,48 ^{ns}	2,46 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,31 ^{ns}	2,64 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	D x I	3,83 [*]	1,38 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,87 ^{ns}	2,51 ^{ns}
	M x D x I	2,08 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,84 ^{ns}
DMS (5%)	M	-	-	-	2,00	1,1	1,2
	I	-	-	-	-	-	-
Média geral		13.000	6.670	19,9	27,1	18,2	30,0
CV (%)		18	21	21	12	8	5

Nota: **, * e ^{ns} – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ y = 16,6806 + 0,0247x (R² = 0,91); ⁽²⁾ y = 29,5778 + 0,0075x (R² = 0,38).

Fonte: Próprio autor.

Para o índice de clorofila foliar, não houve influência dos fatores avaliados em 2012, porém, para 2013 maiores valores para o índice de clorofila foram obtidos no manejo do solo com GP + GL e SPD. Quanto ao teor de N foliar, houve influência do manejo do solo e doses de nitrogênio em ambos os anos.

O teor de nitrogênio foliar foi maior com o cultivo do arroz nos manejos do solo com E + GL e SPD em relação à área com GP + GL em 2012. Em 2013 maiores valores foram obtidos no

SPD em relação ao manejo do solo com GP + GL, porém sem diferença do manejo do solo com E + GL. Fonseca et al. (2012), obteve maior teor de nitrogênio foliar no arroz cultivado no SPD em relação aos manejos do solo com grade pesada e escarificador.

O cultivo do arroz em presença da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e o aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura incrementaram linearmente a massa seca da parte aérea do arroz (Tabela 28). Na ausência da inoculação de sementes, a massa seca do arroz ajustou-se a uma equação quadrática com o aumento da disponibilidade de nitrogênio, sendo a estimativa da dose de nitrogênio e do maior valor da massa seca do arroz de 71,6 kg ha⁻¹ e 14.682 kg, respectivamente.

Tabela 28. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre a massa seca da parte aérea do arroz. Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	Massa seca da parte aérea do arroz (kg ha ⁻²)				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Inoculação	0	40	80	120	
Presença	10.410	12.615	12.024 b	15.585 a	RL ** (1)
Ausência	11.433	14.136	14.555 a	13.239 b	RQ * (2)
DMS = 2.175					

Nota: ** e * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; RQ – regressão quadrática; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; (1) $y = 10.418,9333 + 37,3317x$ ($R^2 = 0,79$); (2) $y = 11.460,4778 + 89,9592x - 0,6280x^2$ ($R^2 = 0,99$).

Fonte: Próprio autor.

Guimarães et al. (2007), obteve aumento da massa seca do arroz de cultivares de arroz no sistema inundado com a inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivo em vasos. Em sucessão ao cultivo de milho + guandu, Gitti et al. (2012) obteve maior massa seca do arroz de terras altas (ANa 5011) com a inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivo irrigado por aspersão, porém, não houve interação entre doses de nitrogênio em cobertura e a inoculação de sementes, como foi obtido no presente trabalho.

Provavelmente, a produção de auxina (KUSS et al., 2007) pode ter estimulado o desenvolvimento do sistema radicular e proporcionado maior absorção de nutrientes refletindo no crescimento da planta e aumento da massa seca do arroz. Efeito oposto, ou seja, redução na massa seca do arroz, foi observado por Sala et al. (2007), quando sementes de trigo foram submetidas à inoculação com *Azospirillum brasilense* e cultivadas na ausência da adubação nitrogenada. As bactérias diazotróficas de não leguminosas não suprem todas as necessidades de nitrogênio das

plantas (BALDANI; BALDANI, 2005), sendo necessário o fornecimento de parte da necessidade da planta pelos fertilizantes nitrogenados.

A massa seca da parte aérea do arroz apresentou aumento linear com o aumento das doses de nitrogênio em cobertura no manejo do solo com E + GL. No SPD e na doses de 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio, foi obtido os maiores valores de massa seca em relação ao manejo do solo com GP + GL, e semelhantes ao manejo com E + GL em 2013 (Tabela 29).

Tabela 29. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre a massa seca da parte aérea do arroz. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Massa seca da parte aérea do arroz				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Manejo do solo	0	40	80	120	
E + GL	5.475	7.187 ab	6.751 a	9.142 a	RL ** (1)
GP + GL	5.324	5.547 b	4.735 b	5.067 b	ns
SPD	6.781	8.616 a	7.766 a	7.653 a	ns
DMS = 1.972					

** e ns – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; (1) $y = 5.553,8500 + 26,4150x$ ($R^2 = 0,80$).

A altura de plantas obteve maior valor pelo cultivo do arroz na área em SPD em relação ao manejo do solo com E +GL em 2012, como também, em relação aos manejos do solo com E + GL e GL + GL em 2013 (Tabela 30). Quanto a número de panículas por m², a inoculação de sementes reduziu essa variável, além disso, houve interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em 2013. Para 2013, houve interação entre manejo do solo e dose de nitrogênio, manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e entre, dose de nitrogênio e inoculação de sementes.

Tabela 30. Altura de plantas (AP) e número de panículas por m² (NP) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão a crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.

(continua)

Tratamentos	AP		NP	
	cm		panículas m ⁻²	
	2012	2013	2012	2013
Manejo do Solo (M)				
E + GL	90 b	79 b	273	303

Tabela 30. Altura de plantas (AP) e número de panículas por m² (NP) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão a crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.

(conclusão)

GP + GL		91 ab	79 b	270	251
SPD		93 a	93 a	324	273
Dose de N (D)					
0 kg ha ⁻¹		89	85	285	256
40 kg ha ⁻¹		92	81	277	296
80 kg ha ⁻¹		91	84	295	289
120 kg ha ⁻¹		92	83	298	262
Inoculação (I)					
Presença		92	83	282 b	287
Ausência		91	83	296 a	264
	M	4,91 *	58,75 **	22,89 **	5,71 *
	D	1,67 ns	2,39 ns	1,80 ns	2,45 ns
	I	0,33 ns	0,11 ns	3,97 *	3,33 ns
Teste F	M x D	0,40 ns	1,81 ns	4,68 **	2,47 *
	M x I	2,28 ns	1,22 ns	0,74 ns	10,03 **
	D x I	0,75 ns	0,80 ns	0,81 ns	2,99 *
	M x D x I	0,35 ns	1,28 ns	0,87 ns	1,54
DMS (5%)	M	3,1	3,5	-	-
	I	-	-	14	-
Média geral		91	83	289	276
CV (%)		6	7	12	22

Nota: **, * e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

Gitti et al. (2012), semelhante ao presente trabalho, obtiveram redução do número de panículas por m² com a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e o cultivo do arroz em sucessão a crotalária. Segundo Rodrigues et al. (2008), houve redução no desenvolvimento das plantas e raízes pela inoculação de *Azospirillum brasilense* em arroz inundado (casa de vegetação). Em condições similares com mudas de trigo e arroz, Radwan et al., (2004), obtiveram redução no comprimento e na área da superfície radicular pela inoculação de *Azospirillum*. Estes efeitos foram atribuídos à produção de indóis (auxinas) e à utilização de estirpes de *Azospirillum* que foram mais eficientes na produção de indol. A crotalária pode ter proporcionado ambiente favorável ao desenvolvimento das bactérias e a maior síntese de auxinas, reduzindo o perfilhamento e o número de panículas do arroz.

O aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura aumentou linearmente o número de panículas por m² cultivando o arroz no manejo do solo com GP + GL. Os maiores valores do número de panículas por m² foram obtidos no SPD e na ausência do fornecimento de nitrogênio em cobertura (dose “zero”) e na dose de 80 kg ha⁻¹ em relação aos demais manejos do solo (Tabela 31). Em 2013 houve ajuste quadrático do número de panículas por m² com o aumento da disponibilidade de nitrogênio no SPD (Tabela 32).

Tabela 31. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre o número de panículas por m². Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	Número de panículas por m ²				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Manejo do solo	0	40	80	120	
E + GL	269 b	268	271 b	282	ns
GP + GL	227 b	272	283 b	300	RL ** (1)
SPD	357 a	292	332 a	313	ns
DMS = 21					

Nota: ** e ns – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 236,3125 + 0,5703x$ ($R^2 = 0,91$).
Fonte: Próprio autor.

Tabela 32. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre o número de panículas por m². Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Número de panículas por m ²				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Manejo do solo	0	40	80	120	
E + GL	317 a	290	298	307	ns
GP + GL	234 b	275	250	246	ns
SPD	217 b	323	317	233	RQ ** (1)
DMS = 73					

Nota: ** e ns – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RQ – regressão quadrática; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 218,9687 + 3,6695x - 0,0297x^2$ ($R^2 = 0,99$).
Fonte: Próprio autor.

O número de panículas por m² foi maior com a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e o cultivo no SPD, porém sem diferença do manejo com E + GL (Tabela 33). Em relação a doses de nitrogênio em cobertura, houve ajuste quadrático na ausência da inoculação de sementes e diferença entre doses apenas da dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio com maior número de panículas com a inoculação de sementes (Tabela 34).

Tabela 33. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre o número de panículas por m². Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Número de panículas por m ²	
	Inoculação	
Manejo do solo	Presença	Ausência
E + GL	286 ab	320 a
GP + GL	254 b	249 b
SPD	322 a A	223 b B
DMS = 52	DMS = 15	

Nota: Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de manejo do solo dentro de cada nível de: inoculação de sementes; ⁽²⁾ referente ao desdobramento de inoculação de sementes dentro de cada nível de: manejo do solo; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 34. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre o número de panículas por m². Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Número de panículas por m ²				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Inoculação	0	40	80	120	
Presença	281	286	286	297 a	ns
Ausência	232	307	292	227 b	RQ * ⁽¹⁾
DMS = 50					

Nota: ** e ns – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RQ – regressão quadrática; CV – coeficiente de variação; ⁽¹⁾ $y = 234,1000 + 2,5389x - 0,0218x^2$ ($R^2 = 0,98$).

Fonte: Próprio autor.

O número total de espiguetas por panículas reduziu com a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em 2012. Em 2013 os manejos do solo, doses de nitrogênio e a inoculação de sementes não influenciaram o número total de espiguetas por panícula (Tabela 35).

Tabela 35. Número total de espiguetas (ET), espiguetas granadas (EG) e chochas (EC) por panícula em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão a crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.

Tratamentos	ET		EG		EC		
	-----número de espiguetas por panícula-----						
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	
Manejo do Solo (M)							
E + GL	175 a	151	160 b	113	15 a	38	
GP + GL	196 a	145	181 a	109	15 a	37	
SPD	191 a	147	180 a	114	11 b	33	
Dose de N (D)							
0 kg ha ⁻¹	195	138	178	103 ⁽¹⁾	16 ⁽²⁾	35	
40 kg ha ⁻¹	181	152	168	114	13	39	
80 kg ha ⁻¹	186	159	173	125	13	34	
120 kg ha ⁻¹	188	142	176	107	12	35	
Inoculação (I)							
Presença	180 b	149	168	112	12 b	37	
Ausência	195 a	146	180	111	15 a	35	
	M	3,24 *	0,27 ^{ns}	4,20 *	0,43 ^{ns}	6,65 **	0,98 ^{ns}
	D	0,67 ^{ns}	2,14 ^{ns}	0,46 ^{ns}	4,13 **	3,76 *	0,42 ^{ns}
	I	4,32 *	0,23 ^{ns}	3,06 ^{ns}	0,03 ^{ns}	7,11 *	0,59 ^{ns}
Teste F	M x D	2,12 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,73 ^{ns}	0,74 ^{ns}	1,76 ^{ns}	0,17 ^{ns}
	M x I	0,65 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,09 ^{ns}	2,39 ^{ns}	0,48 ^{ns}
	D x I	0,14 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,51 ^{ns}
	M x D x I	0,62 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,89 ^{ns}
DMS (5%)	M	21	-	20	-	3	-
	I	5	-	-	-	2	-
Média geral		187	148	174	112	14	36
CV (%)		16	22	16	21	31	40

Nota: **, * e ^{ns} – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ y = 101,3125 + 0,5979x - 0,0045x² (R² = 0,84); ⁽²⁾ y = 15,6967 - 0,0341x (R² = 0,83).

Fonte: Próprio autor.

O número de espiguetas granadas obteve maiores valores com o cultivo do arroz nos manejos do solo com GP + GL e SPD em 2012. Em 2013 houve influência das doses de nitrogênio em cobertura, onde os dados se ajustaram a uma equação quadrática.

Quanto ao número de espiguetas chochas, houve influencia do manejo do solo; onde o cultivo no SPD proporcionou menor número de espiguetas chochas, das doses de nitrogênio em cobertura; reduzindo linearmente as espiguetas chochas pelo aumento da disponibilidade de

nitrogênio e, da inoculação de sementes; devido redução do número de espiguetas chochas pela inoculação. Em 2013 não houve influência dos tratamentos no número de espiguetas chochas.

O manejo do solo em SPD proporcionou respectivamente, maiores e menores valores de espiguetas granadas e chochas em relação ao manejo do solo com E + GL. No entanto, Fonseca et al. (2012), não obteve diferença entre os manejos do solo sobre o número total de espiguetas, espiguetas granadas e chochas por panícula para o cultivar IAC 202 na safra 2004/05. A pouca adaptação do arroz de terras altas ao SPD é descrita por Kluthcouski et al. (2000) pelo adensamento e redução na macroporosidade do solo prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular. No entanto as coberturas vegetais e a produção adequada de palha para sustentabilidade do SPD, podem elevar o teor de matéria orgânica do solo e influenciar positivamente nos atributos físicos do solo (CUNHA et al., 2010), assim, eliminar impedimentos ao desenvolvimento das raízes do arroz e ampliando o volume de solo explorado e a absorção por água e nutrientes, assim, podendo justificar o aumento do número de espiguetas granadas, e também, redução no número de espiguetas chochas.

Há pouca informação sobre o efeito da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz de terras altas. Neste trabalho a redução do número total de espiguetas por panículas foi obtida no arroz em sucessão ao milho e a crotalária.

A massa de 100 grãos não obteve influencia dos fatores avaliados (Tabela 36) em ambos os anos. Para a produtividade, o resultado referente ao aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura ajustou-se a uma equação linear positiva, ou seja, houve incremento da produtividade com o aumento das doses de nitrogênio, houve também, interação entre o manejo do solo e a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em 2012. Em 2013, a inoculação de sementes proporcionou menor produtividade, e também houve interação entre o manejo do solo e dose de nitrogênio.

A inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* proporcionou maior produtividade ao arroz cultivado no SPD em relação aos demais manejos do solo (Tabela 37). Para manejo do solo, a inoculação de sementes proporcionou incremento da produtividade do arroz cultivado no manejo do solo com E + GL, porém no manejo do solo com GP + GL a influencia foi negativa, devido redução na produtividade.

Em 2013, as maiores produtividades foram obtidas com o cultivo do arroz no SPD em todas as doses de nitrogênio. Entre os manejos do solo com E + GL e GP + GL nas doses de nitrogênio 0, 40 e 80 kg ha⁻¹ não houve diferença entre as produtividades, porém na dose de 120 kg ha⁻¹ o manejo do solo com E + GL apresentou maior produtividade.

Tabela 36. Massa de 100 grãos (MC) e produtividade (PR) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão a crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	MC		PR		
	g		kg ha ⁻¹		
	2012	2013	2012	2013	
Manejo do Solo (M)					
E + GL	2,31	2,22	3.775	2.829	
GP + GL	2,25	2,17	4.491	2.492	
SPD	2,47	2,23	4.872	3.914	
Dose de N (D)					
0 kg ha ⁻¹	2,33	2,20	4.009 ⁽¹⁾	3.092	
40 kg ha ⁻¹	2,50	2,17	4.345	3.135	
80 kg ha ⁻¹	2,21	2,21	4.610	2.934	
120 kg ha ⁻¹	2,33	2,25	4.553	3.152	
Inoculação (I)					
Presença	2,33	2,19	4.407	2.925 b	
Ausência	2,35	2,23	4.352	3.231 a	
Teste F	M	1,97 ^{ns}	2,23 ^{ns}	24,59 ^{**}	43,42 ^{**}
	D	1,67 ^{ns}	1,47 ^{ns}	4,40 ^{**}	0,58 ^{ns}
	I	0,05 ^{ns}	2,01 ^{ns}	0,18 ^{ns}	5,52 [*]
	M x D	0,96 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,77 ^{ns}	2,20 [*]
	M x I	2,17 ^{ns}	0,92 ^{ns}	4,61 [*]	1,23 ^{ns}
	D x I	1,67 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,49 ^{ns}	1,01 ^{ns}
	M x D x I	0,35 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,66 ^{ns}
DMS (5%)	M	-	-	-	-
	I	-	-	-	260
Média geral	2,34	2,21	4.380	3.078	
CV (%)	19	6	14	21	

Nota: **, * e ^{ns} – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 4.095,1083 + 4,7412x$ ($R^2 = 0,81$).

Fonte: Próprio autor.

O rendimento de benefício aumento linearmente com o aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura. Quanto ao rendimento de grãos inteiros e os grãos quebrados, também houve influencia do nitrogênio em coberturas, porém os resultados foram ajustados a equações quadráticas pelo aumento das doses de nitrogênio em 2012.

Tabela 37. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre a produtividade. Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	Inoculação	
Manejo do solo	Presença	Ausência
E + GL	4.004 b A	3.546 b B
GP + GL	4.252 b B	4.731 a A
SPD	4.964 a	4.778 a
DMS ⁽¹⁾ = 538	DMS ⁽²⁾ = 449	

Nota: Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de manejo do solo dentro de cada nível de: inoculação de sementes; ⁽²⁾ referente ao desdobramento de inoculação de sementes dentro de cada nível de: manejo do solo; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 38. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre a produtividade. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Produtividade (kg ha ⁻¹)				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Manejo do solo	0	40	80	120	
E + GL	2.711 b	2.842 b	2.584 b	3.180 b	ns
GP + GL	2.791 b	2.389 b	2.674 b	2.113 c	ns
SPD	3.773 a	4.174 a	3.544 a	4.163 a	ns
DMS = 764					

Nota: ns – não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

Para 2013, houve interação entre dose de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* para o rendimento de benefício e de grãos inteiros, para grãos quebrados não houve influência (Tabela 39).

Tabela 39. Rendimento de benefício (RB), rendimento de inteiros (RI) e grãos quebrados (GQ) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão a crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.

Tratamentos	RB		RI		GQ		
	-----%-----						
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	
Manejo do Solo (M)							
E + GL	76	63	64	52	12	11	
GP + GL	75	63	64	53	12	11	
SPD	76	64	65	52	11	11	
Dose de N (D)							
0 kg ha ⁻¹	75 ⁽¹⁾	64	58 ⁽²⁾	54	17 ⁽³⁾	10	
40 kg ha ⁻¹	76	63	64	52	12	11	
80 kg ha ⁻¹	76	62	67	50	9	12	
120 kg ha ⁻¹	76	64	68	53	8	11	
Inoculação (I)							
Presença	73	63	57	52	12	11	
Ausência	73	64	55	53	11	11	
	M	2,58 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,61 ^{ns}
	D	7,37 ^{**}	3,63 ^{**}	22,32 ^{**}	4,02 ^{**}	23,10 ^{**}	1,93 ^{ns}
	I	0,01 ^{ns}	2,84 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,55 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Teste F	M x D	0,72 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,95 ^{ns}
	M x I	0,65 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,25 ^{ns}
	D x I	0,44 ^{ns}	2,86 [*]	1,26 ^{ns}	3,30 [*]	1,28 ^{ns}	1,89 ^{ns}
	M x D x I	1,06 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,45 ^{ns}
DMS (5%)	M	-	-	-	-	-	-
	I	-	-	-	-	-	-
Média geral		76	63	64	52	11	11
CV (%)		2	4	8	8	36	20

Nota: **, * e ^{ns} – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 74,9779 + 0,0136x$ ($R^2 = 0,84$); ⁽²⁾ $y = 57,6989 + 0,1849x - 0,0008x^2$ ($R^2 = 1,00$); ⁽³⁾ $y = 17,0092 - 0,1516x + 0,0006x^2$ ($R^2 = 1,00$).

Fonte: Próprio autor.

O rendimento de benefício apresentou influencia da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* na ausência do fornecimento de nitrogênio em cobertura, onde na presença da inoculação houve redução do rendimento de benefício (Tabela 40).

Tabela 40. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre o rendimento de benefício. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Rendimento de benefício (%)				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Inoculação	0	40	80	120	
Presença	63 b	64	61	64	ns
Ausência	66 a	63	62	64	ns
DMS = 2					

Nota: ^{ns} – não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 41. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão a crotalária sobre o rendimento de inteiros. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Rendimento de inteiros (%)				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Inoculação	0	40	80	120	
Presença	51	53	50	53	ns
Ausência	56	52	50	53	ns
DMS = 3					

Nota: ^{ns} – não significativo pelo teste F; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio autor.

4.4 Arroz em sucessão ao milho + crotalária (subprojeto 3)

A massa seca da parte aérea do arroz obteve influencia das interações entre manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em ambos os anos e, doses de nitrogênio em cobertura e inoculação de sementes em 2012 (Tabela 42).

Tabela 42. Massa seca da parte aérea do arroz (MSPA), índice de clorofila foliar (IC) e teor de nitrogênio foliar (TN) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.

(continua)

Tratamentos	MSPA		IC		TN	
	kg ha ⁻¹				g kg ⁻¹	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Manejo do Solo (M)						
E + GL	12.146	7.941	19,3	23,2 a	16,7	28,6

Tabela 42. Massa seca da parte aérea do arroz (MSPA), índice de clorofila foliar (IC) e teor de nitrogênio foliar (TN) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (conclusão)

GP + GL		13.615	5.582	19,5	29,4 b	16,8	28,8
SPD		12.680	8.470	19,1	29,0 b	17,1	30,9
Dose de N (D)							
0 kg ha ⁻¹		10.492	7.313	18,3	24,8	15,4 ⁽¹⁾	27,7
40 kg ha ⁻¹		12.955	7.821	20,2	27,2	16,2	29,2
80 kg ha ⁻¹		13.631	7.075	18,6	27,3	17,1	30,1
120 kg ha ⁻¹		14.177	7.117	20,2	29,4	18,8	30,8
Inoculação (I)							
Presença		12.621	7.484	19,3	27,4	16,8	29,0 b
Ausência		13.006	7.179	19,3	26,9	16,9	30,0 a
	M	3,33 *	28,14 **	0,09 ^{ns}	30,42 **	0,82 ^{ns}	25,69 **
	D	11,94 **	1,05 ^{ns}	1,78 ^{ns}	6,78 **	21,63 *	21,03 **
	I	0,67 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,25 ^{ns}	9,71 **
Teste F	M x D	1,39 ^{ns}	1,02	1,36 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,68 ^{ns}	3,87 **
	M x I	3,00 *	7,20 **	0,80 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,13 ^{ns}	2,43 ^{ns}
	D x I	2,84 *	1,67 ^{ns}	0,63 ^{ns}	2,94 *	1,33 ^{ns}	1,44 ^{ns}
	M x D x I	1,66 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,04 ^{ns}	2,67 ^{ns}	1,61 ^{ns}
DMS (5%)	M	-	-	-	2,1	-	-
	I	-	-	-	-	-	0,6
Média geral		12.814	7.331	19,3	27,2	16,9	29,4
CV (%)		16	19	19,6	13	8	4

Nota: **, * e ^{ns} – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 15,2452 + 0,0273x$ ($R^2 = 0,96$).

Fonte: Próprio autor.

O índice de clorofila foliar não obteve influência dos fatores avaliados em 2012, porém em 2013 houve influência do manejo do solo e interação entre dose de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*.

Quanto aos teores de nitrogênio foliar, o aumento da disponibilidade de nitrogênio aumentou linearmente o teor desse nutriente na folha “bandeira” do arroz em 2013. Em 2012 houve influência da inoculação de sementes e interação entre manejo do solo e dose de nitrogênio.

A inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* proporcionou maior massa seca da parte aérea do arroz no cultivo desse cereal no manejo solo com GP + GL em relação aos demais manejos do solo (Tabela 43).

Tabela 43. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre a massa seca da parte aérea do arroz. Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	Massa seca da parte aérea do arroz (kg ha ⁻¹)	
	Inoculação	
Manejo do solo	Presença	Ausência
E + GL	11.952 b	12.339
GP + GL	14.129 a	13.101
SPD	11.781 b B	13.579 A
DMS ⁽¹⁾ = 1.975	DMS ⁽²⁾ = 1.641	

Nota: Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de manejo do solo dentro de cada nível de: inoculação de sementes; ⁽²⁾ referente ao desdobramento de inoculação de sementes dentro de cada nível de: manejo do solo; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

Para manejo do solo, houve diferença da massa seca do arroz, cultivando-o no SPD, porém na ausência da inoculação de sementes. Em 2013, o cultivo do arroz com inoculação de sementes no manejo do solo com E + GL proporcionou maior massa seca da parte aérea do arroz. Em relação ao SPD, a inoculação de sementes reduziu a produção de massa seca (Tabela 44).

O aumento da massa seca do arroz foi linearmente positivo, na presença da inoculação, pelo aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura (Tabela 45).

Tabela 44. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre a massa seca da parte aérea do arroz. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Massa seca da parte aérea do arroz (kg ha ⁻¹)	
	Inoculação	
Manejo do solo	Presença	Ausência
E + GL	8.860 a A	7.023 b B
GP + GL	5.758 b	5.407 c
SPD	7.834 a B	9.107 a A
DMS ⁽¹⁾ = 1.404	DMS ⁽²⁾ = 1.167	

Nota: Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de manejo do solo dentro de cada nível de: inoculação de sementes; ⁽²⁾ referente ao desdobramento de inoculação de sementes dentro de cada nível de: manejo do solo; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora;

Fonte: Próprio autor.

Tabela 45. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre a massa seca da parte aérea do arroz. Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	Massa seca da parte aérea do arroz (kg ha ⁻¹)				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Inoculação	0	40	80	120	
Presença	10.797	11.708 b	13.283	14.694	RL ** (1)
Ausência	10.187	14.201 a	13.978	13.660	RQ ** (2)
DMS = 1.895					

Nota: ** – significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; RL – regressão linear; RQ – regressão quadrática; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; (1) $y = 10.630,9555 + 33,1642x$ ($R^2 = 0,99$); (2) $y = 10.394,9167 + 106,7215x - 0,6769x^2$ ($R^2 = 0,92$).

Fonte: Próprio autor.

Tabela 46. Interação entre doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre o índice de clorofila foliar. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Índice de clorofila foliar				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Inoculação	0	40	80	120	
Presença	26,4	27,9	26,0	29,5	ns
Ausência	23,2	26,5	28,7	29,4	RL ** (1)
DMS = 2.175					

** e * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; (1) $y = 23,8433 + 0,0517x$ ($R^2 = 0,92$).

Tabela 47. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre o teor de nitrogênio foliar. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Teor de nitrogênio foliar (g kg ⁻¹)				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Manejo do solo	0	40	80	120	
E + GL	25,5 b	28,7 b	29,5 b	30,7 b	RL ** (1)
GP + GL	28,5 a	28,0 b	29,5 b	29,2 b	ns
SPD	29,0 a	30,8 a	31,3 a	32,5 a	RL ** (2)
DMS = 2					

Nota: ** e * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; (1) $y = 26,1333 + 0,0408x$ ($R^2 = 0,91$); (2) $y = 29,2667 + 0,0275x$ ($R^2 = 0,95$).

Fonte: Próprio autor.

Na ausência da inoculação, o ajuste do resultado entre a massa seca do arroz e as doses de nitrogênio apresentou-se de maneira quadrática. Na ausência da inoculação de sementes, a dose de nitrogênio de 40 kg ha⁻¹ obteve maior valor da massa seca do arroz.

A altura de plantas apresentou aumento linear e quadrático com o aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura no manejo do solo com GP + GL e no SPD, respectivamente em 2012 (Tabela 48).

A maior altura de plantas foi obtida no SPD na dose de nitrogênio de 80 kg ha⁻¹. Na dose de 120 kg ha⁻¹, a maior altura foi obtida no manejo do solo com GP + GL, em relação ao manejo do solo com E + GL. Em 2013, a maior altura de plantas foi obtida no SPD em relação aos demais manejos do solo.

Tabela 48. Altura de plantas (AP) e número de panículas por m² (NP) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (continua)

Tratamentos	AP		NP		
	cm		panículas m ⁻²		
	2012	2013	2012	2013	
Manejo do Solo (M)					
E + GL	89	78 b	264	290	
GP + GL	92	80 b	273	281	
SPD	93	94 a	305	277	
Dose de N (D)					
0 kg ha ⁻¹	87	82	259	239 ⁽¹⁾	
40 kg ha ⁻¹	91	84	286	342	
80 kg ha ⁻¹	93	84	281	272	
120 kg ha ⁻¹	93	86	296	277	
Inoculação (I)					
Presença	91	85	276	288	
Ausência	91	84	285	277	
	M	4,93 **	93,76 **	11,83 **	0,32 ^{ns}
	D	6,45 **	2,14 ^{ns}	4,54 *	9,89 **
	I	0,00 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,79 ^{ns}	0,62 ^{ns}
Teste F	M x D	2,60 *	0,60 ^{ns}	3,42 **	1,08 ^{ns}
	M x I	2,44 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,04 ^{ns}	5,91 **
	D x I	1,24 ^{ns}	1,15 ^{ns}	2,43 ^{ns}	1,60 ^{ns}
	M x D x I	0,72 ^{ns}	0,71 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,68 ^{ns}
DMS (5%)	M	-	3	-	-
	I	-	-	-	-
Média geral		91	84	280	283

Tabela 48. Altura de plantas (AP) e número de panículas por m² (NP) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (conclusão)

CV (%)	6	6	13	24
Nota: **, * e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 251,2979 + 1,9611x - 0,0154x^2$ ($R^2 = 0,45$).				
Fonte: Próprio autor.				

Tabela 49. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre a altura de plantas. Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	Altura de plantas (m)				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Manejo do solo	0	40	80	120	
E + GL	88	90	88 b	89 b	
GP + GL	88	93	92 b	95 a	RL ** (1)
SPD	86	92	99 a	95 ab	RQ * (2)
DMS = 6					

Nota: **, * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; RQ – regressão quadrática; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 88,7250 + 0,0572x$ ($R^2 = 0,80$); ⁽²⁾ $y = 85,3875 + 0,2597x - 0,0014x^2$ ($R^2 = 0,91$).
Fonte: Próprio autor.

Para 2013, a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e o cultivo do arroz no SPD proporcionou maior valor do número de panículas por m² (Tabela 51).

Tabela 50. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre o número de panículas por m². Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	Número de panículas por m ²				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Manejo do solo	0	40	80	120	
E + GL	259	295 ab	240 b	261 b	ns
GP + GL	240	259 b	284 a	310 a	RL ** (1)
SPD	280	303 a	319 a	317 a	RL * (2)
DMS = 21					

Nota: **, * e ns – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 237,8000 + 0,5919x$ ($R^2 = 0,99$); ⁽²⁾ $y = 285,7125 + 0,3209x$ ($R^2 = 0,83$).
Fonte: Próprio autor.

Tabela 51. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre o número de panículas por m². Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Número de panículas por m ²	
	Inoculação	
Manejo do solo	Presença	Ausência
E + GL	276	304 a
GP + GL	272	290 ab
SPD	315 A	238 b B
DMS ⁽¹⁾ = 57	DMS ⁽²⁾ = 17	

Nota: Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de manejo do solo dentro de cada nível de: inoculação de sementes; ⁽²⁾ referente ao desdobramento de inoculação de sementes dentro de cada nível de: manejo do solo; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

O número total de espiguetas por panícula obteve maior valor no manejo do solo com GP + GL em relação ao manejo do solo com E + GL (Tabela 52) em 2012 e; maior valor com a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em 2013. Para o número de espiguetas granadas, os manejos do solo com GP + GL e o SPD apresentaram maiores valores em relação ao E + GL em 2012 e; interação entre manejo do solo e inoculação de sementes em 2013. Quanto ao número de espiguetas chochas, houve interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em 2012 e; aumento do número de espiguetas chochas por panícula com a inoculação de sementes em 2013.

Tabela 52. Número total de espiguetas (ET), espiguetas granadas (EG) e chochas (EC) por panícula em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (continua)

Tratamentos	ET		EG		EC	
	-----número de espiguetas por panícula-----					
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Manejo do Solo (M)						
E + GL	177 b	147	162 b	109	15	38
GP + GL	197 a	145	183 a	105	14	40
SPD	193 ab	141	181 a	105	12	36
Dose de N (D)						
0 kg ha ⁻¹	187	151	172	110	16	41
40 kg ha ⁻¹	184	138	170	103	14	34
80 kg ha ⁻¹	191	148	177	110	14	38

Tabela 52. Número total de espiguetas (ET), espiguetas granadas (EG) e chochas (EC) por panícula em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (conclusão)

120 kg ha ⁻¹		193	140	182	102	11	38
Inoculação (I)							
Presença		185	154 a	173	113	13	41 a
Ausência		192	135 b	177	100	15	35 b
	M	3,95 *	0,31 ^{ns}	5,65 **	0,32 ^{ns}	2,48 ^{ns}	0,80 ^{ns}
	D	0,41 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,69 ^{ns}	2,19 ^{ns}	1,08 ^{ns}
	I	1,20 ^{ns}	7,81 **	0,69 ^{ns}	7,23 **	3,46 ^{ns}	3,91 *
Teste F	M x D	0,91 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,95 ^{ns}
	M x I	0,03 ^{ns}	2,52 ^{ns}	0,31 ^{ns}	3,63 *	3,19 *	0,96 ^{ns}
	D x I	0,83 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,28 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,24 ^{ns}
	M x D x I	0,56 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,85 ^{ns}
DMS (5%)	M	18	-	17	-	-	-
	I	-	-	-	-	-	5
Média geral		189	144	175	106	14	38
CV (%)		14	23	14	23	35	33

Nota: **, * e ^{ns} – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

O menor número de espiguetas chochas foi obtido pelo arroz cultivado no SPD na ausência da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em relação ao manejo do solo com E + GL (Tabela 53). O cultivo do arroz inoculado no manejo do solo com E + GL proporcionou o menor número de espiguetas chochas em relação ao arroz não inoculado.

Tabela 53. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre o número de espiguetas granadas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

Tratamentos	Número de espiguetas granadas por panícula	
	Inoculação	
Manejo do solo	Presença	Ausência
E + GL	114	104
GP + GL	104	106
SPD	121 A	89 B
DMS ⁽¹⁾ = 18		

Nota: Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de inoculação de sementes dentro de cada nível de: manejo do solo; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 54. Interação entre manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre o número de espiguetas chochas por panícula. Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	Número de espiguetas chochas por panícula	
	Inoculação	
Manejo do solo	Presença	Ausência
E + GL	12 B	18 a A
GP + GL	13	15 ab
SPD	13	11 b
DMS ⁽¹⁾ = 5	DMS ⁽²⁾ = 4	

Nota: Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; ⁽¹⁾ referente ao desdobramento de manejo do solo dentro de cada nível de: inoculação de sementes; ⁽²⁾ referente ao desdobramento de inoculação de sementes dentro de cada nível de: manejo do solo; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora.

Fonte: Próprio autor.

A massa de 100 grãos obteve influencia do nitrogênio fornecido em cobertura, de forma que o resultado apresentou ajuste quadrático pelo aumento da disponibilidade de nitrogênio em 2013. Para 2013, não houve influência para a massa de 100 grãos (Tabela 55).

Quanto à produtividade, houve interação entre o manejo do solo e a dose de nitrogênio em 2012, e interação entre manejo do solo, dose de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em 2013.

Tabela 55. Massa de 100 grãos (MC) e produtividade (PR) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013.

(continua)

Tratamentos	MC		PR	
	g		kg ha ⁻¹	
	2012	2013	2012	2013
Manejo do Solo (M)				
E + GL	2,41	2,22	3.851	2.569
GP + GL	2,40	2,18	3.927	2.500
SPD	2,42	2,24	4.335	3.852
Dose de N (D)				
0 kg ha ⁻¹	2,36 ⁽¹⁾	2,20	3.321	2.973
40 kg ha ⁻¹	2,43	2,22	4.139	3.023
80 kg ha ⁻¹	2,45	2,21	3.987	2.941
120 kg ha ⁻¹	2,40	2,22	4.704	2.958
Inoculação (I)				
Presença	2,42	2,20	4.043	2.873
Ausência	2,40	2,22	4.032	3.075

Tabela 55. Massa de 100 grãos (MC) e produtividade (PR) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (conclusão)

	M	0,28 ^{ns}	1,57 ^{ns}	4,69 [*]	55,29 ^{**}
	D	2,74 [*]	0,14 ^{ns}	16,75 ^{**}	0,09 ^{ns}
	I	0,76 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,92 ^{ns}
Teste F	M x D	0,88 ^{ns}	0,55 ^{ns}	2,15 [*]	2,65 [*]
	M x I	0,69 ^{ns}	1,66 ^{ns}	1,53 ^{ns}	1,19 ^{ns}
	D x I	0,42 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,75 ^{ns}
	M x D x I	1,30 ^{ns}	1,43 ^{ns}	0,34 ^{ns}	2,98 [*]
DMS (5%)	M	-	-	-	-
	I	-	-	-	-
Média geral		2,41	2,21	4,038	2,974
CV (%)		5	6	17	19

Nota: **, * e ^{ns} – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 2,3575 + 0,0026x - 0,00002x^2$ ($R^2 = 0,99$).

Fonte: Próprio autor.

O aumento da produtividade pela crescente disponibilidade de nitrogênio em cobertura apresentou resultado semelhante nos três manejos do solo, sendo o aumento linearmente positivo (Tabela 56). A maior produtividade foi obtida pelo cultivo do arroz no SPD na dose de nitrogênio de 80 kg ha⁻¹ em relação ao manejo do solo com E + GL, e semelhante ao manejo com GP + GL. As demais doses apresentaram produtividades semelhantes entre os manejos do solo.

Tabela 56. Interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre a produtividade. Selvíria, MS, Brasil, 2012.

Tratamentos	Produtividade (kg ha ⁻¹)				
	Dose de N (kg ha ⁻¹)				
Manejo do solo	0	40	80	120	
E + GL	3.558	3.993	3.305 b	4.546	RL [*] (1)
GP + GL	2.891	4.118	4.001 ab	4.700	RL ^{**} (2)
SPD	3.515	4.308	4.654 a	4.865	RL ^{**} (3)
DMS = 815					

Nota: ** e * – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas por letra iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; RL – regressão linear; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 3.509,2500 + 5,6906x$ ($R^2 = 0,29$); ⁽²⁾ $y = 3.130,9125 + 13,2744x$ ($R^2 = 0,82$); ⁽³⁾ $y = 3.675,7000 + 10,9972x$ ($R^2 = 0,91$).

Fonte: Próprio autor.

Nas menores doses de nitrogênio em cobertura (0 e 40 kg ha⁻¹) a produtividade do arroz com a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* cultivado no SPD foi menor em

relação a ausência da inoculação de sementes. Nas doses de nitrogênio maiores (80 e 120 kg ha⁻¹) a produtividade do arroz cultivado no SPD apresentou as maiores produtividades em relação aos demais manejos do solo, independente da inoculação de sementes (Tabela 57).

Tabela 57. Interação entre manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária sobre a produtividade. Selvíria, MS, Brasil, 2013.

	Produtividade (kg ha ⁻¹)							
	Dose de N (kg ha ⁻¹)							
	0		40		80		120	
	Inoculação		Inoculação		Inoculação		Inoculação	
	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência
Manejo do solo								
E + GL	2.380 ⁽¹⁾	2.095 b	2.558 ab	2.877 b	2.091 b	2.658 b	3.283 b	2.614
GP + GL	2.804	2.951 b	2.434 b	2.273 b	2.288 b	2.464 b	2.088 b	2.695
SPD	3.193 ⁽²⁾ B	4.414 a A	3.488 a B	4.510 a A	4.358 a	3.785 a	3.507 a	3.559
DMS ^(a) = 981		DMS ^(b) = 817						

Nota: Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; ^(a) referente ao desdobramento de manejo do solo dentro de cada nível de: doses de nitrogênio x inoculação de sementes; ^(b) referente ao desdobramento de inoculação de sementes dentro de cada nível de: manejo do solo x doses de nitrogênio; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 2.241,3500 + 5,6119x$ ($R^2 = 0,33$); ⁽²⁾ $y = 3.078,7750 + 26,0069x - 0,1790x^2$ ($R^2 = 0,65$).

Fonte: Próprio autor.

O rendimento de benefício e de grãos inteiros apresentou influencia semelhante pelo aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura, sendo incrementados linearmente (Tabela 58) em 2012. Em 2013 não houve influência para o rendimento de benefício e de grãos inteiros.

Tabela 58. Rendimento de benefício (RB), rendimento de inteiros (RI) e grãos quebrados (GQ) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária. Selvíria, MS, Brasil, 2012 e 2013. (continua)

Tratamentos	RB		RI		GQ	
	-----%-----					
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Manejo do Solo (M)						
E + GL	75	62	62	50	13	12 a
GP + GL	74	62	61	52	13	10 b
SPD	75	62	64	50	11	12 a
Dose de N (D)						
0 kg ha ⁻¹	74 ⁽¹⁾	62	57 ⁽²⁾	50	16 ⁽³⁾	11

Tabela 58. Rendimento de benefício (RB), rendimento de inteiros (RI) e grãos quebrados (GQ) em função do manejo do solo, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com

Azospirillum brasilense em arroz de terras altas em sucessão ao milho + crotalária.
Selvária, MS, Brasil, 2012 e 2013. (conclusão)

40 kg ha ⁻¹		75	62	61	50	14	11
80 kg ha ⁻¹		76	62	64	51	11	11
120 kg ha ⁻¹		76	62	68	50	8	11
Inoculação (I)							
Presença		75	61	63	50	12	11
Ausência		75	62	63	51	12	11
	M	4,68 *	0,04 ^{ns}	2,70 ^{ns}	1,82 ^{ns}	2,00 ^{ns}	7,52 **
	D	14,72 **	0,06 ^{ns}	21,00 **	0,16 ^{ns}	16,31 **	0,19 ^{ns}
	I	0,44 ^{ns}	2,96 ^{ns}	0,05 ^{ns}	5,66 *	0,00 ^{ns}	2,87 ^{ns}
Teste F	M x D	1,19 ^{ns}	1,83 ^{ns}	1,17 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,02 ^{ns}
	M x I	0,58 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,53 ^{ns}
	D x I	1,77 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,30 ^{ns}
	M x D x I	0,40 ^{ns}	0,93 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,90 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,36 ^{ns}
DMS (5%)	M	-	-	-	-	-	1
	I	-	-	-	1	-	-
Média geral		75	62	63	51	12	11
CV (%)		2	5	8	7	37	18

Nota: **, * e ^{ns} – significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente; DMS – diferença mínima significativa pelo teste de Tukey; CV – coeficiente de variação; SPD - sistema plantio direto; GP + GL - preparo com grade pesada + grade niveladora; E + GL - preparo com escarificador + grade niveladora; ⁽¹⁾ $y = 73,7579 + 0,0207x$ ($R^2 = 0,97$); ⁽²⁾ $y = 57,0471 + 0,0940x$ ($R^2 = 1,00$); ⁽³⁾ $y = 16,6850 - 0,0732x$ ($R^2 = 0,99$).
Fonte: Próprio autor.

Quanto aos grãos quebrados, o aumento do fornecimento de nitrogênio também apresentou resultado positivo, ou seja, houve redução na porcentagem de grãos quebrados devido maior disponibilidade de nitrogênio em 2012. Em 2013, menor valor de grãos quebrados foi obtido no manejo do solo com GP + GL, em relação aos demais manejos do solo.

5 CONSIDERAÇÕES

5.1 Características agronômicas

5.1.1 *Massa seca da parte aérea do arroz, índice de clorofila e teor de nitrogênio foliar*

O cultivo do arroz em sucessão ao milheto, crotalária e milheto + crotalária apresentaram influencia das doses de nitrogênio em cobertura para a massa seca da parte aérea do arroz e o teor de nitrogênio foliar, com aumentos lineares nessas variáveis pelo aumento da disponibilidade de nitrogênio em 2012.

Em sucessão ao milheto e a crotalária em 2013, maiores valores de massa seca da parte aérea do arroz foram obtidas nos manejos do solo com E + GL e no SPD em relação ao manejo com GP + GL, com o aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura.

Em sucessão a crotalária e milheto + crotalária, houve interação entre doses de nitrogênio e a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, assim cultivando o arroz em sucessão as duas coberturas vegetais os resultados foram semelhantes, onde na presença da inoculação de sementes houve aumento linear da massa seca da parte aérea do arroz, e na ausência da inoculação houve ajuste quadrático, ou seja, houve possibilidade de estimar a dose e a máxima produção de massa seca do arroz em 2012.

Em sucessão ao milheto + crotalária, a massa seca do arroz obteve interação entre manejo do solo e inoculação de sementes, uma vez que o manejo do solo com GP + GL e o cultivo na presença da inoculação de sementes proporcionou maior valor de massa seca do arroz em relação ao E + GL e ao SPD. Para o cultivo do arroz no SPD, houve redução da massa seca do arroz com a inoculação de sementes em ambos os anos de avaliação.

5.1.2 *Número mais provável de colônias de Azospirillum spp. nas raízes e altura de plantas*

Em sucessão ao milheto e ao milheto + crotalária, o cultivo do arroz obteve influencia do manejo do solo, das doses de nitrogênio em cobertura e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* sobre o número mais provável de colônias de *Azospirillum spp.* nas raízes do arroz. Em sucessão ao milheto na dose de 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio, e ao milheto + crotalária na dose de 40 kg ha⁻¹, o cultivo do arroz no manejo do solo com E + GL apresentaram maiores valores do número mais provável de colônias de *Azospirillum spp.* na ausência da inoculação de sementes, como também em relação ao SPD, que apresentou menor valor dessa variável.

Em sucessão a crotalária, o cultivo do arroz obteve influencia da interação entre manejo do solo e doses de nitrogênio, como também, manejo do solo e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*. O aumento das doses de nitrogênio em coberturas aumentou linear o número mais provável de colônias de *Azospirillum* spp. nas raízes do arroz cultivado em SPD, fato não observado no manejo do solo com GP + GL. No SPD a inoculação de sementes proporcionou maior valor do número mais provável de colônias de *Azospirillum* spp.

A influencia na altura de plantas foi distinta em sucessão as coberturas vegetais. Em sucessão ao milho, as doses de nitrogênio aumentaram linearmente a altura de plantas. Em sucessão a crotalária, foram os manejos do solo que influenciaram essa variável, com maior altura de plantas no arroz cultivado em SPD em relação ao E + GL. Para o arroz cultivado após o milho + consórcio, há influencia da interação entre manejos do solo e doses de nitrogênio, tendo o cultivo do arroz em área com GP + GL proporcionado aumento linear da altura de plantas pelo aumento crescente das doses de nitrogênio em coberturas, porém, o cultivo em SPD do arroz proporcionou ajuste quadrático da altura de plantas, estimando-se a dose de nitrogênio e a maior altura de plantas.

5.2 Componentes de produção e produtividade

5.2.1 Número de panículas por m²

Em sucessão ao milho, o número de panículas por m² obteve maior valor pelo cultivo do arroz no SPD. Em sucessão a crotalária e o milho + crotalária, houve interação entre os manejos do solo e doses de nitrogênio, sendo os resultados semelhantes, onde o número de panículas por m² aumentam linearmente pelo aumento das doses de nitrogênio em coberturas em sucessão as duas coberturas vegetais e nos manejos do solo em SPD e com GL + GL. Com os maiores valores do número de panículas por m² nas doses 0 (“zero”) e 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio no SPD em relação as manejos do solo com GP + GL e E + GL em sucessão a crotalária, e em sucessão ao milho + crotalária, nas doses 80 e 120 kg ha⁻¹ no SPD e GP + GL em relação ao E + GL.

A inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* influenciou o número de panículas por m² do arroz em sucessão ao milho interagindo com as doses de nitrogênio em cobertura, sendo o aumento do número de panículas por m² linear, tanto na presença como ausência da inoculação de sementes, com o aumento das doses de nitrogênio em cobertura. No entanto, a inoculação de sementes reduziu o número de panículas por m² nas doses de nitrogênio 0 (“zero”) e 80 kg ha⁻¹. Em sucessão a crotalária, também houve redução do número de panículas por m² pela inoculação de sementes em 2012.

Em 2013 não houve influência da inoculação de sementes no número de panículas por m² em sucessão ao milho. Em sucessão a crotalária e o milho + crotalária, observa-se que houve interação entre o manejo do solo e a inoculação de sementes, sendo os maiores valores do número de panículas por m² obtido no SPD com a inoculação de sementes.

5.2.2 *Número total de espiguetas, espiguetas granadas e chochas por panícula*

Em sucessão ao milho, o número total de espiguetas e espiguetas granadas obteve interação entre os manejos do solo e doses de nitrogênio em cobertura, sendo o aumento linear dessas variáveis devido o aumento da disponibilidade de nitrogênio, cultivando o arroz no SPD em 2012. Em 2013, em sucessão ao milho o número total de espiguetas e espiguetas granadas obteve interação entre os manejos do solo e a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, sendo maiores valores obtidos no manejo do solo com GP + GL com a inoculação de sementes.

Em sucessão a crotalária e milho + crotalária houve influência dos manejos do solo, sendo os números de espiguetas granadas obtido pelo cultivo do arroz em SPD e GP + GL em relação ao E + GL em 2012.

A inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* reduziu o número total de espiguetas por panículas cultivando o arroz em sucessão ao milho e a crotalária. Em sucessão ao milho, o número de espiguetas granadas obteve interação entre doses de nitrogênio e a inoculação de sementes, de forma que, houve aumento linear do número de espiguetas granadas por panícula com a inoculação de sementes, porém na ausência de nitrogênio em cobertura, a inoculação reduziu o número de espiguetas granadas por panícula em 2012. Em 2013, em sucessão ao milho + crotalária, houve redução do número total de espiguetas, espiguetas granadas e chochas por panícula com a inoculação de sementes.

Quanto ao número de espiguetas chochas, houve redução no cultivo do arroz em sucessão a crotalária. Em sucessão ao milho + crotalária, a influência foi resultado da interação entre manejos do solo e inoculação de sementes, onde a inoculação de sementes reduziu o número de espiguetas chochas no arroz cultivado no E + GL. Na ausência da inoculação de sementes, o cultivo do arroz no SPD obteve menores valores do número de espiguetas chochas em relação aos demais manejos do solo.

5.2.3 *Massa de 100 grãos e produtividade*

Em sucessão ao milho + crotalaria, o cultivo do arroz obteve ajuste quadrático para a massa de 100 grãos com o aumento das doses de nitrogênio em cobertura, assim, estimando a dose e a máxima massa de 100 grãos em 2012. Em 2013, em sucessão ao milho, houve interação entre manejo do solo e dose de nitrogênio, com ajuste quadrático da massa de 100 grãos nos manejos do solo com E + GL e GP + GL, e na ausência da aplicação de nitrogênio em cobertura a maior massa de 100 grãos foi obtida no SPD.

A influência da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* na massa de 100 grãos foi obtida no arroz cultivado em sucessão ao milho. A inoculação de sementes proporcionou maior massa de 100 grãos apenas na dose de nitrogênio de 40 kg ha⁻¹, as demais doses apresentaram valores semelhantes nos tratamentos com ausência da inoculação em 2012. Em 2013, houve redução da massa de 100 grãos com a inoculação de sementes.

Para a produtividade, em sucessão ao milho e a crotalaria, as doses de nitrogênio em cobertura aumentaram linearmente a produtividade em 2012. Em 2013, houve aumento linear com o aumento das doses de nitrogênio em sucessão ao milho, em relação à crotalaria não houve aumento da produtividade com o aumento das doses de nitrogênio. Em sucessão ao milho e a crotalaria a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* proporcionou menores produtividades.

Em sucessão ao milho + crotalaria, houve interação entre os manejos do solo e as doses de nitrogênio, sendo linear o aumento da produtividade com o aumento da disponibilidade de nitrogênio em todos os manejos do solo avaliados, além disso, a produtividade do arroz cultivado no SPD foi superior ao manejo do solo com E + GL, e semelhante ao com GP + GL. Numericamente, a produtividade foi superior no arroz cultivado no SPD, intermediária no manejo do solo com GP + GL e inferior no E + GL em 2012. Em 2013, em sucessão ao milho + crotalaria, na ausência da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, houve aumento linear da produtividade no manejo do solo com E + GL, e no SPD ajuste quadrático com o aumento das doses de nitrogênio em cobertura.

5.2.4 *Rendimento de benefício, grãos inteiros e quebrados*

Em sucessão ao milho, crotalária e milho + crotalária, houve influência das doses de nitrogênio em cobertura. Em sucessão ao milho e o milho + crotalária, o arroz obteve aumento linear do rendimento de benefício e de grãos inteiros, como também, redução dos grãos quebrados. Em sucessão a crotalária, semelhante às demais coberturas vegetais, o arroz obteve aumento linear do rendimento de benefício, porém com relação ao rendimento de grãos inteiros e grãos quebrados, ambos ajustaram-se a equações quadráticas.

A inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* interagiu com os manejos do solo no arroz cultivado em sucessão ao milho. Na ausência da inoculação de sementes os maiores valores de rendimento de benefício foram obtidos nos manejos do solo com GP+ GL e no SPD. Na presença da inoculação de sementes, o rendimento de benefício foi maior no manejo do solo com E + GL, porém, no SPD o rendimento de benefício foi menor na presença da inoculação de sementes.

6 CONCLUSÕES

A massa seca da parte aérea do arroz em sucessão ao milho não foi influenciada pela inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, mas aumentou linearmente com o aumento das doses de nitrogênio em cobertura no manejo do solo com E + GL, e de maneira quadrática no manejo do solo em SPD. Em sucessão a crotalária, aumentou linearmente com o aumento das doses de nitrogênio em cobertura e proporcionou maior valor com a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*. Em sucessão ao milho + crotalária, a massa seca da parte aérea do arroz no manejo do solo em SPD e na ausência da inoculação de sementes foi maior.

O número de panículas por m² reduziu com a inoculação de sementes nas doses de 0 e 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura em sucessão ao milho. Em sucessão a crotalária e o milho + crotalária, o número de panículas por m² foi maior com o cultivo do arroz no SPD, com a inoculação de sementes e a dose de 120 kg ha⁻¹ nitrogênio em cobertura.

O número total de espiguetas por panícula reduziu com a inoculação de sementes em sucessão ao milho e a crotalária. Em relação ao número de espiguetas chochas, também houve redução em sucessão a crotalária e o milho + crotalária.

A produtividade aumentou linearmente pela maior disponibilidade de nitrogênio em cobertura, independente do manejo do solo e da cobertura vegetal. A inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* não influenciou a produtividade do arroz em sucessão ao milho. Em sucessão a crotalária as respostas foram instáveis, aumentando a produtividade no primeiro ano de avaliação em cultivo do arroz no SPD, e no segundo ano reduzindo a produtividade. Em sucessão ao milho + crotalária, observa-se que no SPD a inoculação de sementes reduziu a produtividade do arroz nas menores doses de nitrogênio avaliadas (0 e 40 kg ha⁻¹), e nas maiores doses (80 e 120 kg ha⁻¹), não houve influência da inoculação de sementes, porém com produtividades numericamente maiores com a inoculação de sementes.

Em sucessão ao milho, crotalária e milho + crotalária o rendimento de benefício e o rendimento de inteiros aumentaram com o aumento da disponibilidade de nitrogênio em cobertura, assim também, reduzindo a quantidade de grãos quebrados, independente do manejo do solo e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*.

REFERÊNCIAS

- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, p. 241-248, 2002.
- ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, F.F.; COUTINHO, E.L.M. Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 1691-1668, 2008.
- ATWELL, B.J. The effect of soil compaction on wheat during early tillering - I: growth, development and root structure. **New Phytologist**, Oxford, v. 115, n. 1, p. 29-35, 1990.
- BALDANI, J.I.; BALDANI, V.L.D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 77, n. 3, p. 549-579, 2005.
- BAYER, C.; MARIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Conteúdo de nitrogênio total num solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, p. 235-239, 1997.
- BOTTINI, R.; FULCHIERI, M.; PEARCE, D.; PHARIS, R. Identification of gibberelins A1, A3, and iso-A3 in cultures of *A. lipoferum*. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 90, p. 45-47, 1989.
- BOUTON, J.H.; ALBRECHT, S.L.; ZUBERER, D.A. Screening and selection of pearl millet for root associated bacterial nitrogen fixation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 11, p. 131-139, 1985.
- BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA, P.M. da; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, p. 83-87, 2004.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed). **Fertilidade do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 375-470, 2007.
- CANTARELLA, H. TRIVELIN, P.C.O.; CONTIN, T.L.M.; DIAS, F.L.F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R.B.; QUAGGIO, J.A. Ammonia volatilization from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 65, n. 4, p. 397-401, 2008.
- CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. O uso de inibidor de urease para aumentar a eficiência da ureia. In: SIMPÓSIO SOBRE INFORMAÇÕES RECENTES PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, 2007, Piracicaba. **Anais...** [S. l.: s. n.], 2007. p. 1-19. 1 CD-ROM.

- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. Van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van, CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1997. 285 p.
- CARNEIRO, R.G.; MENDES, I.C.; LOVATO, P.E.; CARVALHO, A.M.; VIVALDI, L.J. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 7, p. 661-669, 2004.
- CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V. Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. Aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) **Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 61-86.
- CAVALLET, L.E.; PESSOA, A.C.S.; HELMICH, J.J.; HELMICH, P.R.; OST, C.F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.
- CASTELLINI, C.; BASTIANONI, S.; GRANAI, C.; DAL BOSCO, A.; BRUNETTI, M. Sustainability of poultry production using the emergy approach: Comparison of conventional and organic rearing systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S. l.], v. 114, p. 343-350, 2006.
- CAZETTA, D.A.; ARF, O.; BUZETI, S.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F. Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 471-479, 2008.
- CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, Jaboticabal, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.
- CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; FERREIRA, E.P.B.; DIDONET, A.D. Atributos físicos do solo sob diferentes preparos e coberturas influenciados pela distribuição de poros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1160-1169, 2010.
- CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; DIDONET, A.D.; FERREIRA, E.P.B.; MOREIRA, J.A.A.; LEANDRO, W.M. Atributos químicos de solo sob produção orgânica influenciados pelo preparo e por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1021-1029, 2011.
- DAVISON, J. Plant beneficial bacteria. **Bio/Technology**, New York, v. 6, p. 282-286, 1988.
- D' ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do Cerrado no sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, p. 913-923, 2002.

DIDONET, A. D.; MARTIN-DIDONET, C. C. G.; GOMES, G. F. **Avaliação de linhagens de arroz de terras altas inoculadas com *Azospirillum lipoferum* Sp59b e *A. brasilense* Sp245.** Embrapa Arroz e Feijão – Comunicado Técnico 69, 2003.

DOBEREINER, J.; BALDANI, J.I.; BALDANI, V.L.D. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas.** Brasília, DF: EMBRAPA, SPI; Itaguaí: EMBRAPA, CNPAB, 1995, 60 p.

DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 22, p. 107-149, 2003.

DÖBEREINER, J.; DAY, J.M. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: NEWTON W.E.; NYMAN, C.T. (Ed.) **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN FIXATION**, vol. 2. **Proceedings...** Pullman: Washington State University, 1976. p. 518-538.

DÖBEREINER, J.; MARRIEL, I.; NERY, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 22, p. 1464–1473, 1976.

DIDONET, D.A.; LIMA, O.S.; CANDATEN, M.H.; RODRIGUES, O. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos, em trigo submetido a inoculação de *Azospirillum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 401-411, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FAN, S. Global population versus food production. **Rice Today**, [S. l.], v. 10, n. 4, 2011. p. 50. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/67401704/Rice-Today-October-December-2011-Volume-10-No-4>>. Acesso em: 2 jan. 2012.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA (FEBRAPDP). **Área de plantio direto: evolução do plantio direto: 2002-2006.** Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 20 ago. 2011.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz.** Jaboticabal: Funep, 2006. 589 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS/CENTRAL BROADCASTING SERVICE – FAO/CBS. **Rice, Milled equivalent 2010/11.** Disponível em: <<http://statistics.amis-outlook.org/data/index.html>>. Acesso em: 21 jan. 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **FAOSTAT: Production: about: countries by commodity: rice, paddy.** [S. l.], 2012a. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 21 jan. 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **FAOSTAT: food supply: crops primary equivalent.** [S. l.], 2012b. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/609/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 21 jan. 2012.

FONSECA, A.E.; ARF, O.; JÚNIOR, V.O.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R.A.F. Preparo do solo e doses de nitrogênio em cobertura em arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 246-253, 2012.

GITTI, D.C.; MONTEIRO, S.; ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; VILELA, R.G.; CHAVES, D.C.D.; PORTUGAL, J.R.; PEREIRA, D.A.S. Plantas de cobertura, fontes de nitrogênio e fornecimento de molibdênio no cultivo do arroz de terras altas em plantio direto irrigado por aspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO ARROZ IRRIGADO, 7, 2011, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2011. v. 2, p. 195-198.

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.M. Comportamento de cultivares de arroz de terras altas no sistema plantio direto em duas profundidades de adubação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 1, p. 53-59, 2006.

GROHMANN, F.; QUEIROZ NETO, J. P. de. Efeito da compactação artificial de dois solos limo-argilosos sobre a penetração das raízes de arroz. **Bragantia**, Campinas, v. 25, n. 38, p. 421-431, 1966.

GITTI, D.C.; ARF, O.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D.C.D.C. RODRIGUES, R. A. F.; KANEKO, F. H. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 509-517, 2013.

HAHN, L.; SILVA, W.R.; MACHADO, R.G.; SANTOS, N.S.; DAMASCENO, R.G.; SCHÖNFELD, R.; SÁ, E.L.S. Inoculação de bactérias diazotróficas promove o crescimento e aumenta o rendimento de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO ARROZ IRRIGADO, 7., 2011, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2011. v. 2, p. 243-246.

HERNANDES, A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 307-312, 2010.

HICKMANN, C.; da COSTA, L.M. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 1055-1061, 2012.

HUERGO, L.F.; MONTEIRO, R.A.; BONATTO, A.C.; RIGO, L.U.; STEFFENS, M.B.R.; CRUZ, L.M.; CHUBATSU, L.S.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum sp.*: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 17-35.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Brasília, DF: Embrapa Soja, 2011. (Documentos, 325)

HUNDRIA, M.; CAMPO, R.J.; PEDROSA, F.O.; SOUZA, M.; KNIPHOF, A.F.; ARAUJO, R.S. Inoculação do trigo (*Triticum aestivum*) com *Azospirillum brasilense*: eficiência agrônômica de inoculantes líquidos e turfosos. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 4., 2011, Cascavel. **Anais...** Cascavel: Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola, 2011. 1 CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Agrícola Municipal (PAM): 2005-2009.** [S. l.], 2009. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 de abril de 2011.

JESUS, R.P.; CORCIOLI, G.; DIDONET, A.D.; BORGES, J.D.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, N.F. Plantas de cobertura de solo e seus efeitos no desenvolvimento da cultura do arroz de terras altas em cultivo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 4, p. 214-220, 2007.

KAMIMURA, K.M.; ALVES, M.C.; ARF, O.; BINOTTI, F.F.S. Propriedades físicas de um latossolo vermelho sob cultivo do arroz de terras altas em diferentes manejos do solo e água. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 723-731, 2009.

KLOEPPER, J.W.; LIFSHITZ, R.; ZABLOTOWICZ, R.M. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. **Trends in Biotechnology**, Cambridge, v. 7, p. 39-43, 1989.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C.M.; FERRARO, L.A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, 2000.

KUSS, A.V.; KUSS, V.V.; LOVATO, T.; FLÔRES, M. L. Fixação de nitrogênio e produção de ácido indolacético in vitro por bactérias diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 1459-1465, 2007.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 201 p.

MOHANTY, S. Seven billion and counting: what does this mean for global rice food security? **Rice Today**, [S. l.], v. 10, n. 4, 2011. p. 48-49. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/67401704/Rice-Today-October-December-2011-Volume-10-No-4>>. Acesso em: 2 jan. 2012.

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, v. 26, n. 5, p. 904-910, 2002.

MORENCO, R.A.; SANTOS, A.M.B. Crop rotation reduces weed competition and increases chlorophyll concentration and yield of rice. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 10, p. 1881-1887, 1999.

- NASCENTE, A.S.; KLUTHCOUSKI, J.; RABELO, R.R.; OLIVEIRA, P.; COBUTTI, T.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade do arroz de terras altas em função do manejo do solo e da época de aplicação de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 60-65, 2011.
- OLIVEIRA, P.P.A.; OLIVEIRA, W.S.; BARIONI JUNIOR, W. **Produção de forragem e qualidade de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com *Azospirillum brasilense* e fertilizada com nitrogênio**. Brasília, DF: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. (Circular Técnica, 54).
- PEDRAZA, R. O.; BELLONEA, C. H.; BELLONEA, S. C. de; BOA SORTE, P. M. F.; TEIXEIRA, K. R. S. Azospirillum inoculation and nitrogen fertilization effect on grain yield and on the diversity of endophytic bacteria in the phyllosphere of Rice rainfed crop. **European Journal of Soil Biology**, Braunschweig, v. 45, p. 36-43, 2009.
- PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.
- QUADROS, P.D. **Inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivado no Rio Grande do Sul**. 2009. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- RADWAN, T.E.E.; MOHAMED, Z.K.; REIS, V.M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, p. 987-994, 2004.
- REIS, M.S.; SOARES, A.A.; GUIMARÃES, C.M. Plantio direto em arroz. Arroz: Avanços Tecnológicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 49-57, 2004.
- REICHEMBACK, M.P.; ARF, O.; THOMAZINI, G.; RODRIGUES, R.A.F.; GITTI, D.C. Inoculação de *Azospirillum brasilense* e fontes de nitrogênio mineral em arroz de terras altas irrigado por aspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO ARROZ IRRIGADO, 7., 2011, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2011. v. 2, p. 259-262.
- RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I.; BASHAN, Y. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **Naturwissenschaften**, [S. l.], v. 91, p. 552-555, 2004.
- RODRIGUES, G.B.; SÁ, M.E.; VALÉRIO FILHO, W.V.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D.C.; PINA, T.P. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, p. 380-385, 2012.
- SALA, V.M.R.; CARDOSO, E.J.B.N.; FREITAS, J.G.; SILVEIRA, A.P.D. Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 6, p. 833-842, 2007.
- SANGOI, L. ERNANI, P. R., LECH, V. A., RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da ureia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 65-70, 2003.

SANTOS, H.P.; SPERA, S.T.; TOMM, G.O.; KOCHANN, R.A.; ÁVILA, A. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 441-454, 2008.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S. R. P.; PACHECO, A. **Perspectiva de fixação da agricultura na região Centro-Norte do Mato Grosso**. Cuiabá: EMPA-MT/EMBRAPA, CNPAF/CIRAD-IRAT, 1989. 52p.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M.E.C.; TRIVELIN, P.C.O. Absorção de nitrogênio nativo do solo pelo milho sob plantio direto em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, p. 723-732, 2006a.

SILVA, E.C. da; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M.E. da C.; TRIVELIN, P.C.O. Aproveitamento do nitrogênio (15N) da crotalária e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 739-746, 2006b.

SILVA, P.C.G.; FOLONI, J.S.S.; FABRIS, L.B.; TIRITAN, C.S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, p. 1504-1512, 2009.

SOARES, A.A. Desvendando o segredo do insucesso do plantio direto do arroz de terras altas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 58-66, 2004

STONE, L.F.; STEINMETZ, S.; SANTOS, A.B. dos. Manejo do solo e da cultura para minimizar o efeito da deficiência hídrica na produtividade do arroz de sequeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 114, p. 33-38, 1984.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; DOUZET, J.M.; REYES, V.G. Sistemas de preparo do solo e produtividade do arroz de terras altas. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DO ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.415-417. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

STRZELCZYK, E.; KAMPER, M.; LI, C. Cytocinin-like-substances and ethylene production by *Azospirillum* in media with different carbon sources. **Microbiological Research**, Jena, v. 149, p. 55-60, 1994.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; ANDRADE, M.J.B.; SILVA, C.A.; PEREIRA, J.M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milheto e milheto + crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 647-653, 2009

TIEN, T.M.; GASKINS, M.H.; HUBBELL, D.H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 37, p. 1016-1024, 1979.

TRENKEL, M.E. **Improving fertilizer use efficiency: controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 1997. 151 p.

WANDER, A.E. Arroz em terras altas e reduzido. **A Granja**, Porto Alegre, v. 66, n. 735, 2010. p. 30-33. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/661650>>. Acesso em: 2 de jan. 2012.

APÊNDICE A – FOTOS DA ÁREA EXPERIMENTAL (SAFRA 2011/12)

Figura 4. Semeadura das coberturas vegetais no dia 13/09/2011 (esquerda), e aspecto geral do milho aos 13 dias após a semeadura (direita).



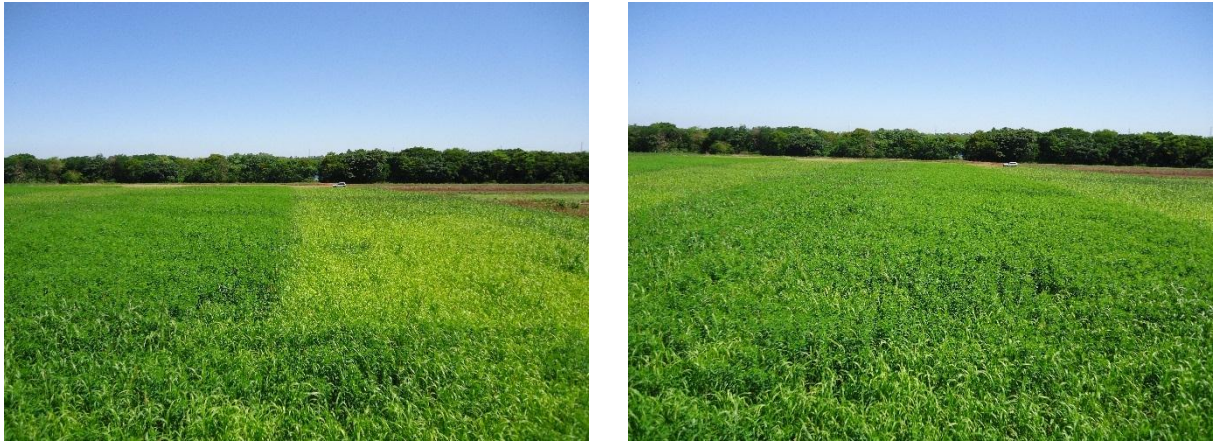
Fonte: Próprio autor.

Figura 5. Aspecto geral da crotalária (esquerda) e do milho + crotalárias aos 13 dias após a semeadura (direita).



Fonte: Próprio autor.

Figura 6. Intersecção entre as coberturas vegetais milho e crotalária (esquerda), e entre a crotalária e o milho + crotalária (direita) aos 49 dias após a semeadura.



Fonte: Próprio autor.

Figura 7. Intersecção entre as coberturas vegetais milho e crotalária (esquerda), e entre a crotalária e o milho + crotalária (direita) aos 52 dias após a semeadura.



Fonte: Próprio autor.

Figura 8. Dessecação química aos 56 dias após a semeadura (esquerda), e manejo mecânico do milho com o Triton® (direita) 2 dias após a dessecação.



Fonte: Próprio autor.

Figura 9. Manejo mecânico da crotalária (esquerda) e do milho + crotalária (direita) com o Triton® (direita) 2 dias após a dessecação.



Fonte: Próprio autor.

Figura 10. Aspecto geral da área experimental após o manejo mecânico das coberturas vegetais (esquerda), e coleta da palha para avaliação da massa seca das coberturas vegetais (direita).



Fonte: Próprio autor.

Figura 11. Implemento utilizado para realizar o manejo do solo com escarificador (esquerda), e aspecto geral da área experimental após o manejo do solo (direita).



Fonte: Próprio autor.

Figura 12. Implemento utilizado para realizar o manejo do solo com grade pesada (esquerda), e aspecto geral da área experimental após o manejo do solo (direita).



Fonte: Próprio autor.

Figura 13. Primeira (esquerda) e segunda (direita) operação de nivelamento com grade leve.



Fonte: Próprio autor.

Figura 14. Tratamento de sementes com o inseticida fipronil (esquerda), e diferença de coloração entre as sementes na ausência e presença da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* (direita).



Fonte: Próprio autor.

Figura 15. Semeadura do arroz no dia 17/11/2011.

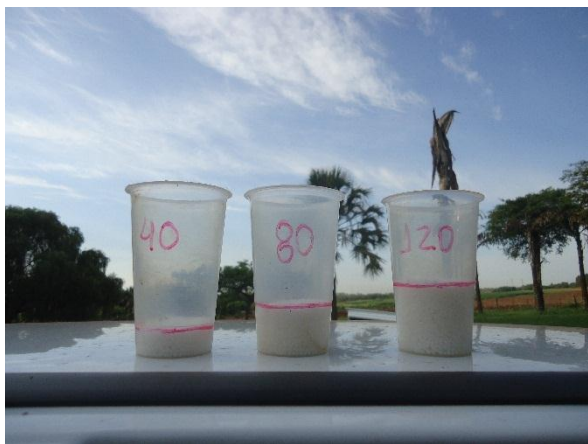


Figura 16. Aplicação do herbicida em pré-emergência no mesmo dia da semeadura do arroz (esquerda), e em pós-emergência (direita) aos 14 dias após a emergência.



Fonte: Próprio autor.

Figura 17. Copos utilizados para aplicação manual do fertilizante nitrogenado (esquerda) e irrigação após aplicação superficial a lanço para incorporação (direita), aos 29 dias após a emergência.



Fonte: Próprio autor.

Figura 18. Faixa do arroz em sucessão ao milho (esquerda), e em sucessão a crotalária aos 64 dias após a emergência.



Fonte: Próprio autor.

Figura 19. Faixa do arroz em sucessão ao milho + crotalária (esquerda), e faixa do arroz com manejo do solo realizado com E + GL (direita) aos 64 dias após a emergência.



Fonte: Próprio autor.

Figura 20. Faixa do arroz com manejo do solo realizado com GP + GL (esquerda), e no SPD (direita) aos 64 dias após a emergência.



Fonte: Próprio autor.

Figura 21. Aspecto geral do experimento aos 98 dias após a emergência (esquerda), e colheita aos 107 dias após a emergência (direita).



Fonte: Próprio autor.

APÊNDICE B – FOTOS DA ÁREA EXPERIMENTAL (SAFRA 2012/13)

Figura 22. Semeadura das coberturas vegetais no dia 03/09/2012 (esquerda), e aspecto geral do milho aos 15 dias após a semeadura (direita).



Fonte: Próprio autor.

Figura 23. Aspecto geral da crotalária (esquerda) e do milho + crotalárias aos 15 dias após a semeadura (direita).



Fonte: Próprio autor.

Figura 24. Intersecção entre as coberturas vegetais milho e crotalária (esquerda), e entre a crotalária e o milho + crotalária (direita) aos 39 dias após a semeadura.



Fonte: Próprio autor.

Figura 25. Intersecção entre as coberturas vegetais milho e crotalária (esquerda), e entre a crotalária e o milho + crotalária (direita) aos 39 dias após a semeadura.



Fonte: Próprio autor.

Figura 26. Dessecação química aos 60 dias após a semeadura (esquerda), e manejo mecânico do milho com o Triton® (direita) 4 dias após a dessecação.



Fonte: Próprio autor.

Figura 27. Manejo mecânico da crotalária (esquerda) e do milho + crotalária (direita) com o Triton® (direita) 4 dias após a dessecação.



Fonte: Próprio autor.

Figura 28. Aspecto geral da área experimental após o manejo mecânico das coberturas vegetais (esquerda), e coleta da palha para avaliação da massa seca das coberturas vegetais (direita).



Fonte: Próprio autor.

Figura 29. Implemento utilizado para realizar o manejo do solo com escarificador (esquerda), e aspecto geral da área experimental após o manejo do solo (direita).



Fonte: Próprio autor.

Figura 30. Implemento utilizado para realizar o manejo do solo com grade pesada (esquerda), e aspecto geral da área experimental no início do manejo do solo (direita).



Fonte: Próprio autor.

Figura 31. Primeira (esquerda) e segunda (direita) operação de nivelamento com grade leve.



Fonte: Próprio autor.

Figura 32. Tratamento de sementes com o inseticida fipronil (esquerda), e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* com produto turfoso (direita).



Fonte: Próprio autor.

Figura 33. Semeadura do arroz no dia 19/11/2012.



Fonte: Próprio autor.

Figura 34. Aplicação dos herbicidas em pré-emergência no mesmo dia da sementeira do arroz (esquerda), e em pós-emergência (direita) aos 14 dias após a emergência.



Fonte: Próprio autor.

Figura 35. Copos utilizados para aplicação manual do fertilizante nitrogenado (esquerda) e aspectos geral da parcela após a aplicação superficial a lanço (direita), aos 23 dias após a emergência.



Fonte: Próprio autor.

Figura 36. Faixa do arroz em sucessão ao milho (esquerda), e em sucessão a crotalária aos 42 dias após a emergência.



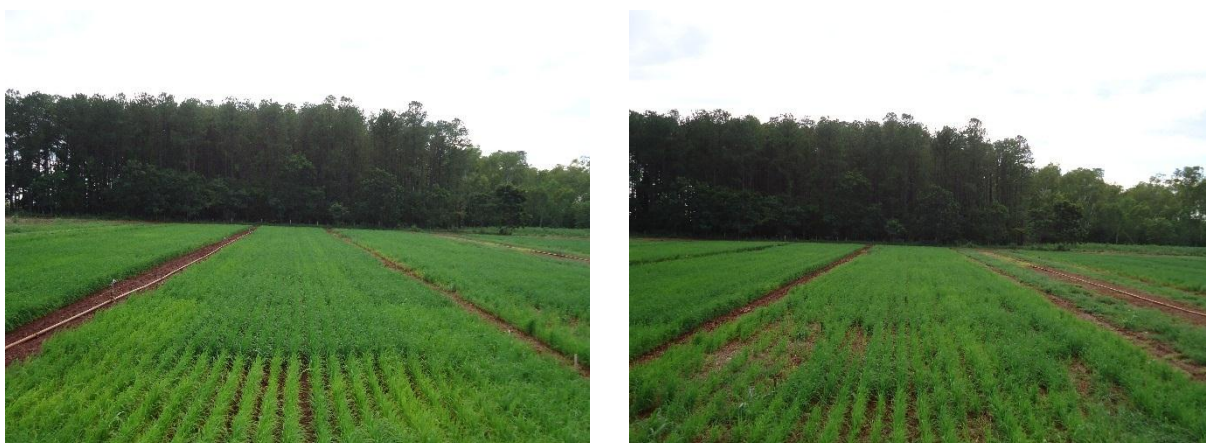
Fonte: Próprio autor.

Figura 37. Faixa do arroz em sucessão ao milho + crotalária (esquerda), e faixa do arroz com manejo do solo realizado com E + GL (direita) aos 42 dias após a emergência.



Fonte: Próprio autor.

Figura 38. Faixa do arroz com manejo do solo realizado com GP + GL (esquerda), e no SPD (direita) aos 42 dias após a emergência.



Fonte: Próprio autor.

Figura 39. Colheita manual (esquerda), e trilha mecânica do arroz (direita) aos 108 dias após a emergência.



Fonte: Próprio autor.