

EFEITO DE PROFUNDIDADE DE ARAÇÃO INICIAL, MODOS DE ADUBAÇÃO CORRETIVA E SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO NA PRODUÇÃO DE SOJA EM SOLO DE CERRADOS⁽¹⁾

R.A. DEDECEK⁽²⁾, J. PEREIRA⁽³⁾, M. IKE⁽⁴⁾ & F. IWATA⁽⁴⁾

RESUMO

A baixa fertilidade natural dos solos e a ocorrência de veranicos são dois problemas que acarretam alto investimento inicial na exploração agrícola dos Cerrados e aumentam os riscos de produção de culturas anuais na região: um manejo adequado do solo e cultura seria sua solução ideal. Em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura argilosa fase cerrado, foram efetuados os seguintes testes a partir de 1978, no cultivo de soja na forma de parcelas subdivididas: (a) sistemas de aração inicial: aração profunda (30 cm) e aração rasa (20 cm); (b) modos de aplicação da adubação corretiva (P e K): total no primeiro ano e parcelada em cinco anos. A partir do segundo cultivo, as parcelas foram subdivididas para testar dois sistemas de preparo do solo: plantio direto e plantio convencional. Nos dois primeiros anos de cultivo, utilizou-se a cultivar de soja IAC-2. Em 1980 (3º cultivo), mediante nova subdivisão, foram testadas duas cultivares de soja a cada ano: Doko e Cristalina em 1980 e Cristalina e Numbairá no quarto e no quinto cultivo. Efetuaram-se avaliações de produção de soja e das características físicas, químicas e biológicas do solo. A incorporação da adubação corretiva e do calcário por aração profunda possibilitou um aumento na produção de soja no primeiro e terceiro ano, embora na média de cinco anos de cultivos não houvesse diferença de produção. A correção da fertilidade natural do solo no primeiro ano permitiu maiores produções no primeiro e segundo cultivo, sendo que o seu parcelamento aumentou a produção no quarto e no quinto cultivo, não havendo, em média, diferença. O plantio convencional foi sempre superior ao direto na produção de soja, de 10 a 20%. A cultivar Cristalina apresentou produção mais elevada sob plantio direto no ano de ocorrência de veranico, mas foi sempre inferior às produções das outras cultivares testadas.

Termos de Indexação: manejo, sistemas de preparo e profundidade de aração do solo; produção de soja nos Cerrados.

SUMMARY: EFFECTS OF INITIAL TILLAGE DEPTHS, P AND K FERTILIZATION AND TILLAGE SYSTEMS ON SOYBEAN YIELD IN A CERRADO SOIL

The low natural soil fertility and the occurrence of short-term droughts during the rainy season increase the initial investments and the risks in growing annual crops in the Cerrados region. An adequate management of soil and crop could be the ideal solution for these problems. Since 1978 growing soybeans, the following treatments were tested in a Red Yellow Latosol (Acrustox), as subdivided plots: a) opening plowing system – deep (30 cm) and shallow (20 cm); b) P and K fertilization – total in the first year and subdivided in five years. Beginning in the second year, two tillage systems were tested – no tillage and conventional systems. In the first two years the IAC-2 soybean cultivar was cropped. In 1980 (3rd year), two soybean cultivars were cropped: Doko and Cristalina, and in 1981 and 1982, Numbairá and Cristalina cultivars were tested. Besides soybean yields, the physical chemical and biological characteristics of the soil were evaluated. Incorporation of P and K fertilizers and lime through deep plowing allowed an increase in yield in the first and third years, with a short-term drought of forty days during the flowering period, although a five year average showed no difference between deep and shallow plowing. The five year average soybean yield obtained with P and K fertilizers applied all in the first year was not different from the one obtained with P and K requirements subdivided in five years. Conventional tillage system showed higher yields than the no-tillage system, being 10 to 20% more productive. Only the cultivar Cristalina was more productive under no-tillage system in the year of short-term drought occurrence, but in the other years it showed lower yields compared to the other cultivars tested.

Index terms: soil management, soil tillage systems; tillage depth, soybean yield in Cerrados.

⁽¹⁾ Trabalho apresentado no XX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Belém (PA), 14-21 de julho de 1985. Recebido para publicação em setembro de 1985 e aprovado em maio de 1986.

⁽²⁾ Pesquisador da EMBRAPA-SNLCS-FRENTE REGIONAL SUL, Caixa Postal 177 - CEP 80000 Curitiba (PR).

⁽³⁾ Pesquisador da EMBRAPA-CPAC, Caixa Postal 70.0023 - CEP 73300 Planaltina (DF).

⁽⁴⁾ Pesquisador do Acordo de Cooperação EMBRAPA/JICA, Caixa Postal 70.0023 - CEP 73300 Planaltina (DF).

INTRODUÇÃO

A baixa fertilidade natural dos solos é uma característica comum dos Cerrados. Devido ao alto grau de intemperização, os solos apresentam baixa capacidade de troca de cátions (CTC), pH baixo e alta saturação de alumínio. Esta saturação ocorre apenas na superfície, no Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA/CPAC, 1976). O comportamento desse solo, em relação à fertilidade natural, de acidez e ao desenvolvimento radicular das plantas, é importante fator na exploração agrícola dos Cerrados. A incorporação de calcário, na profundidade de 30 cm, determinou produções de milho mais elevadas, em comparação aos mesmos níveis de calcário incorporados a 15 cm, menos quando foi aplicada apenas 1 t/ha de calcário (EMBRAPA/CPAC, 1976). Neste mesmo trabalho, observou-se que a maior dose de calcário (4t/ha), incorporada até 30 cm de profundidade, propiciou um aumento no comprimento das raízes e permitiu um decréscimo da saturação de alumínio na camada de 15 a 30 cm. A incorporação profunda de corretivos e fertilizantes é um método que demanda alto consumo de energia e equipamentos apropriados, nem sempre disponíveis.

Dentre os macronutrientes que limitam a produção de soja nos solos dos cerrados, destacam-se o fósforo e o potássio como os mais utilizados nas adubações, devido à exigências da planta e aos baixos teores desses elementos no solo (EMBRAPA/CPAC, 1976). Considerando-se, ainda, a necessidade de aprofundamento da correção da fertilidade natural dos solos e a alta capacidade de fixação de fósforo, as quantidades necessárias de fósforo e potássio para viabilizar-lhes a capacidade produtiva são muito altas. O encarecimento dos custos, nestas condições, aumenta muito os riscos de produção, principalmente quando a correção é efetuada toda no primeiro ano. O pronunciado movimento de K no solo indica que a manutenção de seus níveis adequados nas camadas superficiais é incompatível com uma aplicação macia de adubo potássico num único ano (Smyth et alii, 1980).

As plantas respondem às mudanças no solo de umidade, temperatura, suprimento de nutrientes, composição da sua atmosfera e resistência à penetração. Os sistemas do manejo do solo influenciam todos esses fatores de crescimento das plantas, embora diferentemente em solos e condições climáticas diversas (Larson & Osborne, 1982).

Práticas visando à correção da acidez e da escassez de nutrientes nas camadas subsuperficiais do solo, de forma a permitir melhor desenvolvimento radicular em profundidade, resultam em melhor aproveitamento por parte da planta, da água disponível no solo, minimizando a deficiência hídrica durante os veranicos (Lobato & Ritchey, 1980). A diminuição dos riscos do veranico também pode ser alcançada pelo aumento da infiltração da água no solo e conservação da umidade. Práticas de preparo conservacionista do solo, que deixam resíduos na sua superfície, têm uma influência positiva na manutenção ou até aumento da matéria orgânica, infiltração de água, estabilidade de agregados e conservação da umidade do solo (Blevins et alii, 1984). Em geral, à medida que aumenta a movimentação mecânica do solo, diminui a quantidade de resíduos mantidos na superfície; a concentração de nutrientes na camada superficial é maior no plantio direto do que no convencional (Bauemer & Bakermans, 1973; Ramos & Dedecek, 1979). No entanto, teores de P, K e Ca em vários estádios do milho têm sido reportados como iguais para plantas cultivadas em solos sem

preparo convencional (Triplett & Doren, 1969). A concentração de nutrientes na superfície do solo pode anular os benefícios do maior conteúdo de umidade em solos não cultivados, considerando-se a deficiência natural de nutrientes nos solos de cerrados e o período de duração dos veranicos, que pode chegar a quarenta dias sem chuvas.

A necessidade de diminuição dos riscos de produção decorrentes da ocorrência de veranicos, bem como o alto custo inicial de controle da erosão pelo emprego de sistemas conservacionistas de preparo dos solos, orientaram o desenvolvimento do presente experimento. As práticas de manejo, de correção da fertilidade e outras estudadas basearam-se nos conhecimentos e recomendações existentes no início deste experimento, no CPAC.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em novembro de 1978 em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado textura argilosa fase cerrado subcaducifólia, relevo plano (EMBRAPA/SNLCS, 1978), em área recém-desmatada do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina (DF), e repetido nos quatro anos seguintes. Algumas características químicas e físicas originais do solo são mostradas nos quadros 1 e 2 respectivamente. A cultura-teste foi a soja, sendo usada em 1978 e 79 a cultivar IAC-2, em 1980 'Doko' e 'Cristalina' e, nos últimos cultivos, 'Cristalina' e 'Numbaíra'.

Quadro 1. Características químicas do Latossolo Vermelho-Amarelo da área experimental, CPAC

| Profundidade cm | pH em água | Al | Ca + Mg | P | | K ppm |
|--------------------|------------------|------|---------|----------------|----|----------|
| | | | | — meq/100 ml — | | |
| 0-5 | 4,6 | 0,58 | 0,18 | Tr | 23 | |
| 5-10 | 4,6 | 0,50 | 0,16 | Tr | 20 | |
| 10-20 | 4,7 | 0,43 | 0,16 | Tr | 18 | |
| 20-30 | 4,7 | 0,22 | 0,09 | Tr | 9 | |
| 30-40 | 4,6 | 0,06 | 0,10 | Tr | 3 | |

Dois sistemas de aração do solo para abertura de área e incorporação de corretivos da fertilidade natural do solo foram executados no primeiro ano:

Aração rasa (AR) – Constou de uma aração com arado de discos, uma gradagem pesada e uma gradagem niveladora, intercaladas por uma catação mecânica e outra manual de raízes. Metade da dose de calcário recomendada foi incorporada com a aração e, metade mais adubação corretiva, com gradagem pesada. Este procedimento permitiu trabalhar o solo até uma profundidade máxima de 20cm.

Aração profunda (AP) – Teve a mesma sequência do tratamento anterior, acrescida de uma aração logo após a passada da grade pesada, o que permitiu a incorporação de adubos e corretivos até 30cm de profundidade.

Os modos de adubação corretiva do solo estudados foram os seguintes:

Adubação total (AT) – Foram colocados como adubação corretiva a lanço no primeiro ano 400 kg de P_2O_5 e

100 kg de K₂O por hectare, sendo anualmente adicionados no sulco de plantio 60 kg de P₂O₅ e 50 kg de K₂O por hectare.

Adubação parcelada (APa) — Os totais obtidos durante cinco anos com a formulação anterior foram divididos pelo número de anos considerados (5) e aplicados no sulco de plantio anualmente: 140 kg de P₂O₅ e 70 kg de K₂O por hectare.

Anualmente, foram aplicados no sulco, em ambas as formulações descritas, por hectare: 10 kg de nitrogênio, na forma de sulfato de amônia, e 50 kg de FTE BR-12. A fonte de fósforo foi o supersulfato simples e, para potássio, o cloreto. A dose de calcário aplicada no primeiro ano foi de 2.500 kg de calcário dolomítico PRNT 100% por hectare.

As sementes de soja foram inoculadas anualmente, 300 g de inoculante por 50 kg de semente, com exceção do primeiro ano, quando foi usado 1 kg de inoculante para a mesma quantidade de semente.

A partir do segundo ano e nos subsequentes, foram testados os seguintes sistemas de preparo do solo:

Preparo convencional (PC) — Constou de uma aração com arado de discos e duas gradagens com grade leve antes do plantio, aplicação de herbicidas pré-emergentes e uma capina no segundo mês após o plantio.

Plantio direto (PD) — Aproximadamente dez dias antes do plantio, feito com semeadeira/adubadeira apropriada e

pós-plantio convencional, foi aplicado herbicidas de contato, na base de 3 litros do produto comercial por hectare.

O plantio foi efetuado anualmente entre os dias 15 e 30 de novembro, sendo a colheita efetuada manualmente entre 15 e 30 de abril. As amostras de solo para análises químicas foram coletadas anualmente, no florescimento da soja e após a colheita, referindo-se os dados relatados às coletas pós-colheita. As alturas de planta de inserção da primeira vagem foram medidas na colheita. Avaliação do sistema radicular foi feita no florescimento da soja em volume de 0,010 m³, em três profundidades: 0-10, 10-20 e 20-30 cm.

As amostragens de solo para determinação das características físicas e químicas foram realizadas depois da colheita, por tradagem para análise química do solo. As amostras de solo indeformadas para as análises de densidade, curva de retenção de umidade e permeabilidade foram obtidas em anéis de 100 cm³ de volume. Utilizaram-se na análise de agregados aqueles cujo diâmetro era menor do que 8 mm e maior do que 4 mm, obtidos por peneiramento. A quantidade de raízes por volume de solo foi determinada em blocos de solo de 50 x 20 x 10 cm, sendo 20 cm no sentido da linha de plantio de soja e, 10 cm, a espessura da camada de solo usada.

As análises físicas do solo seguem metodologia do Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA/SNLCS, 1979), e o índice de agregação refere-se à quantidade de

Quadro 2. Características físicas do Latossolo Vermelho-Amarelo da área experimental, CPAC

| Profundidade | Argila | Silte | Areia fina | Areia grossa | Textura | Densidade do solo | Teor de umidade 0,1 atm | Permeabilidade | Índice de agregação | Materia orgânica |
|--------------|--------|-------|------------|--------------|----------|-------------------|-------------------------|----------------|---------------------|------------------|
| cm | | % | | | | g/cm ³ | % | cm/h | | % |
| 0-5 | 65 | 21 | 13 | 1 | Argilosa | 0,83 | 39,7 | 98,3 | 86,5 | 3,50 |
| 5-10 | 64 | 27 | 8 | 1 | Argilosa | 0,80 | 39,9 | 103,1 | 85,8 | 3,50 |
| 10-20 | 78 | 17 | 4 | 1 | Argilosa | 0,86 | 37,9 | 165,4 | 85,8 | 2,79 |
| 20-30 | 82 | 12 | 5 | 1 | Argilosa | 0,86 | 35,5 | 172,6 | 83,8 | 2,00 |
| 30-40 | 84 | 12 | 3 | 1 | Argilosa | 0,87 | 36,4 | 134,3 | ... | ... |

Quadro 3. Efeitos do sistema de aração, modo de adubação, sistema de preparo, e cultivares na produção de soja, 1978 a 1982. (Adaptado de Iwata, 1980 e Ike, 1984)

| Tratamento | Variáveis | Produção de soja ⁽¹⁾ | | | | | | | | Média | |
|--------------------|--------------|---------------------------------|-------|------------|-------|------------|----------|------------|----------|-------|--|
| | | 1978 | | 1979 | | 1980 | | 1981 | | | |
| | | IAC 2 | IAC 2 | Cristalina | Doko | Cristalina | Numbaíra | Cristalina | Numbaíra | | |
| kg/ha | | | | | | | | | | | |
| Sistema de aração | Profunda | 1547a | 1949b | 1515a | 1751a | 3105a | 3245a | 2784a | 3053a | 2419a | |
| | | 1311b | 2033a | 1328a | 1608a | 3188a | 3348a | 2860a | 3079a | 2405a | |
| Modo de adubação | Total | 1745a | 2261a | 1422a | 1712a | 3166a | 3284a | 2686b | 2967a | 2276a | |
| | Parcelada | 1114b | 1722b | 1422a | 1647a | 3125a | 3309a | 2929a | 3165a | 2166a | |
| Sistema de preparo | Direto | — | 1901b | 1501a | 1571b | 2901b | 3047b | 2598b | 2903b | 2339b | |
| | Convencional | — | 2082a | 1343b | 1788a | 3367a | 3546a | 3017a | 3229a | 2624a | |
| Cultivares | | 1429 | 1991 | 1422b | 1680a | 3144b | 3296a | 2807b | 3066a | 2412 | |

⁽¹⁾ As médias indicadas por letras comuns não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

agregados com diâmetro superior a 0,5 mm em relação ao total da amostra submetida ao processo de análise de agregados por via úmida (EMBRAPA/SNLCS, 1979). As medidas de resistência à penetração foram feitas com penetrômetro de cone em amostras indeformadas mantidas com teor de umidade equivalente a 0,1 atmosfera.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subsubdivididas, com três repetições, sendo as menores parcelas, que receberam os diferentes cultivares de soja, de 10 m de largura por 24 de comprimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de produção de soja para os cinco anos de condução do experimento, de acordo com os efeitos principais, sem considerar as interações, encontram-se no quadro 3.

Sistemas de aração

O efeito do aprofundamento da adubação corretiva e da calagem diferenciou-se do procedimento normal de aração (AR) nos dois primeiros anos de cultivo. No terceiro, a diferença encontrada é importante, em virtude da ocorrência de um veranico de quarenta dias em fevereiro e março. Em anos de precipitações normais e considerando-se os valores médios dos cinco anos, não houve um aumento de produção de soja, em vista do aprofundamento da aração na abertura da área.

A contribuição do aprofundamento na aração inicial na minimização do efeito do veranico está mais bem caracterizada no quadro 4, em 1980; os demais tratamentos testados, com relação à produção, ordenaram-se de acordo com os sistemas de aração. É visível o efeito negativo da interação aração profunda-adubação parcelada, nos dois primeiros anos de cultivo, principalmente no segundo, quando se mostrou o pior tratamento em ambos os sistemas de preparo do solo. Este efeito se deve, provavelmente, a que, com o parcelamento da adubação corretiva, pequenas quantidades de fósforo e potássio foram incorporadas a um maior volume de solo na aração profunda, comprovados pelos dados da análise química do solo (Quadro 5) de 1979, feita após o primeiro ano de cultivo.

Considerando-se as características físicas medidas, não se observaram diferenças entre os sistemas de aração inicial (Quadro 6). O veranico ocorrido durante o 3º cultivo teve o teor de umidade do solo medido em três profundidades (10, 30 e 50 cm). Pequenas diferenças foram observadas: quando se procedeu ao plantio direto, a aração profunda apresentou maior disponibilidade de água a 30 cm de profundidade, e, no plantio convencional, os maiores teores de água no solo ocorreram a 10 cm de profundidade. Medidas de resistência à penetração feitas após a colheita de 1981, com penetrômetro de cone, mostraram os seguintes resultados médios, considerando-se uma profundidade de 0 a 35 cm: plantio convencional e aração profunda: 10 kg/cm²; plantio convencional e aração rasa: 20 kg/cm²; plantio direto e aração profunda: 15 kg/cm², e com aração rasa: 20 kg/cm². Os valores mais altos de resistência à penetração foram obtidos com aração rasa, independente do sistema de plantio.

A distribuição das raízes, quando analisada em termos percentuais por camada, não apresenta diferença entre as arações rasa e profunda. No entanto, o peso total das raízes e seu peso na camada de 20 a 30 cm são superiores nos

Quadro 4. Efeitos da interação tríplice de sistemas de aração, modo de adubação e sistema de preparo do solo na produção de soja, 1978 a 1982

| Sistema de aração | Modo de adubação | Sistema de preparo | Produção |
|-------------------|------------------|--------------------|----------|
| kg/ha | | | |
| 1978 | | | |
| Profunda | Total | — | 1903 |
| Rasa | Total | — | 1587 |
| Profunda | Parcelada | — | 1192 |
| Rasa | Parcelada | — | 1036 |
| 1979 | | | |
| Rasa | Total | Convencional | 2460 |
| Profunda | Total | Convencional | 2413 |
| Profunda | Total | Direto | 2183 |
| Rasa | Total | Direto | 1987 |
| Rasa | Parcelada | Convencional | 1873 |
| Rasa | Parcelada | Direto | 1813 |
| Profunda | Parcelada | Direto | 1620 |
| Profunda | Parcelada | Convencional | 1580 |
| 1980 | | | |
| Profunda | Parcelada | Convencional | 1675 |
| Profunda | Total | Convencional | 1663 |
| Profunda | Parcelada | Direto | 1618 |
| Profunda | Total | Direto | 1575 |
| Rasa | Total | Convencional | 1525 |
| Rasa | Total | Direto | 1503 |
| Rasa | Parcelada | Direto | 1447 |
| Rasa | Parcelada | Convencional | 1398 |
| 1981 | | | |
| Profunda | Total | Convencional | 3603 |
| Profunda | Parcelada | Convencional | 3450 |
| Rasa | Parcelada | Convencional | 3433 |
| Rasa | Total | Convencional | 3340 |
| Rasa | Total | Direto | 3158 |
| Rasa | Parcelada | Direto | 3135 |
| Profunda | Parcelada | Direto | 2850 |
| Profunda | Total | Direto | 2795 |
| 1982 | | | |
| Rasa | Parcelada | Convencional | 3224 |
| Profunda | Parcelada | Convencional | 3172 |
| Rasa | Total | Convencional | 3062 |
| Profunda | Total | Convencional | 3034 |
| Rasa | Parcelada | Direto | 2946 |
| Profunda | Parcelada | Direto | 2845 |
| Rasa | Total | Direto | 2646 |
| Profunda | Total | Direto | 2563 |

tratamentos com aração profunda (Quadro 7), demonstrando que houve melhor desenvolvimento radicular neste tratamento.

Modos de adubação

Considerando-se a produção de grãos (Quadro 3) nota-se que a adoção de uma adubação corretiva total no primeiro

ano permitiu alcançar maiores produções nos dois primeiros cultivos. A ocorrência de veranico, no terceiro, impediu o pleno desenvolvimento das potencialidades de produção nos dois tratamentos, comprovado pela produção idêntica da cultivar Cristalina. O quarto cultivo mostrou-se como um

ponto de reversão de tendência, que se acentuou em favor de maiores produções com adubação parcelada, no quinto ano. Analisando-se as médias dos cinco anos de cultivo, não há diferença entre os modos de adubação testados no que se refere à produção de grãos. Isso nos permite uma flexibili-

Quadro 5. Efeitos do sistema de aração inicial e modos de adubação corretiva nas características químicas do solo, em 1979 e 1984

| Sistema de aração | Profundidade | pH em água | | Al | | Ca + Mg | | P | | K | | |
|---------------------------|--------------|------------|-----|------|------|---------|------|------|-----|-----|----|--|
| | | 79 | 84 | 79 | 84 | 79 | 84 | 79 | 84 | 79 | 84 | |
| cm | | meq/100ml | | | | | | | | ppm | | |
| Adubação total | | | | | | | | | | | | |
| Profunda | 0-5 | 5,7 | 6,1 | 0,00 | 0,00 | 3,61 | 3,72 | 4,0 | 3,0 | 37 | 86 | |
| | 5-10 | 5,9 | 6,0 | 0,00 | 0,00 | 2,70 | 3,09 | 52,0 | 2,7 | 35 | 41 | |
| | 10-20 | 5,5 | 5,9 | 0,00 | 0,00 | 2,82 | 2,81 | 16,0 | 2,8 | 29 | 22 | |
| | 20-30 | 5,3 | 5,5 | 0,05 | 0,05 | 1,52 | 1,10 | 1,0 | 0,5 | 24 | 8 | |
| Rasa | 0-5 | 5,4 | 6,1 | 0,00 | 0,00 | 3,70 | 3,38 | 95,0 | 2,9 | 90 | 69 | |
| | 5-10 | 5,3 | 6,1 | 0,00 | 0,00 | 4,28 | 3,38 | 26,0 | 1,8 | 51 | 35 | |
| | 10-20 | 5,6 | 6,1 | 0,00 | 0,00 | 2,21 | 3,09 | 1,5 | 1,8 | 33 | 17 | |
| | 20-30 | 5,2 | 5,4 | 0,02 | 0,02 | 1,20 | 1,24 | Tr | 0,3 | 16 | 8 | |
| Adubação parcelada | | | | | | | | | | | | |
| Profunda | 0-5 | 5,4 | 6,1 | 0,05 | 0,00 | 2,04 | 3,84 | 4,5 | 5,0 | 39 | 94 | |
| | 5-10 | 5,4 | 6,0 | 0,06 | 0,00 | 1,80 | 3,21 | Tr | 3,1 | 25 | 56 | |
| | 10-20 | 5,4 | 6,0 | 0,05 | 0,00 | 1,64 | 3,06 | Tr | 2,7 | 24 | 23 | |
| | 20-30 | 5,7 | 5,5 | 0,00 | 0,06 | 1,76 | 1,06 | 2,0 | 0,5 | 33 | 9 | |
| Rasa | 0-5 | 5,5 | 5,9 | 0,00 | 0,00 | 3,08 | 3,47 | 6,0 | 2,9 | 45 | 60 | |
| | 5-10 | 5,8 | 5,9 | 0,00 | 0,00 | 3,05 | 3,06 | Tr | 2,9 | 26 | 36 | |
| | 10-20 | 5,8 | 5,9 | 0,00 | 0,00 | 3,44 | 2,75 | Tr | 3,1 | 22 | 24 | |
| | 20-30 | 5,1 | 5,4 | 0,20 | 0,02 | 0,40 | 1,07 | Tr | 0,2 | 21 | 9 | |

Quadro 6. Efeitos do sistema de aração inicial e de preparo do solo nas características físicas do solo, em 1982 e 1984

| Sistema de aração | Profundidade | Densidade do solo | | Umidade a 0,1 atm | | Permeabilidade | | Índice de agregação | | |
|-----------------------------|--------------|-------------------|------|-------------------|------|----------------|------|---------------------|------|--|
| | | 1982 | 1984 | 1982 | 1984 | 1982 | 1984 | 1982 | 1984 | |
| cm | | g/cm ³ | | | | | | | | |
| Plantio direto | | | | | | | | | | |
| Profunda | 0-10 | 1,00 | 1,01 | 36,8 | 35,7 | 9,7 | 9,0 | 42,6 | 63,5 | |
| | 10-20 | 0,89 | 1,01 | 37,0 | 33,6 | 32,9 | 34,0 | 51,1 | 66,2 | |
| | 20-30 | 1,01 | 0,98 | 35,4 | 31,1 | 37,4 | 44,8 | 56,6 | 76,8 | |
| | 30-40 | 0,91 | 0,96 | 33,4 | 31,5 | 35,0 | 36,0 | ... | ... | |
| Rasa | 0-10 | 0,90 | 1,08 | 38,5 | 34,8 | 8,8 | 11,5 | 31,8 | 66,8 | |
| | 10-20 | 0,91 | 1,01 | 39,5 | 31,7 | 22,6 | 25,2 | 73,8 | 89,8 | |
| | 20-30 | 1,00 | 1,04 | 34,7 | 31,6 | 34,6 | 15,8 | 70,6 | 85,1 | |
| | 30-40 | 0,96 | 1,06 | 33,9 | 31,0 | 28,4 | 19,1 | ... | ... | |
| Plantio convencional | | | | | | | | | | |
| Profunda | 0-10 | 0,96 | 1,03 | 33,4 | 35,5 | 4,3 | 11,8 | 29,1 | 57,2 | |
| | 10-20 | 1,00 | 1,02 | 34,4 | 34,2 | 11,0 | 15,5 | 27,8 | 45,8 | |
| | 20-30 | 0,98 | 1,01 | 34,5 | 31,6 | 31,7 | 35,2 | 49,5 | 75,0 | |
| | 30-40 | 1,04 | 0,93 | 35,2 | 31,4 | 36,0 | 41,6 | ... | ... | |
| Rasa | 0-10 | 1,01 | 1,03 | 33,9 | 34,8 | 11,5 | 12,2 | 46,3 | 59,3 | |
| | 10-20 | 1,02 | 1,07 | 35,9 | 34,2 | 29,4 | 6,0 | 28,1 | 64,7 | |
| | 20-30 | 1,06 | 1,09 | 34,9 | 31,5 | 19,7 | 16,1 | 36,8 | 70,9 | |
| | 30-40 | 1,02 | 1,06 | 34,9 | 32,1 | 18,2 | 13,9 | ... | ... | |

dade na solução do problema de baixa fertilidade dos nossos solos. Havendo falta de recursos iniciais para a adoção de uma adubação corretiva total no primeiro ano, um cálculo econômico permitirá definir em quantos anos seria interessante parcelar a correção do solo para maior benefício.

Quadro 7. Efeitos de sistema de aração inicial e de preparo do solo na distribuição do peso seco das raízes de soja, 1981. (Ike, 1984)

| Sistema de aração | Profundidade | Distribuição das raízes ⁽¹⁾ | | | |
|-------------------|--------------|--|----------------------|------|-----|
| | | Plantio Direto | Plantio Convencional | mg | % |
| | cm | | | | |
| Profunda | 0-10 | 39,6 | 85 | 36,2 | 80 |
| | 10-20 | 4,2 | 9 | 5,9 | 13 |
| | 20-30 | 2,8 | 6 | 3,2 | 7 |
| | Total | 46,6 | 127 | 45,3 | 124 |
| Rasa | 0-10 | 37,8 | 86 | 28,0 | 77 |
| | 10-20 | 4,4 | 10 | 5,5 | 15 |
| | 20-30 | 1,8 | 4 | 2,9 | 8 |
| | Total | 43,9 | 120 | 36,6 | 100 |

⁽¹⁾ C.V. Doko - 1980/81 - Volume amostrado, 0,03m³

Quadro 8. Efeitos de sistema de aração inicial e modo de adubação no índice de agregação do solo, em 1979 e 1984

| Sistema de aração | Profundidade | Índice de agregação | | | |
|-------------------|--------------|---------------------|------|--------------------|------|
| | | Adubação total | | Adubação parcelada | |
| | | 1979 | 1984 | 1979 | 1984 |
| | cm | | % | | |
| Profunda | 0-10 | 90,2 | 60,3 | 73,0 | 60,9 |
| | 10-20 | 92,5 | 56,0 | 82,1 | 69,6 |
| | 20-40 | 92,1 | 76,0 | 80,0 | 73,6 |
| Rasa | 0-10 | 74,6 | 63,0 | 85,1 | 69,7 |
| | 10-20 | 90,7 | 77,2 | 85,1 | 69,7 |
| | 20-40 | 90,0 | 78,0 | 88,9 | 78,4 |

Quadro 9. Efeito do sistema de aração inicial, modo de adubação corretiva e sistema de preparo do solo, plantio direto (PD) e plantio convencional (PC) nas características químicas do solo, em 1982

| Sistema de aração | Modo de adubação | Profundidade | pH em água | | AI | | Ca + Mg | | P | | K | |
|-------------------|------------------|--------------|------------|-----|------|------|---------|------|------|------|----|----|
| | | | PD | PC | PD | PC | PD | PC | PD | PC | PD | PC |
| | | cm | meq/100ml | | | | | | | | | |
| Profunda | Total | 0-10 | 5,8 | 5,8 | 0,04 | 0,04 | 3,57 | 3,88 | 7,2 | 6,0 | 59 | 70 |
| | | 10-20 | 5,9 | 5,7 | 0,06 | 0,05 | 3,71 | 3,43 | 2,3 | 1,6 | 20 | 33 |
| | | 20-30 | 5,2 | 5,2 | 0,06 | 0,06 | 1,47 | 1,47 | 0,6 | 1,1 | 23 | 33 |
| | Parcelada | 0-10 | 5,8 | 5,7 | 0,05 | 0,05 | 3,79 | 3,33 | 12,5 | 10,8 | 76 | 80 |
| | | 10-20 | 5,7 | 5,7 | 0,07 | 0,05 | 3,19 | 2,90 | 0,9 | 8,1 | 37 | 30 |
| | | 20-30 | 5,2 | 5,4 | 0,09 | 0,05 | 1,46 | 2,65 | 0,8 | 0,6 | 31 | 28 |
| Rasa | Total | 0-10 | 5,7 | 5,7 | 0,05 | 0,04 | 3,93 | 3,48 | 8,0 | 9,3 | 46 | 66 |
| | | 10-20 | 6,2 | 5,9 | 0,04 | 0,04 | 4,51 | 3,79 | 0,8 | 5,8 | 26 | 19 |
| | | 20-30 | 5,2 | 5,1 | 0,05 | 0,10 | 1,68 | 1,29 | 0,6 | 1,2 | 21 | 30 |
| | Parcelada | 0-10 | 5,8 | 5,9 | 0,04 | 0,04 | 4,09 | 3,70 | 12,2 | 11,2 | 69 | 71 |
| | | 10-20 | 5,2 | 5,5 | 0,09 | 0,09 | 2,08 | 3,85 | 0,9 | 2,0 | 37 | 23 |
| | | 20-30 | 5,0 | 5,0 | 0,09 | 0,08 | 1,02 | 1,38 | 0,6 | 0,6 | 33 | 19 |

Em 1979, houve interação significativa entre o modo de adubação e o sistema de preparo do solo: o melhor tratamento (adubação total e plantio convencional) e o pior (adubação parcelada e plantio direto) apresentaram uma diferença de produção de 720 kg/ha (Quadro 4). No entanto, a adubação parcelada permitiu melhores produções com plantio direto em anos normais de precipitação, nos anos subsequentes e mesmo em ano de veranico com a cultivar Cristalina. Considerando-se as interações tríplices (Quadro 4), observou-se a importância da correção total da fertilidade do solo nos primeiros anos, quando os demais tratamentos se ordenaram pelos modos de adubação.

Ao fim dos cinco anos de cultivo, os teores de macronutrientes no solo se apresentaram muito semelhantes nos dois modos de adubação corretiva testados, conforme se pode observar no quadro 5. As pequenas diferenças são decorrentes dos outros tratamentos, que não o modo de adubação.

Dentre as características físicas, salienta-se a influência da adubação total no aumento dos índices de agregação do solo (Quadro 8), após primeiro cultivo (1979), quando comparados aos valores originais do solo (Quadro 2). No entanto, essas características se deterioraram durante os cinco cultivos (1984), apresentando-se inferiores até mesmo em relação à área natural.

Sistemas de preparo do solo

Durante os quatro anos de teste dos plantios convencional e direto, houve predominância do convencional refletida na média de produção (Quadro 3). Analisando-se ano a ano, a produção de soja com esse plantio manteve-se 10% ou mais superior à alcançada com o direto, à exceção do ano de ocorrência de veranico (1980), na cultivar Cristalina. No entanto, a 'Doko', nesse mesmo ano de cultivo, apresentou produções estatisticamente maiores com o plantio convencional.

Observando-se as interações tríplices (Quadro 4), quarto e quinto cultivo, com as características inerentes aos dois sistemas de plantio já estabelecidas, a superioridade do con-

vencional é bem visível. Nesses dois anos, os demais tratamentos se arranjaram de acordo com a ordem estabelecida pelo sistemas de preparo do solo, sendo o plantio convencional superior ao direto em qualquer combinação.

Os dados de análise química do solo (Quadro 9) foram obtidos após a colheita do quarto cultivo, 1982, primeiro ano em que o efeito do sistema de preparo e plantio foi o fator dominante. Pode-se observar uma concentração de nutrientes na camada superficial, no plantio direto, principalmente fósforo e potássio. Essa concentração é acentuada com o plantio direto combinado com o parcelamento da adubação. Considerando-se que acima de 80% das raízes (Quadro 7) neste sistema ocorreram até 10 cm de profundidade, em anos de escassez de chuvas, dificilmente haveria água suficiente para solução dos nutrientes nesta camada. Mesmo em anos normais, poucos dias sem chuvas reduzem rapidamente o teor de umidade da camada superficial do solo, em vista das condições atmosféricas de alta demanda evapotranspirativa, que deve ser acelerada com a presença da grande maioria das raízes.

As características físicas foram avaliadas anualmente, mas são apresentados (Quadro 6) os dados obtidos após a colheita do quarto cultivo (1982), e medidos um ano após o último (1984). Comparando-se os dados dos quadros 2 e 6, observa-se que o cultivo do solo modificou-lhe as condições naturais, sendo que a magnitude das modificações não diferencia os plantios direto e convencional. Nota-se, apenas, que as alterações das características físicas causadas pelo plantio direto ocorreram na camada mais superficial do solo, e, no convencional, até 20 cm de profundidade. As reduções da permeabilidade e da estabilidade dos agregados do solo são as modificações mais acentuadas em relação às suas condições naturais. Pode-se observar, ainda, com os dados obtidos em 1984 (Quadro 6), após um ano de pousio, que a recuperação dos valores originais do solo (Quadro 2) é muito pequena, e um pouco melhor no plantio direto. Em geral, verifica-se uma degradação da estrutura natural do

solo, nas várias medidas indiretas obtidas desta característica: aumento da densidade do solo, diminuição da retenção de água a 0,1 atmosfera, permeabilidade e estabilidade dos agregados.

Amostragem de raízes da cultivar Doko, no terceiro cultivo, quando da ocorrência de veranico, mostra – Quadro 7 – maior produção no plantio direto e na camada superficial. Mostra, ainda que no tratamento plantio direto-aração profunda, a quantidade de raízes na camada 0-10 cm é superior ao total obtido nas três camadas do solo amostradas no tratamento plantio convencional-aração rasa; no entanto, no segundo tratamento, a quantidade de raízes nas camadas 10-20 cm e 20-30 cm é superior à do primeiro.

Em 1982, foram amostradas periodicamente plantas para melhor acompanhamento do desenvolvimento de soja nos diferentes sistemas de preparo do solo – Quadro 10: há um desenvolvimento inicial maior das plantas no sistema convencional, e a mesma tendência no desenvolvimento das vagens. Em consequência, os teores de nitrogênio e fósforo nas plantas são sempre superiores no plantio convencional.

Cultivares

O uso de duas cultivares a partir do terceiro ano permite as seguintes observações: em 1980, com quarenta dias de veranico, a cultivar Cristalina foi mais suscetível ao déficit hídrico do que a 'Doko' (Quadro 3); a 'Cristalina' apresentou produções significativamente maiores com o plantio direto e a 'Doko', com o convencional. Por esses dados pode-se verificar que há cultivares mais adaptadas a determinado sistema de preparo do solo, e que certo manejo da cultura pode ser mais efetivo para um cultivar em relação ao problema da deficiência de água. Além de ter tido todos os anos produções menores, a 'Cristalina', no último ano de cultivo, respondeu mais à adubação parcelada do que a 'Numbaíra'.

Outra distinção entre as cultivares testadas foi que, em

Quadro 10. Efeito de cultivares e sistema de preparo do solo no peso seco da soja e no teor de fósforo e nitrogênio das plantas, em 1982. (Ike, 1984)

| Cultivar | Sistema de aração | Folha + Caule | | | | | | | Vagem | | |
|-------------------------|----------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 07/01 | 02/01 | 16/02 | 09/03 | 30/03 | 16/04 | 18/05 | 30/03 | 16/04 | 18/05 |
| Peso seco, mg/ml | | | | | | | | | | | |
| Cristalina | Pl. direto | 130 | 360 | 670 | 1300 | 1785 | 1125 | 1093 | 860 | 1425 | 962 |
| Cristalina | Pl. conv. | 155 | 535 | 995 | 1410 | 2000 | 1545 | 625 | 1070 | 1670 | 900 |
| Numbaíra | Pl. direto | 150 | 335 | 725 | 1400 | 1690 | 963 | 895 | 540 | 1257 | 600 |
| Numbaíra | Pl. conv. | 145 | 570 | 900 | 1810 | 1183 | 1200 | 625 | 767 | 1720 | 835 |
| Nitrogênio, mg | | | | | | | | | | | |
| Cristalina | Pl. direto | 4,4 | 10,1 | 25,1 | 41,2 | 35,0 | 17,0 | 7,0 | 32,0 | 58,7 | 54,3 |
| Cristalina | Pl. conv. | 4,5 | 17,6 | 35,3 | 36,5 | 28,0 | 18,0 | 4,0 | 32,9 | 85,3 | 55,4 |
| Numbaíra | Pl. direto | 5,6 | 9,5 | 30,5 | 35,0 | 36,0 | 8,0 | 6,0 | 17,3 | 47,3 | 35,8 |
| Numbaíra | Pl. conv. | 5,6 | 21,9 | 40,7 | 49,2 | 31,0 | 15,0 | 7,0 | 33,0 | 72,2 | 47,8 |
| Fósforo, mg | | | | | | | | | | | |
| Cristalina | Pl. direto | 0,3 | 1,0 | 1,8 | 2,6 | 2,1 | 1,2 | 5,5 | 2,7 | 3,8 | 2,0 |
| Cristalina | Pl. conv. | 0,3 | 1,3 | 3,4 | 2,4 | 2,4 | 2,1 | 3,1 | 3,1 | 6,2 | 3,0 |
| Numbaíra | Pl. direto | 0,4 | 0,7 | 2,0 | 2,4 | 1,8 | 0,6 | 4,5 | 2,4 | 3,0 | 1,3 |
| Numbaíra | Pl. conv. | 0,5 | 1,3 | 3,0 | 4,3 | 1,9 | 1,5 | 4,4 | 2,6 | 4,8 | 2,5 |

1982, embora a produção de matéria seca por planta tenha sido muito semelhante (Quadro 10), a de grãos da 'Cristalina' foi menor. O mesmo se pode observar em relação aos teores de nitrogênio e fósforo assimilados; assim, pode-se concluir que a 'Cristalina' apresenta menor eficiência em transformar os nutrientes em produção de grãos.

CONCLUSÕES

Os dados obtidos nestas condições experimentais permitem concluir que:

O aprofundamento da aração de abertura de área para incorporação de corretivos diminui o efeito de veranicos na produção de soja;

A correção parcelada da baixa fertilidade natural do solo permite, em termos de produção de grãos, obter a mesma quantidade em curto espaço de tempo, conferindo maior flexibilidade na solução deste problema;

O sistema de plantio convencional proporcionou maiores produções, entre 10 e 20% a mais do que as obtidas com o plantio direto;

A cultivar Cristalina mostrou-se mais suscetível ao déficit hídrico do que as outras testadas, respondendo melhor ao manejo proposto para diminuir o efeito dos veranicos.

LITERATURA CITADA

- BAUEMER, K.H. & BAKERMANS, W.A.P. Zero tillage. In: NORMAN, A.C. Advances in Agronomy. New York, Academic Press, 1973. p.77-123. v.25.
- BLEVINS, R.L., FRYE, W.H. & SMITH, M.S. The effects of conservation tillage on soil properties. In: The Preliminary proceedings for a system approach to conservation tillage. Hickory Corners, Michigan State University, 1984. 20p.
- EMBRAPA/CPAC. Relatório técnico anual 1975-76. Brasília, EMBRAPA, 1976. 154p.
- EMBRAPA/SNLCS. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1978. 455p. (Boletim Técnico, 53)
- EMBRAPA/SNLCS. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1979, parte 1.
- IKE, M. Influência das profundidades de aração e níveis de aplicação de P e K na abertura do campo, métodos e níveis de adubação e sistemas de semeadura na produção de soja e nas condições do solo de cerrado. In: EMBRAPA/JICA. Trabalhos técnico-científicos desenvolvidos pelo projeto de cooperação em pesquisa agrícola nos cerrados do Brasil, 1980-1983. Brasília, JICA, 1984. p.167-198.
- IWATA, F. Estudo de modificação nos métodos de cultivo de soja e trigo no cerrado. In: EMBRAPA/JICA. Relatório parcial do projeto de cooperação em pesquisa agrícola nos cerrados do Brasil, 1978-1980. Brasília, JICA, 1980. p.145-154.
- LARSON, W.E. & OSBORNE, G.S. Tillage accomplishments and potential. In: ASA. Predicting tillage effects on soils physical properties and processes. Madison, American Society of Agronomy, 1982. p.1-12.
- LOBATO, F. & RITCHIEY, K.D. Manejo do solo visando melhorar o aproveitamento da água. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, S., Brasília, DF, 1978. Cerrado, uso e manejo. Brasília, Editerra, 1980. p.643-671.
- RAMOS, M. & DEDECEK, R.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo na produção de soja. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 14: 149-153, 1979.
- SMITH, T.S., SOUZA, D. de & RITCHIEY, K.D. Movement of K in clayey red-yellow latosol. In: Agronomic-Economic research on soils of the tropics, 1978-79 Report. Raleigh, North Carolina State University, 1980. p. 37-39.
- TRIPPLETT JR., G.B. & DOREN JR., D.M. van Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization of non tilled maize. Agron. J., Madison, 61:637-639, 1969.