

# RESPOSTAS DAS CULTURAS DE ARROZ E FEIJÃO EM SUCESSÃO A ADUBAÇÃO EM SOLO DE CERRADO<sup>1</sup>

NAND KUMAR FAGERIA<sup>2</sup> e NILDA PESSOA DE SOUZA<sup>3</sup>

**RESUMO** - A baixa fertilidade do solo do cerrado é um dos fatores que mais limitam a produtividade das culturas no cerrado. Foi conduzido um experimento de campo, por três anos consecutivos, para avaliar a resposta das culturas de arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) e feijão irrigado (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (LEd) em sistema de sucessão. Os tratamentos se constituíram de quatro níveis de fertilidade: baixa (natural do solo), média, alta, e média + adubação verde. A produção média, em três anos, de matéria seca, produção de grãos, acumulação de nutrientes pelas culturas de arroz e feijão e componentes de produção de arroz foram significativamente aumentados pela adubação. A produção máxima de arroz foi obtida com a aplicação de adubação média + adubação verde. No feijão, a produção máxima de grãos foi obtida com a aplicação de alto nível de adubação. A produção de arroz diminuiu com o tempo de cultivo em todos os níveis de fertilidade do solo estudado.

**Termos para indexação:** *Oryza sativa*, *Phaseolus vulgaris*, produção de matéria seca, produção de grãos, acumulação de nutrientes, Latossolo Vermelho-Escuro.

## RESPONSE OF RICE AND COMMON BEAN CROPS IN SUCCESSION TO FERTILIZATION IN "CERRADO" SOIL

**ABSTRACT** - Low soil fertility of cerrado of Brazil is one of the most important yield limiting factors in crops production. A field study was carried out for three consecutive years to evaluate response of upland rice (*Oryza sativa* L.) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to fertilization in a Dark-Red Latosol in succession. The fertility levels were low, medium, high, and medium + green manure. Average dry matter, grain yield, accumulation of nutrients by rice and bean crops and yield components of rice were significantly increased with fertilization. Average maximum grain yield of rice was obtained with medium soil fertility + green manure treatment, whereas, common bean produced average maximum grain yield at high soil fertility level. Rice yield was decreased with continuous crop production in sequences at all fertility levels.

**Index terms:** *Oryza sativa*, *Phaseolus vulgaris*, dry matter yield, grain yield, nutrient accumulation, dark-red latosol.

## INTRODUÇÃO

Os cerrados, no Brasil, ocupam uma região de, aproximadamente, 205 milhões de hectares; têm sido uma das áreas mais importantes na expansão da fronteira agrícola brasileira (Goedert et al., 1980). Esta região apresenta uma série de fatores favoráveis ao

aumento da produção de alimentos. O potencial de expansão da área agrícola dos cerrados é muito grande. Dos 112 milhões de hectares de terras aráveis, apenas 12 milhões estão sendo utilizados para a produção de grãos e aproximadamente 35 milhões são utilizados com pastagem (Goedert, 1989).

O solo, a vegetação e o clima caracterizam o ecossistema do cerrado. Embora não existam levantamentos detalhados, o conhecimento atual mostra que os oxissolos cobrem mais de 50% da região; o restante é coberto por ultissolos, entissolos e inceptissolos (Cochrane et al., 1985). De modo geral, os solos de cerrado são profundos, bem drena-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 2 de janeiro de 1995.

<sup>2</sup> Eng. Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74001-970, Goiânia, GO.

<sup>3</sup> Téc. Espec., EMBRAPA/CNPAP.

dos, bem estruturados e aptos para práticas de mecanização agrícola. Trata-se, contudo, de solos com baixa capacidade de troca de cátions (CTC), com alta acidez, e com baixo teor de nutrientes, especialmente de fósforo. São, assim, solos com alto grau de intemperização e lixiviação; os problemas de acidez e deficiência de nutrientes ocorrem em todo o perfil. Em resumo, são solos com baixa fertilidade natural e que exigem manejo adequado para permitirem uma agricultura intensiva (Goedert, 1989).

Visando ao potencial de solo de cerrado para aumentar e ou estabilizar a produtividade das principais culturas, a adequada manutenção de fertilidade é fundamental. Para conservar ou melhorar a fertilidade do solo, devem-se levar em consideração os seguintes aspectos: manutenção de resíduo orgânico, sucessão e rotação de culturas, fornecimento de nutrientes, e calagem.

Todos estes aspectos são levados em consideração no presente estudo, com o objetivo de avaliar a resposta da cultura de arroz e feijão aos diversos níveis de fertilidade do solo, em sistema de sucessão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), no Campo Experimental Capivara, Santo Antonio de Goiás, Go, num Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (LEd). A análise química das amostras do solo da área experimental coletada antes da instalação do experimento nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm é apresentada na Tabela 1.

Os tratamentos consistiram de quatro níveis de adubação: testemunha (fertilidade baixa), 50 kg de N ha<sup>-1</sup>, 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 40 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> e 30 kg de FTE-BR-12 ha<sup>-1</sup> (fertilidade média); 100 kg de N ha<sup>-1</sup>, 120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 80 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> e 60 kg de FTE-BR-12 ha<sup>-1</sup> (fertilidade alta), e fertilidade média + adubo verde. Na cultura de feijão, os níveis de adubação foram: testemunha (fertilidade baixa); 35 kg de N ha<sup>-1</sup>, 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 50 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, 30 kg de FTE-BR-12 ha<sup>-1</sup> (fertilidade média); 70 kg de N ha<sup>-1</sup>, 200 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 100 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, 60 kg de FTE-BR-12 ha<sup>-1</sup> (fertilidade alta), e fertilidade média + adubo verde. Na cultura de arroz, 40% do N foi aplicado na semeadura, e o restante, em cobertura, no estádio da iniciação do primórdio floral. Na cultura de feijão, 43% de N foi aplicado na semeadura, e o restante,

**TABELA 1.** Análise química da área experimental antes de aplicação dos tratamentos.

Profundidade (cm)	pH 1:2,5 água	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O.
		cmol kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>						%
<i>1º ano de cultivo</i> <sup>+</sup>											
0-20	4,9	0,7	0,2	0,7	4,5	58	2,3	3,1	85	14	1,5
20-40	4,9	0,7	0,4	0,4	1,4	41	2,0	2,5	94	11	1,3
40-60	5,2	0,8	0,4	0,2	0,4	31	1,8	1,1	89	10	1,0
60-80	5,3	0,7	0,2	0,1	0,2	21	1,6	0,8	100	10	0,9
<i>2º e 3º ano de cultivo</i> <sup>+</sup>											
0-20	5,0	0,5	0,2	0,6	2,8	59	3,3	4,0	52	52	1,2
20-40	5,0	0,6	0,1	0,5	2,1	50	3,4	3,4	64	64	1,1
40-60	5,0	0,6	0,1	0,2	0,8	41	3,3	1,4	88	88	0,8
60-80	5,1	0,4	0,2	0,1	0,6	33	3,0	1,1	87	87	0,8

<sup>+</sup> Após o 1º cultivo de arroz e feijão, a área experimental foi mudada para o mesmo tipo de solo, onde o ensaio foi conduzido por mais de 2 anos.

P, K, Cu, Zn, Fe, Mn = extrator Mehlich-1 (HCl 0.05 N+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.025 N)

Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> = extrator KCl 1N

M.O. = Walkley & Black.

uma semana antes do estádio da floração. O P, o K e FTE-BR-12 foram aplicados manualmente nos sulcos por ocasião do plantio e misturados ao solo com sacho. O P foi aplicado na forma de superfosfato triplo, e o K, na forma de cloreto de potássio. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições.

O guandu-anão (*Cajanus cajan* L.) foi incorporado ao solo no início de sua floração, nas parcelas com adubo verde. A produção de matéria verde de guandu foi pesada antes da incorporação, e distribuído igualmente em parcelas que receberam tratamento de adubo verde. No primeiro ano de cultivo, a quantidade da massa verde foi de 20 t ha<sup>-1</sup>, e no segundo ano de cultivo a quantidade foi de 25,6 t ha<sup>-1</sup>. Toda a área recebeu calcário antes do plantio do primeiro cultivo, de acordo com a fórmula  $NC = Al \times 2 + [2 - (Ca + Mg)]$ . O calcário utilizado possui a PRNT 74,1%; Ca, 49%; e Mg, 2,8%.

As cultivares de arroz e feijão plantadas foram a Araguaia e a EMGOPA 202-Rubi, respectivamente, com espaçamento de 50 cm entre fileiras. Sempre que necessário, foi feita irrigação complementar por aspersão nas culturas de arroz do período chuvoso (novembro/março). O feijão cultivado de junho a setembro foi irrigado por aspersão pelo sistema convencional.

Colheram-se as fileiras centrais de cada parcela, deixando-se 0,5 m nas extremidades como bordadura; a área útil de cada parcela era de 24 m<sup>2</sup> (8x3m). Nos estádios de colheita (arroz), e de floração (feijão), colheu-se 1 m linear de plantas em cada parcela, para determinar a taxa de matéria seca e para análise química. Para determinar os teores de nutrientes na planta, o material, secado em estufa de 70°C e moído, foi digerido com mistura de ácidos nítrico e perclórico 2:1. O N foi determinado pelo método de Kjeldahl, o P, colorimetricamente, e os demais nutrientes, por absorção atômica.

Após a colheita de cada cultura, efetuou-se amostragem do solo a 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm de profundidade, coletando-se 20 subamostras ao acaso, por parcela. A análise química do solo foi realizada de acordo com EMBRAPA (1979).

Os dados foram submetidos a análise de variância, e as médias dos tratamentos comparadas entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados relacionados à produção de matéria seca e produção de grãos de arroz e feijão sob diferentes níveis de fertilidade do solo durante seis

cultivos são apresentados na Tabela 2. A produção de matéria seca tanto de arroz como de feijão foi influenciada significativamente pela adubação durante todos cultivos, com exceção da primeira semeadura de feijão (2º cultivo) e a segunda semeadura de arroz (3º cultivo). A análise conjunta também mostrou aumento significativo ( $P < 0,01$ ) na produção de matéria seca das duas culturas com a aplicação e a adubação. Na média da produção de grãos também houve aumento significativo com a adubação nas duas culturas.

A produção máxima de arroz foi obtida com a adubação média no primeiro e segundo plantio. No terceiro plantio de arroz, que correspondeu ao 5º cultivo, a produção máxima foi obtida com o tratamento de adubação média + adubo verde. No caso do feijão, a produção máxima foi obtida com o tratamento de adubação alta em todos os três cultivos. Na média, houve um aumento de 76% com a adubação alta, em comparação com o da testemunha no caso do feijão. Da mesma maneira, o aumento na produção de feijão foi de 48% com a adubação média, em comparação com o da testemunha. Isto significa que para a cultura de feijão irrigado obter alta produtividade, a necessidade de adubação é muito alta em solo de cerrado.

No caso do arroz, o efeito da adubação verde junto com o adubo inorgânico foi muito marcante. O aumento da produção de arroz com o tratamento fertilidade média + adubo verde foi de 45% em comparação com o da testemunha, ou baixa fertilidade. No caso do feijão, o efeito do adubo verde foi negativo em todos os três cultivos. Moraes (1990) também observou o efeito negativo do adubo verde na produção de feijão em sete cultivos, após a sua incorporação em Latossolo-Vermelho-Escuro do cerrado.

Houve um decréscimo marcante na produção de arroz e feijão após o primeiro cultivo sucessivo das duas culturas na mesma área. A análise do solo, após a colheita do arroz e feijão (Tabelas 3 e 4) mostrou que não houve diminuição de nutrientes essenciais na camada 0-20 cm e que todos os nutrientes estavam em níveis adequados em parcelas onde foi aplicada a adubação. Portanto, não houve degradação em relação à fertilidade do solo. No caso do arroz, o uso de adubo verde junto com adubo inorgânico

**TABELA 2. Produção de matéria seca e grãos de arroz de sequeiro e de feijão sob diferentes níveis de fertilidade.**

Fertilidade do solo	1 <sup>o</sup> Cultivo arroz	2 <sup>o</sup> Cultivo feijão	3 <sup>o</sup> Cultivo arroz	4 <sup>o</sup> Cultivo feijão	5 <sup>o</sup> Cultivo arroz	6 <sup>o</sup> Cultivo feijão	Média do arroz	Média do feijão
<i>Matéria seca (kg/ha)</i>								
Baixa	2.550 b	958 a	3.071 a	476 b	710 c	817 b	2.110 b	750 c
Média	3.250 b	1.761 a	4.121 a	2.342 a	1.606 bc	1.216 a	2.992 a	1.773 a
Alta	3.825 a	1.877 a	4.519 a	2.705 a	2.137 b	1.361 a	3.494 a	1.981 a
Média + adubo verde	-	1.336 a	-	1.142 b	3.524 a	1.066 ab	3.524	1.181 b
Teste F(T)	*	ns	ns	**	**	**	**	**
Teste F(Cult)							**	**
Teste F(TxCult)							ns	**
<i>Grãos (kg/ha)</i>								
Baixa	2.188 a	1.935 b	2.383 a	866 c	480 c	890 c	1.684 b	1.230 c
Média	2.428 a	2.382 a	2.795 a	1.831 ab	1.127 b	1.242 ab	2.117 a	1.818 b
Alta	2.330 a	2.568 a	2.657 a	2.432 a	1.324 b	1.486 a	2.104 a	2.162 a
Média + adubo verde	-	2.344 a	-	1.202 bc	2.403 a	1.065 bc	2.403	1.537 b
Teste F(T)	ns	**	ns	**	**	**	*	**
Teste F(Cult)							**	**
Teste F(TxCult)							ns	**

\*, \*\*, ns = Significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Devido à falta de dados de dois anos para o arroz, não foi levado em consideração o tratamento adubo média + adubo verde em análise estatística conjunta.

manteve a produtividade bem próxima do nível original. Estes resultados mostram que o sistema de sucessão arroz e feijão não é apropriado para manter a produtividade dessas duas culturas por longo tempo somente com a aplicação de adubo inorgânico. Os resultados também mostram a importância do adubo orgânico em produções sustentáveis de arroz de sequeiro em solo de cerrado. O efeito positivo do adubo verde foi relatado na produção de milho (Araujo & Almeida, 1993) e em arroz e trigo (Moraes, 1990) em solo de cerrado. Fisicamente, a função mais importante da matéria orgânica é a estabilização dos agregados do solo, melhorando suas condições de aeração e infiltração de água e permitindo maior penetração do sistema radicular (Igue, 1984). A matéria orgânica também funciona como agente de tampão em mudança drástica nas proprie-

dades químicas do solo, especialmente efeitos tóxicos, de alguns elementos ou químicos no solo (Kapland & Estes, 1985).

Os componentes de produção de arroz são apresentados na Tabela 5. Houve aumento significativo ( $P < 0,01$ ) nos números de panículas/m<sup>2</sup> e no comprimento de panículas, com o aumento da fertilidade do solo. O aumento do número de panículas com a adubação média e adubação alta foram de 16 e 24% em comparação com o da testemunha. Sob o tratamento da fertilidade média + adubo verde, a esterilidade de grãos diminuiu 65 e 82% em relação aos tratamentos de fertilidade média e fertilidade alta, o que contribuiu para a maior produção de grãos neste tratamento no terceiro ano de semeadura de arroz. Houve diminuição do número de panículas por m<sup>2</sup> sob o tratamento de fertilidade média + adu-

**TABELA 3. Características químicas do solo de cerrado sob diferentes níveis de fertilidade após colheita de arroz de sequeiro.**

Fertilidade do solo	pH	P	K	Ca	Mg	Al	Cu	Zn	Mn	Fe	M.O.
		mg kg <sup>-1</sup>		cmol kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>			%	
<i>0-20 cm</i>											
Baixa	5,5 a	3,1 b	47 a	1,5 a	0,8 a	0,18 a	2,7 a	3,3 b	35 a	70 a	1,5 a
Média	5,4 a	4,5 a	45 a	1,5 a	0,7 a	0,17 a	2,8 a	4,2 a	36 a	67 a	1,5 a
Alta	5,3 b	5,4 a	50 a	1,4 a	0,7 a	0,20 a	2,8 a	4,5 a	38 a	67 a	1,6 a
Média + adubo verde	5,3	4,3	58	1,3	0,8	0,20	2,7	3,7	36	68	1,5
Teste F(Cult)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns
Teste F(T)	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
Teste F(Cult x T)	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
<i>20-40 cm</i>											
Baixa	5,3 a	1,5 b	48 a	1,0 a	0,7 a	0,20 b	2,6 a	2,1 b	33 a	81 a	1,3 a
Média	5,3 a	1,8 ab	47 a	1,1 a	0,6 a	0,18 b	2,8 a	2,7 a	36 a	87 a	1,3 a
Alta	5,2 b	2,3 a	49 a	1,0 a	0,7 a	0,24 a	2,8 a	2,9 a	37 a	88 a	1,4 a
Média + adubo verde	5,1	1,7	47	0,9	0,7	0,30	2,7	2,4	35	86	1,4
Teste F(Cult)	**	*	ns	**	**	**	**	**	**	**	ns
Teste F(T)	**	*	ns	ns	ns	**	ns	**	ns	ns	ns
Teste F(Cult x T)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>40-60 cm</i>											
Baixa	5,5 a	0,6 a	41 b	1,0 a	0,7 a	0,12 a	2,4 b	1,0 b	30 a	76 a	-
Média	5,4 a	0,9 a	42 b	0,9 a	0,6 a	0,11 a	2,6 a	1,3 ab	30 a	79 a	-
Alta	5,4 a	0,9 a	51 a	0,9 a	0,5 a	0,11 a	2,6 a	1,6 a	32 a	85 a	-
Média + adubo verde	5,3	0,9	48	0,9	0,5	0,10	2,6	2,1	32	83	-
Teste F(Cult)	**	**	*	**	**	ns	**	ns	**	**	-
Teste F(T)	ns	ns	**	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	-
Teste F(Cult x T)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-
<i>60-80 cm</i>											
Baixa	5,4 a	0,4 a	36 a	0,9 a	0,5 a	0,10 a	2,5 a	1,1 a	31 a	79 a	-
Média	5,4 a	0,7 a	36 a	1,0 a	0,5 a	0,09 a	2,6 a	1,3 a	32 a	85 a	-
Alta	5,3 a	0,7 a	42 a	0,9 a	0,4 a	0,10 a	2,5 a	1,4 a	30 a	79 a	-
Média + adubo verde	5,4	0,7	41	0,9	0,6	0,10	2,5	1,2	31	82	-
Teste F(Cult)	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	*	-
Teste F(T)	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-
Teste F(Cult x T)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-

\*, \*\*, ns = Significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os valores são média de três cultivos.

bo verde em comparação aos demais tratamentos. Isto significa que a diminuição nos números de panículas pode ser compensada com o aumento de grãos cheios. Este tipo de relação entre número de panículas e esterilidade de grãos é bem notado na literatura sobre a cultura de arroz (Gravois & Helms, 1992; Oliveira & Stone, 1992).

Os teores e acumulações de nutrientes na parte aérea e grãos de arroz são apresentados nas Tabelas 6 e 7. Efeitos significativos das adubações somente foram observados nos teores de Zn, Cu e Fe na parte aérea e no N, Zn, Mn e Fe nos grãos. Mas a acumulação de todos os nutrientes na parte aérea com exceção do Cu e Fe foi significativamente aumentada

**TABELA 4. Características químicas do solo de cerrado sob diferentes níveis de fertilidade após colheita de feijão.**

Fertilidade do solo	pH	P	K	Ca	Mg	Al	Cu	Zn	Mn	Fe	M.O.
		mg kg <sup>-1</sup>									cmol kg <sup>-1</sup>
<i>0-20 cm</i>											
Baixa	5,7 a	3,3 b	57 b	2,1 a	1,2 a	0,09 b	2,7 a	3,5 c	37 a	66 a	1,6 a
Média	5,6 b	4,6 ab	60 ab	2,1 a	1,1 a	0,11 ab	2,8 a	4,7 b	37 a	72 a	1,7 a
Alta	5,4 c	6,1 a	68 a	1,9 ab	1,1 a	0,13 ab	2,8 a	5,8 a	40 a	80 a	1,6 a
Média + adubo verde	5,6 b	4,7 ab	67 a	1,8 b	1,0 a	0,14 a	2,7 a	4,5 c	40 a	70 a	1,6 a
Teste F(Cult)	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	ns
Teste F(T)	**	ns	**	**	ns	*	ns	**	ns	ns	ns
Teste F(Cult x T)	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>20-40 cm</i>											
Baixa	5,5 a	1,8 b	46 b	1,5 a	0,9 a	0,12 bc	2,7 a	2,5 b	36 a	76 a	1,4 a
Média	5,4 b	2,3 ab	46 b	1,6 a	0,9 a	0,10 c	2,8 a	3,3 a	37 a	92 ab	1,5 a
Alta	5,3 b	2,9 a	57 a	1,6 a	0,9 a	0,16 ab	2,7 a	3,6 a	41 a	105 a	1,4 a
Média + adubo verde	5,4 b	2,4 ab	53 ab	1,4 a	0,9 a	0,18 a	2,7 a	3,1 ab	40 a	89 ab	1,5 a
Teste F(Cult)	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**
Teste F(T)	**	*	**	ns	ns	**	ns	**	ns	*	ns
Teste F(Cult x T)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
<i>40-60 cm</i>											
Baixa	5,5 a	0,7 a	43 b	1,0 a	0,7 a	0,10 a	2,5 a	1,0 b	33 b	76 b	-
Média	5,4 ab	1,0 a	44 b	1,1 a	0,8 a	0,11 a	2,6 a	1,6 a	33 b	91 a	-
Alta	5,4 ab	1,0 a	54 a	1,2 a	0,8 a	0,11 a	2,6 a	1,8 a	37 a	93 a	-
Média + adubo verde	5,3 c	0,8 a	47 ab	1,0 a	0,7 a	0,11 a	2,5 a	1,6 ab	36 ab	91 a	-
Teste F(Cult)	**	ns	ns	**	**	*	**	**	**	**	-
Teste F(T)	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	**	**	-
Teste F(Cult x T)	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	-
<i>60-80 cm</i>											
Baixa	5,4 a	0,7 a	37 b	1,0 a	0,6 a	0,10 a	2,4 a	1,1 c	33 a	78 a	-
Média	5,4 a	0,8 a	43 ab	1,1 a	0,7 a	0,10 a	2,5 a	1,6 ab	33 a	87 a	-
Alta	5,4 a	0,8 a	50 a	1,1 a	0,7 a	0,10 a	2,5 a	1,9 a	35 a	88 a	-
Média + adubo verde	5,4 a	0,7 a	46 a	1,0 a	0,7 a	0,10 a	2,5 a	1,4 bc	35 a	94 a	-
Teste F(Cult)	**	*	*	**	**	**	**	**	**	**	-
Teste F(T)	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	-
Teste F(Cult x T)	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	-

\*, \*\* , ns = Significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os valores são média de três cultivos.

( $P < 0,01$ ) com adubações. Isto significa que houve efeito positivo de adubação na produção de matéria seca. A acumulação de nutrientes é função do teor de nutrientes x produção de matéria seca. No caso dos grãos, os efeitos positivos de tratamentos de adubação foram observados somente na acumulação de N, Mg, Zn e Mn.

A acumulação de nutrientes na cultura de arroz de sequeiro seguiu a seguinte ordem:  $N > K > P > Ca > Mg > Fe > Mn > Zn > Cu$ . Para produzir uma tonelada de grãos de arroz são necessários: extração de 47 kg de N, 7,5 kg de P, 34 kg de K, 5,5 kg de Ca, 4,5 kg de Mg, 96 g de Zn, 23 g de Cu, 377 g de Mn e 1.043 g de Fe. Em relação à distribuição de nutri-

**TABELA 5. Componentes de produção de arroz de sequeiro sob diferentes níveis de fertilidade do solo.**

Fertilidade do solo	Nº de panículas (m <sup>-2</sup> )	Peso de 1000 grãos (g)	Esterilidade dos grãos (%)	Comprimento de panículas (cm)	Peso de grãos por panícula (g)
Baixa	115 b	30,25 a	30 a	22,28 b	2,63 a
Média	133 a	29,93 a	28 a	22,90 ab	2,85 a
Alta	143 a	29,67 a	31 a	23,56 a	2,86 a
Média + adubo verde	111	29,12	17	21,0	2,99
Teste F(Cult)	**	*	**	**	**
Teste F(T)	**	ns	ns	**	ns
Teste F(CultxT)	ns	ns	*	ns	**

\*,\*\*,ns = Significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores são média de três cultivos. No tratamento adubo médio + adubo verde os dados são de apenas um cultivo e não foram levados em consideração na análise estatística.

**TABELA 6. Teor de nutrientes na parte aérea e grãos de arroz de sequeiro sob diferentes níveis de fertilidade.**

Fertilidade do solo	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
	----- % -----					----- mg kg <sup>-1</sup> -----			
<i>Parte aérea</i>									
Baixa	1,04 a	0,20 a	1,80 a	0,32 a	0,23 a	43 b	7 a	203 a	733 a
Média	0,96 a	0,23 a	1,76 a	0,33 a	0,25 a	50 ab	6 ab	216 a	559 b
Alta	1,03 a	0,20 a	1,61 a	0,37 a	0,24 a	52 a	5 b	230 a	663 ab
Média + adubo verde	0,77	0,28	1,92	0,32	0,21	50	4	268	888
Teste F(Cult)	**	**	**	ns	**	ns	**	**	**
Teste F(T)	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	ns	*
Teste F(Cult x T)	*	*	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
<i>Grãos</i>									
Baixa	1,64 b	0,41 a	0,18 a	0,02 a	0,11 a	28 b	15 a	34 b	87 a
Média	1,67 b	0,36 a	0,18 a	0,02 a	0,11 a	29 ab	15 a	37 ab	72 b
Alta	1,77 a	0,40 a	0,18 a	0,02 a	0,12 a	30 a	16 a	40 a	61 b
Média + adubo verde	1,63	0,63	0,20	0,04	0,12	27	13	48	63
Teste F(Cult)	**	ns	**	**	**	*	**	**	**
Teste F(T)	**	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	**
Teste F(Cult x T)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**

\*,\*\*,ns = Significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey o 5% de probabilidade.

Os valores são média de três cultivos. No tratamento adubo média + adubo verde, os dados são de apenas um cultivo e não foi levada em consideração a análise estatística.

**TABELA 7. Acumulação de nutrientes pela cultura de arroz de sequeiro sob diferentes níveis de fertilidade do solo.**

Fertilidade do solo	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
	----- kg/ha -----					----- g/ha -----			
<i>Parte aérea</i>									
Baixa	20 c	4 b	53 b	7 b	5 b	97 b	16 a	445 b	1.517 a
Média	28 b	7 a	72 a	10 ab	7 ab	152 a	20 a	639 ab	1.454 a
Alta	35 a	7 a	77 a	14 a	9 a	178 a	20 a	814 a	2.062 a
Média + adubo verde	26 <sup>a</sup>	10	67	11	7	176	15	914	3.109
Teste F(Cult)	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Teste F(T)	**	**	**	**	**	**	ns	**	ns
Teste F(Cult x T)	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Grãos</i>									
Baixa	51 b	5 a	3 a	0,69 a	1,86 b	38 b	26 a	54 b	120 a
Média	88 a	7 a	4 a	0,83 a	2,36 a	46 ab	31 a	72 a	137 a
Alta	106 a	7 a	4 a	0,84 a	2,40 a	46 ab	32 a	78 a	119 a
Média + adubo verde	39	15	5	0,96	2,79	63	31	113	142
Teste F(Cult)	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Teste F(T)	**	ns	ns	ns	**	**	ns	**	ns
Teste F(Cult x T)	**	**	**	ns	ns	**	ns	ns	ns

\*,\*\* ,ns = Significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os valores são média de três cultivos. No tratamento adubo médio + adubo verde, os dados são de apenas um cultivo.

entes na parte aérea e nos grãos de arroz 72% do N, 55% do P, 6% do K, 7% do Ca, 25% do Mg, 24% do Zn, 63% do Cu, 10% do Mn e 6% do Fe que foram absorvidos e translocados para os grãos e o restante ficou na parte aérea.

Os teores e acumulações de nutrientes nas plantas de feijão determinados na fase do florescimento são apresentados na Tabela 8. Os teores de nutrientes não foram afetados significativamente com o tratamento de adubação, com exceção de K e Mg. Mas a acumulação de todos os nutrientes analisados foi aumentada com a adubação. Isto significa que houve resposta significativa do feijão à adubação, na produção de matéria seca. No presente trabalho, a produção de matéria seca no florescimento está significativamente correlacionada ( $r = 0,66^{**}$ ) com a produção de grãos. Portanto, justifica a determinação do estado nutricional do feijoeiro na fase do

florescimento, quando a acumulação de matéria seca está no nível máximo. Para produzir uma tonelada de grãos de feijão, é necessário acumulação de 27 kg de N, 2,1 kg de P, 28 kg de K, 16,3 kg de Ca, 3,4 kg de Mg, 47 g de Zn, 7 g de Cu, 90 g de Mn e 567 g de Fe na parte aérea na fase da floração.

Dada a interação significativa entre adubação e cultivo, no tocante ao teor de N, Cu, e acúmulo de N, K, Ca e Mg na parte aérea de feijão, foram apresentados os resultados de cada cultivo (Tabela 9). O teor de N foi significativamente afetado pelo tratamento de adubação somente no terceiro cultivo. Nesse ano, o maior teor de N foi obtido no tratamento de alta adubação em comparação com o dos outros tratamentos. Quanto ao teor de Cu, somente no 2º cultivo houve efeito significativo do tratamento de adubação. O maior teor de Cu foi obtido sob baixa fertilidade do solo, em comparação com o dos

**TABELA 8. Acumulação de nutrientes na parte aérea do feijão na floração sob diferentes níveis de fertilidade do solo.**

Fertilidade do solo	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
<i>TEOR (Macronutrientes em % e micronutrientes em mg kg<sup>-1</sup>)</i>									
Baixa	3,24 a	0,26 a	3,47 a	2,03 a	0,41 b	60 a	10 a	110 a	828 a
Média	3,21 a	0,25 a	3,17 b	1,97 a	0,40 b	53 a	9 a	105 a	805 a
Alta	3,44 a	0,26 a	3,35 ab	1,95 a	0,41 b	56 a	9 a	100 a	669 a
Média + adubo verde	3,15 a	0,26 a	3,22 ab	1,95 a	0,45 a	61 a	9 a	121 a	773 a
Teste F(Cult)	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Teste F(T)	ns	ns	*	ns	**	ns	ns	ns	ns
Teste F(Cult x T)	*	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
<i>ACUMULAÇÃO (Macronutrientes em kg/ha e micronutrientes em g/ha)</i>									
Baixa	24 d	1,98 b	24 c	16 b	3,21 c	46 b	7 b	75 c	620 c
Média	54 b	4,48 a	59 a	35 a	7,25 a	95 a	15 a	197 a	1.211 a
Alta	67 a	4,81 a	68 a	36 a	7,46 a	109 a	16 a	203 a	1.094 ab
Média + adubo verde	37 c	2,99 b	39 b	23 b	5,02 b	68 b	11 b	134 b	903 b
Teste F(Cult)	**	**	**	ns	**	**	**	**	**
Teste F(T)	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Teste F(Cult x T)	*	ns	**	**	**	ns	ns	ns	ns

\*,\*\*, ns = Significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores são média de três cultivos.

**TABELA 9. Acumulação de nutrientes na parte aérea do feijão na floração sob diferentes níveis de fertilidade do solo.**

Fertilidade do solo	Teor		Acumulação			
	N %	Cu mgkg <sup>-1</sup>	N	K	Ca	Mg
.....kg/ha.....						
<i>1<sup>o</sup> Cultivo</i>						
Baixa	3,37 a	11 a	32 b	29 b	18 a	2,25 a
Média	3,65 a	9 a	62 ab	60 a	33 a	4,37 a
Alta	3,55 a	10 a	69 a	65 a	33 a	5,87 a
Média + adubação	3,60 a	11 a	48 ab	45 ab	24 a	5,05 a
Teste F	ns	ns	*	*	ns	ns
<i>2<sup>o</sup> Cultivo</i>						
Baixa	3,10 a	9 a	15 b	18 b	9 b	1,78 c
Média	2,63 a	6 b	61 a	80 a	43 a	8,78 a
Alta	2,95 a	5 b	80 a	94 a	45 a	10,50 a
Média + adubação	2,63 a	5 b	30 b	39 b	20 b	5,03 b
Teste F	ns	**	**	**	**	**
<i>3<sup>o</sup> Cultivo</i>						
Baixa	3,25 b	10 a	26 c	25 b	19 a	3,63 a
Média	3,35 b	11 a	41 ab	36 ab	30 a	5,63 a
Alta	3,83 a	11 a	52 a	45 a	31 a	6,03 a
Média + adubação	3,23 b	12 a	34 bc	32 ab	25 a	5,00 a
Teste F	**	ns	**	**	ns	*

\*,\*\*, ns = Significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

outros tratamentos. A diminuição do teor de Cu com o aumento da fertilidade pode ser explicada pelo antagonismo na absorção deste elemento com o aumento de outros nutrientes no solo. O acúmulo máximo de N, Ca, e Mg foi obtido nos tratamentos de adubação alta, em comparação com o dos demais tratamentos. Este aumento está relacionado com a maior quantidade de matéria seca produzida nesta condição (Tabela 2).

As médias de três anos de algumas características químicas do solo determinadas após colheita do arroz e feijão são apresentadas nas Tabelas 3 e 4. Houve efeitos significativos nas características químicas em decorrência dos cultivos ou da adubação, mas efeitos significativos dos tratamentos de adubação somente foram obtidos com relação a pH, P e Zn na camada superficial (0-20 cm) do solo. Quase todos os nutrientes foram diminuindo com o aumento da profundidade do solo, com exceção do Fe. Os teores de todos os nutrientes analisados foram maiores após a colheita do feijão do que após a colheita do arroz. Isto pode ser relacionado com o efeito aditivo da adubação devido a semeadura de arroz antes do feijão. Com os cultivos, houve uma recuperação do solo em relação à fertilidade e ao resíduo orgânico (Tabelas 1, 3 e 4). Isto significa que a redução na produção de arroz e feijão com o tempo de cultivo não esteve relacionada à fertilidade do solo.

## CONCLUSÕES

1. Houve efeito positivo de adubação na produção de arroz e feijão, mas a resposta variou de ano para ano.
2. O adubo verde junto com o adubo químico melhorou a produção de arroz com o tempo de cultivo. Porém, houve efeito negativo do adubo verde na produção do feijão.
3. Houve a diminuição na produção de arroz com o tempo de cultivo. Esta diminuição não está relacionada com a fertilidade do solo.
4. A planta de arroz acumulou nutrientes na ordem de  $N > K > P > Ca > Mg > Fe > Mn > Zn > Cu$ . Na cultura do feijão, a absorção de nutrientes segue a ordem  $K^3 N > Ca > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu$ .

5. A sucessão arroz e feijão não é apropriada para manter alta produtividade de arroz por longo tempo de cultivo em solo de cerrado.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A.P.; ALMEIDA, D.L. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.2, p.245-251, 1993.
- COCHRANE, T.T.; SANCHEZ, L.G.; AZEVEDO, L.G.; PORRAS, J.A.; GARVER, C.L. **Land in Tropical America**. Cali: CIAT/EMBRAPA-CPAC, 1985. v.3.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. v.1.
- GOEDERT, W.J. Região dos cerrados: Potencial agrícola e política para seu desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.1, p.1-17, 1989.
- GOEDERT, W.J.; LOBATO, E.; WAGNER, E. Potencial agrícola da região dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p.1-17, 1980.
- GRAVOIS, K.A.; HELMS, R.S. Path analysis of rice yield and yield components as affected by seeding rate. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.1, p.1-4, 1992.
- IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **A adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p.232-267.
- KAPLAND, D.I.; ESTES, G.O. Organic matter relationship to soil nutrient status and aluminum toxicity in alfalfa. **Agronomy Journal**, Madison, v.77, n.5, p.735-738, 1985.
- MORAES, J.F. Manejo dos solos dos cerrados. 1. Produção de feijão, trigo e arroz em cultivos sucessivos em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.4, p.633-640, 1990.
- OLIVEIRA, E.T. de; STONE, L.F. **Densidade de semeadura em arroz de sequeiro**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1992. 8p. (EMBRAPA-CNPAF. Comunicado Técnico, 26).