

Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio na produção de arroz de terras altas

Orivaldo Arf^{1*}, Joani Cristina Hungaro Aires da Gama Bastos¹, Matheus Gustavo da Silva¹, Marco Eustáquio de Sá¹, Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues² e Salatiér Buzetti²

¹Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Ilha Solteira, Cx. Postal 31, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. ²Departamento Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Unesp, Campus de Ilha Solteira, Cx. Postal 31, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. * Autor para correspondência. e-mail: arf@agr.feis.unesp.br

RESUMO. A utilização de práticas culturais mais adequadas permite aumentar a produtividade bem como melhorar a qualidade dos grãos produzidos pelas culturas. Assim, o trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de manejos do solo (grade pesada + grade niveladora; escarificador + grade niveladora; plantio direto) e da aplicação de nitrogênio, em diferentes épocas de desenvolvimento da cultura do arroz de terras altas, sendo conduzido no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, durante os anos agrícolas 2001/02 e 2002/03, em solo do tipo Latossolo Vermelho distrófico, originalmente sob vegetação de cerrado. O manejo do solo praticamente não interfere nos componentes do rendimento de engenho do arroz de terras altas irrigado por aspersão, com os preparos do solo com grade aradora ou escarificador proporcionando produtividade semelhante. A adubação nitrogenada na semeadura e/ou no perfilhamento proporciona maior produtividade de grãos em relação à testemunha sem nitrogênio.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., preparo do solo, plantio direto, fases de desenvolvimento.

ABSTRACT. Soil management and time of nitrogen application on upland rice crop.

The appropriate management of crops allows to increase the productivity as well as to improve grains quality produced by crops. This study aimed at evaluating the soil management (heavy disk + leveling disk; disk plow + leveling disk; no-till) and nitrogen application at different growth stages on upland rice crop under sprinkler irrigation conducted in Selvíria, Paraná, in the agricultural years 2001/02 and 2002/03. The soil used was a typical Acrustox, originally under savannah vegetation. The soil management does not interfere in the industrial quality components of rice, as soil management with disk-plow and/or moldboard-plow provided similar productivity. The nitrogen application on the sowing and/or at tillering stage provides higher grain yield than control without nitrogen.

Key words: *Oryza sativa* L., soil management, no-till, growth stages.

Introdução

A produtividade média de arroz no Brasil é considerada atualmente baixa, uma vez que, utilizando técnicas mais adequadas de cultivo, existe possibilidade de, em curto prazo, triplicar ou mesmo quadruplicar tal produtividade. Diversas são as causas apontadas para esse baixo rendimento, entre elas a principal é o baixo uso de fertilizantes e, com o cultivo contínuo, conseqüentemente ocorre uma redução na fertilidade do solo.

O plantio direto constitui-se em uma prática eficiente para o controle de erosão, propiciando maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, melhorando as condições físicas do solo com o aumento da matéria orgânica, e melhorando as condições químicas do mesmo (Balbino *et al.*, 1996). O sucesso desse sistema de cultivo depende da rotação de culturas e, principalmente, da produção de

palhada para proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva e redução do escoamento superficial de água. Em algumas regiões do país, são adotadas variações do método convencional de preparo do solo, o qual é feito através do uso de grade pesada, associada com uma ou duas gradagens com grade mais leve. O uso dessa prática por anos sucessivos, além de ocasionar a excessiva desintegração física e preparo superficial (12 a 15 cm), pode levar à formação de uma camada impermeável abaixo da superfície do solo, conhecida como “sola de grade” (Fornasier Filho e Fornasier, 1993).

De acordo com Pedroso e Corsini (1983), no preparo convencional do solo, as operações são realizadas continuamente em uma mesma camada, podendo ocasionar, em alguns tipos de solo, uma camada compactada, resultante da pressão do arado como também da grade sobre o solo, conhecidas

como “pé de arado” e “pé de grade”. A compactação do solo é uma condição que tem efeito marcante sobre a aeração devido às modificações que provoca na estrutura do solo e na drenagem da água. O efeito imediato da compactação é a redução no volume de macroporos, afetando a difusão da água e dos gases e dificultando o desenvolvimento das plantas.

Castro *et al.* (1987), estudando vários sistemas de preparo (convencional, escarificação e plantio direto), verificaram que o conteúdo de água no solo no plantio direto foi consideravelmente maior nas tensões de 0,06, 0,33 e 1,00 bar em comparação com o solo preparado no sistema tradicional. Sob plantio direto, o conteúdo de água na capacidade de campo, considerando em nível de 0,33 bar, nas camadas de 3-10, 11-20 e 21-30 cm, superou o convencional em 31%, 20% e 5%, respectivamente. O preparo reduzido com escarificador ocupou posição intermediária sem diferir estatisticamente dos demais.

Procurando determinar o efeito de diferentes sistemas de preparo do solo nas perdas de solo e água, Castro *et al.* (1986), verificaram que o arado escarificador ofereceu um controle de 55% e 43% nas perdas de solo e água em relação ao arado de discos, em um Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/média, enquanto que no Latossolo Roxo o controle nas perdas de solo e água foi de 35% e 32%, respectivamente. Estudando vários métodos de preparo de solo, Kluthcouski *et al.* (2000), verificaram que o enraizamento do arroz de sequeiro aumentou em 26% no perfil de 0 a 60 cm, quando o solo sofreu descompactação nos primeiros 30 cm. Observaram, ainda, que no preparo superficial contínuo, ou seja, compactado, 85% das raízes encontravam-se nos primeiros 10 cm enquanto no solo descompactado foram observados apenas 51% do total. De acordo com Oliveira *et al.* (1996), um período de deficiência hídrica moderada ocasionou decréscimos de 13,7% na produção de grãos e de 14,7% na de matéria seca do arroz de sequeiro. O preparo profundo do solo com arado de aiveca minimizou o efeito da deficiência hídrica, ocasionando aumentos de 28,4% na produção de grãos e de 23,9% na produção de matéria seca. Esse resultado indica que, em situação de deficiência hídrica moderada (10 a 15 dias de estiagem), um preparo do solo bem feito é capaz de substituir com vantagens a irrigação suplementar.

Stone e Moreira (1998), estudando o desenvolvimento do sistema radicular dos cultivares Canastra e Maravilha, em área preparada com arado de aiveca ou grade aradora e no sistema de plantio direto, observaram que a densidade radicular do cultivar Maravilha, considerando todo o perfil amostrado, foi menor no plantio direto em relação aos outros dois sistemas de preparo. Já para o cultivar Canastra a densidade radicular sob plantio direto foi

semelhante à observada no solo preparado com grade e menor do que a observada no preparo com arado. Os autores constataram, que o cultivar Maravilha apresentou menor densidade radicular do que o Canastra sob plantio direto e maior nos outros sistemas de preparo.

Uma adubação adequada pode aumentar a produtividade do arroz de sequeiro em solo de cerrado, se outros fatores não forem limitantes (Santos *et al.*, 1982). Através da irrigação por aspersão, elimina-se o risco de deficiência hídrica, tornando viável a utilização de um nível mais elevado de adubação em relação ao usado no cultivo de arroz de sequeiro. A recomendação, quando se utiliza irrigação por aspersão, é aumentar a adubação fosfatada em cerca de 50% e a potássica em 30% (Stone e Pereira, 1994). Entretanto, o manejo inadequado da água de irrigação e do nitrogênio tem ocasionado nos cultivares de sequeiro forte tendência ao acamamento, já que a maioria apresenta porte relativamente alto e colmos com baixa resistência ao acamamento. Assim, altos níveis de nitrogênio em cultivares do tipo tradicionais provocam acamamento parcial ou total das plantas, principalmente com o uso da irrigação por aspersão.

Entretanto, plantas do tipo moderno, nas mesmas condições de solos e tratos culturais, não sofrem acamamento, mesmo com altos níveis de adubação nitrogenada (Diniz *et al.*, 1976). Em razão da sua arquitetura, respondem, em produção e sem acamar, à utilização de altas doses de nitrogênio, principalmente porque têm um sistema eficiente de translocação dos fotossintatos acumulados na fase vegetativa, para os grãos (Crusciol, 1998). Dentre os nutrientes, o nitrogênio é absorvido em grande quantidade pela maioria das culturas e não existe ainda recomendação oficial de adubação para o sistema de plantio direto, sendo a recomendação atual realizada com base em pesquisas desenvolvidas com as culturas implantadas sob preparo convencional do solo. Assim, a adoção de um sistema que possibilite melhorar as condições do solo, associada ao fornecimento adequado de nitrogênio pode ser de suma importância para o aumento da produtividade das culturas.

O fornecimento de nitrogênio provoca mudanças nas características morfológicas e fisiológicas do arroz, o que, nem sempre, influi de maneira positiva na produtividade. Aplicação de doses relativamente altas de nitrogênio na sementeira, geralmente, aumenta o crescimento vegetativo e o índice de área foliar, ocasionando aumento no uso de água (Viets Junior, 1966; Fagade e de Datta, 1971) e redução na produtividade da cultura, por causa do acamamento e/ou acentuação dos efeitos da deficiência hídrica na fase reprodutiva (Bloch, 1966; Ward *et al.*, 1973). Stone *et al.* (1979), avaliando os efeitos de doses de

nitrogênio em diferentes cultivares de arroz de sequeiro, associado ou não à eficiência hídrica, obtiveram aumentos da produção de grãos com adubação nitrogenada nas doses de até 60 kg ha⁻¹ de N, quando o conteúdo de água no solo não foi limitante. Já Arf *et al.* (1996), estudando o comportamento dos cultivares Rio Paranaíba, Guarani e Araguaia, submetidos a diferentes doses de nitrogênio em cobertura, verificaram que a adubação nitrogenada não influenciou as características agrônomicas e os componentes do rendimento de engenho. A adubação nitrogenada aumenta o número de colmos e panículas por área (Diniz, 1975; Campello Junior, 1985), o número de espiguetas (Fornasieri Filho e Fornasieri, 1993) a fertilidade e o peso dos grãos (Aquino, 1984). Além disso, é atribuído ao nitrogênio que o mesmo é o que mais afeta a altura da planta, proporcionando acamamento (Diniz, 1975; Campello Júnior, 1985; Arf, 1993).

O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do manejo do solo, aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do arroz de terras altas na região de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, em solo originalmente sob vegetação de cerrado.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido em área experimental, localizada no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, e situada aproximadamente a 51° 22' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22' de Latitude Sul, com altitude de 335 metros. O solo local é do tipo Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, caulínítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (Embrapa, 1999). A precipitação média anual é de 1370 mm, a temperatura média anual é de 23,5°C e a umidade relativa do ar está entre 70 e 80% (média anual).

Antes da instalação do trabalho, foram coletadas amostras de solo da área experimental e realizada a análise química de acordo com metodologia proposta por Raij e Quaggio (1983), revelando os seguintes valores: pH (CaCl₂) = 5,6; M.O. = 21,0 g dm⁻³; P_{resina} = 14,0 mg dm⁻³; K⁺ = 1,1 mmol_c dm⁻³; Ca⁺² = 23,0 mmol_c dm⁻³; Mg⁺² = 14,0 mmol_c dm⁻³; H+Al = 28,0 mmol_c dm⁻³ e V = 58%, para a camada de 0 – 0,20 m. Os tratamentos com plantio direto foram instalados em local onde o sistema foi implantado no ano agrícola 1996/97.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 24 tratamentos constituídos pela combinação de duas modalidades de preparo do solo (grade pesada + grade niveladora e escarificador + grade niveladora), plantio direto e diferentes épocas de aplicação de nitrogênio (semeadura, perfilhamento

e diferenciação floral), com quatro repetições. A adubação nitrogenada (dose única de 60 kg ha⁻¹ de N) foi realizada em diferentes épocas: dose total na semeadura; dose total no perfilhamento; dose total no início da diferenciação floral; ½ da dose na semeadura e ½ da dose no perfilhamento; ½ da dose no perfilhamento e ½ da dose no início da diferenciação floral; ½ da dose na semeadura e ½ da dose no início da diferenciação floral; 1/3 da dose na semeadura, 1/3 da dose no perfilhamento e 1/3 no início da diferenciação floral; testemunha (sem aplicação de nitrogênio).

As parcelas foram constituídas por 8 linhas de 5 m de comprimento espaçadas 0,34 m entre si. A área útil foi constituída pelas 6 linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em ambas as extremidades de cada linha.

A adubação química básica nos sulcos de semeadura foi constituída de 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando-se como fonte o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente, calculada de acordo com as características químicas do solo e a faixa de produtividade esperada. A semeadura foi realizada mecanicamente no dia 29 de outubro de 2001 e 30 de outubro de 2002, utilizando o cultivar IAC 202 com densidade de 120 sementes viáveis por m². As sementes foram tratadas com thiodicarb + óxido de zinco (600 + 500 g do i.a. para 100 kg de sementes).

O fornecimento de água foi realizado através de um sistema fixo de irrigação convencional por aspersão com precipitação média de 3,3 mm hora⁻¹. A precipitação pluvial foi determinada em um pluviômetro Ville de Paris. No manejo de água foram 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, esses valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70.

O controle de plantas invasoras foi realizado com a utilização de herbicidas. No caso do plantio direto, a dessecação da cobertura do solo foi realizada com glyphosate (1560 g ha⁻¹ do i.a.). Como na área de cultivo tem ocorrido com frequência capim colchão (*Digitaria sanguinalis*), capim carrapicho (*Cenchrus echinatus*) e capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*) foi aplicado logo após a semeadura o herbicida oxadiazon (1000 g ha⁻¹ do i.a.). Aos 31 dias (2001/02) e 42 dias (2002/03), após a emergência das plantas, utilizou-se o herbicida 2,4 D (864 g ha⁻¹ do i.a.). As demais plantas invasoras não controladas pelos herbicidas foram eliminadas através de capina manual. Foram avaliadas as seguintes características: emergência das plântulas, floração, teor de N nas

folhas, maturação, altura de plantas, grau de acamamento, população de plantas, número de panículas por m², número total de grãos por panícula, número de grãos granados e chochos por panícula, massa de 100 grãos, produtividade de grãos, massa hectolítrica, rendimento de engenho.

Resultados e discussão

A emergência das plantas ocorreu em 05. 11. 2001 e 06.11.2002, portanto, 07 e 06 dias após a semeadura, para o primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente. O florescimento pleno e a colheita em 2001/02 ocorreram aos 88 e 110 dias após a emergência das plantas, respectivamente. Em 2002/03, o florescimento ocorreu, em média, aos 86 dias e a colheita aos 111 dias após a emergência das plantas.

Os dados obtidos na avaliação da população de plantas (Tabela 1) mostram que em 2001/02 não houve diferenças entre os tratamentos, evidenciando que, mesmo com aplicação de todo o nitrogênio no sulco de semeadura, não ocorreram prejuízos para o estabelecimento da população de plantas da cultura. Já em 2002/03, a área onde o solo foi preparado utilizando escarificador apresentou menor população inicial de plantas juntamente com o tratamento que recebeu todo N na semeadura em relação ao tratamento com aplicação de ½ do N na semeadura e ½ por ocasião da diferenciação floral. A diferença na população inicial de plantas entre os dois anos de cultivo pode ter ocorrido em função de diferenças no teor de umidade do solo durante a germinação das sementes, qualidade das sementes utilizadas, ataque de pragas de solo, principalmente de cupins, dentre outros. No que se refere aos sistemas de preparo, no ano agrícola 2002/03, as diferenças possivelmente tenham ocorrido em função do maior contato do fertilizante com as sementes, já que quando se aplicou todo o nitrogênio na semeadura foi observada menor população de plantas.

Tabela 1. População inicial e altura de plantas obtidos em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001/02 e 2002/03.

Tratamentos	População inicial (plantas por m ²)		Altura de plantas (m)	
	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03
Preparo do solo				
Escarificador	124	90 b	0,91	0,91 ab
Grade	125	95 ab	0,89	0,89 b
Plantio Direto	130	100 a	0,90	0,93 a
Adubação Nitrogenada				
Test.(sem N)	133	96 ab	0,86 c	0,87 b
Semeadura	131	84 b	0,89 bc	0,92 ab
Perfilhamento	124	104 a	0,90 bc	0,90 ab
D. Floral	116	94 ab	0,96 a	0,92 ab
1/2S + 1/2P	129	99 ab	0,88 bc	0,93 ab
1/2P + 1/2DF	127	94 ab	0,92 ab	0,90 ab
1/2S + 1/2DF	122	100 a	0,92 ab	0,95 a
1/3S + 1/3P +	126	94 ab	0,89 bc	0,91 ab

1/3DF

CV (%)	13,73	15,51	4,66	5,66
--------	-------	-------	------	------

S = semeadura; P = perfilhamento; DF = diferenciação floral / Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A altura de plantas (Tabela 1) apresentou valores inferiores a 1,00 m em todos os tratamentos utilizados sendo a menor altura de plantas obtida no tratamento testemunha, sem aplicação de N (0,86 m e 0,87 m) nos dois anos de cultivo e a maior altura quando o nitrogênio foi aplicado por ocasião da diferenciação floral no primeiro ano e ½ na semeadura + ½ na diferenciação floral no segundo ano. Fato esperado, já que o N faz parte da molécula de clorofila, proporcionando, assim, aumento na produção de fotoassimilados e, portanto, maior altura de plantas. A aplicação por ocasião da diferenciação floral proporcionou maior aumento de altura, pois é essa uma fase crítica na demanda por nitrogênio pelas plantas. Não houve diferença entre os sistemas de preparo do solo em relação à altura de plantas em 2001/02 e, em 2002/03, apesar de ter ocorrido diferenças significativas, estas são muito pequenas, apenas 0,04 m. Também não foi observado acamamento de plantas nos diferentes tratamentos utilizados nos dois anos de cultivo. O cultivar utilizado, IAC 202, é do tipo moderno e de acordo com Diniz *et al.* (1976), plantas com esse tipo de crescimento não sofrem acamamento, mesmo com altos níveis de adubação nitrogenada. Em razão da sua arquitetura, respondem em produção sem acamar a utilização de altas doses de N, principalmente por apresentarem um sistema eficiente de translocação dos fotoassimilados acumulados na fase vegetativa, para os grãos (Crusciol, 1998).

Quanto ao teor de N nas folhas (Tabela 2), avaliado por ocasião do florescimento pleno das plantas, embora o teste F tenha indicado diferenças, no primeiro ano de cultivo, entre os dados obtidos nos diferentes preparos do solo utilizados, o teste de Tukey não conseguiu identificar as diferenças entre os tratamentos. Vale ressaltar que os valores obtidos em praticamente todos os tratamentos estão dentro da faixa adequada para a cultura, ou seja, 27 a 35 g kg⁻¹ de acordo com Cantarella *et al.* (1996). Apenas o tratamento testemunha, sem N, apresentou valor de 26,6 e 24,9 g kg⁻¹ em 2001/02 e 2002/03, respectivamente, portanto valor um pouco abaixo da faixa adequada. Nesse caso, verifica-se a eficiência do cultivar em extrair N do solo, já que mesmo sem a aplicação do nutriente, o teor neste tratamento esteve próximo do tido como adequado.

O número de colmos por m² (Tabela 2) foi influenciado apenas pelos preparos do solo utilizados, nos quais a grade aradora apresentou valores superiores ao escarificador no primeiro ano de cultivo e ao plantio direto no segundo ano. Isso sugere que a maior mobilização do solo estimula o perfilhamento.

Já a adubação nitrogenada não interferiu na quantidade de colmos obtidos nos diferentes tratamentos, discordando dos resultados obtidos por Diniz (1975) e Campello Junior (1985) que observaram aumento do número de colmos com a adubação nitrogenada. Isso é um indicativo de que a quantidade de nitrogênio disponível no solo não foi limitante à formação de colmos.

No que se refere ao número de panículas por m² (Tabela 2) verificou-se efeito significativo do preparo do solo em 2001/02. O preparo com grade aradora propiciou a obtenção de valores mais elevados e o preparo com escarificador e o plantio direto apresentaram valores semelhantes. O número de panículas por m² acompanhou a mesma tendência do número de colmos por m², indicando a dependência entre esses dois componentes. Em 2002/03 houve efeito da interação preparo do solo x adubação nitrogenada e o desdobramento está apresentado na Tabela 3. Verifica-se que para adubação nitrogenada, dentro de preparo do solo, houve efeito apenas para o preparo realizado com grade aradora no qual os tratamentos 1/2 do N na semeadura + 1/2 do N no perfilhamento e 1/3 na semeadura + 1/3 no perfilhamento + 1/3, na diferenciação floral,

propiciaram menor número de panículas por m². Quanto ao preparo do solo dentro de adubação nitrogenada, o preparo com grade aradora propiciou maior número de panículas nos tratamentos nos quais foram aplicados 1/2 do N no perfilhamento + 1/2 na diferenciação floral e 1/2 do N na semeadura + 1/2 do N na diferenciação floral.

O número de espiguetas totais e cheias por panícula (Tabela 4) também foi influenciado pelo tipo de preparo de solo utilizado. O plantio direto apresentou valores mais elevados comparativamente ao preparo com escarificador que não diferiu do preparo do solo com grade no primeiro ano de cultivo e, no segundo ano de cultivo, o preparo do solo com escarificador apresentou os menores valores. O fato dos preparos diferirem entre si pode estar diretamente relacionado ao maior armazenamento de água, já que o número de espiguetas totais e, principalmente, as cheias estão diretamente ligadas ao fornecimento de água às plantas. A adubação nitrogenada praticamente não interferiu significativamente no número de espiguetas por panícula. Também a massa de 100 grãos (Tabela 5) não sofreu influência dos preparos de solo e adubação nitrogenada nos dois anos de cultivo.

Tabela 2. Teores de N nas folhas, número de colmos por m² e número de panículas por m² obtidos em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001/02 e 2002/03.

Tratamentos	Teor de N nas folhas (g kg ⁻¹)		Número de colmos por m ²		Número de panículas por m ²	
	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03
Preparo do solo						
Escarificador	28,95	26,85	195 b	189 ab	174,5 b	139
Grade	27,04	27,04	219 a	204 a	195,7 a	151
Plantio Direto	29,13	26,90	214 ab	184 b	167,5 b	142
Adubação Nitrogenada						
Test.(sem N)	26,62	24,99	190	177	161,2	126
Semeadura	28,34	26,46	200	211	165,7	151
Perfilhamento	28,49	27,89	215	196	189,7	154
D. Floral	31,10	28,57	230	178	189,5	142
1/2S + 1/2P	28,27	27,69	197	207	181,5	142
1/2P + 1/2DF	27,89	26,89	214	189	178,5	153
1/2S + 1/2DF	28,59	26,28	214	194	177,5	154
1/3S + 1/3P + 1/3DF	27,71	26,74	217	184	189,5	128
CV (%)	12,58	6,17	15,72	17,05	17,50	19,91

S = semeadura; P = perfilhamento; DF = diferenciação floral / Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente ao número de panículas por m². 2002/03.

Adubação Nitrogenada	Preparo do solo		
	Escarificador	Grade	Plantio Direto
Test. (sem N)	122	133 ab	124
Semeadura	165	135 ab	154
Perfilhamento	153	156 ab	152
D. Floral	136	163 ab	127
1/2S + 1/2 P	151	118 b	157
1/2P + 1/2DF	132 B	187 aA	141 AB
1/2S + 1/2DF	128 B	195 aA	139 B
1/3S + 1/3P + 1/3DF	123	121 b	139
DMS	Nitrogênio dentro de preparo do solo - 63,32 Preparo do solo dentro de nitrogênio - 48,56		

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 4. Número de espiguetas por panícula (total, cheias e chochas) obtidas em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001/02 e 2002/03.

Tratamentos	Número de espiguetas por panícula
-------------	-----------------------------------

	Total		Cheias		Chochas	
	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03
Escarificador	236 b	218 b	202,2 b	174,1 b	11,8	43,4 b
Grade	240 b	242 a	204,5 ab	188,4 ab	12,2	53,4 a
Plantio Direto	260 a	243 a	220,3 a	194,7 a	10,2	49,2 ab
Adubação Nitrogenada						
Test.(sem N)	244	243 ab	204,4	200,6	10,7	48,6
Semeadura	226	240 ab	193,8	189,7	15,8	50,1
Perfilhamento	245	241 ab	207,2	188,3	10,4	49,1
D. Floral	260	235 ab	221,6	186,1	11,6	45,9
1/2S + 1/2P	237	225 ab	201,3	180,3	10,3	44,8
1/2P + 1/2DF	252	214 b	216,7	167,6	10,9	46,6
1/2S + 1/2DF	255	258 b	213,8	170,6	11,2	55,6
1/3S + 1/3P + 1/3DF	246	219 ab	213,1	170,6	10,3	48,8
CV (%)	12,90	13,95	12,66	15,36	45,34	27,44

S = semeadura; P = perfilhamento; DF = diferenciação floral / Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Valores médios da massa de 100 grãos, produtividade e massa hectolítrica obtidos em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001/02 e 2002/2003.

Tratamentos	Massa de 100 grãos (g)		Produtividade (kg ha ⁻¹)		Massa hectolítrica	
	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03
Escarificador	2,32	2,44	3.434 ab	2.674 ab	57,0 b	51,9 b
Grade	2,27	2,44	3.749 a	2.355 b	57,3 ab	51,8 b
Plantio Direto	2,31	2,39	3.062 b	2.806 a	58,5 a	53,4 a
Adubação Nitrogenada						
Test.(sem N)	2,25	2,49	2.809 b	2.002 b	57,8 ab	52,3
Semeadura	2,29	2,51	3.838 a	2.674 ab	58,2 a	52,9
Perfilhamento	2,33	2,36	3.654 a	2.905 a	57,9 ab	52,3
D. Floral	2,24	2,26	3.214 ab	2.618 ab	56,2 b	52,1
1/2S + 1/2P	2,31	2,46	3.722 a	2.878 a	58,4 a	52,9
1/2P + 1/2DF	2,26	2,44	3.284 ab	2.350 ab	58,0 ab	52,3
1/2S + 1/2DF	2,51	2,46	3.414 ab	2.974 a	57,3 ab	53,0
1/3S + 1/3P + 1/3DF	2,29	2,40	3.386 ab	2.497 ab	57,1 ab	51,5
CV (%)	11,50	8,77	19,16	25,73	2,78	4,35

S = semeadura; P = perfilhamento; DF = diferenciação floral / Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto à produtividade de grãos observaram-se diferenças entre os sistemas de preparo de solo utilizado e também da adubação nitrogenada. Em 2001/02, o preparo do solo com grade aradora proporcionou a obtenção de maior produtividade de grãos, seguido pelo preparo com escarificador, e o plantio direto apresentou o menor valor de produtividade. Já em 2002/03, o tratamento com plantio direto apresentou o maior valor de produtividade, seguido pelo preparo com escarificador, e o preparo com grade aradora apresentou os menores valores, talvez pela menor camada do solo explorada pelo sistema radicular das plantas retirando água e nutrientes. Oliveira *et al.* (1996), verificaram que o preparo profundo com arado de aiveca minimizou o efeito da deficiência hídrica, ocasionando aumentos de 28,4% na produtividade de grãos, indicando que em situação de deficiência hídrica moderada (10 a 15 dias de estiagem), um preparo bem feito é capaz de substituir com vantagens a irrigação suplementar.

É interessante ressaltar que durante todo o ciclo da cultura, no primeiro ano de cultivo, houve boa distribuição de chuvas e complementação no fornecimento de água via irrigação por aspersão, permitindo bom desenvolvimento das plantas, mesmo no sistema de preparo com grade, no qual o preparo do solo é superficial comparativamente ao preparo

com escarificador. Outro aspecto importante é que com a boa distribuição de chuvas, um dos fatores importantes do plantio direto, que é a maior retenção de umidade no solo, pode não ter se apresentado tão evidente e assim o tratamento não refletiu em maior produtividade de grãos. Já no segundo ano houve ocorrência de veranico no final da fase vegetativa e esse fato pode ter contribuído para a obtenção de produtividade mais baixa no tratamento com preparo do solo realizado com grade aradora e maior no plantio direto, em função dos restos culturais na superfície contribuírem para manutenção da umidade no solo.

A adubação nitrogenada proporcionou, em média, um aumento de 24,7% e 34,8% na produtividade de grãos em relação ao tratamento na ausência de adubação nitrogenada (testemunha), em 2001/02 e 2002/03, respectivamente, e não houve diferenças entre as épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado. Porém, é importante ressaltar que os tratamentos que diferiram da testemunha proporcionaram aumentos na produtividade na ordem de 36,6% (todo N na semeadura em 2001/02), 32,5% e 43,7% (metade na semeadura e metade no perfilhamento em 2001/02 e 2002/03, respectivamente) e 30,2% e 45,1% (perfilhamento em 2001/02 e 2002/03, respectivamente) e 48,5% (metade na semeadura e metade na diferenciação

floral em 2002/03), indicando que estes períodos podem estar ligados a uma maior demanda por nitrogênio e que um maior suprimento inicial de N (como no caso da aplicação na semeadura) pode ser um fator importante para se obter altas produtividades.

A menor produtividade de grãos (2001/02) no sistema de plantio direto pode ter ocorrido em função da exploração de nutrientes, como P, K, Ca e Mg ser apenas superficial (com exceção ao N, que é facilmente translocado). Outro ponto seria que em 2002/03 o sistema de plantio direto produziu mais devido à maior retenção de umidade, visto que houve a ocorrência de veranico na região. Verifica-se também que, no primeiro ano de condução do trabalho, ocorreu superioridade dos componentes de produtividade: número de panículas por m², número de espiguetas cheias por m², massa hectolétrica e menor número de espiguetas chochas por m², em relação ao segundo ano, o que foi determinante para a obtenção de maior produtividade.

Tabela 6. Rendimento de benefício, rendimento de inteiros e grãos quebrados obtido em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001/02 e 2002/2003.

Tratamentos	Rendimento de benefício		Rendimento de inteiros		Grãos quebrados	
	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03
Preparo do solo						
Escarificador	70,9 b	74,2	59,9 b	61,7	10,9	12,4
Grade	70,9 b	74,7	59,8 b	63,5	11,3	11,5
Plantio Direto	71,9 a	74,6	61,7 a	62,6	10,2	12,2
Adubação Nitrogenada						
Test. (sem N)	71,5	74,0	60,5	62,3	10,7	11,9
Semeadura	71,2	75,1	60,8	62,0	10,8	12,9
Perfilhamento	72,1	73,2	62,1	61,9	10,4	11,5
D. Floral	71,0	74,5	59,4	63,8	11,6	10,9
1/2S + 1/2P	71,2	75,3	60,7	61,9	10,3	13,5
1/2P + 1/2DF	71,4	74,6	59,8	62,7	10,9	11,7
1/2S + 1/2DF	70,7	76,4	59,9	65,2	11,2	11,4
1/3S + 1/3P + 1/3DF	71,5	72,9	61,2	60,7	10,3	12,5
CV (%)	2,29	3,94	4,87	6,96	16,52	20,90

S = semeadura; P = perfilhamento; DF = diferenciação floral / Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No segundo ano de cultivo, houve efeito significativo da interação preparo do solo x adubação nitrogenada para o rendimento de benefício e de inteiros e os desdobramentos estão apresentados na Tabela 7. Entretanto, do ponto de vista prático, as diferenças são pequenas e todos os tratamentos apresentaram rendimento de benefício superior a 70% e rendimento de inteiros superior a 60%, que são valores excelentes. Arf *et al.* (2002) trabalhando em Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, obtiveram rendimento de benefício superior a 65% e praticamente não observaram diferenças entre os sistemas de preparo do solo (arado de aiveca + grade niveladora, escarificador + grade niveladora e grade pesada + grade niveladora) para os componentes do rendimento de engenho.

Tabela 7. Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente ao rendimento de benefício e de inteiros.

A massa hectolétrica (Tabela 5), o rendimento de benefício e o rendimento de grãos inteiros (Tabela 6) foram influenciados apenas pelo preparo do solo, no primeiro ano de cultivo, em que o plantio direto apresentou valores superiores em relação ao preparo com grade aradora e escarificador, os quais não diferiram entre si. É interessante ressaltar que o tratamento com plantio direto apresentou maior número de colmos, menor número de panículas e maior número de espiguetas por panícula, comparativamente aos demais tipos de preparo do solo utilizado, indicando menor perfilhamento já que não houve diferença na população inicial de plantas (Tabela 1). Assim, acredita-se que a maioria dos grãos produzidos era proveniente da planta mãe e dos perfis primários, apresentando maior uniformidade de maturação em relação aos demais tratamentos e, conseqüentemente, melhor comportamento dessas características.

Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2002/03.

Adubação Nitrogenada	Preparo do solo		
	Escarificador	Grade	Plantio Direto
Test. (sem N)	73,5	76,2 a	72,3
Semeadura	75,8	74,4 ab	75,2
Perfilhamento	73,1	72,3 ab	74,5
D. Floral	73,7	76,9 a	73,0
1/2S + 1/2P	75,7	74,9 ab	75,2
1/2P + 1/2DF	70,7 B	76,0 aA	77,2 A
1/2S + 1/2DF	76,1	77,6 a	75,5
1/3S + 1/3P + 1/3DF	74,9 A	69,5 bB	74,2 AB
DMS	Nitrogênio dentro de preparo do solo - 6,50 Preparo do solo dentro de nitrogênio - 4,98		
Preparo do solo			
Adubação Nitrogenada	Escarificador	Grade	Plantio Direto
Test. (sem N)	60,6 ab	65,9 ab	60,5
Semeadura	63,4 ab	61,6 ab	61,0
Perfilhamento	61,2 ab	61,5 ab	63,3
D. Floral	62,3 ab	67,6 a	61,7
1/2S + 1/2P	61,7 ab	61,6 ab	62,5
1/2P + 1/2DF	55,6 bB	65,3 abA	67,2 A
1/2S + 1/2DF	65,6 a	66,9 ab	62,9
1/3S + 1/3P + 1/3DF	62,9 ab	57,5 b	61,6

DMS	Nitrogênio dentro de preparo do solo - 9,63 Preparo do solo dentro de nitrogênio - 7,39
-----	--

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Conclusão

1. O preparo do solo com grade aradora ou escarificador proporciona produtividade semelhante em arroz de terras altas irrigado por aspersão.

2. No sistema de plantio direto, a maior produtividade de grãos, em relação ao manejo com escarificador ou grade, depende das condições climáticas.

3. O manejo do solo praticamente não interfere nos componentes do rendimento de engenho do arroz de terras altas irrigado por aspersão.

4. A adubação nitrogenada na semeadura e/ou no perfilhamento proporcionam maior produtividade de grãos em relação à testemunha sem nitrogênio.

Referências

- AQUINO, A.R.L. *Níveis e modos de aplicação de uréia 15_N no arroz (Oryza sativa L.) submetidos a veranicos*. 1984. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)–Escola Superior de Agricultura “Luiz De Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.
- ARF, O. *Efeitos de densidades populacionais e adubação nitrogenada sobre o comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão*. 1993. Tese (Livre Docência)–Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1993.
- ARF, O. et al. Comportamento de cultivares de arroz para condição de sequeiro irrigado por aspersão em diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura. *Científica*, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 85-97, 1996.
- ARF, O. et al. Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de terras altas. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 321-326, 2002.
- BALBINO, L.C. et al. Plantio direto. In: ARAUJO, R.S. et al. (Ed.). *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 301-352.
- BLOCH, C.A. Crop yields in relation to water supply and soil fertility. In: BLOCH, C.A. (Ed.) *Plant environment and efficient water use*. Madison: American Society Agronomy, 1966. p. 177-206.
- CAMPELLO JUNIOR, J.O. *Avaliação da capacidade de extração de água do solo pelo arroz de sequeiro (Oryza sativa L.) sob diferentes doses de nitrogênio*. 1985. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.
- CANTARELLA, H. et al. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, p. 45-71, 1996 (Boletim Técnico 100).
- CASTRO, O.M. et al. Sistemas convencionais e reduzidos de preparo do solo e as perdas por erosão. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 10, p. 167-71, 1986.
- CASTRO, O.M. et al. Sistema de preparo do solo e disponibilidade de água. In: VIÉGAS, G.P. (Ed.). *Simpósio sobre o manejo de água na agricultura*: Fundação Cargill, 1987. p. 27-51.
- CRUSCIOL, C.A.C. *Efeitos de lâminas de água e da adubação mineral em dois cultivares de arroz de sequeiro sob irrigação por aspersão*. 1998. Tese (Doutorado em Agronomia)–Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- DINIZ, J.A. *Comportamento de cultivares de arroz, em terras altas, sob regime de irrigação por aspersão em diferentes níveis de adubação nitrogenada*. 1975. Dissertação (Mestrado)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1975.
- DINIZ, J.A. et al. Comportamento de variedades de arroz, em terras altas, sob regime de irrigação por aspersão em diferentes níveis de adubação nitrogenada. *Experientiae*, Viçosa, v. 22, p. 235-62, 1976.
- EMBRAPA–Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPQ, 1999.
- FAGADE, S.O., DE DATTA, S.K. Leaf area index, tillering capacity and grain yield of tropical rice as affected by plant density and nitrogen level. *Agron. J.*, Madison, v. 63, n. 3, p. 503-506, 1971.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. *Manual da cultura do arroz*. Jaboticabal: Funep, 1993.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. Manejo do solo e o rendimento da soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.
- OLIVEIRA, I. P. et al. *Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais*. Goiânia: Embrapa-CNPAP-APA, 1996. 90 p. (Embrapa-CNAF. Documentos, 64).
- PEDROSO, P.A.C.; CORSINI, P.C. Manejo físico do solo. In: FERREIRA, M.E. et al. (Ed.). *Cultura do arroz de sequeiro: Fatores afetando a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1983. p. 225-38.
- RAIJ, B.; QUAGGIO, J.A., Métodos de análises de solo para fins de fertilidade. Campinas. Boletim Técnico, Instituto Agrônomo de Campinas, n. 81, p. 1-31, 1983.
- SANTOS, A.B. et al. A. Efeito do conjunto de técnicas aplicadas ao sistema de produção do arroz de sequeiro. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 17, p. 835-845, 1982.
- STONE, L.F., MOREIRA, J.A. Desenvolvimento de cultivares de arroz em diferentes sistemas de preparo do solo, sob irrigação suplementar por aspersão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6, 1998. Goiânia. *Resumos expandidos...* Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1998. p. 103-106.
- STONE, L.F. et al. Deficiência hídrica e resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao nitrogênio. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 14, p. 295-301, 1979.
- STONE, L.F., PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigado por aspersão: efeito de espaçamento entrelinhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do arroz. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 29, p. 1577-1592, 1994.
- VIETS JUNIOR, F.G. Increasing water use efficiency by soil management. In: VIETS JUNIOR, F.G. (Ed.) *Plant*

environment and efficient use. Madison: American Society of Agronomy, 1966. p. 259-274.

1973. p. 329-348.

WARD, R.C. *et al.* Plant analysis as a aid in fertilizing small grains. In: WARD, R.C. *et al.* (Ed.). *Soil testing and plant analysis*. Madison: American Society of Agronomy,

Received on August 30, 2004.

Accepted on March 03, 2005.