

VIRGÍLIO ANASTÁCIO DA SILVA

EFEITOS DE MÉTODOS DE PREPARO DO SOLO E NÍVEIS DE FERTILIZANTE
NPK SOBRE O FEIJÃO DA "SECA" (*Phaseolus vulgaris* L.) EM SEQUÊNCIA
À CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, Área de Concentração Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador
Prof. Messias José Bastos de Andrade

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1994

FICHA CATALOGRÁFICA PREPARADA PELA SEÇÃO DE CATALOGAÇÃO E
CLASSIFICAÇÃO DA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFLA

Silva, Virgílio Anastácio da
Efeitos de métodos de preparo do solo e níveis
de fertilizante NPK sobre o feijão da "seca"
(*Phaseolus vulgaris* L.) em seqüência à cultura do
milho (*Zea mays* L.) / Virgílio Anastácio da Silva.
-- Lavras : UFLA, 1995.
66 p. : il.

Orientador: Messias José Bastos de Andrade.
Dissertação (Mestrado) - ESAL.
Bibliografia.

1. Solo - Preparo. 2. Feijão - Plantio direto.
3. Adubação NPK. 4. NPK. 5. Rotação de cultura.
6. Fertilizante. 7. Propriedade físico-química.
8. Física. 9. Química. 10. Cobertura morta. I.
Unidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD.631.4
631.51

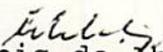
VIRGÍLIO ANASTÁCIO DA SILVA



EFEITOS DE MÉTODOS DE PREPARO DO SOLO E NÍVEIS DE FERTILIZANTE
NPK SOBRE O FEIJÃO DA "SECA" (*Phaseolus vulgaris* L.) EM SEQUÊNCIA
À CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, Área de Concentração Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 29/09/94


Prof. Enivanis de Abreu Vilela


Prof. Nilson Salvador


Prof. Messias José B. de Andrade
(Orientador)

VIRGILIO ANASTACIO DA SILVA



TRATADO DE METEOROLOGIA E PREPARO DO SOLO N NIVEIS DE PERTINENTE
EM SOBRER O TITULO DA "SECA" (Passeio de viciaria L.) EM SECUNDA
A CURSUA DO MILHO (Reserve L.)

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura de Lavras,
como parte das exigências do curso
de Mestrado em Agronomia, para obter
Concentração Especializada, para obter
o título de "Mestre".

APROVADA em 20/05/84

Prof. Wilson Salvador

Prof. Edivaldo de Almeida Vianna

Prof. Engenheiro B. de Andrade
(Orientador)

Aos meus pais,

Geraldo Anastácio da Silva e

Maria Aparecida Ferreira da Silva

DEDICO

A minha esposa Solange Aparecida Silva e
a meus filhos Vinícius Alexandre da
Silva e Felipe Augusto da Silva

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, pela oportunidade oferecida para a realização do curso.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

Ao professor Messias José Bastos de Andrade, pela valiosa orientação e amizade.

Aos professores co-orientadores Nilson Salvador e Magno Antônio Pato Ramalho pela colaboração e amizade.

Ao mestrando Joel Carlos Pereira pela colaboração na classificação pedológica dos solos.

À mestranda Denise Garcia de Santana pelo auxílio na realização das análises estatísticas.

À JUMIL pelo empréstimo de implementos através da AANEL - Lavras.

Aos produtores rurais José Nelson Fagundes e Maria Pereira Carvalho Pádua pela colaboração em ceder áreas para os ensaios.

À secretária Nelzy Aparecida da Silva pela amizade e dedicação.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
SUMMARY	xii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Métodos de preparo x propriedades físicas do solo	05
2.2 Métodos de preparo x propriedades químicas do solo	16
2.3 Métodos de preparo x propriedades biológicas do solo ..	20
2.4 Métodos de preparo x controle de invasoras	21
2.5 Métodos de preparo x crescimento radicular	22
2.6 Métodos de preparo x resposta a adubação	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Localização e caracterização das áreas experimentais...	27
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	29
3.3 Equipamentos utilizados	31
3.4 Parcelas, subparcelas e outros detalhes	32
3.5 Características avaliadas	35
3.6 Procedimentos estatísticos	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Experimento de Perdões - MG	37
4.2 Experimento de Lavras - MG	46
5 CONCLUSÕES	56
6 REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS	58

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
01	Resultados da análise química e física de amostras iniciais dos solos utilizados nas duas localidades. ESAL, Lavras-MG, 1993	29
02	Resumo da análise de variância dos dados relativos ao feijoeiro no experimento de Perdões-MG, 1993	38
03	Médias do estande final (nº de plantas/5 m ²) da cv. Carioca-MG, em função de métodos de preparo do solo e níveis de adubação. Perdões-MG, 1993	39
04	Rendimento de grãos (kg/ha) da cv. Carioca-MG, em função de métodos de preparo do solo e níveis de adubação. Perdões-MG, 1993	40

Tabela		Página
05	Resumo da análise de variância dos dados relativos à densidade aparente do solo do ensaio de Perdões - MG, 1993	44
06	Médias de densidade aparente do solo, na camada de 0-10 cm de profundidade, após a colheita do feijão, em função de métodos de preparo do solo. Perdões - MG, 1993	45
07	Resumo da análise de variância dos dados relativos ao feijoeiro no experimento de Lavras-MG, 1993	47
08	Médias do estande final (nº de plantas/5m ²) da cultivar Carioca-MG, em função de métodos de preparo do solo e níveis de adubação. Lavras-MG, 1993	47
09	Rendimento de grãos (kg/ha) da cv. Carioca, em função de métodos de preparo do solo e níveis de adubação. Lavras - MG, 1993	50
10	Resumo da análise de variância dos dados relativos à densidade aparente do solo do ensaio de Lavras - MG, 1993	52

Tabela

Página

11	Médias de densidade aparente do solo, na camada de 0-10 cm de profundidade, após a colheita do feijão, em função de métodos de preparo do solo. Lavras - MG, 1993	55
----	---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
01	Croqui de campo utilizado no ensaio de Lavras-MG, 1993	33
02	Rendimento médio de grãos (kg/ha) da cv. Carioca-MG, em função de níveis de adubação NPK. Perdões - MG, 1993	43
03	Estande final médio (nº de plantas/5 m ²) da cv. Carioca, em função de níveis de adubação NPK. Lavras - MG, 1993	49
04	Rendimento médio de grãos (kg/ha) da cv. Carioca, em função de níveis de adubação NPK. Lavras - MG, 1993	53

RESUMO

SILVA, Virgílio Anastácio da. Efeitos de métodos de preparo do solo e níveis de fertilizante NPK sobre a cultura do feijão da "seca" (*Phaseolus vulgaris* L.) em sequência à cultura do milho (*Zea mays* L.). Lavras: ESAL, 1994. 66p. (Dissertação-Mestrado em Fitotecnia).*

Com o objetivo de avaliar o comportamento de diferentes métodos de preparo do solo e doses de fertilizante NPK para o feijão da seca na região Sul de Minas Gerais, foi conduzido um estudo pioneiro em propriedades particulares nos municípios de Perdões e Lavras. Em Perdões, onde a área havia sido anteriormente utilizada para produção de silagem de milho, empregou-se a cultivar Carioca-MG e a cultura não foi irrigada. Em Lavras o plantio anterior foi milho para grãos e a cultivar utilizada foi Carioca, conduzindo-se o ensaio sob pivô-central. O delineamento experimental em ambas as localidades foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com duas repetições. Os tratamentos aplicados às parcelas foram: 1 - Semeadura Direta, 2 - Escarificador, 3 - Arado de Aiveca, 4 - Aração Invertida, 5 - Preparo Convencional e 6 - Grade. Nas subparcelas foram estudadas quatro doses de fertilizante formulado 4-14-8: 300, 400, 500

* Orientador: Messias José Bastos de Andrade; Membros da Banca: Enivanis de Abreu Vilela, Nilson Salvador

e 600 kg/ha. Cada subparcela foi constituída por três linhas de 50 m de comprimento, com espaçamento de 0,50 m, perfazendo 75 m² de área total. A densidade de sementeira foi de 15 a 18 sementes por metro em Perdões e de 12 a 14 sementes por metro em Lavras. Nos tratamentos sementeira direta e escarificação aplicou-se previamente o herbicida paraquat na dosagem de 1,6 l do produto comercial Gramoxone por hectare, utilizando-se 260 l de calda por hectare. Avaliou-se o estande final, a produtividade do feijão e após a colheita a densidade aparente do solo. Na localidade de Perdões, em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média fase floresta, os métodos de preparo não afetaram a densidade aparente do solo avaliada após a colheita do feijão. Em Lavras, num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa fase Cerrado, a sementeira direta elevou a densidade média em relação aos demais métodos empregados, sendo que o arado de aiveca e a aração invertida proporcionaram as menores densidades observadas. Em Perdões, o efeito dos métodos de preparo sobre o estande final do feijão variou em função do nível de adubação empregado, mas em geral a sementeira direta e o escarificador proporcionaram melhores estandes. No ensaio de Lavras, os métodos de preparo não afetaram a população de plantas que foi, no entanto, modificada pelos níveis de adubação. Nesta localidade o efeito das doses de fertilizante foi quadrático, determinando menor estande na presença de 600 kg de adubo por hectare. O rendimento de grãos em Perdões também foi significativamente influenciado pelos métodos de preparo, havendo maior produtividade quando foi realizada a sementeira direta,

provavelmente em função da maior preservação de umidade sob a palhada, o que teria estimulado o crescimento radicular; o preparo com grade resultou em menor produtividade. Em Lavras, os diferentes métodos de manejo não alteraram a produtividade, provavelmente devido à não restrição de água. Nas duas localidades, entretanto, o rendimento de grãos aumentou linearmente com o aumento da dose de fertilizante formulado NPK no intervalo de 300 a 600 kg/ha.

SUMMARY

EFFECTS OF TILLAGE METHODS OF THE SOIL AND RATES OF NPK FERTILIZER UPON DRY-SEASON BEAN CULTURE (*Phaseolus vulgaris* L.) FOLLOWING CORN CULTURE (*Zea mays* L.).

With a view to evaluate the behavior of different tillage methods of the soil and rates of NPK fertilizer for dry-season beans in the south of Minas Gerais, a pioneering study was conducted in private holdings in the cities of both Lavras and Perdões. At Perdões, where the area had been previously utilized for corn silage production, the Carioca-MG cultivar was employed and the bean was not irrigated. At Lavras, the previous crop was that of grain corn and the cultivar utilized was the Carioca, the trial being carried out under central pivot. The experimental design in both localities was that of randomized blocks in a split plot scheme with two replications. The treatments applied to the plots were: 1) direct sowing, 2) scarifier, 3) mould-board plough, 4) reverse plowing, (5) conventional tillage and 6) harrow. In the sub plots, four rates of fertilizers formulated as 4-14-8:300, 400, 500 and 600 kg/ha. Each sub plot was built up with three rows 500 m in length, with spacing of 0.50m, amounting 75 m² of overall area. The sowing stand was from 15 to 18 seeds per meter at Perdões and from 12 to

14 seeds per meter at Lavras. In both treatments non-tillage sowing and scarifier, the herbicide Paraquat was previously employed at the rate of 1,6 l. of the commercial product Gramoxone per hectare, utilizing 260 l of slurry per hectare. Soil apparent density following the bean harvest, as well as final stand and yield of the bean plants were evaluated. In the locality of Perdões, on a dystrophic red-yellow latosol with a medium texture, forest phase, the tillage methods did not affect the soil apparent density assessed after the bean harvest. At Lavras, on a textured dystrophic red-yellow, cerrado phase, no tillage sowing raised the average stand in regard to the other methods employed, being that the mould-board plough and plowing afforded the least densities observed. At Perdões, the effects of the tillage methods on the final stand of the bean ranged in terms of the level of fertilization employed, but in general, both direct sowing and scarifier provided an improved stand. In Lavras trial, the tillage methods did not affect the plant population which was, nevertheless, modified by the fertilization levels. In this locality, the effect of the rates of fertilizer was quadratic, establishing smaller stand in the presence of 600 kg of fertilization per hectare. Grain yield at Perdões was also significantly influenced by tillage methods, there being greatest yield when direct sowing was made, probably in terms of the increased water preservation under the straw remains, what would have stimulated root growth, the harrowing resulted in the lowest yield reached. At Lavras, the different management methods did not alter yield, probably because the trial was irrigated. In

both places, however, grain yield increased linearly with growing rates of NPK-formulated fertilizer in the range from 300 to 600 kg/ha.

1 INTRODUÇÃO

No Sul de Minas Gerais, além do café e do leite, as culturas anuais, principalmente o milho e o feijão, são as principais explorações agropecuárias. Frequentemente, o milho é utilizado para silagem, embora em muitas propriedades seja parcial ou totalmente destinado à produção de grãos.

Atualmente o alto custo de produção, aliado à baixa remuneração da atividade agropecuária, tem levado os produtores a estabelecerem sistemas de produção mais intensivos, como a rotação milho - feijão, existente no Sul de Minas em duas modalidades: milho silagem - feijão da seca ou milho grão - feijão de inverno, este último restrito a propriedades que dispõem de irrigação.

O preparo periódico usual do solo, chamado de convencional (aração + gradagens feves), se caracteriza pelo excessivo número de operações, o que têm trazido sérias consequências para o solo, tanto do ponto de vista da compactação de camadas sub-superficiais, quanto de erosão, principalmente quando a declividade do terreno é acentuada. Em outras regiões, para algumas culturas, esses problemas vem sendo gradativamente removidos com o emprego dos chamados métodos não-convencionais de preparo periódico do solo, denominação mais

abrangente utilizada para sistemas conhecidos por plantio direto, plantio na palha, cultivo mínimo, preparo reduzido e preparo conservacionista, os quais apresentam vantagens do ponto de vista econômico e da conservação do solo.

Estudos sobre o emprego de métodos não-convencionais de preparo do solo, na sequência milho - feijão na região, viriam de encontro a uma grande demanda de informações por parte dos produtores sul-mineiros, mesmo aqueles supostamente mais informados e que tentam, sem sucesso, repetir nas condições regionais, experiências relativamente bem sucedidas com outras culturas no sul do país.

O objetivo do presente trabalho foi o de comparar diferentes métodos de manejo do solo e níveis de fertilizante NPK na cultura do feijão da "seca", em sequência à cultura do milho, em dois municípios da região.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Apesar do crescente avanço tecnológico e da crescente utilização de insumos modernos, tem-se verificado que, de maneira geral, a produtividade agrícola brasileira não tem evoluído proporcionalmente, indicando que o modelo agrícola empregado é ineficiente não só pela existência de componentes inadequados no manejo do solo e da cultura, mas também pela desconsideração das condições climáticas envolvidas (Favarin e Fancelli, 1989).

O sistema de preparo do solo mais utilizado é o convencional, que consiste na combinação de operações com arado e grade, com a suposta finalidade de se obter condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura. O que se observa, entretanto, é um excessivo número de operações, porque nem sempre as condições de umidade, de infestação de plantas daninhas e compactação do solo, permitem um preparo razoável com apenas uma aração e duas gradagens. Além do mais, o caráter intensivo imposto à atividade agrícola pela moderna agricultura empresarial, com a exploração de duas ou mais safras por ano, aumenta ainda mais o revolvimento do solo, colocando em risco a sua fertilidade, a sua conservação e limitando, a curto prazo, a produtividade das culturas.

Na região Sul, principal fronteira agrícola brasileira até a década de 70, os agricultores começaram a sofrer as consequências do emprego daquele modelo tradicional de manejo do solo, que se manifestaram principalmente pela acentuada erosão e pela redução da produtividade das lavouras. Começou aí o interesse por métodos alternativos de manejo do solo, conhecidos por métodos não-convencionais (Kluthcouski, Bouzinac e Seguy, 1988) e, mais recentemente, sistemas conservacionistas (Silva, Bahia e Barroso, 1992). Com algumas pequenas diferenças no grau de revolvimento do solo, estes métodos incluem os chamados cultivo mínimo, preparo reduzido e o plantio direto, entre outros (Kluthcouski, Bouzinac e Seguy, 1988).

Dentre esses métodos, o plantio direto tem merecido maior atenção, seja por parte dos pesquisadores, seja pelos produtores. Segundo Derpsch (1984) e Muzilli (1985), o plantio direto é um sistema de semeadura no qual a semente é colocada diretamente no solo não revolvido, usando-se máquinas especiais. Neste tipo de plantio abre-se um pequeno sulco no solo, de profundidade e largura suficientes para garantir uma boa cobertura e o contato da semente com o solo, que desta forma tem apenas 25 a 30% da superfície preparada. Antes da semeadura, aplica-se um herbicida, preferencialmente de contato, sobre as invasoras da área (Chagas, 1988).

De uma forma ou de outra, o preparo do solo é, invariavelmente, um fator de grande importância no comportamento da física, da química e da biologia do solo, os quais determinam as intensidades de fertilidade, erosão, infiltração e

armazenamento de água, além do desenvolvimento e proliferação de invasoras, bem como do crescimento radicular das plantas. Deste modo, deve-se atentar para a escolha do método apropriado de preparo do solo, o qual vai depender, basicamente, do grau de compactação, do volume dos restos culturais e de invasoras e da fertilidade do perfil comumente explorado pelas raízes (Kluthcouski, Bouzinac e Seguy, 1988).

2.1 Métodos de preparo x propriedades físicas do solo

Um dos objetivos do preparo do solo é criar uma estrutura adequada, com tamanho e número de poros apropriados à germinação das sementes e à emergência e crescimento das culturas (Negi, Raghavan e McKyes, 1990).

Segundo Vieira (1984), o excesso de operações do preparo convencional pode causar a desagregação da superfície do solo, o que também foi determinado por outros autores como Carpenedo e Mielniczuk (1990), ao estudarem o preparo convencional e o plantio direto na sucessão trigo-soja e o preparo reduzido com a rotação trigo, soja, tremoço, milho e aveia. Sidiras e Roth (1984), trabalhando em um Latossolo Roxo distrófico, cultivado com trigo, chegaram à conclusão de que a desagregação superficial no plantio direto foi de apenas 2,4% a 6,3%, em relação àquela verificada no plantio convencional.

Correa (1985), comparando os métodos convencional, enxada rotativa e plantio direto, observou que os dois primeiros afetaram negativamente a estabilidade de agregados na

profundidade de 0 a 10 cm. Eltz, Peixoto e Jaster (1989), embora não tenham encontrado alterações significativas com o emprego contínuo do preparo convencional, verificaram que a continuidade dos ciclos de plantio direto aumentou a estabilidade de agregados na camada superficial de 0 a 5 cm, com uma produção de grãos 22% superior (média de 6,5 anos) na rotação soja-trigo-soja-cevada.

Por outro lado, Centurion e Demattê (1985), avaliando os efeitos de sistemas de preparo sobre as propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso álico, cultivado com soja, constataram que o sistema de semeadura direta propiciou ao solo maior homogeneidade estrutural, resultando em maior disponibilidade de água para a planta, em relação aos demais sistemas (convencional, reduzido e superpreparo).

Sidiras, Henklain e Derpsch (1982), trabalhando com diferentes sistemas de plantio, concluíram que solos submetidos ao plantio direto tem uma superior percentagem de agregados de maior tamanho em relação aos demais sistemas de preparo do solo, sendo esta diferença tanto mais elevada quanto mais intenso é o revolvimento do solo. Além do mais, Alvarenga et al. (1986) verificaram um efeito direto da permanência da palhada na superfície do solo, a qual favoreceu o aumento do diâmetro de agregados.

De acordo com Schultz (1987), esta desagregação ou quebra das partículas do solo como consequência do cultivo excessivo, faz com que os pequenos fragmentos entupam os poros, impedindo a infiltração de água. O autor comenta ainda que no plantio direto aquela quebra física é reduzida, mantendo a

estrutura do solo, pois o impacto da chuva no solo é absorvido pela cobertura morta. Este fato já havia sido constatado por Sidiras, Henklain e Derpsch (1982), ao correlacionarem positivamente a taxa de infiltração de água em um Latossolo Roxo Distrófico com a intensidade de proteção da superfície por resíduos vegetais, medida através da qualidade e quantidade do material. Sidiras e Roth (1984) acrescentaram que culturas com alta produção de palha pouco grosseira, originam uma cobertura morta mais densa e espessa, protegendo melhor o solo da erosão, favorecendo a infiltração.

Outra consequência da desagregação é a compactação do solo, principalmente se os trabalhos de preparo são realizados sob condições de excesso de umidade. Com o aumento da compactação, decresce a condutividade hidráulica. Entretanto, dentro de uma mesma densidade do solo, o que reduz a condutividade hidráulica é a eliminação dos condutos de formação natural, mostrando que pode ser vantajosa a manutenção da estrutura do solo (Beltrame, Gondim e Taylor, 1981), principalmente devido ao observado na camada superficial do solo (Machado e Brum, 1978). Por outro lado, diversos autores (Castro Filho, Mondardo e Biscaia, 1980; Vieira e Muzilli, 1984; Correa, 1985) têm chamado a atenção para a necessidade do uso racional do plantio direto, já que à primeira vista evita a erosão, por manter a estrutura do solo, mas que com o decorrer dos anos facilita esta mesma erosão devido à compactação superficial, a qual dificulta a infiltração de água, favorecendo o seu escoamento. Para Sidiras, Henklain e Derpsch (1982), o fato do

solo não ser removido periodicamente provoca o adensamento da camada subsuperficial, o que se traduz por aumento da densidade global e redução da porosidade total, devido à diminuição do volume de macroporos.

Corroborando com estas últimas afirmações, Vieira e Muzilli (1984) observaram que o plantio direto proporcionou redução na macroporosidade e porosidade total na camada de 0 a 10 cm de um Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa, quando comparado ao plantio convencional. Correa (1985), comparando os métodos convencional, enxada rotativa e plantio direto, em um Latossolo Amarelo muito argiloso, verificou que o plantio direto foi o tratamento que mais afetou a camada superficial, reduzindo a macroporosidade total. Por outro lado, Fernandes et al. (1983), ao compararem preparo convencional, plantio direto e escarificação, em dois tipos de solo, concluíram que nas camadas profundidades de 0-10 e 10-20 cm os solos submetidos ao plantio direto e plantio convencional, apresentaram menor porosidade total e menor percentagem de poros com diâmetro superior a 0,05 mm. Também Carpenedo e Mielniczuk (1990), estudando o preparo convencional e o plantio direto na sucessão trigo e soja, observaram que ambos os tratamentos apresentaram-se compactados, com predomínio de microporos.

A alternância do plantio direto com outros métodos de preparo do solo pode não alterar a porosidade do mesmo, conforme foi mostrado por Eltz, Peixoto e Jaster (1989), quando avaliaram os efeitos de cinco sequências de preparo do solo na rotação soja-trigo-cevada, durante seis anos e meio. Os resultados

indicaram que, nas condições do trabalho, não ocorreram mudanças significativas nas propriedades físicas analisadas.

De acordo com Almeida e Rodrigues (1985), a cobertura morta presente no plantio direto funciona como uma camada isolante entre atmosfera e solo, criando um ambiente diferente do existente em terra nua. Assim, ocorre uma alteração nas radiações solares que atingem a superfície do solo, além das mesmas terem as suas intensidades reduzidas. Os raios solares da faixa vermelha e ultravermelha, responsáveis pelo aquecimento do solo, são impedidos pela cobertura morta, tornando a temperatura sob a mesma mais amena. Diminuindo a temperatura, reduz a evaporação. De fato, os sistemas de manejo do solo parecem exercer grande influência sobre a temperatura do mesmo. Conclusões neste sentido foram obtidas por Sidiras e Pavan (1986), comparando o plantio direto (PD) com o preparo convencional (PC) e cobertura permanente (CP) do solo. Esses sistemas causaram alterações pronunciadas nas temperaturas registradas entre 3 e 6 cm de profundidade, de acordo com a ordem $PC > PD > CP$. As menores temperaturas do solo no PD e CP foram devidas aos resíduos vegetais na superfície, que atuaram como isolante térmico. Os sistemas CP e PD proporcionaram ainda menores variações na temperatura do solo em relação ao PC.

Para mostrar a importância que a cobertura morta apresenta sobre a diminuição das altas temperaturas e da perda de água do solo para cultivos de soja em sucessão ao trigo, Morote, Vidor e Mendes (1990) avaliaram o efeito da cobertura morta (0,0 3,3 e 6,6 t de palha de trigo por hectare) e da irrigação em um

solo aluvial distrófico. Concluíram que as médias semanais das temperaturas tomadas às 9:00 horas a 5 cm de profundidade, não apresentaram diferenças expressivas em função dos tratamentos, enquanto as médias das 15 horas mostraram diminuição de até 8oC pela manutenção da resteva de trigo na superfície do solo, em comparação com o solo descoberto. Temperaturas máximas de 38oC foram observadas às 15 horas no solo descoberto, ao passo que, no tratamento com 6,6 t/ha de palha, elas estiveram em torno de 30oC. Valores semelhantes foram obtidos por Bragagnolo e Mielniczuk (1990) utilizando-se palha de trigo (0,0; 2,5; 5,0 e 7,5 t/ha) onde observaram a evolução diária da temperatura do solo a 5 cm de profundidade e a umidade volumétrica do solo nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade. Pela aplicação de 7,5 t/ha de palha, reduziu-se a temperatura máxima do solo em 8,5oC. Neste tratamento verificou-se, também, um acréscimo de 10 unidades percentuais de água em relação ao solo descoberto.

Observações menos expressivas foram obtidas por Vieira et al. (1991), que procuraram estabelecer correlações entre o índice de cobertura morta por resteva de soja e a umidade e temperatura da camada superficial do solo, numa área sob plantio direto por cinco anos consecutivos. Chegaram à conclusão que o efeito da umidade no controle da temperatura do solo no inverno foi insignificante, e encontraram apenas leve correlação entre temperatura e percentagem de cobertura.

Estudando o teor de água em variados métodos de manejo do solo, Sidiras, Derpsch e Mondardo (1983), conduziram um experimento em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol), avaliando os

efeitos do plantio direto, escarificação e preparo convencional da soja. À capacidade de campo (0,33 bar), o solo cultivado com soja em plantio direto apresentou, na camada de 0-20 cm, uma diferença positiva de 4 a 5% no teor de água em relação ao preparo convencional. Os rendimentos da cultura da soja (média de três anos) foram 2593, 2149 e 1948 kg/ha, respectivamente para plantio direto, escarificação e preparo convencional.

Segundo Mondardo e Biscaia (1977), a influência da cultura na proteção do terreno depende da intensidade de cobertura que ela proporciona, uma vez que as perdas do solo se verificam, essencialmente, no período inicial de crescimento. De acordo com Rufino e Henklain (1978), os cereais tem alta densidade populacional, desenvolvimento relativamente rápido e, depois de mortos ou colhidos, deixam no solo resteva abundante, densa e de decomposição lenta. Já as culturas de feijão, soja, colza, girassol e outras, produzem baixa quantidade de resíduos, com alta percentagem de folhas que decompõem-se rapidamente, constituindo cobertura morta desuniforme e pouco densa.

Estudando a importância da quantidade de palha na intensidade da erosão, Vieira e Mondardo (1980) determinaram as perdas de solo ocorridas em terrenos de plantio direto com 5,3 e 3,5 t de resteva de trigo por hectare e sem palha. Concluíram que existe uma correlação linear entre o aumento da quantidade de palha e o decréscimo das perdas de solo, que segundo Castro Filho, Mondardo e Biscaia (1980), podem chegar a 70%.

A maioria dos trabalhos indica um efeito positivo da cobertura do solo no controle da erosão. Eltz, Cogo e Mielniczuk

(1977), sob condições de chuva natural, em um solo Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico franco arenoso, com declividade de 12% compararam a sucessão de culturas de trigo - (cultivo convencional) e soja - (cultivo mínimo), com solo descoberto e trigo e soja em cultivo convencional. Verificaram que as perdas por erosão no solo descoberto foram de 53 t/ha/ano. O aumento gradual da cobertura do solo pelas culturas de trigo e soja proporcionou redução da erosão em relação ao solo descoberto. A soja mostrou-se mais eficiente na proteção do solo, e o cultivo mínimo foi muito eficaz no controle da erosão. Eltz et al. (1984), trabalhando nas mesmas condições, estudaram diversos tipos de sucessão em comparação com o solo descoberto sob preparo convencional e com pastagem nativa. As perdas totais de solo acumuladas nos cinco anos do ensaio. situaram-se entre 1,19 t/ha (pastagem nativa) e 1149,75 t/ha (solo descoberto sob preparo convencional). Na sucessão trigo-soja, (preparo convencional) do solo apresentou perdas totais de 129,83 t/ha, tendo ocorrido uma redução de 55% no preparo mínimo e 65% no plantio direto, enquanto na rotação entre pastagem de trevo (quatro anos) e trigo-soja (preparo convencional), essa redução foi de 73%. Na sucessão trigo-milho, o plantio direto reduziu em 86% as perdas totais de solo em relação ao preparo convencional. A perda de água por escoamento superficial, em relação a precipitação total, foi 19,7% no tratamento com solo descoberto, no tratamento trigo-soja em cultivo convencional e 2,3% no tratamento de trevo seguido por trigo-soja em preparo convencional. A cobertura do solo com restos culturais e com pastagens, bem como uma

mobilização mínima do solo assim como a rotação entre culturas anuais e pastagens, foi muito eficiente no controle da erosão do solo.

A erosão, além de carregar o solo, provoca queda na produtividade. Nunes Filho et al. (1987) estudaram as perdas por erosão e a produção de milho num Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico, em função de diferentes tratamentos. Resultados de oito anos mostraram que as maiores perdas médias anuais de solo e água (1,992 t/ha e 76,84 mm) ocorreram no solo submetido a duas arações e uma gradagem. As menores perdas ocorreram com plantio direto, representando reduções de 94% nas perdas de solo e 42% nas de água; o uso do arado contribuiu para aumentar as perdas de solo e de água em 4,0 e 1,4 vezes, respectivamente, em relação à erosão verificada com uma única gradagem. A maior produtividade de milho foi obtida no solo preparado com duas arações e uma gradagem e a menor, no plantio direto. O tratamento com uma gradagem propiciou um decréscimo de rendimento de 12%, em comparação com o preparo de duas arações e uma gradagem.

Lópes, Cogo e Levien (1987) estudaram a eficácia relativa do tipo e da quantidade de resíduos culturais na porcentagem de cobertura do solo e na redução da erosão hídrica, sob condições de chuva simulada, num solo franco-arenoso com declividade média de 7,5%. Os tratamentos principais consistiram em resíduos culturais de milho, trigo e soja (0; 0,5; 1; 2; 4; 6; 8 e 10 t/ha), fornecendo de 0 a 100% de cobertura do solo. Para uma mesma quantidade de massa de resíduo cultural, as restegas culturais de trigo e milho propiciaram cobertura e redução de

perdas semelhantes, porém, superiores aos da soja. De qualquer forma, os três tipos de resteva foram bastante eficazes no controle da erosão. Valores de cobertura do solo ao redor de 20% foram suficientes para reduzir a erosão entre 40 e 60%, em comparação ao solo descoberto.

Levien, Cogo e Rockenback (1990), nas mesmas condições, avaliaram a campo três métodos de preparo do solo (convencional, escarificação e sem preparo), e três sistemas de cultivo anterior milheto + feijão miúdo/aveia + trevo, milho/trigo e solo descoberto em relação à erosão hídrica durante o ciclo da cultura do milho. O preparo convencional apresentou maior perda de solo, seguido pela escarificação e sem preparo em qualquer tipo de cultivo anterior. Estes dois últimos apresentaram perdas de solo relativamente baixas, enquanto a perda de água foi menor na escarificação e mais elevada nos demais preparos. No preparo convencional, a cultura do milho, por si só, reduziu as perdas de solo e água em 57,5 e 14,0%, respectivamente, em relação ao solo descoberto avaliadas no preparo convencional. Ainda no convencional, a erosão na cultura do milho sem cultivo anterior (pousio descoberto) foi maior do que nos tratamentos com a presença dos cultivos. Verificou-se também que o período crítico da cultura do milho em relação à erosão hídrica ocorreu no primeiro mês após a semeadura.

Benatti Jr., Bertoni e Moreira (1977), trabalhando em dois solos com a cultura do milho em 3 anos sucessivos, compararam o plantio convencional com plantio direto, em relação aos seus efeitos no controle das perdas de água e solo por

erosão. No solo Latossolo Roxo, com declividade de 6,3%, as perdas de água foram idênticas nos dois sistemas, mas o plantio direto reduziu as perdas de solo em 20%. No Podzolizado Lins e Marília var. Marília, com declividade de 10,8%, o plantio direto reduziu, em média, as perdas de água em 33% e as perdas de solo em 63%.

Confirmando a superioridade do plantio direto no que diz respeito a perda de solo e água, Benatti Jr., Moreira e França (1984), ao avaliarem os efeitos de três sistemas de manejo do solo (convencional, preparo reduzido e plantio direto), verificaram que embora a produção do milho não tenha diferido estatisticamente nos três sistemas empregados, o plantio direto reduziu em 59% as perdas de terra e em 34% as de água, quando comparado ao sistema convencional numa declividade de 6,3%. No Latossolo Roxo, o plantio direto apresentou, quase sempre, maior disponibilidade de umidade ao nível das raízes do milho. Essa característica se mostrou mais evidente nos períodos com menor pluviosidade.

Dedecek, Resck e Freitas Jr. (1986), estudando perda de solo e água em Latossolo Vermelho-escuro álico, textura argilosa, fase cerradão, com declive de 5,5%, avaliaram os seguintes tratamentos: a) solo descoberto, b) milho com preparo convencional do solo, c) arroz com preparo convencional, d) soja com preparo convencional, e) soja com preparo convencional e eliminação dos restos culturais, f) soja em plantio direto e g) vegetação permanente. O solo descoberto apresentou, em média, uma perda anual de 52,6 t/ha de solo e 293,4 mm de água, com uma

infiltração de 76,4% da precipitação total. As culturas anuais testadas permitiram uma redução de 44% nas perdas de solo e de 40% nas de água, em relação ao solo descoberto. A manutenção de uma pastagem perene permitiu reduções ainda maiores, de 99,7% nas perdas de solo e 94,5% nas de água, comparadas ao solo descoberto.

2.2 Métodos de preparo x propriedades químicas do solo

O manejo do solo e das culturas, além de interferir nas características físicas, também influencia, de inúmeras maneiras, as características químicas do solo.

De acordo com Vieira e Mondardo (1980), quanto maior for o escoamento superficial de água, maiores serão as perdas de nutrientes nela contidos. Determinando a quantidade de nutrientes neste tipo de perda, estes autores verificaram que no plantio direto ela foi quase nula, entretanto, aumentou com a intensidade do preparo do solo.

Trabalhando com a cultura da soja, em um Podzólico Vermelho-amarelo câmbico distrófico fase terraço, Carvalho (1984) verificou que em parcelas de plantio direto ocorreram maiores teores de matéria orgânica na profundidade de 0-4 cm, em relação aos sistemas de preparo que envolveram arados de disco ou aiveca. Agboola (1981), estudando a cultura de milho sob plantio direto e convencional, e Merten e Mielniczuk (1991), trabalhando com manejo do solo em aveia preta, trigo, milho e soja, também verificaram maior teor de matéria orgânica no sistema de plantio

direto onde, segundo Wunsche (1983), o teor de matéria orgânica normalmente é 5% maior na camada superficial. Por outro lado, comparando diferentes tipos de preparo, Almeida e Rodrigues (1985) concluíram que a quantidade de matéria orgânica introduzida no solo foi a mesma, bem como a quantidade final de húmus formado. Como, porém, o preparo do solo promove o arejamento do terreno, o processo de decomposição dos resíduos orgânicos é mais rápido que no plantio direto, fazendo com que os microorganismos ataquem a fração menos estável do húmus (ácido fúlvico) como fonte de nutrientes, e o teor de húmus baixa. O húmus tem capacidade de retenção de água de até 300 vezes o seu volume e de absorção da umidade atmosférica de até 80 vezes. Portanto, quanto maior for o seu teor no solo, melhor é a conservação da umidade, e as plantas resistem à seca por períodos longos. Por essa mesma propriedade, tem capacidade de absorver as moléculas dos herbicidas e pesticidas, diminuindo a toxidez para as plantas.

No que diz respeito ao nitrogênio, Muzilli (1981) verificou que a sua disponibilidade, pelo menos durante parte do ciclo das culturas, foi menor no plantio direto do que no convencional. Este fato parece estar relacionado com a maior disponibilidade de umidade e conseqüente movimento descendente da água, provocando maior lixiviação de nitrogênio. Ademais, a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo retarda a decomposição e, conseqüentemente, a mineralização, ocasionando a liberação mais lenta desse elemento no solo. Para compensar esta deficiência, Derpsch, Sidiras e Heinzmann (1984) sugerem que se

faça rotação de culturas com soja, tremoço ou outras que enriqueçam o solo com nitrogênio, o que proporcionaria aumento na produtividade. Com este objetivo a soja também foi sugerida por Muzilli (1983) para evitar sintomas de deficiência de nitrogênio em milho e trigo no plantio direto.

Estudando métodos de cultivos em anos alternados, Shear e Moschler (1969) reportaram que o teor de fósforo disponível nos 20 cm superiores do solo sob plantio direto foi 74% superior aos valores obtidos em plantio convencional. Observações semelhantes foram feitas por Triplett Jr. e Doren Jr. (1969), que trabalhando com a cultura do milho, verificaram que a maior parte do fósforo aplicado em plantio direto permaneceu na camada superficial de 0-2,5 cm de profundidade. Já Moschler, Jones e Shear (1969), observaram maiores concentrações de fósforo na camada de 0-5 cm.

De acordo com Muzilli (1983), o sistema de plantio direto proporciona maior teor de potássio trocável na profundidade de 0-10 cm, quando comparado com o sistema de plantio convencional. Observações semelhantes foram feitas por Bezerra (1978) que, estudando o efeito de sistemas de preparo de solo sobre o comportamento de nutrientes no perfil de um Podzólico Vermelho-amarelo, observou que no plantio direto ocorreram maiores valores de fósforo disponível e potássio trocável na profundidade de 0-5 cm. Quando utilizou o arado de aiveca e grade, os valores de potássio, cálcio e magnésio trocável foram maiores na profundidade de 15-20 cm.

Trabalhando em Latossolo Roxo do Estado do Paraná, Guedes, Wiles e Veddato (1979) concluíram que, em plantio direto,

os maiores valores para cálcio e magnésio ocorreram nas camadas de 0-10 e 0-5 cm, respectivamente. Com utilização de arado de aiveca e grade, Bezerra (1978) afirma que os valores de cálcio e magnésio trocável foram maiores na profundidade de 15-20 cm.

Quanto ao pH, maiores valores foram observados no plantio direto (primeiros 5 cm), em relação aos sistemas de preparo mínimo e convencional (Bezerra, 1978). Esta observação já havia sido feita por Moschler, Jones e Shear (1969).

Por outro lado, ao estudar a distribuição de alguns nutrientes no solo em função do sistema de preparo, Muzilli (1983) verificou que embora tenha havido aumento no teor de matéria orgânica com o decorrer do tempo, foram similares os efeitos proporcionados por plantio direto e convencional. Potássio, cálcio e magnésio mostraram tendência de diminuição gradativa de sua disponibilidade à medida que se aprofundou na camada arável, sendo também similares os efeitos no plantio direto e convencional. O plantio direto não produziu efeito de acidificação na camada arável do solo.

Importantes conclusões sobre a distribuição de nutrientes foram também obtidas por Centurion, Demattê e Fernandes (1985), quando estudaram os efeitos de quatro sistemas de preparo do solo (convencional, reduzido, superpreparo e semeadura direta) sobre as propriedades químicas de um LVE cultivado com soja. Nos sistemas reduzido e semeadura direta, houve uma maior concentração de nutrientes na camada de 0-10 cm. Nos sistemas de superpreparo e convencional, a distribuição de nutrientes foi mais uniforme na camada arável (0-20 cm). Esta

mesma distribuição de nutrientes foi objeto de estudos de Sidiras e Pavan (1985) num Latossolo Roxo distrófico e em Terra Roxa Estruturada, tendo a análise dos resultados sugerido que as práticas de manejo que visam a cobertura e proteção do solo com resíduos de plantas condicionaram acentuada recuperação da fertilidade e, conseqüentemente, ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas cultivadas.

Eltz, Peixoto e Jaster (1989), por sua vez, avaliando os efeitos de cinco sistemas de preparo do solo sobre algumas propriedades químicas de um Latossolo Bruno álico, concluíram que o preparo convencional continuado não alterou significativamente as propriedades químicas analisadas, enquanto o uso continuado do plantio direto aumentou a disponibilidade de nutrientes nos 2 cm superficiais do solo, refletindo um aumento de 22% na produção de grãos, em relação ao preparo convencional contínuo. Resultados semelhantes foram também obtidos por Merten e Mielniczuk (1991), em experimento de manejo de solo nas culturas de aveia-preta, trigo, milho e soja, já que no plantio direto encontraram maiores concentrações de fósforo, potássio, cálcio e matéria orgânica na profundidade de 0-5 cm, e de alumínio, na profundidade de 5-10 cm.

2.3 Métodos de preparo x propriedades biológicas do solo

As modificações químicas e físicas proporcionadas pelos diferentes métodos de manejo refletem-se sobre a vida microbiana do solo. A incorporação ou não de resíduos, tais como a

intensidade do preparo do solo têm inúmeros efeitos sobre a população de microorganismos, assim como na temperatura, umidade, pH, nutrientes, aeração e matéria orgânica, entre outros.

De maneira geral, a não incorporação diminui o contato da palhada com os microorganismos do solo, resultando menor velocidade de decomposição. Por outro lado, como os resíduos ficam na superfície do solo, as substâncias mineralizadoras são liberadas na camada superior do solo, favorecendo o aumento da população de microorganismos no local, onde são mais desejáveis do ponto de vista de liberação de nutrientes (região de maior concentração de raízes pelo sistema convencional de preparo).

2.4 Métodos de preparo x controle de invasoras

No preparo convencional a aração destrói as invasoras já instaladas no terreno (Almeida, Rodrigues e Oliveira, 1982). O preparo periódico, porém, coloca as sementes das plantas daninhas próximas à superfície do solo, gerando uma proliferação imediata após as primeiras chuvas, o que implicará na utilização de herbicidas ou no aumento do número de capinas (Seguy et al., 1984).

No plantio direto, a concentração das plantas daninhas diminui de maneira logarítmica com a profundidade no perfil do solo (Buhler e Daniel, 1988). Geralmente, quanto mais densa for a cobertura morta, melhor será o controle das ervas daninhas, tanto pelo impedimento da quebra de dormência quanto pela ação alelopática.

Segundo Chancellor (1980, 1982), as sementes contém a proteína fitocromo, a qual governa o processo de quebra de dormência. Na presença de raios vermelhos, converte-se em formas que ativam a germinação e, na sua ausência, reverte à composição original, impedindo a germinação. Isto é o que ocorre com sementes sob palhada ou sombra. A cobertura morta do plantio direto comporta-se também como camada isolante, reduzindo as amplitudes térmicas. Desta forma, as sementes de invasoras que exigem uma ou outra dessas condições, não germinam.

Entretanto, segundo Almeida e Rodrigues (1985), no plantio direto os efeitos alelopáticos das substâncias liberadas por lixiviação dos resíduos vegetais assumem maior importância. Agronomicamente esses efeitos tanto podem ser benéficos (afetando a germinação e desenvolvimento das ervas) como prejudiciais (danificando a planta cultivada). Browmik e Doll (1982), em condições de campo, verificaram que estes efeitos alelopáticos também podem ocorrer entre culturas, já que a palha do feijão afetou a produção de sorgo e do próprio feijão. Neste sentido, Guenzi, McCalla e Norstadt (1967) já haviam relatado a presença de substâncias alelopáticas em restos culturais de trigo, aveia, milho e sorgo, prejudicando o desenvolvimento de plântulas de trigo.

2.5 Métodos de preparo x crescimento radicular

Como já foi mencionado, uma das principais consequências do preparo convencional continuado é a compactação subsuper-

ficial. Por outro lado, a compactação superficial ocorre quando não há o revolvimento do solo, como no plantio direto. Em ambos os casos, portanto, ocorre redução ou impedimento do desenvolvimento das raízes (Day e Holmgren, 1952; Castilho et al., 1982).

De acordo com Ospina (1981), a amplitude do sistema radicular do feijão varia consideravelmente com outras características que, por sua vez, também são influenciados pelo manejo do solo tais como estrutura, porosidade, aeração, capacidade de retenção de umidade, temperatura e conteúdo de nutrientes, entre outras.

Embora em condições muito favoráveis as raízes do feijoeiro possam alcançar mais de um metro de comprimento (Ospina, 1981), a maioria dos estudos sobre o sistema radicular do feijoeiro mostra que a maior percentagem das raízes está localizada próxima à superfície do solo (mais de 95% das raízes até à profundidade de 20 cm), com profundidade máxima de 90 cm (Inforzato e Miyasaka, 1963). Com irrigação, a distribuição se modifica, com 62% nos primeiros 10 cm e o restante até 70 cm de profundidade (Inforzato, Guimarães e Borgonovi, 1964).

Seguy, Bouzinac e Kluthcouski (1985), testando vários métodos de preparo do solo, verificaram que a descompactação nos primeiros 30 cm, aumentou em 20% o enraizamento do arroz de sequeiro, na camada de 10 a 60 cm. O preparo superficial contínuo limitou 85% das raízes nos primeiros 10 cm, enquanto no solo descompactado apenas 51% estavam situados até aquela profundidade. No preparo profundo, ocorreu maior desenvolvimento e melhor distribuição abaixo dos 10 cm de profundidade.

A distribuição do sistema radicular de aveia-preta, trigo, milho e soja, em função de plantio direto e convencional, foi estudada por Merten e Mielniczuk (1991). Embora não tenham encontrado diferenças significativas para as demais culturas, verificaram que o milho apresentou maior massa radicular na profundidade de 0-10 cm no preparo convencional.

O crescimento radicular do trigo (*Triticum aestivum* L.) foi estudado por Rosolem et al. (1992), em função de diferentes métodos de preparo do solo (arado, grade pesada, escarificador e semeadura direta). A semeadura direta e grade pesada levaram a maior concentração de raízes na camada superficial, ao passo que a aração e escarificação proporcionaram melhor distribuição do sistema radicular.

Dados sobre o enraizamento do feijoeiro em função do método de preparo não são ainda disponíveis. Presume-se, contudo, que por possuir raiz pivotante, seu comportamento será melhorado com a descompactação ou aração mais profunda (Kluthcouski, Bouzinac e Seguy, 1988), à semelhança do que ocorreu com o arroz de sequeiro, já que o solo preparado com aração profunda apresentou densidade aparente igual à densidade natural de um solo sob vegetação de floresta.

2.6 Métodos de preparo x resposta à adubação

Os teores de matéria orgânica do solo, como já discutido, podem ser afetados pelo sistema de preparo, principalmente após vários anos de cultivo. No plantio direto por

muitos anos, a mineralização é mais lenta em relação ao plantio convencional, propiciando maior acúmulo de matéria orgânica (Cannel e Finney, 1973; Blevins, Murdock e Thomas, 1978; Baver e Black, 1981; Sidiras e Pavan 1985), que resulta em maior CTC do solo (Sidiras e Pavan, 1985).

No sistema de plantio direto, a eficiência da adubação nitrogenada pode ser menor em relação ao convencional, devido às maiores perdas no primeiro sistema. Este fato, como já mencionado, parece estar relacionado ao maior movimento descendente de água no solo, que por sua vez acarreta lixiviação mais intensa do nitrato no plantio direto (Muzilli, 1983; Sidiras e Pavan, 1985; Moschler e Martens, 1975). Por outro lado, a maior taxa de mineralização da matéria orgânica no plantio convencional favorece à maior disponibilidade de nitrogênio (Moschler e Martens, 1975).

Com relação ao fósforo, o plantio direto parece tornar disponível maior teor do nutriente na camada superficial, já que no plantio convencional a movimentação promove maior contato do fertilizante fosfatado com as partículas de solo, aumentando a fixação do fósforo (Muzilli, 1983). Ademais, a maior umidade sob a palhada aumenta a taxa de difusão do fósforo até as raízes (Moschler et al., 1972).

Ao que tudo indica, o efeito do sistema de preparo sobre os teores de potássio trocável pode variar em função do tipo de solo. Num Latossolo Roxo, o teor de potássio trocável acumulado na camada de 0-5 cm foi maior no plantio direto, enquanto num Latossolo Vermelho-Escuro, os teores encontrados não

diferiram entre si (Muzilli, 1981). É sabido que na grande maioria dos restos vegetais, principalmente palha de milho, é elevado o teor de potássio. É provável que a não significância entre os diversos tipos de manejo seja devida, também, aos elevados teores de potássio na maioria dos solos brasileiros.

Condições insuficientes de drenagem, de disponibilidade de água e de aeração, podem ser responsáveis pela resposta inadequada das plantas à aplicação de fertilizantes minerais (Watson Jr., Musser e Jeffries, 1951 e McKee e Langillhe, 1967). Pode-se especular, portanto, que diferentes métodos de preparo, ao afetarem diferencialmente aquelas características do solo, poderão também afetar as respostas das culturas ao emprego da adubação e, conseqüentemente, as suas produtividades.

Na realidade, qualquer fator relacionado com maior ou menor crescimento radicular interferirá, por razões óbvias, no melhor aproveitamento dos fertilizantes empregados. Como a maioria das características físicas do solo é influenciada pelo preparo, a relação entre o manejo do solo e resposta à adubação, parece indiscutível. Entretanto, informações desta natureza para a cultura do feijoeiro, não estão disponíveis.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e Caracterização das áreas experimentais

Foram conduzidos dois experimentos em propriedades particulares nos Municípios de Lavras e Perdões, Estado de Minas Gerais. O primeiro experimento foi implantado num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura argilosa fase cerrado, na Fazenda Xavier, de propriedade de Maria Aparecida Carvalho Pádua, a 12 km da sede do Município de Lavras, numa altitude média de 900 m, temperatura média anual de 19°C e precipitação média anual de 1400 mm, tendo por coordenadas geográficas 21°14' de latitude sul e 45°00' de longitude oeste (Castro Neto, 1981). A área havia sido cultivada anteriormente com a cultura do milho para grãos e o solo encontrava-se infestado com diversas plantas invasoras, entre as quais "mentrasto" (*Ageratum conyzoides*), "picão-preto" (*Bidens pilosa*), "botão-de-ouro" (*Galinsoga ciliata*), "guanxuma-branca" (*Sida glaziovii*), "marmelada" (*Brachiaria plantaginea*), "capim-pé-de-galinha" (*Eleusine indica*), "corda-de-viola" (*Ipomoea purpurea*), "timbete" (*Cenchrus echinatus*), "falsa-serralha" (*Emilia sonchifolia* DC), "amendoim bravo" (*Euphorbia heterophylla*) e "erva-de-Santa-Luzia" (*Euphorbia pilulifera*) (Bacchi, Leitão Filho e Aranha, 1984).

O segundo experimento foi instalado num Latossolo Vermelho-Amarelo álico textura argilosa fase floresta, na Fazenda Santa Cruz, de propriedade de José Nelson Fagundes, localizada a 7 km da sede do Município de Perdões, numa altitude média de 800 m, temperatura média anual de 19,30C e precipitação média anual de 1400 mm, tendo por coordenadas 21o05' de latitude sul e 45o05' de longitude oeste (Brasil, 1969 e FAO, 1985). A área havia sido anteriormente utilizada para produção de milho para silagem, tendo sido colhida mecanicamente. As plantas invasoras presentes por ocasião da sementeira do feijão eram representadas pelas espécies "timbete" (*Cenchrus echinatus*), "capim marmelada" (*Brachiaria plantaginea*), "guanxuma branca" (*Sida glaziovii*), "capim pé-de-galinha" (*Eleusine indica*), "mentrasto" (*Ageratum conyzoides*), "caruru" (*Amaranthus retroflexus*), "poaia-branca" (*Richardia brasiliensis*) e "picão-preto" (*Bidens pilosa*) (Bacchi, Leitão Filho e Aranha, 1984), com predominância das duas primeiras, que totalizavam mais de 90% das espécies infestantes.

Os resultados da análise de amostras dos solos utilizados são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Resultados da análise química e física de amostras iniciais dos solos utilizados nas duas localidades. ESAL, Lavras - MG, 19931.

Característica	Localidades	
	Lavras	Perdões
pH em água	5,8	5,5
P (ppm)	6,0	22,0
K (ppm)	58,0	102,0
Ca (meq/100 cc)	3,1	4,0
Mg (meq/100 cc)	0,7	1,3
Al (meq/100 cc)	0,1	0,0
H + Al (meq/100 cc)	2,6	3,1
C (%)	1,5	-
Matéria orgânica (%)	2,6	-
Areia (%)	39	57
Limo (%)	20	7
Argila (%)	41	36

1. Análises realizadas nos Laboratórios do Departamento de Ciências do Solo da ESAL.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Em ambas as localidades empregou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com duas repetições. Os tratamentos foram:

- 1 - Grade intermediária: preparo realizado apenas com duas operações com grade intermediária, sem gradagem de

nivelamento, seguido de semeadura convencional com semeadora-adubadora Jumil 2040 de três linhas.

- 2 - Arado de aiveca + grade niveladora: aração com arado de aiveca, seguida de gradagem de nivelamento antes da semeadura convencional.
- 3 - Semeadura direta: aplicação do herbicida de ação total paraquat (1,6 l pc/ha) e, 48 horas depois, semeadura direta sobre a cobertura morta resultante, com emprego da citada semeadora-adubadora, adaptada com "kit" para plantio direto do mesmo fabricante.
- 4 - Escarificador: aplicação de herbicida de ação total paraquat (1,6 l pc/ha) e, 48 horas depois, passagem de escarificador com as hastes espaçadas de 0,50 m, seguida de semeadura com "kit" para plantio direto.
- 5 - Preparo convencional: aração com arado de discos, seguida de duas (Perdões) ou três gradagens niveladoras (Lavras), antes da semeadura convencional.
- 6 - Aração invertida: pré-incorporação com grade intermediária, aração com arado de discos e gradagem de nivelamento antes da semeadura convencional.

Nas subparcelas foram estudados quatro níveis de adubação, representados por 300, 400, 500 e 600 kg de fertilizante granulado comercial 4-14-8 + Zn por hectare e obtidos com a regulagem do dispositivo aplicador da semeadora-adubadora empregada.

3.3 Equipamentos utilizados

Os equipamentos utilizados foram:

- a) Arado reversível de 3 discos, marca Santa Isabel, modelo R.328, para uso geral.
- b) Arado fixo de aivecas, marca Maschietto, modelo A-3, para solos normais e compactados.
- c) Grade intermediária de discos, marca "TATU".
- d) Grade destorroadora - niveladora, marca Massey Ferguson, modelo MF 123, montada, equipada com 22 discos de bordos lisos e recortados.
- e) Escarificador com 7 hastes rígidas, montado e sem rolo destorroador, marca Maschietto, com ponteiros reversíveis e de 50 mm de largura e ângulo de ataque de 20o.
- f) Pulverizador de barras, marca Jacto, modelo PJ600, equipado com bicos de pulverização "ALBUZ".
- g) Semeadora-adubadora para sementes graúdas, marca Jumil, modelo 2040, equipada com 3 linhas e "Kit" para plantio direto.
- h) Trator agrícola de pneus, marca Massey Ferguson, modelo 295 (4 x 2 TDA), lastrado.
- i) Trator agrícola de pneus, marca Valmet, modelo 68 (4 x 2), com peso em ordem de marcha de 3090 kgf.

3.4 Parcelas, subparcelas e outros detalhes

Cada subparcela foi constituída por três linhas de 50 m de comprimento, no espaçamento de 0,50 m, perfazendo 75 m² de área total.

As parcelas, contendo quatro subparcelas cada, tiveram, portanto, uma área total de 300 m². A área total de cada ensaio, excluindo as áreas de manobra das máquinas e implementos, foi de 3600 m² (Figura 1).

Em Lavras a cultivar empregada foi a Carioca, de grãos creme com estrias marrons, hábito de crescimento do tipo III e ciclo cultural de 90 dias (Andrade, Abreu e Ramalho, 1992). A semeadura foi realizada em 30/03/93 e a colheita em 07/07/93. O ensaio foi conduzido em sistema de irrigação complementar em área sob pivô-central. Por ocasião da semeadura, a quantidade de palhada existente nos tratamentos plantio direto e escarificador foi de 8 t/ha, representada basicamente pela palha do milho e plantas invasoras remanescentes. A estimativa da quantidade de palhada foi realizada a partir de 10 amostragens aleatórias realizadas por ocasião da semeadura com o emprego de um quadro de madeira de 50 x 50 cm. Em cada amostragem toda a cobertura vegetal era coletada, identificada e depois levada à estufa regulada para 60°C até atingir peso constante.

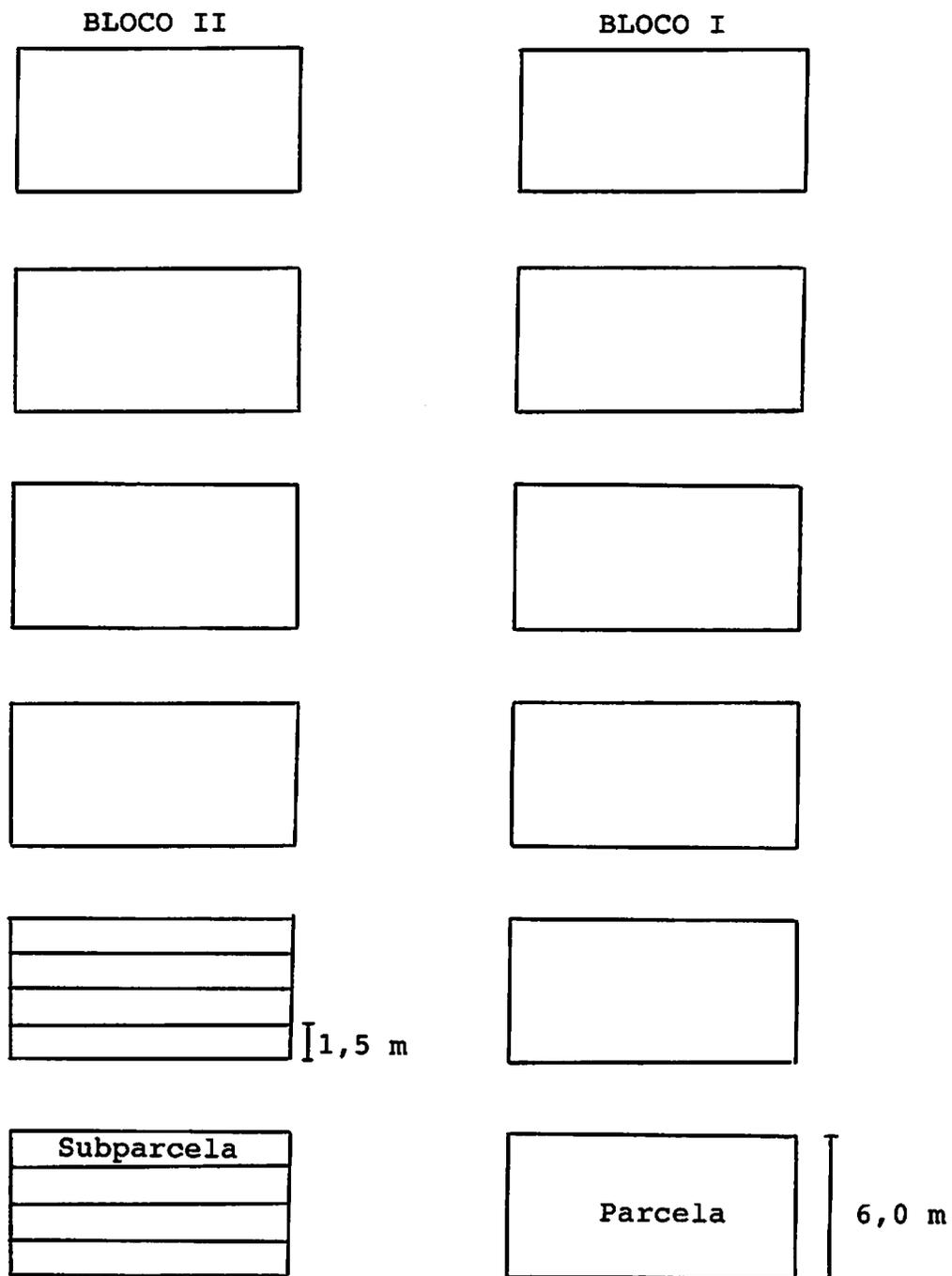


FIGURA 1. Croqui de campo utilizado no ensaio. Lavras - MG, 1993.

Em Perdões empregou-se a cultivar Carioca - MG, de grãos semelhantes aos da Carioca, hábito de crescimento do tipo II e ciclo cultural de 80-85 dias (Andrade, Abreu e Ramalho, 1992). A semeadura foi realizada em 06/03/93 e a colheita em 03/06/93. A cultura não foi irrigada. Nos tratamentos plantio direto e escarificador, a quantidade de palhada foi estimada em apenas 2 t/ha, em função da ausência da palha de milho, já que a colheita foi realizada para produção de silagem.

Em Perdões, a densidade de semeadura foi de 15-18 sementes por metro, enquanto em Lavras foi de 12-14 sementes por metro linear.

Nos tratamentos semeadura direta e escarificador foi empregado, como já mencionado, o herbicida "paraquat", na dosagem de 1,6 litros do produto comercial Gramoxone por hectare, utilizando-se 260 litros de calda por hectare. O "paraquat", é um produto derivado da amônia quaternária classificado no grupo dos "bipiridiliuns" ou herbicidas formadores de radicais livres, que duas horas após a aplicação já começa a apresentar nas plantas a sua ação fitotóxica, resultante da destruição dos cloroplastos, como resultado da oxidação dos radicais livres formados, e pela inibição da redução do NADP para NADPH₂ (ABEAS, 1983).

Aos 25 dias após a emergência dos feijoeiros, foi realizada uma adubação nitrogenada em cobertura, sendo aplicados 20 kg de N/ha nas formas de uréia e sulfato de amônio, em Perdões e Lavras, respectivamente.

O controle de invasoras na cultura do feijão foi realizado em pós-emergência com a aplicação de fomesafen +

fluazifop-butil nas dosagens de 1,0 l/ha de cada um dos produtos comerciais, Flex e Fusilade, respectivamente. A aplicação foi feita aos 20 dias após a emergência dos feijoeiros, utilizando-se 400 litros de calda herbicida por hectare.

O Fomesafen [5-(2-cloro-4-(trifluorometil)-fenoxi-N-metilsulfonil-2-nitrobenzamida)], pertence ao grupo químico difenil éter, enquanto o fluazifop-butil [propionato de 2-(4-(5-trifluorometil-2-iloxipirina) fenoxi)-n-butila) é classificado como um ariloxifenoxipropionato (Andrei, 1987). Na aplicação destes produtos foi empregado o espalhante adesivo Energic a 0,2%.

As aplicações dos herbicidas foram realizadas através de pulverizador de barra acoplado a trator, dotado de barras de 9 m de comprimento e bicos modelo albuze de 800, espaçados de 0,50 m, operando a uma pressão de trabalho de 40 libras/polegada quadrada, e a 50 cm de altura em relação à superfície do solo.

3.5 Características avaliadas

Por ocasião da colheita, na linha central de cada subparcela, foram tomadas três amostras de 10 m de comprimento (5 m² cada). Em cada amostra, foi obtido o número de plantas e o rendimento de grãos dos feijoeiros, sendo atribuídos a cada subparcela os valores médios das três amostras.

Após a colheita, nas entrelinhas de cada parcela foram retiradas ainda três amostras de solo na camada de 0-10 cm de profundidade, para a determinação da densidade aparente. O método

utilizado nesta determinação foi o da impermeabilização dos torrões com parafina, de acordo com os procedimentos adotados no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Ciências do Solo da ESAL.

3.6 Procedimentos estatísticos

Os dados relativos às características avaliadas em cada localidade foram submetidos à análise de variância. Nos casos de significância dos métodos de preparo do solo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Com relação às doses de adubação, onde houve significância na análise de variância, foi realizada a análise de regressão, a fim de ajustarem as equações que melhor representassem as relações entre as variáveis em estudo (Gomes, 1987).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento de Perdões - MG

O resumo da análise de variância dos dados de estande final e rendimento de grãos relativos a esta localidade é apresentado na Tabela 2, onde pode ser observado que, a julgar pelos valores obtidos para o coeficiente de variação, a precisão experimental conseguida foi boa, principalmente se comparada à que tem sido obtida com a cultura do feijoeiro na região (Abreu et al., 1994). Verifica-se ainda que houve efeito significativo de métodos de preparo do solo, tanto sobre o estande final ($P \leq 0,01$), como sobre o rendimento de grãos ($P \leq 0,05$). O nível de adubação, afetou significativamente ($P \leq 0,01$) o rendimento de grãos, enquanto a interação métodos de preparo x níveis de adubação foi significativa ($P \leq 0,05$) sobre o estande final (Tabela 2).

Em primeiro lugar, é necessário ressaltar a ocorrência de severo "deficit" hídrico ocorrido nesta localidade, o que, sem dúvida, não pode ser desprezado nas discussões do presente ensaio.

TABELA 2. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao feijoeiro no experimento de Perdões - MG, 1993.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios	
		Estande final	Rendimento grãos
Blocos	1	221,021	9047,521
Métodos de preparo (P)	5	1477,738**	68993,621*
Erro (a)	5	42,271	12288,121
Níveis de adubação (A)	3	243,410	21026,188**
P x A	15	397,993*	7500,788
Erro (b)	18	163,896	3889,965
CV (a) %		2,71	13,52
CV (b) %		10,69	15,22

* Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios do estande final, em função dos tratamentos empregados. A média geral do ensaio para esta característica, indica que o estande médio do ensaio foi de 12 plantas por metro, valor geralmente recomendado para a cultura do feijão.

Pode-se verificar que, em geral, a semeadura direta e o escarificador proporcionaram maiores valores de estande final de plantas, provavelmente porque em ambos os casos o solo não foi mobilizado integralmente, o que aliado à manutenção da palhada na superfície, resultou em maiores valores de água disponível para a semente que nos demais métodos. Essa vantagem, entretanto, não prevaleceu para a semeadura direta no maior nível de adubação,

TABELA 3. Médias do estande final (número de plantas/5 m²) da cv. Carioca - MG, em função de métodos de preparo do solo e níveis de adubação. Perdões - MG, 19931.

Métodos de preparo	Níveis de adubação (kg4-14-18/ha)				Média
	300	400	500	600	
Semeadura direta	155 a	150 a	152 a	118 abc	144 a
Escarificador	124 b	130 abc	103 b	141 a	125 b
Arado aiveca	97 c	110 bc	119 b	130 ab	114 bc
Aração invertida	119 bc	135 ab	110 b	114 bc	120 bc
Convencional	108 bc	123 bc	111 b	93 c	109 c
Grade	117 bc	106 c	95 b	111 bc	107 c
Média	120	126	115	117	120

1. Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

provavelmente devido à maior quantidade de fertilizante próxima à semente, o que deve ter alterado o comportamento da germinação, já que adubo e semente foram colocados na mesma linha. No caso da semeadura, após a escarificação, sobretudo quando a linha de semeadura coincide com o sulco do escarificador, como no caso presente, o fertilizante pode se espalhar pelas paredes do sulco pré-aberto e causar menores reflexos sobre a germinação, mesmo quando utilizado numa maior dosagem. Os métodos de preparo convencional e com apenas grade, situaram-se entre os de menor estande final, enquanto a aração invertida e o arado de aiveca tiveram comportamento intermediário (Tabela 3).

Observando os dados da Tabela 4 verifica-se que o rendimento médio do ensaio (820 kg/ha) foi relativamente baixo, principalmente se comparado a resultados experimentais obtidos sob irrigação com a mesma cultivar (Loureiro et al., 1992). Entretanto, considerando que o ensaio não foi irrigado, o rendimento médio pode até ser considerado, próximo aos obtidos pelos produtores locais nesta época de semeadura, quando é comum a ocorrência de "deficit" hídricos severos, como o do presente ensaio.

Com a semeadura direta foi obtida a maior produtividade de grãos (1100 kg/ha), enquanto o preparo apenas com grade propiciou o menor rendimento obtido (540 kg/ha). Os

TABELA 4. Rendimento de grãos (kg/ha) da cv. Carioca - MG, em função de métodos de preparo do solo e níveis de adubação. Perdões - MG, 1993.

Métodos de preparo	Níveis de adubação (kg 4-14-8/ha)				Médias ¹
	300	400	500	600	
Semeadura direta	1070	1260	1110	980	1100 a
Escarificador	880	840	720	1160	900 ab
Arado aiveca	700	910	790	970	840 ab
Aração invertida	610	660	900	940	770 ab
Convencional	730	750	610	920	760 ab
Grade	390	600	570	590	540 b
Média	730	840	780	930	820

¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

demais métodos de preparo tiveram comportamento intermediário (Tabela 4). Aparentemente, a performance dos tratamentos de preparo do solo em relação ao rendimento seguiu, aproximadamente, o comportamento verificado em relação ao estande final, conforme foi mostrado na Tabela 3.

Em termos numéricos os maiores rendimentos obtidos na semeadura direta podem estar relacionados a uma série de fatores. Em primeiro lugar, face ao "déficit" hídrico é preciso salientar que a presença de palhada na semeadura direta e escarificação, apesar da reduzida quantidade (cerca de 2 t/ha), pareceu ser de fundamental importância na manutenção de níveis de umidade no solo, o que era facilmente verificado pela remoção do material da sua superfície. Em função desta maior preservação da umidade, o aspecto vegetativo das plantas desses dois tratamentos contrastava com os demais em todas as etapas do ciclo da cultura.

Outro aspecto que deve ser lembrado, é que em ambos os casos (semeadura direta e escarificador) o solo não é preparado integralmente, mas ocorre a abertura de um sulco profundo pelo facão da semeadora, ou pela haste do escarificador, permitindo o desenvolvimento radicular até maiores profundidades. É sabido que uma das maiores limitações da planta do feijoeiro é a baixa capacidade de enraizamento, principalmente em condições de solo com camadas compactadas na sub-superfície (Ospina, 1981). Em solos submetidos ao preparo convencional por vários anos, como o do presente ensaio, estas camadas ocorrem com frequência.

Estas considerações talvez expliquem o comportamento inferior dos preparos convencional, arado e grade, principalmente

o deste último, cujo rendimento foi cerca de 50% do obtido na semeadura direta. As diferenças verificadas entre semeadura direta e escarificador, contudo, são mais difíceis de serem explicadas. Uma hipótese que poderia ser levantada, baseada em diferenças entre os dois métodos, seria o fato de na escarificação haver uma menor área coberta pela palhada já que o escarificador, ao realizar a abertura do sulco através do sistema de hastes, acaba arrastando parte da palha próxima ao sulco, deixando descoberta uma área maior que a da semeadura direta. Neste último sistema o "kit" especial proporciona o corte da cobertura antes do sulcamento pela semeadora, evitando o arraste de palha. Outra é a presença de grandes torrões e trincas por onde passaram as hastes escarificadoras, o que pode ter resultado em maior desuniformidade na profundidade de semeadura, menor contato solo-semente e, conseqüentemente, em menor estande.

As doses de adubação empregadas também tiveram efeito altamente significativo sobre o rendimento de grãos (Tabela 2). Na Figura 2 pode ser observado que com o aumento das doses de fertilizante NPK houve um aumento linear na produtividade de grãos da cultivar Carioca - MG. Deve ser observado que, a julgar pelo valor do coeficiente de determinação obtido ($R^2 = 82,13\%$), não houve um ajuste perfeito do modelo aos dados, entretanto, é possível que o acentuado "déficit" hídrico, ao limitar a resposta do feijoeiro à adubação (Fontes, 1972), também tenha influenciado naquele ajuste. Inúmeros trabalhos tem mostrado resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada e fosfatada, sendo menos frequentes respostas à aplicação de fertilizante potássico

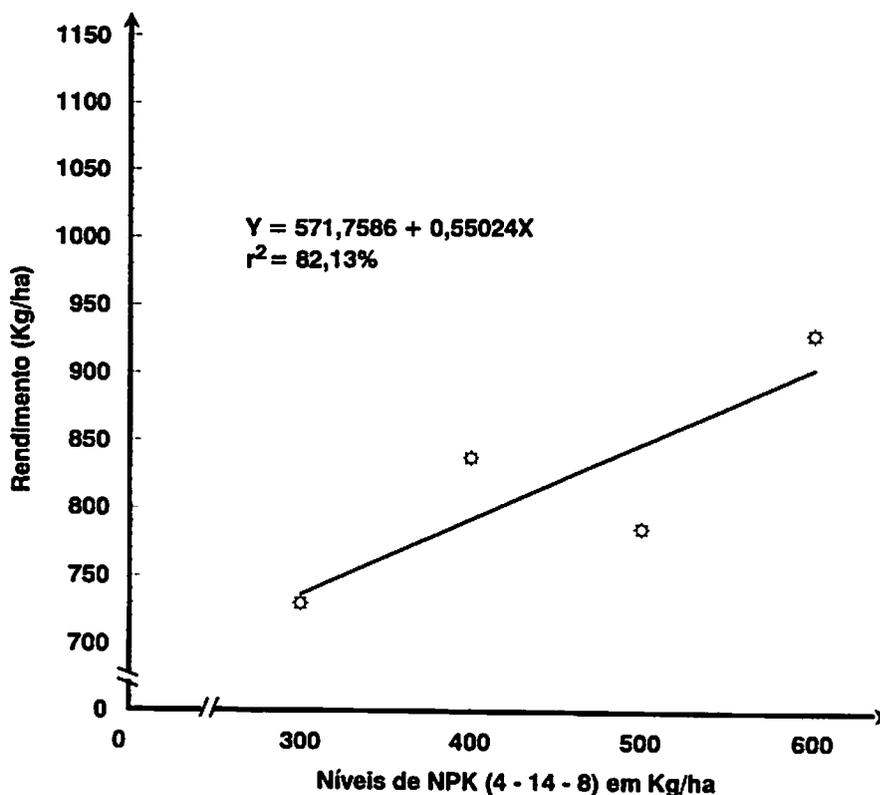


FIGURA 2. Rendimento médio de grãos (kg/ha) da cv. Carioca - MG em função de níveis de adubação NPK. Perdões - MG, 1993.

(Malavolta, 1972; Berger et al., 1982; Raij, Feitosa e Carmelo, 1982; Mafra et al., 1979; Parra e Miranda, 1980). Entretanto, vários trabalhos demonstraram também que o feijoeiro pode produzir menos na safra da seca (Vieira, 1967; Fontes, 1972; Batista, Brune e Braga, 1975; Chaib, Bulisani e Castro, 1984). Ao que tudo indica, esta menor produtividade estaria relacionada com pequena quantidade de água disponível no solo, o que resultaria menor crescimento do sistema radicular, que por sua vez restringiria a absorção e a translocação de nutrientes (Moraes, 1988). Desta forma, o aumento dos níveis de adubação nesta época

de semeadura pode não surtir os efeitos desejados, como parece ter acontecido no caso presente, onde a resposta, apesar de linear, não foi de grande magnitude.

Na Tabela 5 é apresentado um resumo da análise de variância dos dados relativos à característica densidade aparente que, conforme já foi dito, foi determinada a nível de parcela, ou seja, apenas em função dos métodos de preparo do solo. Deve ser observado que nesta localidade não houve efeito significativo dos métodos sobre esta característica, o que sem dúvida está relacionado ao fato do estudo ter envolvido apenas uma safra. Como já foi relatado na revisão de literatura, maiores efeitos podem ser observados quando a análise dos resultados envolvem observações a médio e longo prazos.

TABELA 5. Resumo da análise de variância dos dados relativos à densidade aparente do solo do ensaio de Perdões - MG, 1993.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio
Bloco	1	0,0711
Método preparo	5	0,0103
Erro	29	0,0063
CV %	5,65	

As médias de densidade aparente do solo na camada de 0-10 cm na localidade de Perdões são apresentadas na Tabela 6. Apesar da análise de variância não ter detectado diferenças significativas, pode ser observado que os métodos que não revolvem o solo (semeadura direta e escarificador) e o que faz o trabalho a uma pequena profundidade (grade) apresentaram valores de densidade acima da média geral do ensaio (1,40 g/cm³), enquanto os demais, que envolveram aração, apresentaram valores inferiores àquela média.

O valor médio de 1,40 g/cm³ para a densidade do solo pode ser considerado alto e, possivelmente, também afetou a magnitude da resposta da cultura ao aumento dos níveis de adubação.

TABELA 6. Médias de densidade aparente do solo, na camada de 0-10 cm de profundidade, após a colheita do feijão, em função de métodos de preparo do solo. Perdões - MG, 1993.

Método de preparo	Densidade aparente (g/cm ³)
Semeadura direta	1,45
Escarificador	1,42
Arado aiveca	1,38
Aração invertida	1,35
Convencional	1,37
Grade	1,44
Média	1,40

Um outro fator que pode ter tido influência na falta de resposta da densidade aparente do solo aos diferentes métodos é a textura do solo, que nesta localidade foi classificada como média. Em um solo mais pesado, os efeitos do manejo do solo poderiam ter sido mais acentuados.

4.2 Experimento de Lavras - MG

A análise de variância dos dados de estande final e rendimento de grãos relativos a esta localidade (Tabela 7), não mostrou efeitos significativos dos métodos de preparo do solo e da sua interação com os níveis de adubação empregados, mas houve significância dos níveis de adubação sobre o estande final ($P \leq 0,05$) e rendimento de grãos ($P \leq 0,01$). À semelhança do que ocorreu no experimento de Perdões, a precisão experimental pode ser considerada boa, conforme pode ser constatado pela comparação dos valores obtidos para o coeficiente de variação (Abreu et al., 1994).

Os valores médios do estande final em Lavras são apresentados na Tabela 8, onde se observa que o estande médio nesta localidade (78 plantas/5 m²) foi bem inferior ao verificado em Perdões (120 plantas/5 m²). Pelo menos parcialmente, esta diferença pode ser creditada à menor densidade de sementeira utilizada em Lavras já que a regulagem da semeadora foi a mesma utilizada na sementeira de Perdões para a cultivar Carioca - MG, que tem grãos menores em relação aos da Carioca, empregada na sementeira em Lavras. Outro fator que pode ter reduzido o estande, foi a ocorrência de "tombamento", causado por *Rhizoctonia solani*.

TABELA 7. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao feijoeiro no experimento de Lavras - MG, 1993.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios	
		Estande final	Rendimento grãos
Blocos	1	168,750	1518,750
Métodos de preparo (P)	5	279,833	3366,383
Erro (a)	5	133,350	18652,750
Níveis de adubação (A)	3	314,722*	25003,694**
P x A	15	111,689	6786,128
Erro (b)	18	70,528	4237,139
CV (a) %		2,71	13,51
CV (b) %		10,68	12,88

* Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 8. Médias do estande final (número de plantas/5 m²) da cultivar Carioca, em função de métodos de preparo do solo e níveis de adubação. Lavras - MG, 1993.

Métodos de preparo	Níveis de adubação (kg/ha)				Média
	300	400	500	600	
Semeadura direta	72	98	92	86	87
Escarificador	80	78	76	71	76
Arado aiveca	86	71	73	70	75
Aração invertida	82	71	76	59	72
Convencional	81	84	77	60	75
Grade	82	86	90	79	84
Média	80	81	80	70	78

Por outro lado, observa-se que ao contrário do que ocorreu em Perdões, não houve efeito dos métodos de preparo do solo sobre o estande. Uma das hipóteses que poderiam explicar a ausência deste efeito seria o fato do ensaio de Lavras ter sido conduzido sob irrigação complementar, o que não permitiu a ocorrência de "déficit" hídrico, que foi severo em Perdões. A boa disponibilidade de água em Lavras poderia ter então mascarado os possíveis efeitos que foram discutidos para o experimento anterior. A irrigação, por seu turno, pode ter sido responsável por proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento dos fungos *Rhizoctonia solani*, causando tombamento na etapa de emergência da cultura, e *Colletotrichum lindemuthianum* (antracnose), mais tardiamente.

O efeito das doses de fertilizante sobre o estande final pode ser melhor visualizado na Figura 3, que ilustra a relação quadrática entre as duas variáveis. Verifica-se que o estande final se manteve estável na faixa de 300 a 400 kg por hectare, reduzindo-se drasticamente na presença de 600 kg do fertilizante. Embora não tenham sido mensurados, a altura de plantas e o desenvolvimento vegetativo da cv. Carioca aumentaram visualmente com o aumento das doses de fertilizante, o que parece ser comum em plantas com hábito de crescimento do tipo III. Este maior crescimento vegetativo inicial na presença da maior dose do fertilizante poderia ter sido responsável pelo incremento das condições favoráveis ao desenvolvimento dos fungos *Rhizoctonia solani*, ocasionando maior tombamento naquele tratamento, e *Colletotrichum lindemuthianum* resultando em menor estande.

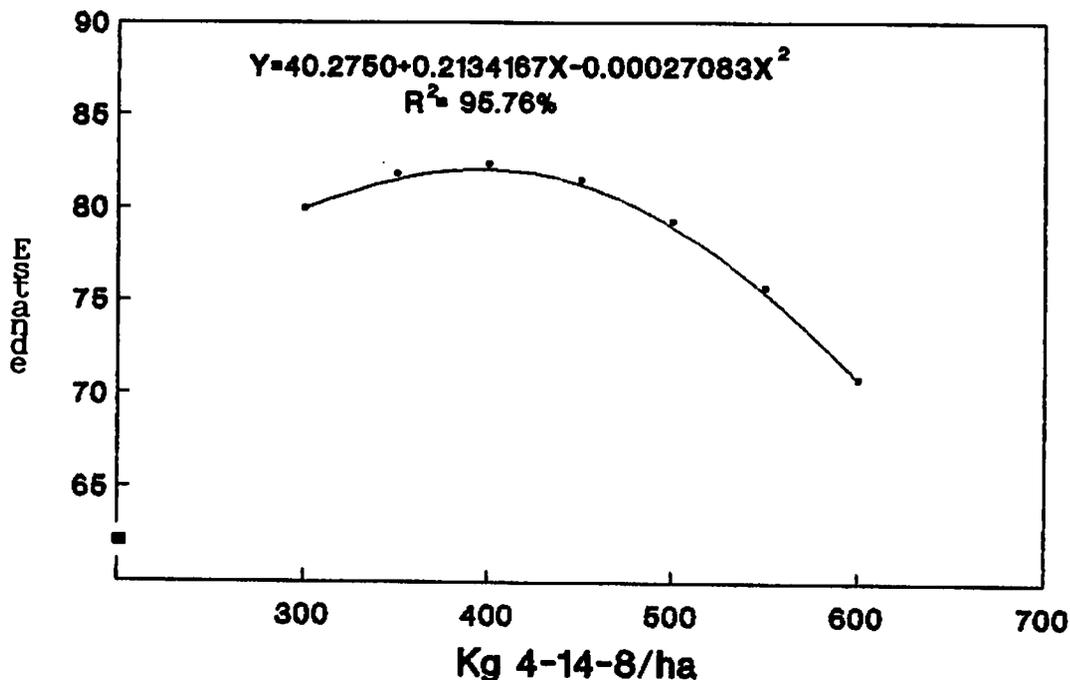


FIGURA 3. Estande final médio (nº de plantas/5 m²) da cv. Carioca, em função de níveis de adubação NPK. Lavras - MG, 1993.

A despeito do menor estande verificado, o rendimento médio de grãos em Lavras (Tabela 9) foi superior ao obtido em Perdões (Tabela 4). Como nas duas localidades foram empregadas cultivares distintas, a primeira impressão poderia levar à conclusão de que a maior produtividade de Lavras foi devida ao uso da cv. Carioca. Entretanto, outros aspectos também devem ser levados em consideração, como a presença de irrigação nesta última localidade. Além do mais, alguns trabalhos têm demonstrado que a cv. Carioca - MG, utilizada em Perdões, pode suplantiar o

TABELA 9. Rendimento de grãos (kg/ha) da cv. Carioca em função de métodos de preparo do solo e níveis de adubação. Lavras - MG, 1993.

Métodos de preparo	Níveis de adubação (kg 4-14-8/ha)				Médias
	300	400	500	600	
Semeadura direta	720	1040	1110	1360	1060
Escarificador	1100	810	930	990	960
Arado aiveca	880	1060	940	1060	980
Aração invertida	710	890	980	1010	900
Convencional	890	860	1050	1160	990
Grade	980	960	1030	1090	1010
Média	880	940	1000	1110	980

rendimento da Carioca, principalmente em condições de maior pressão de doenças. Desta forma, a irrigação pode ter sido o principal fator a determinar maior produtividade em Lavras, mesmo que tenha sido também responsável pelo agravamento da infecção por *Rhizoctonia solani*. Outro argumento a ser levantado, diz respeito à quantidade de palha em Lavras, que por ser maior que a de Perdões, teria também influenciado na manutenção de maiores teores de umidade. Por outro lado, a fertilidade do solo de Lavras não poderia ser utilizada para explicar o maior rendimento, como pode ser visto comparando-se o resultados das análises dos dois solos (Tabela 1).

Embora não tenha sido verificada significância da interação métodos de preparo x níveis de adubação (Tabela 7),

verifica-se pela Tabela 9 que na semeadura direta houve tendência de maior magnitude da resposta (88%) quando se compara as produtividades alcançadas com 300 e 600 kg de fertilizante/ha. No preparo convencional e com apenas grade, este acréscimo de produtividade foi de apenas 30% e 11%, respectivamente.

Como pode ser verificado nas Tabelas 7 e 9, o rendimento de grãos pouco variou em função dos métodos de preparo do solo, o que também já havia sido encontrado para o estande final (Tabelas 7 e 8). Como já discutido, é provável que a maior disponibilidade de água para os feijoeiros na localidade de Lavras, tenha diminuído os efeitos dos tratamentos, de tal forma a não serem detectados pela análise de variância.

Outro fator que certamente nivelou os efeitos dos métodos de preparo foi a recente subsolagem que recebeu o solo de Lavras, um ano antes, conforme informações fornecidas pela proprietária da área. Apesar do possível mascaramento dos tratamentos, verificou-se entretanto, que os valores de densidade do solo apresentaram-se ainda mais elevados que os de Perdões, conforme será mostrado na Tabela 10.

Deve ser mencionado ainda que o rendimento de grãos em Lavras, apesar de superior ao de Perdões, ainda foi inferior ao normalmente obtido com a tecnologia empregada. É provável que a incidência de *Rhizoctonia solani*, proporcionando menor estande inicial de plantas, bem como a de *Colletotrichum lindemuthianum*, tenham sido, pelo menos em parte, responsáveis pela baixa produtividade.

TABELA 10. Resumo da análise de variância dos dados relativos à densidade aparente do solo no ensaio de Lavras - MG, 1993.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio
Bloco	1	0,0380
Métodos de preparo	5	0,0074*
Erro	29	0,0026
CV %	3,48	

* Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Por outro lado, é importante salientar que a semeadura direta pode representar ganho mesmo em situações como esta, em que o rendimento de grãos obtido não tenha diferido do método convencional, já que a redução do número de operações vai apresentar, entre outras vantagens (menor erosão, controle de invasoras, etc), uma redução significativa no custo de produção. Sob este aspecto vale a pena registrar que os proprietários das áreas utilizadas, após acompanharem a execução dos ensaios, adquiriram o "kit" para plantio direto empregado neste estudo.

Embora as médias da Tabela 9 já demonstrem, o efeito altamente significativo dos níveis de fertilizante 4-14-8 sobre o rendimento de grãos pode ser melhor visualizado na Figura 4. À semelhança do que ocorreu em Perdões, houve uma relação linear entre as duas variáveis. Pode ser notado ainda que em Lavras (Figura 4) a resposta foi de maior magnitude e houve maior grau de ajuste ($R^2 = 97,82\%$) dos dados ao modelo linear do que em Perdões (Figura 2). De acordo com a equação selecionada, cada

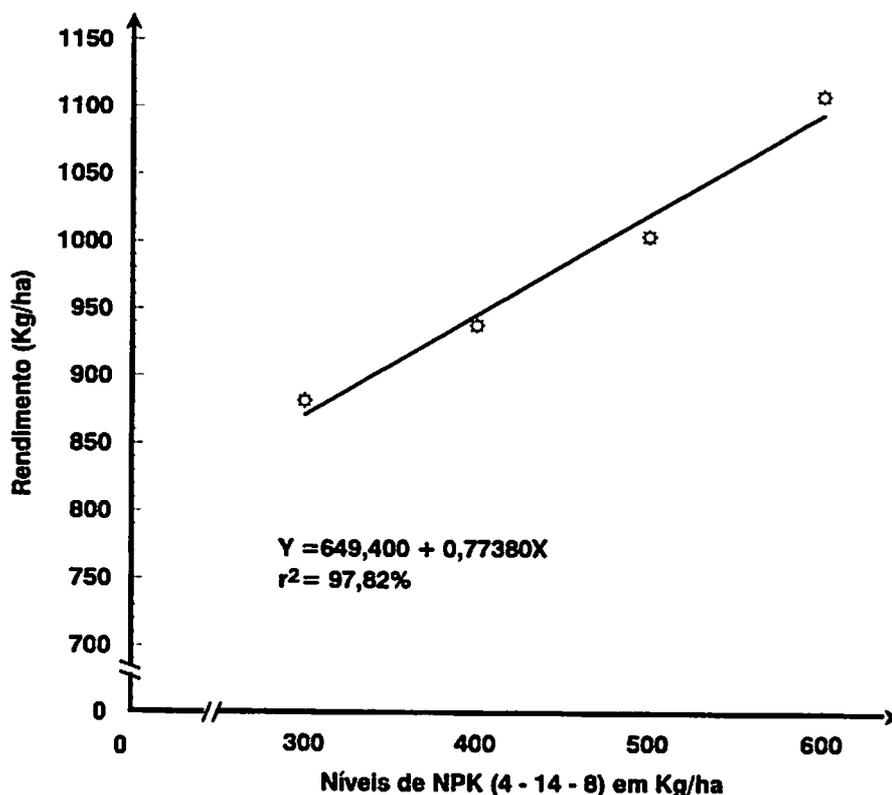


FIGURA 4. Rendimento médio de grãos (kg/ha) da cv. Carioca em função de níveis de adubação NPK. Lavras - MG, 1993.

quilograma de fertilizante 4-14-8 utilizado a mais representaria um acréscimo de 0,773 kg de grãos por ha.

Por outro lado, comparando-se as Figuras 3 e 4 pode-se observar que, embora na dosagem de 600 kg de fertilizante tenha havido redução no estande, o rendimento de grãos não seguiu esta tendência e continuou aumentando linearmente. Como já foi mencionado, a redução do estande pode ter sido influenciada pelo maior desenvolvimento do feijoeiro, o que teria resultado em melhores condições para proliferação de *Rhizoctonia solani*. Se esta hipótese estiver correta, é provável que as plantas

sobreviventes tenham não só compensado as falhas do estande, mas também respondido ao incremento da dose de fertilizante.

É preciso salientar ainda que o efeito da adubação, apesar de um pouco maior em Lavras, ainda deixou a desejar, principalmente se for considerado o emprego da irrigação, que geralmente permite a obtenção de respostas de maior magnitude.

Na Tabela 10, encontra-se o resumo da análise de variância dos dados relacionados à característica densidade aparente do solo após a colheita do feijão, na localidade de Lavras. Ao contrário do que ocorreu em Perdões, os métodos de preparo do solo influenciaram significativamente esta característica, apesar do solo ter sido submetido um ano antes, a uma subsolagem. Deve ser observado, entretanto, que o solo de Lavras apresentou 41% de argila (Tabela 1), enquanto o de Perdões apresentou-se menos argiloso (36% de argila). Em solos de textura mais pesada, geralmente são esperadas maiores diferenças entre diferentes tipos de manejo.

As menores densidades foram encontradas nos tratamentos em que o solo foi arado com aiveca ou quando a aração foi posterior à gradagem (aração invertida), o que parece ressaltar a importância da profundidade da última operação sobre a característica em estudo. O emprego do escarificador, que não revolve o solo, foi semelhante ao preparo convencional ou com apenas grade, enquanto a semeadura direta apresentou os maiores valores de densidade aparente (Tabela 11). Maiores valores para densidade na camada superficial do solo foram também encontrados

TABELA 11. Médias de densidade aparente do solo na camada de 0-10 cm de profundidade, após a colheita do feijão, em função de métodos de preparo do solo. Lavras - MG, 1993.¹

Método de preparo	Densidade aparente (g/cm ³)
Semeadura direta	1,53 a
Escarificador	1,46 ab
Arado aiveca	1,44 b
Aração invertida	1,43 b
Convencional	1,46 ab
Grade	1,47 ab
Média	1,47

¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

por diversos autores na semeadura direta (Sidiras, Henklain e Derpsch, 1982; Vieira e Muzilli, 1984 e Correa, 1985).

Deve ser lembrado que os métodos de preparo do solo, embora tenham afetado a densidade aparente, não tiveram influência sobre a produtividade. Este fato parece sugerir que as diferenças de densidade detectadas no presente trabalho, não foram suficientes para afetar o rendimento.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi conduzido o presente estudo, foram possíveis as seguintes conclusões:

- a) Os métodos de preparo somente afetaram significativamente a população de plantas e o rendimento de grãos na localidade de Perdões, onde a semeadura direta e escarificador, propiciaram, respectivamente, as melhores produtividades. Aparentemente, a presença da palhada nos dois tratamentos foi decisiva no seu melhor comportamento, permitindo maior conservação de umidade.
- b) Embora com pequena magnitude de resposta, o aumento do nível de adubação, no intervalo de 300 a 600 kg do adubo 4-14-8 por hectare, aumentou linearmente o rendimento de grãos, nos dois locais.
- c) Apesar da curta duração do ensaio, em ambas as localidades a semeadura direta proporcionou maiores valores de densidade aparente da camada superficial do solo (0 a 10 cm de profundidade).

d) Estes primeiros resultados sugerem que métodos não convencionais de preparo do solo, como a semeadura direta, são viáveis para a cultura do feijão na região. Considerando, entretanto, que o ensaio foi conduzido durante apenas um ciclo da cultura e sob condições bastante desfavoráveis (déficit hídrico acentuado em Perdões e grande pressão de doenças em Lavras), há necessidade de que outros trabalhos sejam desenvolvidos para melhorar o conhecimento a seu respeito e orientar recomendações seguras ao produtor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões do Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.1, p.105-112, jan. 1994.
- AGBOLA, A.A. The effects of different soil tillage and management practices on the physical and chemical properties of soil and maize yield in a rainforest zone of Western Nigeria. *Agronomy Journal*, Madison, V.73, p.247-251, 1981.
- ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, B.N. Guia de herbicidas. Contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional. Londrina, 1985. 468p.
- ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, B.N.; OLIVEIRA, V.F. Controle de ervas daninhas. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, Londrina, 1982. p.109-141, (Circular Técnica, 29).
- ANDRADE, M.J.B. de; ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P. Recomendações para a cultura do feijoeiro em Minas Gerais. Lavras:ESAL, 1992. 12p. (Circular, 06).
- ANDREI, E. *Compêndio de Defensivos Agrícolas*. São Paulo: Organização Andrei, 1987. 492p.
- ALVARENGA, R.C.; FERNANDES, B.; SILVA, T.C.A.; RESENDE, M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palhada do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.10, p.273-277, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR (ABEAS). *Os defensivos agrícolas, utilização, toxicologia e legislação específica Módulo 2 - herbicidas*. Brasília, 1983.
- BACCHI, O.; LEITÃO FILHO, H.F.; ARANHA, C. *Plantas invasoras de culturas*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola/UNICAMP, 1984. 3v., 906p.

- BATISTA, C.D.; BRUNE, W.; BRAGA, J.M. Efeito da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). V. Absorção de micronutrientes. *Experimentiae*, Viçosa, V.19, n.3, p.33-57, 1975.
- BAVER, A.; BLACK, A.L. Soil carbon, nitrogen and bulk density comparison in two cropland tillage system after 25 years and in Virgin Grassland. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, V.45, n.45, p.1166-1170, 1981.
- BELTRAME, L.F.S.; GONDIM, L.A.P.; TAYLOR, J.C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.5, p.145-149, 1981.
- BENATTI JR, R.; BERTONI, J.; MOREIRA, C.A. Perdas por erosão em plantio direto e convencional de milho em dois solos de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.1, p.121-123, 1977.
- BENATTI JR, R.; MOREIRA, C.A.; FRANÇA, G.V. Avaliação dos efeitos de sistemas de cultivo na produção de milho e nas propriedades edáficas em Latossolo Roxo no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V. 8. p.139-144, 1984.
- BERGER, P.; VIEIRA, C.; CHAGAS, J.M.; CARDOSO, A.A. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada e fosfatada. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., Goiânia, 1982. *Anais...* Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1982, p.178-181.
- BEZERRA, J.E.S. Influência de sistemas de manejo de solo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico vermelho-amarelo câmbico distrófico, fase terraço, e sobre a produção de milho (*Zea mays* L.). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1978. 61p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- BLEVINS, R.L.; MURDOCK, L.W.; THOMAS, G.W. Effect of lime applications on non-tillage and conventionally tilled corn. *Agronomy Journal*, Madison, V.70, n.2, p.322-327, 1978.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.14, p.369-374, 1990.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Serviço de informação Agrícola. Normas climatológicas (MG, ES, RJ). Rio de Janeiro, 1969. 99p.
- BROWMIK, P.C.; DOLL, J.D. Corn and soybean response to allelopathic effects of weed and crop residues. *Agronomy Journal*, Madison, V.74, p.601-606, 1982.

- BUHLER, D.D.; DANIEL, T.C. Influence of tillage systems of giant foxtail (*Setaria fabari*) and velvet leaf (*Abutilon theophas*) density and control in corn (*Zea mays* L.). *Weed Science*, New York, V. 36, p.642-647, 1988.
- CANNEL, R.Q.; FINNEY, J.R. Effect of direct drilling and reduced cultivation on soil conditions for root growth. *Outlook on Agriculture*, Birmingham, V.7, n.4, p.184-189, 1973.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.14, p.99-105, 1990.
- CARVALHO, E.J.M. Efeito de sistemas de manejo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-amarelo câmbico distrófico fase terraço e sobre a produção de soja. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1984. 73p (Tese-Mestrado em Fitotecnia).
- CASTILLO, S.R.; DOWDY, R.H.; BRADFORD, J.M.; LARSON, W.E. Effects of applied mechanical stress on plant growth and nutrients uptake. *Agronomy Journal*, Madison, V.74, n.3, p.526-530, 1982.
- CASTRO FILHO, C.; MONDARDO, A; BISCAIA, R.M. Perdas por erosão em trigo, soja, milho e algodão através de chuvas simuladas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, Recife, 1980. Resumos... Recife:SBCS, 1980. p.44.
- CASTRO NETO, P.; SILVEIRA, J.V. Precipitação provável para Lavras, Região Sul de Minas Gerais, baseada em função de distribuição de probabilidade gama I. períodos mensais. *Ciência e Prática*, Lavras, V.5, n.2, p.144 1981.
- CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um latossolo sob cerrado cultivado com soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V. 9, p.263-266, 1985.
- CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I.; FERNANDES, F.M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.9, p.267-270, 1985.
- CHAGAS, J.M. Plantio. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafós, 1988. p.303-316.
- CHAIB, S.L.; BULIZANI, E.A.; CASTRO, L.H.S.M. de. Crescimento e produção do feijoeiro em resposta a profundidade de aplicações de adubo fosfatado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, V.19, n.7, p.817-822, 1984.

- CHANCELLOR, R.J. Dormancy conferrence off seed and enviroment, 1979. *Proceedings...* 1980. p.86-105.
- CHANCELLOR, RJ. Dormancy in weed seeds. *Outlook in Agriculture*. V.11, n.2, p.87-93, 1982.
- CORRÊA, J.C. Características físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso (Zipie acrorthoxi) do Estado do Amazonas, sob diferentes métodos de preparo do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, V.20, n.12, p.1381-1387, 1985.
- DAY, P.R.; HOLMGREN, G.G. Microscopic changes in soil structure during compression. *Soil Science Society of America Proceedin-gs*, Madison, V.16, n.1, p.73-77, 1952.
- DEDECEK, R.A.; RESCK, D.V.S.; FREITAS JR. E de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em latossolo Vermelho-escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.10, p.265-272, 1986.
- DERPSCH, R. Histórico, requisitos, importância e outras considerações sobre plantio direto no Brasil. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *Plantio Direto no Brasil*. Campinas, 1984.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HIENZMANN. Influência da adubação verde de insumo sobre as culturas de verão em Latossolo Roxo distrófico. I. Efeito residual de coberturas verdes de inverno sobre o rendimento de culturas de verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, V.20, n.43, p.54. 1984.
- ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; SCOPEL, I.; GUERRA, M. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno-avermelhado Distrófico sob chuva natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.8, p.117-125, 1984.
- ELTZ, F.L.F.; GOGO, N.P.; MIELNICZUK, J. Perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno-avermelhado Distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.1, p.123-127, 1977.
- ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.13, p.259-267, 1989.
- FAVARIN, J.L.; FANCELLI, A.L. Adequação de sistemas de produção em relação a alguns elementos do ambiente agrícola. In: ENCONTRO PAULISTA DE PLANTIO DIRETO, 2, Assis-SP, 1989. *Anais...* Piracicaba: FEALQ/ESALQ/ USP, 1989. p.32.

- FERNANDES, B.; GALLOWAY, H.M.; BRONSON, R.D.; MANNERING, J.V. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.7, p. 329-333, 1983.
- FONTES, L.A.N. Nota sobre os efeitos da aplicação de adubo nitrogenado e fosfatado, calcário e inoculante na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, V. 19, n.103, p.211-216, 1972.
- FOOD AND AGRICULTURE OF THE UNITED NATIONS. Dados Agroclimatológicos para a América Latina y el Caribe. Roma, 1985. n.p. (Collección FAO: Producción y Protección Vegetal, 24).
- GOMES, F.P. Curso de Estatística Experimental. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1987. 467p.
- GUEDES, L.V.M.; WILES, T.L.; VEDDATO, R.A. Sistemas de manejo de solo. Ensaio de longo prazo em comparações entre plantio direto, preparo mínimo e plantio convencional. In: "SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA", 1, Londrina, 1979. Anais... Londrina, 1979. p.59-65.
- GUENZI, W.D.; MCCALLA, T.M.; NORDSTADT, F.A. Presence and persistence of phytotoxic substance in wheat, oat, corn, and sorghum residues. *Agronomy Journal*, Madison, V.59, p.163-165, 1967.
- INFORZATO, R.; GUIMARÃES, G.; BORGONOVÍ, M. Desenvolvimento do sistema radicular do arroz e do feijoeiro em duas séries de solo do Vale do Paraíba. *Bragantia*, Campinas, V.23, n.30, p.365-369, 1964.
- INFORZATO, R.; MIYASAKA, S. Sistema radicular do feijoeiro em dois tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, V.22, n.38, p.447-481, 1963.
- KLUTHCOUSKI, J.; BOUZINAC, S.; SEGUY, L. Preparo do solo. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafós, 1988. p.249-259.
- LEVIEN, R.; COGO, N.P.; ROCKENBACK, C.A. Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.14, p.73-80, 1990.
- LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e qualidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.11, p.71-75, 1987.

- LOUREIRO, J.E.; RAMALHO, M.A.P.; FILHO, I.A.P.; LIMA, J.B. Cultivares melhoradas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) avaliadas a nível de propriedades agrícolas. *Ciência e Prática*, Lavras, V.16, n.3, p.342-348, 1992.
- MACHADO, J.A.; BRUM, A.C.R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.2, n.2, p.81-84, 1978.
- McKEE, G.W.; LANGILLHE, A.R. Effect of soil pH and fertility on growth, survival and element content of Crownvetch (*Coronilla varia* L.) *Agronomy Journal*, Madison, V.59, n.6, p.533-536, 1967.
- MAFRA, R.C.; LIMA, G.R. de A.; SILVA, M.C.L. da; PEREIRA, J.J. Manejo da fertilidade dos solos em áreas produtoras de feijoeiro em Pernambuco. II. Adubação mineral (NPK) em Latossolo com cultivo 'contínuo' e 'pousio'. *Caderno Omega*, Recife, V.3, n.1/21, p.35-43, 1979.
- MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1, Campinas, 1971. *Anais...* Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1972. p.209-243.
- MERTEN, G.H.; MIELNICZUK, J. Distribuição do sistema radicular e dos nutrientes em Latossolo Roxo sob dois sistemas de preparo de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.15, p.369-374, 1991.
- MONDARDO, A.; BISCAIA, R.M. Controle da erosão no Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 1977. 69p. (Circular, IAPAR, 3).
- MORAES, J.F.V. Calagem e adubação. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafós, 1988. p.261-2.
- MOROTE, C.G.B.; VIDOR, C.; MENDES, N.G. Alterações na temperatura do solo pela cobertura morta e irrigação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V. 14, p.81-84, 1990.
- MOSCHLER, W.W.; JONES, G.D.; SHEAR, G.M. Stand and early growth of orchardgrass and clover seeded after no-tillage corn. *Agronomy Journal*, Madison, V.61, p.475-486, 1969.
- MOSCHLER, W.W.; MARTENS, D.C. Nitrogen, phosphorus, and potassium requirements in non-tillage and conventionally tilled corn. *Soil Science Society America Proceedings*, Madison, V. 39, n.5, p. 886-891, 1975.
- MOSCHLER, W.W.; SHEAR, G.M.; MARTENS, D.G.; JONES, G.D.; WILDMOUTH, R.R. Comparative yield and fertilizer efficiency of non-tillage and conventionally tilled corn. *Agronomy Journal*, Madison, V. 61, n.2, p.299-231, mar./apr. 1972.

- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.1, n.1, p.95-102, 1983.
- MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *Plantio direto no Estado do Paraná*. Londrina, 1981. p.43-57.
- MUZILLI, O. O plantio direto no Brasil. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP) *Atualização em plantio direto*. Campinas, 1985. p.3-16.
- NEGI, S.C.; RAGHAVAN, G.S.V.; MCKYES, E. The effects to compaction and minimum tillage on corn yields and soil properties. *Translations, St, Joseph*, V.23, n.3, p.744-747, 1990.
- NUNES FILHO, J.; SOUSA, A.R. de.; MAFRA, R.C.; JACQUES, F. de O. Efeito do preparo do solo sobre as perdas por erosão e produção de milho num podzólico vermelho-amarelo Eutrófico de Serra Talhada PE. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, V.11, p.183-186, 1987.
- OSPINA, O.H.F. *Morfologia de la planta de frijol comun (Phaseolus vulgaris L.)*. 2.ed. Cali CIAT, 1981. 50p. (Guia de estudio, série 04SB-09.01).
- PARRA, M.S.; MIRANDA, G.M. Uso de fertilizantes na cultura do feijoeiro. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *Uso de fertilizantes na agricultura paranaense*. Londrina, 1980. p.55-60. (Circular, 16).
- RAIJ, B. Van; FEITOSA, C.T.; CARMELO, Q.A.C. Adubação fosfatada no Estado de São Paulo. In: OLIVEIRA, A.J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W.J. (ed.). *Adubação fosfatada no Brasil*. Brasília: EMBRAPA-DID, 1982. p.103-136. (Documentos, 21).
- ROSOLEM, C.A.; FURLANI JR, E.; BICUDO, S.J.; MOURA, E.G.; BULHÕES, L.H. Preparo do solo e sistema radicular do trigo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.16, p.115-120, 1992. 1992.
- RUFINO, R.L.; HENKLAIN, J.C. *Resultados do Programa Manejo e Conservação de Solos*, Londrina, IAPAR, 1978. p.205-218. (Relatório Técnico Anual).
- SCHULTZ, L.A. *Manual do plantio direto: técnicas e perspectivas*. 2.ed. Porto Alegre: SAGRA, 1987, 124p.
- SEGUY, L.; KL; UTHCOUSKI, J.; SILVA, J.G.; BLUMENCHEIN, F.N.; DALL ACQUA, F.M. *Técnicas de preparo do solo: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação da água*. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1984. 26p. (Circular técnica, 17).

- SHEAR, G.M.; MOSCHLER, W.W. Continuous corn by the no tillage and conventional tillage methods; a six-year comparison. *Agronomy Journal*, Madison, V.61, p.524-527, 1969.
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo Distrófico (Oxisol). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.7, p.103-106, 1983.
- SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J.C.; DERPSCH, R. Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability, the soil and water conservation and the yields of soybeans and wheat on an oxisol. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOIL TILLAGE RESEARCH ORGANIZATION, 9, Osijek, 1982. *Proceedings...* Osijek, 1982. p.537-544.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.9, n.3, p.249-254, 1985.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo na temperatura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, V.10, p.181-184, 1986.
- SIDIRAS, N.; ROTH, C.H. Medições de infiltração com infiltrômetro e um simulador de chuvas em Latossolo Roxo Distrófico, Paraná sob vários tipos de cobertura de solo e sistema de preparo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 5, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SBCS, 1984. p.38.
- SILVA, M.L.N.; BAHIA, V.G.; BARROSO, D.G. Perdas de solo em sistemas de preparo convencional e plantio direto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, V.16, p.44-50, 1992.
- TRIPLETT JR, G.B.; DOREN, JR, D.M. Van. Nitrogen phosphorus, and potassium fertilizations of non-tilled maize. *Agronomy Journal*, Madison, V.61, p.637-639, 1969.
- VIEIRA, C. O feijoeiro comum; cultura doenças e melhoramento. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1967. 220p.
- VIEIRA, M.J. Cultivo mínimo comparado a outros sistemas: efeitos no solo e na planta. In: CURSO INTENSIVO SOBRE PLANTIO DIRETO 1, Ponta Grossa, 1984. Ponta Grossa, 1984.
- VIEIRA, M.J.; MONDARDO, A. Perdas por erosão em diferentes quantidades e manejos dos resíduos de colheita de trigo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DE SOLO, 3, Recife, 1980. *Resumos...* Recife: SBCS, 1980.
- VIEIRA, M.J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho escuro sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, V.19, n.7, p.873-883, 1984.

- VIEIRA, S.R.; NASCIMENTO, P.C. do.; SARVASI, F.O.C.; MOURA, E.G. de. Umidade e temperatura da camada superficial do solo em função da cobertura por resteva em plantio direto. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Campinas, V.15, p.219-224, 1991.
- WATSON JR., J.R.L MUSSER, H.B.; JEFFRIES, C.D. Soil compaction determination with a soil penetrometer as compared with the Geiger counter X-ray spectrometer. *Agronomy Journal*, Madison, V.43, p.255-258, 1951.
- WUNSCHÉ, W.A. Efeito do plantio direto na fertilidade do solo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 2, Ponta Grossa, 1983. *Anais...* Ponta Grossa, 1983. p.117-133.
- ZAFARONI, E.; BARROS, H.H. de A.; NOBREGA, J.A.M.; LACERDA, J.T. de.; SOUZA JR, V.E. de. Efeito de métodos de preparo do solo na produtividade e outras características agronômicas de milho e feijão no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo.*, Campinas, V.15, p.99-104, 1991.