

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS E QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO APÓS ADUBAÇÃO E CULTIVOS SUCESSIVOS DE ARROZ E FEIJÃO, SOB IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO⁽¹⁾

L. F. STONE⁽²⁾, P. M. DA SILVEIRA⁽²⁾ & F. J. P. ZIMMERMANN⁽³⁾

RESUMO

Foram estudados, em experimento desenvolvido de 1990 a 1993, sob pivô central, em Santo Antônio de Goiás (GO), os efeitos de sete cultivos sucessivos de arroz e feijão, em diferentes níveis de adubação, sobre as características físico-hídricas e os níveis de nutrientes de um latossolo vermelho-escuro distrófico, de textura argilosa. Os cultivos sucessivos causaram compactação do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, reduzindo a porosidade total, a condutividade hidráulica saturada e a água disponível entre -0,01 e -0,1 MPa, e aumentando a densidade do solo e a retenção de água a um dado potencial matricial. As aplicações continuadas de Zn elevaram seu teor no solo a níveis bem maiores do que o crítico. A adubação, tanto do arroz como do feijoeiro, aumentou o teor de P extraível e de K trocável no solo. O teor de P sempre se manteve acima do inicial, enquanto o de K se manteve em níveis semelhantes ao inicial apenas após o cultivo do feijoeiro e quando foram aplicadas as maiores doses de adubo nessa cultura e na de arroz que a antecedeu. Durante os cultivos de arroz, na estação chuvosa, o teor de K na camada superficial ficou sempre abaixo do inicial, independentemente da dose de adubo aplicada, possivelmente devido à lixiviação.

Termos de indexação: latossolo vermelho-escuro argiloso, compactação, lixiviação; solo, porosidade e densidade; condutividade hidráulica, água disponível.

SUMMARY: *PHYSICAL-HYDRIC AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF A LATOSOL AFTER FERTILIZATION AND SUCCESSIVE CULTIVATIONS OF RICE AND COMMON BEAN, UNDER SPRINKLER IRRIGATION*

The effect of seven successive cultivations of rice and common bean under center pivot, with different fertilization levels, on the physical-hydric characteristics and nutrient levels of a clay dark red latosol (Haplustox) was studied in an experiment carried out from 1990 to 1993, in Santo Antônio de Goiás, State of Goiás, Brazil. The successive cultivations caused 0-20 and 20-40 cm soil layer compaction, reducing total porosity, saturated hydraulic conductivity and available water between -0.01 and -0.1 MPa, and increased bulk density and soil-water retention at any matric potential. The continued fertilization with Zn increased the

⁽¹⁾ Recebido para publicação em novembro de 1993 e aprovado em julho de 1994.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF)/EMBRAPA, Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia (GO). Bolsista do CNPq.

⁽³⁾ Engenheiro-Agrônomo do CNPAF/EMBRAPA, Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia (GO).

concentration of this nutrient in the soil to values considerably greater than the critical level. The rice and common bean crop fertilization increased the P and K soil concentration. The soil P level was found above the initial level under all the cultivations. However, the K soil level was at values similar to initial one only after common bean cultivation and under the highest fertilizer levels applied to this crop and to the previous crop. Rice cultivations during rainy season reduced the K level in the 0-20 cm soil layer below the initial level possibly due to leaching, independently of K levels applied.

Index terms: clay dark red latosol, compaction, leaching, soil porosity, soil bulk density, hydraulic conductivity, available water.

INTRODUÇÃO

A área irrigada por aspersão, especialmente pelo sistema pivô central, vem crescendo no País. Sob esse sistema, pratica-se uma agricultura intensiva, com alto nível de tecnologia, incluindo adubações elevadas.

O tráfego contínuo com máquinas pesadas e o uso de equipamentos de cultivo causam a formação de camadas compactadas de baixa permeabilidade. A compactação diminui o volume de poros do solo, incrementando, conseqüentemente, a densidade do solo das camadas superficiais. Isso pode afetar a produtividade das culturas devido à importância do espaço poroso na movimentação do ar e da água, na difusão de nutrientes, particularmente do fósforo, e no crescimento das raízes. A quantidade e a distribuição dos poros no solo afetam, diretamente, a infiltração de água. Machado et al. (1981) observaram que não ocorreram alterações na densidade do solo e na porosidade de um latossolo vermelho-escuro distrófico, cultivado com a sucessão soja-trigo, após quatro anos de cultivo convencional. Entretanto, após oito anos de cultivo, houve redução na porosidade total e na macroporosidade e aumento na microporosidade e na densidade do solo.

A utilização de uma adubação nem sempre equilibrada de maneira a suprir as quantidades retiradas pelos grãos e as perdas por lixiviação e erosão, pode fazer com que o nível dos elementos químicos no solo se alterem ao longo dos anos de cultivo. Santos & Reis (1989) e Santos & Roman (1989) avaliando, por sete anos, a evolução dos níveis de nutrientes e de matéria orgânica, num latossolo vermelho-escuro distrófico cultivado duas vezes ao ano, com adubações segundo a análise de solo, observaram que o nível de adubação aplicado ao longo dos anos foi suficiente para manter os teores de P e K no solo acima do considerado crítico. Observaram, ainda, que as quantidades de calcário aplicadas ao solo, equivalentes à metade do recomendado (1/2 SMP), tiveram baixo efeito residual, requerendo reaplicação mais freqüente do que o normalmente recomendado, ou seja, a cada cinco anos. Santos & Roman (1989) verificaram que o Ca + Mg trocáveis, o K trocável e a matéria orgânica do solo mantiveram-se sempre acima dos teores iniciais, após as culturas, tanto de inverno como de verão. Patella (1980), estudando a influência de 15 anos de adubação NPK sobre algumas características químicas de um solo podzólico vermelho-amarelo cultivado com trigo, observou que após doze anos de aplicação anual de P

ao solo, a sua disponibilidade aumentou o suficiente para não haver mais resposta a aplicações subsequentes. O teor de 150 mg/dm³ de K extraível foi suficiente para que não houvesse resposta à adubação potássica durante quinze anos de cultivo. A adubação nitrogenada anual provocou, após quinze anos, diminuição de Ca + Mg trocáveis e aumento de Al trocável do solo, ocorrendo o contrário com a adubação fosfatada.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a evolução de algumas características físico-hídricas, do pH e dos níveis de nutrientes do solo após sete cultivos sucessivos sob pivô central, envolvendo as culturas de arroz e de feijão.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado a partir de amostras de solo coletadas em um experimento desenvolvido de 1990 a 1993, sob pivô central, na Fazenda Capivara, do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, no município de Santo Antônio de Goiás (GO), em um latossolo vermelho-escuro distrófico. A composição granulométrica e a classe textural do solo, a diversas profundidades, encontram-se no quadro 1.

Quadro 1. Composição granulométrica e classe textural do latossolo vermelho-escuro, município de Santo Antônio de Goiás (GO), em diversas camadas do solo

Camada de solo	Argila	Silte	Areia	Classe textural
cm	%			
0-20	41,0	18,5	39,9	Argila
20-40	43,5	17,5	38,8	Argila
40-60	44,1	19,7	36,2	Argila

O experimento foi efetuado no esquema experimental de parcelas subdivididas, com seis repetições. O feijoeiro foi semeado em junho, na estação seca, em sucessão ao arroz, semeado em novembro-dezembro, na estação chuvosa. Nas parcelas (30 x 100 m), foram estabelecidos tratamentos de adubação do arroz, 250, 400 e 550 kg/ha da fórmula 4-30-16 (N, P₂O₅, K₂O) e, nas subparcelas (30 x 50 m), tratamen-

tos de adubação do feijoeiro, 300 e 500 kg/ha da mesma fórmula. As subparcelas foram implantadas após o primeiro cultivo de arroz. Nos cultivos sucessivos, as adubações, tanto do arroz como do feijoeiro, foram sempre aplicadas nas mesmas parcelas ou subparcelas respectivamente, o que resultou em seis combinações de adubação (Quadro 2). Nas subsubparcelas (10 x 12,5 m), foram estabelecidos três tratamentos de espaçamentos entre linhas, combinados com quatro cultivares. Para a cultura do arroz, os espaçamentos estudados foram 20, 35 e 50 cm entre linhas e, para a do feijoeiro, 30, 40 e 50 cm entre linhas.

Foi retirada, após cada cultivo, por profundidade, uma amostra composta de três amostras simples por subsubparcela, num total de 432 amostras por profundidade. As camadas do solo amostradas foram 0-20 e 20-40 cm. Para reduzir os custos da análise química, agruparam-se as amostras provenientes de cada repetição em uma única amostra, resultando 72 amostras por profundidade. Dessa maneira, foi impossível seguir o esquema experimental inicial. Como o interesse maior deste trabalho foi estudar, com relação às características químicas, os efeitos de adubações e cultivos sucessivos, as interações onde aparecem espaçamento entre linhas e cultivar foram agrupadas para constituir os erros. Assim, a análise estatística das características químicas do solo seguiu o esquema de parcelas subsubdivididas, com a aduba-

ção do arroz na parcela, a do feijoeiro na subparcela e a combinação de cultura e de ano na subsubparcela. Em vista de ter ocorrido a subdivisão das parcelas a partir do segundo cultivo, os dados relativos ao primeiro não foram considerados na análise estatística.

Foram determinados, por amostra, o pH, o teor de matéria orgânica, os teores de P e de Zn extraíveis e os de Al, K e Ca + Mg trocáveis. O Zn extraível foi determinado pelo extrator Mehlich-1 e espectrofotometria de absorção atômica; o P, pelo mesmo extrator e colorimetria, e os demais elementos e a matéria orgânica segundo métodos descritos em EMBRAPA (1979). Os teores de matéria orgânica foram determinados apenas antes do primeiro e após o último cultivo, e não foram submetidos à análise estatística.

Aplicaram-se, antes do primeiro cultivo de arroz, 2 t/ha de calcário dolomítico com PRNT de 70% e, antes do primeiro e do segundo cultivo de feijão, 4 e 3 t/ha de calcário dolomítico com PRNT de 80% respectivamente. Nos três primeiros cultivos de arroz foram aplicados 20 kg/ha de sulfato de zinco e, em todos os cultivos de feijão, 50 kg/ha de FTE BR-12. Efetuaram-se adubações em cobertura com 50 kg/ha de N no primeiro cultivo de arroz e com 70 kg/ha de N nos demais. No feijão, aplicaram-se em cobertura 30 kg/ha de N em todos os cultivos. A fonte de N foi o sulfato de amônio.

Quadro 2. Quantidades de N, P e K aplicadas às culturas de arroz e feijão, em 1990-93, em função dos tratamentos de adubação

Adubação	Nutrientes	Arroz	Feijão	Arroz	Feijão	Arroz	Feijão	Arroz	Total
		1990		1990/91	1991	1991/92	1992	1992/93	
kg/ha de 4-30-16		kg/ha							
250 (arroz) e 300 (feijão)	N ⁽¹⁾	60,0	42,0	80,0	42,0	80,0	42,0	80,0	426,0
	P	32,8	39,3	32,8	39,3	32,8	39,3	32,8	249,1
	K	33,2	39,8	33,2	39,8	33,2	39,8	33,2	252,2
250 (arroz) e 500 (feijão)	N	60,0	50,0	80,0	50,0	80,0	50,0	80,0	450,0
	P	32,8	65,5	32,8	65,5	32,8	65,5	32,8	327,7
	K	33,2	66,4	33,2	66,4	33,2	66,4	33,2	332,0
400 (arroz) e 300 (feijão)	N	66,0	42,0	86,0	42,0	86,0	42,0	86,0	450,0
	P	52,4	39,3	52,4	39,3	52,4	39,3	52,4	327,5
	K	53,1	39,8	53,1	39,8	53,1	39,8	53,1	331,8
400 (arroz) e 500 (feijão)	N	66,0	50,0	86,0	50,0	86,0	50,0	86,0	474,0
	P	52,4	65,5	52,4	65,5	52,4	65,5	52,4	406,1
	K	53,1	66,4	53,1	66,4	53,1	66,4	53,1	411,6
550 (arroz) e 300 (feijão)	N	72,0	42,0	92,0	42,0	92,0	42,0	92,0	474,0
	P	72,1	39,3	72,1	39,3	72,1	39,3	72,1	406,3
	K	73,1	39,8	73,1	39,8	73,1	39,8	73,1	411,8
550 (arroz) e 500 (feijão)	N	72,0	50,0	92,0	50,0	92,0	50,0	92,0	498,0
	P	72,1	65,5	72,1	65,5	72,1	65,5	72,1	484,9
	K	73,1	66,4	73,1	66,4	73,1	66,4	73,1	491,6

⁽¹⁾ Em cobertura, foram aplicados 50 kg/ha de N no primeiro cultivo de arroz, 70 kg/ha de N nos demais cultivos de arroz e 30 kg/ha de N nos cultivos de feijão.

No preparo do solo, foi feita a aração com arado de aiveca, seguida de gradagens niveladoras. A profundidade de aração variou de 30 a 35 cm para a cultura do arroz e de 15 a 20 cm para o feijoeiro. O arroz recebeu 833,5, 1.014,6, 1.291,4 e 733,5 mm de água provenientes da chuva e da irrigação, no 1º, 2º, 3º e 4º cultivo respectivamente. O feijão recebeu 355,6, 356,1 e 394,4 mm de água, provenientes quase totalmente da irrigação, no 1º, 2º e 3º cultivo respectivamente. A irrigação foi conduzida de maneira que o potencial da água do solo, determinado a 15 cm de profundidade, não ultrapassasse o valor de -0,025 MPa, no caso do arroz, e -0,030 MPa, no do feijoeiro.

Foram abertas, ao acaso, três trincheiras de 1 x 1,5 x 1m na área experimental, antes do primeiro cultivo e após o sétimo, para retirada de amostras de solo até a profundidade de 60 cm. Em cada camada, de 20 cm, retiraram-se três amostras, utilizando-as na determinação de características físico-hídricas do solo. A densidade do solo, a porosidade total, a macro e a microporosidade, a condutividade hidráulica saturada e a curva de retenção de água do solo foram estabelecidas segundo métodos da EMBRAPA (1979), enquanto na curva de retenção de água do solo, utilizaram-se amostras retiradas até a profundidade de 40 cm. Foram calculadas a média e a variância dos dados obtidos e efetuada a comparação das médias pelo teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de o preparo do solo ter sido feito a diferentes profundidades para as culturas do arroz e do feijoeiro, para evitar a formação de camada compactada em determinada profundidade, observou-se, após sete cultivos, redução na porosidade total e aumento na densidade do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade (Quadro 3). Isso também foi observado por Machado et al. (1981), para a sucessão soja-trigo, mas para período maior de cultivo, superior a quatro anos. De acordo com Mantovani (1987), a exploração de duas culturas por ano, com intensa movimentação de máquinas e implementos para o manejo do solo, tem sido fator importante para o aumento da compactação do solo em diversas regiões

do Brasil. No preparo do solo com arado de aiveca, um dos pneus do trator trabalha dentro do sulco de aração. A pressão aplicada ao solo pelos pneus, na profundidade de aração, contribui para aumentar a densidade do solo e, conseqüentemente, sua compactação, reduzindo-lhe a porosidade. A textura argilosa, o baixo teor de matéria orgânica, ao redor de 1,5%, e a possível desagregação da estrutura pelos cultivos sucessivos também devem ter contribuído para a compactação do solo, pois, segundo Håkansson et al. (1988), além do número de passadas de maquinaria e da pressão das rodas sobre o solo, a textura, a estrutura e o teor de matéria orgânica influenciam a compactação.

Após sete cultivos sucessivos, a macroporosidade diminuiu, em relação aos valores iniciais, nas camadas de solo de 0-20 e 20-40 cm. A microporosidade, por sua vez, praticamente não foi alterada. Dessa maneira, a redução verificada na porosidade total foi devida à diminuição na macroporosidade (Quadro 3).

A condutividade hidráulica saturada sofreu redução nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, devido ao aumento na densidade do solo. Beltrame et al. (1981) e Silva et al. (1986) também verificaram decréscimo na condutividade hidráulica saturada com o aumento da densidade do solo. A redução da condutividade hidráulica na camada superficial diminui a velocidade de infiltração de água e, conseqüentemente, favorece o escoamento superficial, gerador de erosão hídrica.

A compactação aumentou a retenção de água a um dado potencial, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm (Figura 1), o que também foi observado por Silva et al. (1986). Entretanto, ao contrário do verificado por esses autores, a água disponível entre -0,01 e -0,1 MPa, amplitude de faixa de água disponível para a maioria das culturas nos oxissolos (Sanchez, 1981), não aumentou com a compactação. A água disponível na camada de 0-20 cm diminuiu de 10,6 mm para 8,0 mm e, na camada de 20-40 cm, de 9,0 mm para 7,2 mm após sete cultivos sucessivos.

Houve interação significativa entre cultura e ano, com relação ao pH e aos teores dos elementos estudados, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade do solo.

Quadro 3. Densidade do solo, porosidade e condutividade hidráulica saturada em três camadas do perfil do solo, antes e após sete cultivos sucessivos envolvendo as culturas de arroz e de feijão

Camada de solo cm	Densidade do solo		Porosidade						Condutividade hidráulica saturada	
	Antes	Após	Total		Macro-		Micro-		Antes	Após
			Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após		
	g/cm ³		%						cm/h	
0-20	1,31b ⁽¹⁾	1,45a	49,8a	44,6b	13,6a	9,2b	36,2a	35,4a	4,0a	0,5b
20-40	1,30b	1,38a	50,4a	47,9b	18,0a	15,8b	32,4a	32,1a	5,5a	1,2b
40-60	1,16a	1,16a	56,4a	57,0a	22,6a	22,4a	33,8a	34,6a	13,5a	12,4a

⁽¹⁾ Em cada camada de solo, médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste t ao nível de 5%.

Comparando-se as médias da combinação cultura x ano, observa-se que os teores de Ca + Mg trocáveis na camada de 0-20 cm aumentaram após o primeiro cultivo, em relação ao teor inicial, antes da implantação dos tratamentos (Figura 2a). Aumentos também ocorreram após o segundo e o quarto cultivos, em vista da aplicação de calcário antes de cada um deles, 2, 4 e 3 t/ha respectivamente. Do quinto cultivo em diante, o teor de Ca + Mg começou a diminuir, devido à extração pelas culturas e, provavelmente, a certa lixiviação. Na camada de 20-40 cm houve aumento contínuo do teor de Ca + Mg trocáveis até o sexto cultivo, provavelmente pelo preparo profundo do solo.

Os valores de pH (Figura 2b) mostraram comportamento semelhante ao dos teores de Ca + Mg. O Al trocável foi neutralizado pela calagem, passando dos

teores iniciais de 0,8 e 0,5 cmol(+)/dm³ para 0,1 cmol(+)/dm³ (Figura 2c), nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade do solo.

Os teores de Zn extraível (Figura 2d) aumentaram, de maneira quase contínua, a partir do segundo cultivo até o sexto, tanto na camada de 0-20 como na de 20-40 cm, culminando com teores cerca de três

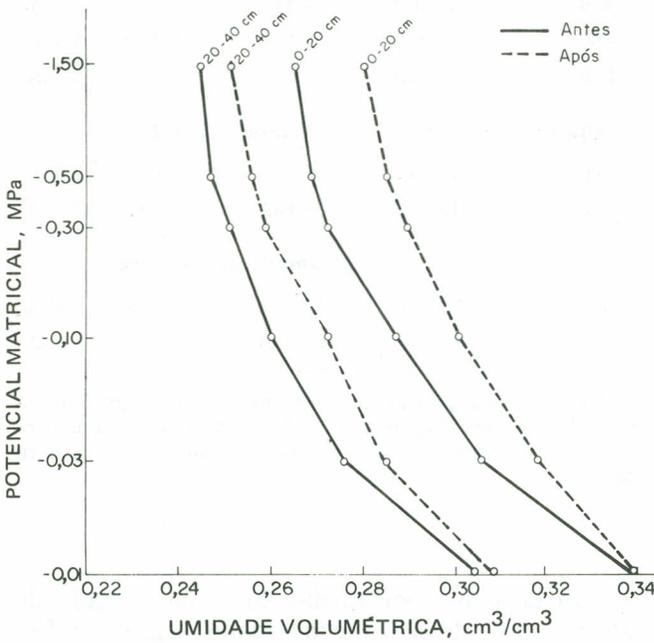


Figura 1. Curvas de retenção de água do solo, das camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, antes e após sete cultivos sucessivos de arroz e feijão.

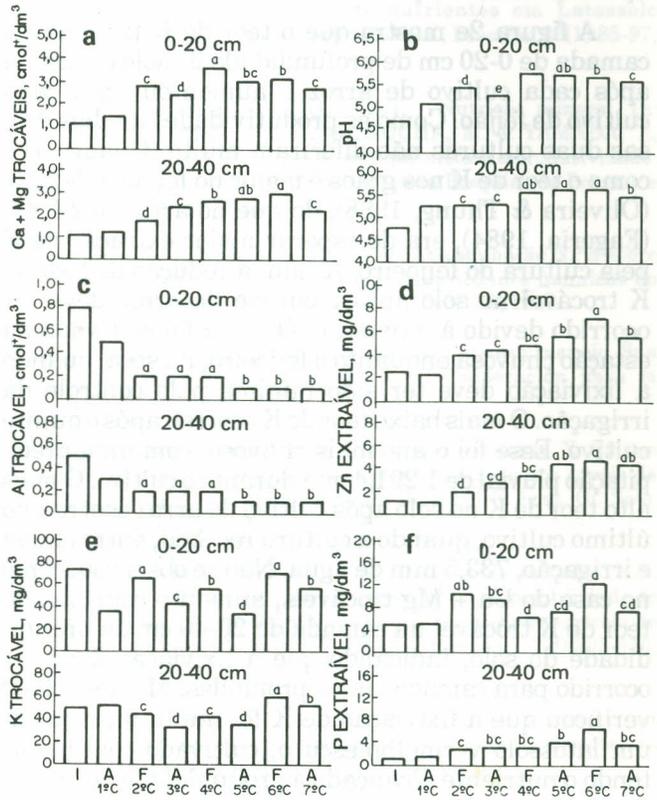


Figura 2. Valores médios de Ca + Mg trocáveis (a), de pH (b), de Al trocável (c), de Zn extraível (d), de K trocável (e) e de P extraível (f) nas camadas de solo de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, após cada cultivo de arroz (A) ou feijão (F) (I: valor inicial, 1°C... 7°C: 1º...7º cultivo). Médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

Quadro 4. Produtividade das culturas de arroz e feijão, em 1990-93, em função dos tratamentos de adubação

Adubação	Arroz ⁽¹⁾		Feijão		Arroz		Feijão	
	1990		1990/91		1991		1991/92	
kg/ha de 4-30-16								
250 (arroz) e 300 (feijão)	1.668	2.359	3.397	2.869	2.332	2.360	1.725	
250 (arroz) e 500 (feijão)	-	2.378	3.773	3.008	2.414	2.403	1.677	
400 (arroz) e 300 (feijão)	1.833	2.321	3.390	2.982	2.290	2.421	1.879	
400 (arroz) e 500 (feijão)	-	2.314	3.422	3.010	2.121	2.583	1.676	
550 (arroz) e 300 (feijão)	2.182	2.305	3.306	2.810	1.846	2.453	1.264	
550 (arroz) e 500 (feijão)	-	2.351	3.580	2.927	2.373	2.504	1.426	

⁽¹⁾ Neste ano as parcelas ainda não haviam sido subdivididas com relação aos tratamentos de adubação do feijoeiro.

vezes maiores do que os iniciais. Isso se deve a que, nos três primeiros cultivos de arroz e nos três de feijão, foram aplicados, na forma de sulfato de zinco e de FTE BR-12, respectivamente, 4,6 kg/ha de Zn, a cada cultivo. No último cultivo de arroz, como não foi aplicado Zn, o seu teor no solo diminuiu. O nível crítico de Zn no solo, que varia em torno de 1 ppm (Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás, 1988) foi superado em cerca de sete vezes, indicando que se poderia ter aplicado menores quantidades do elemento.

A figura 2e mostra que o teor de K trocável na camada de 0-20 cm de profundidade do solo diminuiu após cada cultivo de arroz e aumentou após cada cultivo de feijão. Como as produtividades médias dessas duas culturas não diferiram muito (Quadro 4) e como o teor de K nos grãos é maior no feijão, 0,9-2,2% (Oliveira & Thung, 1988), do que no arroz, 0,2-0,4% (Fageria, 1984), era de esperar maior extração de K pela cultura do feijoeiro. Assim, a redução do teor de K trocável no solo após o cultivo de arroz deve ter ocorrido devido à lixiviação. O arroz foi cultivado na estação chuvosa enquanto o feijoeiro, na seca, quando a lixiviação deve ter sido mínima pelo controle da irrigação. O mais baixo teor de K ocorreu após o quinto cultivo. Esse foi o ano mais chuvoso, com uma precipitação pluvial de 1.291,4 mm durante o cultivo. O mais alto teor de K no solo após cultivo de arroz ocorreu no último cultivo, quando a cultura recebeu, entre chuva e irrigação, 733,5 mm de água. Não se observou, como no caso do Ca + Mg trocáveis, aumento contínuo do teor de K trocável na camada de 20-40 cm de profundidade do solo, indicando que a lixiviação deve ter ocorrido para camadas mais profundas. Moraes (1991) verificou que a lixiviação de K foi muito intensa em um latossolo vermelho-escuro, cultivado com arroz, tendo o nutriente alcançado a profundidade de 80 cm. Souza et al. (1979) também observaram lixiviação de K em um latossolo vermelho-escuro álico, quando foram aplicadas doses elevadas do nutriente.

O teor de P extraível na camada de solo de 0-20 cm de profundidade variou com os cultivos (Figura 2f), mas ficou sempre acima do teor inicial. Na camada de 20-40 cm, a variação foi menor. Esse teor também ficou sempre acima do inicial, refletindo um movimento do P da camada superficial para essa camada, devido, provavelmente, ao preparo do solo.

As diferentes adubações aplicadas tanto no arroz como no feijoeiro não afetaram significativamente o pH, os teores de Ca + Mg e de Al trocável e Zn extraível. Com relação aos teores de K trocável e de P extraível, entretanto, houve interação significativa entre adubação do arroz ou do feijoeiro e cultura. O aumento da adubação aplicada ao arroz elevou os teores de K e P nas camadas de solo de 0-20 e 20-40 cm, tanto após o cultivo do arroz como do feijoeiro (Quadro 5), mostrando ter ela efeito residual para a última cultura. Aumento na dose de adubo aplicada ao feijoeiro, por sua vez, elevou os teores de K e P no solo apenas após o cultivo dessa leguminosa. A exceção foi o teor de K na camada de solo de 20-40 cm, após o cultivo de arroz, que foi afetado pela adubação aplicada anteriormente ao feijoeiro.

Quadro 5. Teores médios de K trocável e P extraível, nas camadas de solo de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, após os cultivos de arroz e feijão, em função das adubações aplicadas às duas culturas

Adubação	Elemento			
	K		P	
	Arroz	Feijão	Arroz	Feijão
kg/ha de 4-30-16	mg/dm ³			
Arroz	Camada de 0-20 cm			
250	38,2bB ⁽¹⁾	55,5bA	6,0bB	8,6bA
400	46,3aB	66,0aA	9,0aA	10,7abA
550	48,3aB	72,2aA	10,2aB	13,2aA
	Camada de 20-40 cm			
250	32,0bB	37,4cA	3,0bA	3,0cA
400	42,0aB	48,4bA	3,4bB	4,5bA
550	46,0aB	59,6aA	5,0aA	5,5aA
Feijão	Camada de 0-20 cm			
300	42,8aB	60,8bA	7,6aA	9,0bA
500	45,7aB	68,4aA	8,4aB	13,2aA
	Camada de 20-40 cm			
300	37,7bB	45,4bA	4,0aA	3,4bA
500	42,3aB	51,5aA	3,6aB	5,2aA

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Letras minúsculas para comparação na vertical e maiúsculas para comparação na horizontal.

Com base no teor inicial de K na camada de 0-20 cm, a dose de K₂O recomendada, segundo a Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás (1988), é de 35 kg/ha, para a cultura do arroz, e 40 kg/ha para a do feijoeiro, o que pode ser fornecido, respectivamente, por cerca de 220 e 250 kg/ha da fórmula 4-30-16. Mesmo aplicando continuamente doses maiores do que essas, teores de K no solo semelhantes ao inicial (74 mg/dm³) só ocorreram após o cultivo do feijoeiro e quando foi aplicada a maior dose de adubo no arroz ou no feijoeiro. O mais baixo teor de K no solo após o cultivo do arroz, em comparação ao observado após o do feijoeiro, provavelmente se deva à maior lixiviação, como discutido. Essas observações sugerem que a adubação potássica deveria ser aplicada parceladamente.

Considerando o teor inicial de P na camada de solo de 0-20 cm, a dose recomendada de P₂O₅ é de 75 kg/ha, para a cultura do arroz, e 90 kg/ha, para a do feijoeiro, segundo a Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás (1988). Essas quantidades podem ser fornecidas por 250 e 300 kg/ha da fórmula 4-30-16 respectivamente. Essa recomendação está adequada, pois adubações com doses mais elevadas aumentaram o teor de P no solo em relação ao inicial (5,3 mg/dm³).

CONCLUSÕES

1. Após sete cultivos sucessivos de arroz e feijão, houve redução na porosidade total, na condutividade hidráulica saturada e na água disponível entre -0,01 e -0,1 MPa, e aumento na densidade do solo e na retenção de água a um dado potencial matricial, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade do solo.

2. As aplicações continuadas de Zn elevaram bastante seu teor no solo, indicando que poderiam ter sido aplicadas menores quantidades desse elemento.

3. A adubação, tanto do arroz como do feijoeiro, aumentou o teor de P extraível e de K trocável do solo. O de P sempre se manteve acima do inicial, enquanto o de K se manteve em níveis semelhantes ao inicial apenas após o cultivo do feijoeiro e quando foram aplicadas as maiores doses de adubo nesta cultura e na de arroz que a antecedeu. Durante os cultivos de arroz, na estação chuvosa, o teor de K na camada superficial ficou sempre abaixo do inicial, independentemente da dose de adubo aplicada, possivelmente devido à lixiviação.

LITERATURA CITADA

- BELTRAME, L.F.S.; GONDIM, L.A.P. & TAYLOR, J.C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 5(3):145-149, 1981.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás. 5ª Aproximação. Goiânia, UFG/EMGOPA, 1988. 101p. (Convênio Informativo Técnico, 1)
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. 282p.
- FAGERIA, N.K. Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz. Rio de Janeiro, Campus/EMBRAPA, 1984. 341p.
- HÅKANSSON, I.; VOORHEES, W.B. & RILEY, H. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and response in different traffic regimes. Soil Til. Res., Amsterdam, 11(3/4):239-282, 1988.
- MACHADO, J.A.; SOUZA, D.M. de & BRUM, A.C.R. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 5(3):187-189, 1981.
- MANTOVANI, E.C. Compactação do solo. Inf. Agropec., Belo Horizonte, 13(147):52-55, 1987.
- MORAES, J.F.V. Movimento de nutrientes em Latossolo Vermelho-Escuro. Pesq. agropec. bras., Brasília, 26(1):85-97, 1991.
- OLIVEIRA, I.P. de & THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M. & YAMADA, T., eds. Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.175-212.
- PATELLA, J.F. Influência de quinze anos de adubação NPK sobre o rendimento do trigo e algumas propriedades químicas do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 4(1):31-35, 1980.
- SANCHEZ, P.A. Suelos del trópico: características y manejo. San José, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1981. 633p.
- SANTOS, H.P. dos & REIS, E.M. Rotação de culturas. X. Efeitos de culturas de inverno e de soja na evolução dos níveis de nutrientes e de matéria orgânica do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 13(3):295-302, 1989.
- SANTOS, H.P. dos & ROMAN, E.S. Rotação de culturas. XIV. Efeito de culturas de inverno e de verão na disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica no solo, no período agrícola de 1980 a 1986. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 13(3):303-310, 1989.
- SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. & CAMARGO, D.A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 10(2):91-95, 1986.
- SOUZA, D.M.G. de; RITCHEY, K.D.; LOBATO, E. & GOEDERT, W.J. Potássio em solo de cerrado. II. Balanço no solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 3(1):33-36, 1979.