

CIRCULAR TÉCNICA 15



# **ADUBAÇÃO** *Fosfatada e Pótássica*

---

*para a sucessão Soja-Trigo em  
Latossolo Roxo distrófico  
sob semeadura direta*

Áureo Francisco Lantmann  
Antonio Carlos Roessing

Gedi Jorge Sfredo  
Maria C. Neves de Oliveira



Londrina, PR  
1996



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

presidente

FERNANDO HENRIQUE CARDOSO

ministro da agricultura e do abastecimento

ARLINDO PORTO NETO

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária***

presidente

ALBERTO DUQUE PORTUGAL

diretores

DANTE DANIEL G. SCOLARI

ELZA ANGELA BATTAGGIA BRITO DA CUNHA

JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PERES

***Centro Nacional de Pesquisa de Soja***

chefe

JOSÉ FRANCISCO FERRAZ DE TOLEDO

chefe adjunto técnico

PAULO ROBERTO GALERANI

chefe adjunto de apoio

LUIZ CÉSAR AUVRAY GUEDES

*Exemplares desta publicação podem ser solicitadas a:*

*Área de Difusão de Tecnologia da Embrapa-Soja*

*Caixa Postal 231 - CEP 86 001-970*

*Telefone (043) 371 6000 Fax (043) 371 6100*

*Londrina, PR*

As informações contidas neste documento somente poderão ser reproduzidas com a autorização expressa da Área de Difusão de Tecnologia da Embrapa-Soja

Áureo Francisco Lantmann  
Antonio Carlos Roessing

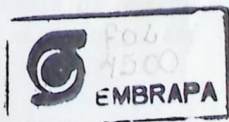
Gedi Jorge Sfredo  
Maria C. Neves de Oliveira

# ADUBAÇÃO

## *Fosfatada e Pótássica*

---

*para a sucessão Soja-Trigo em  
Latossolo Roxo distrófico  
sob semeadura direta*



**comitê de publicações**

Clara Beatriz Hoffmann-Campo

Ivânia Aparecida Liberatti

José Barros França Neto

Léo Pires Ferreira

Flávio Moscardi

Norman Neumaier

Odilon Ferreira Saraiva

**tiragem**

3.000 exemplares - Dez/96

**projeto gráfico**

Sandra Regina - (043) 324-7789

LANTMANN, A.F.; ROESSING, A.C.; SFREDO, G.J.; OLIVEIRA, M.C.N. de Adubação fosfatada e potássica para sucessão soja-trigo em latossolo roxo distrófico sob semeadura direta. Londrina : Embrapa-Soja, 1996. 44p. (Embrapa-Soja. Circular Técnica, 15).

1. Soja-Adubação. 2. Sucessão-Soja-Trigo. 3. Soja-Semeadura direta. 4. Soja-Pesquisa-Brasil-Paraná. I. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina,PR). II. Título. III. Série.

CDD 633.340981

© **Embrapa**

Conforme Lei 5.988 de 14.12.73



## APRESENTAÇÃO

**N**os custos diretos para as produções de soja e trigo, o item fertilizantes tem significado até 30% das despesas. Porém as quantidades e a periodicidade do uso dos fertilizantes necessários para trigo e soja podem ser reduzidas consideravelmente, sem comprometer a produtividade das culturas e as condições de fertilidade dos solos. Essas reduções são definidas em função de um conjunto de informações como níveis críticos de nutrientes no solo, necessidade nutricional das culturas, características químicas e físicas dos solos, tempo de uso e, principalmente, condições de manejo do solo.

O sistema de semeadura direta preserva as melhores características físicas e biológicas do solo, assegurando melhor rendimento das culturas. Essa técnica também promove maior disponibilidade de alguns nutrientes essenciais para a soja e o trigo. Grande parte dos sistemas produtivos de trigo e soja no Paraná estão sendo conduzidos sob semeadura direta.

A presente publicação analisa os desempenhos produtivos da soja e do trigo, em

*semeadura direta, bem como o comportamento do fósforo, do potássio e de componentes da acidez do solo Latossolo Roxo Distrófico (LRd), durante sete anos. Esse tipo de solo representa 15% do estado do Paraná e caracteriza-se, principalmente, pela grande profundidade efetiva e alto teor de argila. Adubação adequada e calagem periódica são fundamentais para o estabelecimento de sistemas sustentáveis na exploração agrícola, como a sucessão soja-trigo.*

*Os resultados aqui contidos dão subsídios técnicos e segurança aos agrônomos e agricultores nas recomendações de adubação no sistema soja-trigo, nas condições e regiões em que foram realizados os estudos.*

Paulo Roberto Galerani  
Chefe Adjunto Técnico da Embrapa-Soja

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<i>Introdução</i>	..... 7
<b>2</b>	<i>Adubação fosfatada para a soja</i>	..... 8
<b>3</b>	<i>Adubação potássica para a soja</i>	.....10
<b>4</b>	<i>Adubação fosfatada para o trigo</i>	.....12
<b>5</b>	<i>Adubação potássica para o trigo</i>	.....14
<b>6</b>	<i>Efeitos da ausência de adubação para a soja na sucessão soja-trigo</i>	.....16
	➤ <i>Efeitos da adubação e da correção da acidez sobre os índices de fertilidade do solo</i>	.....18
	➤ <i>Acidez do solo</i>	.....18
	➤ <i>Disponibilidade de potássio</i>	.....21
	➤ <i>Disponibilidade de fósforo</i>	.....23
	➤ <i>Rendimento do trigo</i>	.....26
	➤ <i>Rendimento da soja</i>	.....30
<b>7</b>	<i>Análise econômica dos efeitos da adubação para o sistema soja-trigo</i>	.....33
<b>8</b>	<i>Considerações finais</i>	.....38
<b>9</b>	<i>Recomendações</i>	.....40
<b>10</b>	<i>Referências bibliográficas</i>	.....41
<b>11</b>	<i>Tabela de unidades</i>	.....43
<b>12</b>	<i>Agradecimentos</i>	.....44

# CONTENTS

1	Introduction
2	1. The first part of the book
3	2. The second part of the book
4	3. The third part of the book
5	4. The fourth part of the book
6	5. The fifth part of the book
7	6. The sixth part of the book
8	7. The seventh part of the book
9	8. The eighth part of the book
10	9. The ninth part of the book
11	10. The tenth part of the book
12	11. The eleventh part of the book
13	12. The twelfth part of the book
14	13. The thirteenth part of the book
15	14. The fourteenth part of the book
16	15. The fifteenth part of the book
17	16. The sixteenth part of the book
18	17. The seventeenth part of the book
19	18. The eighteenth part of the book
20	19. The nineteenth part of the book
21	20. The twentieth part of the book
22	21. The twenty-first part of the book
23	22. The twenty-second part of the book
24	23. The twenty-third part of the book
25	24. The twenty-fourth part of the book
26	25. The twenty-fifth part of the book
27	26. The twenty-sixth part of the book
28	27. The twenty-seventh part of the book
29	28. The twenty-eighth part of the book
30	29. The twenty-ninth part of the book
31	30. The thirtieth part of the book
32	31. The thirty-first part of the book
33	32. The thirty-second part of the book
34	33. The thirty-third part of the book
35	34. The thirty-fourth part of the book
36	35. The thirty-fifth part of the book
37	36. The thirty-sixth part of the book
38	37. The thirty-seventh part of the book
39	38. The thirty-eighth part of the book
40	39. The thirty-ninth part of the book
41	40. The fortieth part of the book
42	41. The forty-first part of the book
43	42. The forty-second part of the book
44	43. The forty-third part of the book
45	44. The forty-fourth part of the book
46	45. The forty-fifth part of the book
47	46. The forty-sixth part of the book
48	47. The forty-seventh part of the book
49	48. The forty-eighth part of the book
50	49. The forty-ninth part of the book
51	50. The fiftieth part of the book
52	51. The fifty-first part of the book
53	52. The fifty-second part of the book
54	53. The fifty-third part of the book
55	54. The fifty-fourth part of the book
56	55. The fifty-fifth part of the book
57	56. The fifty-sixth part of the book
58	57. The fifty-seventh part of the book
59	58. The fifty-eighth part of the book
60	59. The fifty-ninth part of the book
61	60. The sixtieth part of the book
62	61. The sixty-first part of the book
63	62. The sixty-second part of the book
64	63. The sixty-third part of the book
65	64. The sixty-fourth part of the book
66	65. The sixty-fifth part of the book
67	66. The sixty-sixth part of the book
68	67. The sixty-seventh part of the book
69	68. The sixty-eighth part of the book
70	69. The sixty-ninth part of the book
71	70. The seventieth part of the book
72	71. The seventy-first part of the book
73	72. The seventy-second part of the book
74	73. The seventy-third part of the book
75	74. The seventy-fourth part of the book
76	75. The seventy-fifth part of the book
77	76. The seventy-sixth part of the book
78	77. The seventy-seventh part of the book
79	78. The seventy-eighth part of the book
80	79. The seventy-ninth part of the book
81	80. The eightieth part of the book
82	81. The eighty-first part of the book
83	82. The eighty-second part of the book
84	83. The eighty-third part of the book
85	84. The eighty-fourth part of the book
86	85. The eighty-fifth part of the book
87	86. The eighty-sixth part of the book
88	87. The eighty-seventh part of the book
89	88. The eighty-eighth part of the book
90	89. The eighty-ninth part of the book
91	90. The ninetieth part of the book
92	91. The ninety-first part of the book
93	92. The ninety-second part of the book
94	93. The ninety-third part of the book
95	94. The ninety-fourth part of the book
96	95. The ninety-fifth part of the book
97	96. The ninety-sixth part of the book
98	97. The ninety-seventh part of the book
99	98. The ninety-eighth part of the book
100	99. The ninety-ninth part of the book
101	100. The hundredth part of the book

## 1

## INTRODUÇÃO

*Os solos Latossolo Roxo Distrófico (LRd) representam 15% da superfície do Estado do Paraná e caracterizam-se, principalmente, pela grande profundidade efetiva, alto teor de argila, (sempre acima de 60%) e baixa capacidade de troca de cátions (EMBRAPA 1986). Esses solos necessitam de adubação adequada e calagem periódica, quando aproveitados para o estabelecimento de sistemas de exploração agrícola, como a sucessão soja-trigo.*

*O cultivo da soja e do trigo na Região Norte paranaense ocorre, em grande parte, sobre os solos classificados como LRd. A definição do potencial de fertilidade desses solos, para o cultivo da sucessão soja-trigo, e a capacidade de aproveitamento da fertilidade, em diferentes níveis, são informações ainda necessárias para aprimorar as recomendações de fertilizantes.*

*A sucessão soja-trigo tem-se revelado como um bom sistema de produção, quando ajustada a um esquema de rotação de culturas. Para a maximização desse sistema, considerando que tem sido comum, por parte de agricultores, não adubar com fósforo (P) ou potássio (K) para o cultivo da soja, é necessário conhecer a capacidade de aproveitamento das adubações praticadas para as culturas anteriores, ao longo dos anos de sucessão, e avaliar os efeitos dessa prática sobre a produtividade das culturas e as alterações nos níveis de fertilidade do solo.*

*Além de analisar a produtividade da soja e do trigo, no sistema em que não se aduba a soja, é mostrado, neste documento, que é possível estabelecer um esquema de adubação, em função de resultados de análise de solo, sem comprometer os níveis mínimos necessários de P e K no solo LRd, para que mantenham a melhor produtividade técnica e econômica dessas culturas.*



## 2

ADUBAÇÃO FOSFATADA  
PARA A SOJA

*Em relação aos macronutrientes essenciais ao cultivo da soja, a ordem decrescente quanto à exigência nutricional, segundo Mengal et al. (1978) é nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S). Desses, o P e o K são os nutrientes que merecem maiores cuidados quanto à disponibilidade no solo e à reposição na forma de fertilizantes. Apesar de a soja exportar quantidades relativamente menores de P em relação ao K (12 kg de  $P_2O_5$  para 22 kg de  $K_2O$ ), para cada tonelada de grãos, a disponibilidade do P no solo deve ser elevada.*

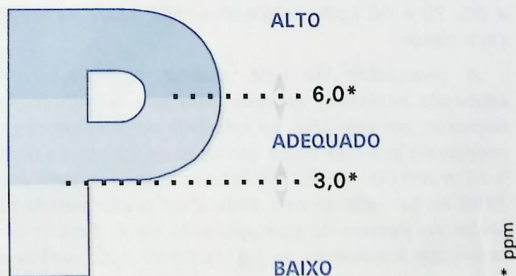
*O diagnóstico da necessidade de adubação fosfatada para o cultivo da soja é orientado por meio da análise de solo, complementada com informações sobre o histórico do uso e do manejo da terra. Segundo Sfredo & Borkert (1991), para os solos LRd, no Estado do Paraná, são definidos três níveis de P no solo, em função dos teores de P extraídos pela solução ácida de Mehlich: 1) até 3,0 ppm como baixo; 2) entre 3,1 a 6,0 ppm como adequado; e 3) acima de 6,1 ppm como alto. Para esses intervalos de disponibilidade de P, são recomendadas as doses máximas de  $P_2O_5$ , equivalentes a 60, 50 e 40 kg/ha, respectivamente.*

*O uso intenso de adubos fosfatados, em áreas continuamente cultivadas com soja, milho, trigo e aveia, tem permitido elevar, gradativamente, o fósforo disponível no solo. Em decorrência, as probabilidades de resposta da soja ao emprego do nutriente tendem a diminuir, conforme relatam Muzilli et al. (1980). Deve ser ainda observado que, à medida que se utiliza adubo fosfatado numa dada área, a correlação entre os teores do nutriente, revelado pela análise do solo e as respostas da cultura à adubação fosfatada tem diminuído, deixando até mesmo de existir. Ocorre que o uso crescente e contínuo de diferentes fontes de adubo fosfatado tem promovido transformações nas formas em que o nutriente permanece no solo, as quais, embora não sendo eficientemente extraídas pelo método rotineiro de análises (Mehlich), são, contudo, eficientemente extraídas pela soja.*

A constatação desses fatos, leva à proposição de novas orientações para a adubação fosfatada da soja. Considera-se, além dos dados fornecidos pela análise do solo, as aplicações anteriores, o manejo da fertilidade e a necessidade nutricional das culturas. Com esse critério, a tendência é de diminuir, gradativamente, as doses de fósforo a aplicar, à medida que o solo tenha sido mais intensamente adubado com o nutriente.

Efeitos da adubação residual fosfatada sobre a produtividade da soja, em solo LRd, foram observados por Mascarenhas et al. (1975) que relatam que o P aplicado, em dois anos consecutivos, para o cultivo da soja, (54 e 50 kg/ha de  $P_2O_5$ ), foi suficiente para promover ausência de resposta à adubação fosfatada no terceiro ano, e o solo apresentava uma concentração de P de 6,0 ppm. Em ensaios de maior duração, Sharpe et al. (1984) verificaram que, num sistema de sucessão soja-trigo, durante quatro anos, foi suficiente adubar anualmente somente para o cultivo de trigo, com a dose de P equivalente a 80 kg/ha de  $P_2O_5$ , para que a soja produzisse 2.300 kg/ha, em média, em um solo argiloso, com 12,0 ppm de P.

As considerações já feitas e as análises dos resultados de pesquisa, permitem inferir que é perfeitamente viável produzir soja com quantidades de P menores do que as doses máximas recomendadas e, em muitos casos, com ausência de adubação fosfatada.



## 3

ADUBAÇÃO POTÁSSICA  
PARA A SOJA

O potássio é o segundo elemento quantitativamente mais exigido, sendo apenas inferior ao nitrogênio. No entanto, todo o potássio extraído é proveniente da reserva do solo ou da adubação, enquanto grande parte do nitrogênio é fornecida pela fixação simbiótica. Segundo Borkert (1986), a soja extrai, em média, 16,5 kg de K por tonelada de grãos. Quando os solos são submetidos a um sistema de exploração intensiva, sem a devida reposição, como tem ocorrido na sucessão soja-trigo, o potássio do solo pode ser exaurido a níveis nos quais ainda não ocorre deficiência severa e visível na planta, mas, certamente limitam a obtenção de uma melhor produtividade.

A recomendação de adubação potássica para a soja é fundamentada, principalmente, nos teores de K do solo revelados pelas análises. Conforme Sfredo & Borkert (1991), para os solos do Paraná, são definidos quatro níveis de K: 1) valores menores que 0,10 meq/100g são considerados baixos; 2) entre 0,10 a 0,20 meq/100g são adequados; 3) entre 0,21 a 0,30 meq/100g como altos; e 4) acima de 0,30 meq/100g são considerados muito alto. Especificamente para os solos LRd, Borkert et al. (1993) separaram o K do solo em três níveis: 1) baixo, quando o teor deste nutriente é menor que 0,05 meq/100g; 2) médio, quando entre 0,05 e 0,10 meq/100g; e 3) alto, quando o teor é superior a 0,10 meq/100g. Estes autores recomendaram as doses de  $K_2O$  equivalentes a 90, 70 e 50 kg/ha, respectivamente, para os solos enquadrados em cada classe.

A capacidade da soja, quanto ao aproveitamento residual da adubação potássica, aplicada para seu cultivo ao longo dos anos de sucessão, em solo LRd, foi estudada por Mascarenhas et al. (1994) que concluíram que uma única aplicação de 150 kg/ha de  $K_2O$ , em solo com 0,13 meq/100g de K, foi suficiente para a soja produzir, em média, 1880 kg/ha, durante três anos. Esta produtividade não diferiu daquela obtida no tratamento sem aplicação de K. Borkert et al. (1993) observaram que a aplicação de 120 kg/ha de  $K_2O$ , em um solo LRd, elevou o

teor de K no solo de 0,04 meq para acima de 0,10 meq/100g, durante um período de cinco anos, com produtividade média de 3.045 kg/ha.

As observações sobre os efeitos residuais proporcionados pelas adubações com P e K, podem assegurar melhor racionalidade na quantificação e na periodicidade das adubações para a soja.



\* meq/100g



## 4

ADUBAÇÃO FOSFATADA  
PARA O TRIGO

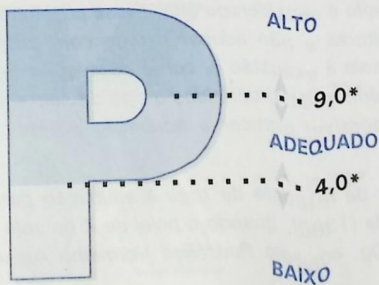
O trigo é uma planta relativamente exigente quanto ao P. Para uma produtividade de 2.000 kg/ha de grãos e 3.500 kg/ha de palha, o trigo necessita de 34 kg/ha de  $P_2O_5$ , sendo que destes, 23 kg/ha são extraídos através dos grãos.

A necessidade de adubação fosfatada para o trigo é diagnosticada pela análise de solo, que tem sido um critério eficiente nesta ação e suficiente para definir, de forma preventiva, a melhor quantidade de adubo fosfatado. Conforme Muzilli & Lantmann (1978), para o cultivo do trigo são definidos os seguintes níveis de P no solo, extraídos pelo método de Mehlich: 1) baixo, para valores menores que 4,0 ppm; 2) adequado para valores entre 4,1 a 9,0 ppm; e 3) alto para valores maiores que 9,1 ppm. Para solos com esses níveis são recomendadas as doses máximas de 90, 60 e 30 kg/ha de  $P_2O_5$ , respectivamente. Porém, em função do tempo de uso dos solos e das adubações praticadas anteriormente, essas doses podem ser reduzidas para 60, 30 e 10 kg/ha de  $P_2O_5$ , respectivamente.

Os efeitos de adubações fosfatadas sobre a produtividade do trigo podem, conforme relatos a seguir, promover acréscimos ou manutenção da produtividade, após alguns anos da sua aplicação e isso vai depender muito dos níveis de P nos solos. Magalhães et al. (1980), observaram que, em solo Latossolo Vermelho-Escuro, a adubação fosfatada do ano anterior contribuiu com 50% para produtividade do trigo. De forma semelhante Patela (1980), mostrou que o trigo apresentava produtividades iguais quando era adubado ou não com P, nas situações em que o solo Podzólico Vermelho-Amarelo continha, no mínimo, 9,0 ppm de P extraído pelo método de Mehlich, evidenciando a capacidade do trigo no aproveitamento do P de adubações anteriores.



O trigo tem baixa probabilidade de resposta à adubação fosfatada, quando o teor de P, em solo LRd, for maior que 9,0 ppm.



\* ppm

## 5

**ADUBAÇÃO POTÁSSICA  
PARA O TRIGO**

*De acordo com Malavolta (1977), para que o trigo atinja uma produtividade de 2.000 kg/ha são necessários 76 kg/ha de  $K_2O$ , dos quais 9 kg/ha, são exportados pelos grãos e 67 kg/ha são reciclados pela palha.*

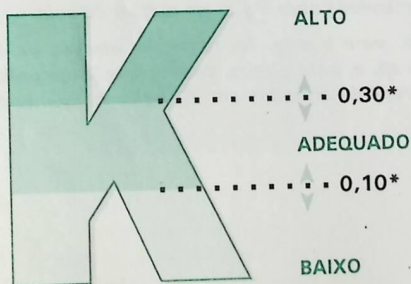
*Em sistemas de uso intensivo do solo, como é o caso da sucessão soja-trigo, a extração desse nutriente pela leguminosa é elevada (cerca de 22 kg/ha de  $K_2O$  por tonelada de grãos de soja). Nessas condições, não havendo reposições periódicas do nutriente, a carência poderá se manifestar mais cedo ou mais tarde e será mais intensa na cultura da soja.*

*Muzilli & Lantmann (1978), definem em solos LRd, no Estado do Paraná, três níveis de K no solo para o cultivo do trigo: 1) menores que 0,10 meq/100g são baixos; 2) entre 0,11 a 0,30 meq/100g são adequados; e 3) acima de 0,30 meq/100g são considerados altos. Para os solos enquadrados nesses níveis, são recomendadas as quantidades de  $K_2O$  equivalentes a 60, 45 e 30 kg/ha, respectivamente.*

*Tem sido observado, com relativa freqüência, a ausência de resposta do trigo à aplicação de K, principalmente quando o teor desse elemento no solo é considerado alto. Essas observações tem induzido alguns agricultores a não adubar o trigo com potássio. Tal prática pode levar o solo à exaustão e, como consequência, à baixas produtividades. Porém, se bem definidos o tipo de solo e o sistema de produção, será possível praticar a adubação potássica com racionalidade.*

*A ausência de resposta do trigo à adubação potássica foi observada por Patela (1980), quando o nível de K no solo esteve acima de 0,25 meq/100g, em solo Podzólico Vermelho Amarelo. Bartz et al.*

(1975), em um experimento conduzido durante três anos, no sistema de cultivo trigo-soja, em solo Latossolo Franco argiloso, observaram ausência de resposta do trigo à aplicação de K, no primeiro ano de cultivo, em razão do teor original de K no solo estar acima de 0,25 meq/100g. Porém, no terceiro ano, o trigo apresentou acréscimos de rendimentos pela aplicação de K e a adubação potássica aplicada à soja cultivada anteriormente, também produziu efeito residual no trigo, somente a partir do terceiro ano.



\* meq/100g

## 6

**EFEITOS DA AUSÊNCIA DE  
ADUBAÇÃO PARA A SOJA  
NA SUCESSÃO SOJA-TRIGO**

*Durante o período de 1989 a 1996 na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, em Londrina, PR, em solo LRd, foi realizado um experimento com o objetivo de avaliar os efeitos da ausência de adubação para a soja sobre a fertilidade do solo e as produtividades da soja e do trigo, cultivados em sistema de semeadura direta. O trabalho foi executado com um conjunto de 10 tratamentos, definindo as doses de fósforo e potássio em função de análise do solo e aplicados, anualmente, no sulco de semeadura (Tabela 1).*

*Os tratamentos 1 a 4 foram programados para medir os efeitos da ausência de qualquer adubação para a soja e os efeitos do P ou do K no rendimento do trigo. Os tratamentos de 5 a 8, para verificar os efeitos da adubação fosfatada ou potássica, praticada para a soja, sobre os rendimentos da soja ou trigo e os tratamentos 9 e 10, foram para a comparação com os demais, no caso de se adubar a soja e o trigo todos os anos.*

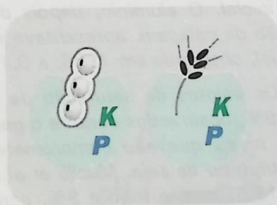
*Na análise dos rendimentos obtidos, em função dos tratamentos, deve-se sempre ter em consideração que o tratamento 9 representaria o de melhor desempenho, porque se estaria adubando anualmente para a soja e o trigo, em quantidades definidas pelas tabelas de adubação. O tratamento 10 representou uma situação de ser usada o dobro da adubação recomendada com P e K, no cultivo da soja.*

*O nitrogênio, para a soja, foi fornecido através da inoculação com *Bradyrhizobium* sp. e, para o trigo, com aplicação de uréia, para fornecer 50kg/ha de nitrogênio divididos em 20 kg/ha na semeadura e 30 kg/ha em cobertura.*

**TABELA 1.** Doses anuais de fósforo e potássio usadas em experimento com a sucessão soja/trigo, conduzido durante o período de 1989 a 1996 em solo Latossolo Roxo distrófico na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina. Embrapa-Soja. Londrina, PR. 1996.

Tratamento	Adubação para soja		Adubação para trigo	
	$P_2O_5$	$K_2O$	$P_2O_5$	$K_2O$
<i>kg/ha</i>				
1	0	0	0	0
2	0	0	50	30
3	0	0	50	0
4	0	0	0	30
5	30	0	50	30
6	60	0	50	30
7	0	50	50	30
8	0	100	50	30
9	30	50	50	30
10	60	100	50	30

Como fontes de  $P_2O_5$  foi usado o superfosfato simples e de  $K_2O$ , o cloreto de potássio.





## 6.1 **Efeitos da adubação e da correção da acidez sobre os índices de fertilidade do solo**

As análises de solo foram, sempre, obtidas de amostras coletadas após o cultivo da soja e representam a média das profundidades de 0 a 20 cm.

### **Acidez do Solo**

A análise de solo, realizada antes da instalação do experimento, revelou a necessidade de uma calagem, na quantidade de 2,2 t/ha, que foi efetuada com calcário dolomítico, três meses antes da semeadura da soja, em novembro de 1989. Os efeitos da calagem sobre o pH, o alumínio, a saturação de alumínio, o cálcio e o magnésio, durante o período 1989 a 1996, são mostrados nas Tabelas 2 e 3.

**Al+++ Al+++  
Al+++ Al+++  
pH**

A calagem promoveu, como esperado, a redução do teor de alumínio trocável de 0,16 para 0,0 meq/ 100g e aumentou o valor do pH de 4,51 para 5,05. Os resultados do ano de 1991 não apresentaram diferenças em relação aos observados em 1990 e o pH e o alumínio tiveram pouca alteração até o quarto ano após a calagem (1993). No quinto ano de experimentação (1994), o pH começou a apresentar valores mais baixos e, sete anos após a calagem, seu valor era semelhante ao inicial. O alumínio, depois do quinto ano da realização da calagem, apresentava valores semelhantes ao inicial, chegando em 1996, a 0,18 meq/100g.

**CaCO<sub>3</sub>  
MgCO<sub>3</sub>**

Os valores de saturação de alumínio entre 0,00 e 3,19%, observados durante o período de 1989 a 1996, são níveis que não comprometem o desenvolvimento do trigo ou da soja. Muzilli et al. (1978), mostraram ser de 12%, para o trigo e 9%, para a soja os valores de saturação acima dos quais o trigo e a soja são afetados, em termos de produtividade.

**Al+++ pH  
Al+++ pH**

Após a calagem, em 1989, os teores de cálcio e magnésio foram elevados de 3,95 e 1,17 para 5,19 e 1,76 meq/100g, respectivamente, no primeiro ano e

**Al+++  
Al+++**

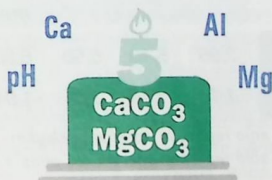
aumentaram até o segundo ano, chegando a 5,50 e 2,01. (Tabela 3). A partir de 1993, principalmente para o cálcio, houve um decréscimo na concentração desses nutrientes chegando, já em 1995, a valores próximos dos iniciais, 3,91 e 1,50 meq/100g. Raji et al. (1982) verificaram, em ensaio realizado em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, que o cálcio e o magnésio provenientes de calagem equivalente a 3t/ha, diminuíam da concentração no solo na razão de 0,29 e 0,30 meq/100g ao ano, respectivamente. Neste experimento, a razão anual da perda, foi de 0,25 para o cálcio e 0,33 para o magnésio.

As concentrações de cálcio (4,03 meq/100g) e magnésio (1,42 meq/100g) observadas em 1996, são níveis ainda suficientes para o cultivo da soja e do trigo.

---

A observação do conjunto de valores de pH, alumínio, cálcio e magnésio, permite concluir que os efeitos da calagem, para o sistema de sucessão soja-trigo, em solo LRd, perduraram por cinco anos.

---



**TABELA 2.** Valores de pH, concentração e saturação de alumínio em solo Latossolo Roxo distrófico, obtidos em experimento conduzido durante o período de 1989 a 1996, no sistema de sucessão soja-trigo na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. Embrapa-Soja. Londrina, PR. 1996.

	Anos							
	1989 <sup>1</sup>	1990 <sup>2</sup>	1991	1992	1993	1994	1995	1996
pH em CaCl <sub>2</sub>	4,51	5,00	5,05	5,04	5,03	4,70	4,63	4,58
Al meq/100g	0,16	0,00	0,00	0,01	0,03	0,08	0,13	0,18
Al %	2,40	0,00	0,00	0,13	0,41	1,29	2,28	3,19

<sup>1</sup> Análise de solo realizada antes da instalação do experimento.

<sup>2</sup> Análise de solo realizada seis meses após a calagem.

**TABELA 3.** Valores de cálcio e magnésio extraível (CaCl<sub>2</sub>) em Latossolo Roxo distrófico, obtidos em experimento conduzido durante o período de 1989 a 1996, no sistema de sucessão soja-trigo, na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. Embrapa-Soja. Londrina, PR. 1996.

	Anos							
	1989 <sup>1</sup>	1990 <sup>2</sup>	1991	1992	1993	1994	1995	1996
	mg/100g							
Ca	3,95	5,19	5,50	5,20	4,95	4,02	3,91	4,03
Mg	1,17	1,76	2,01	1,94	1,90	1,72	1,50	1,42

<sup>1</sup> Análise de solo realizada antes da calagem.

<sup>2</sup> Análise de solo realizada seis meses após a calagem.

## **Disponibilidade de Potássio**

Considerando que os níveis críticos de K são 0,20 e 0,30 meq/100g, para a soja e para o trigo, respectivamente, a concentração de K no solo, antes da instalação do experimento, era alta, com valores entre 0,37 e 0,43 meq/100g, (Tabela 4).

A influência dos tratamentos, sobre a disponibilidade de K, evidentemente, foi em decorrência das quantidades de K adicionadas ao solo durante o período do estudo. Assim, a maior concentração de K foi obtida quando se adubou com  $K_2O$  para a soja e trigo, atingindo, depois do quarto ano do experimento, uma concentração de até 0,48 meq/100g.

Um ponto importante, é verificar na Tabela 4 em quais tratamentos e em que tempo, os níveis de K se situam abaixo dos níveis críticos para ambas as culturas.

No caso do trigo, considerando o valor de 0,30 meq/100g, a concentração de K no solo ficou em nível médio, a partir do quinto ano (1993), nos tratamentos que não receberam qualquer adubação potássica ou somente a aplicação de K para o trigo. Esta observação está indicando que esse solo, com 0,39 meq/100g de K teria um suprimento de K para o trigo, pelo menos, para três anos.

Para a soja, em função do nível crítico de K ser determinado em 0,20 meq/100g, nenhum tratamento estaria comprometendo a disponibilidade deste elemento, até o sexto ano do experimento (1994). Além disso a adubação potássica, exclusivamente para o cultivo do trigo, foi suficiente para manter o nível de K no solo acima do nível crítico, até o sétimo ano.

Em sistemas de sucessão trigo/soja, o nível de K deveria estar sempre acima do maior nível exigido pelo trigo (0,30 meq/100g) e, neste caso, isso poderia ser mantido adubando-se com K, somente para o cultivo do trigo, durante os quatro primeiros anos. Após esse período, seria necessário adubar com K também para o cultivo da soja.





**TABELA 4.** Potássio extraível (Mehlich) de solo Latossolo Roxo distrófico, em função da adubação aplicada para a sucessão soja-trigo em experimento conduzido durante o período de 1989 a 1996, na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. Embrapa-Soja. Londrina, PR. 1996.

Adubação				A n o s									
Soja		Trigo											
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	1989 <sup>1</sup>	1990 <sup>2</sup>	1991	1992	1993	1994	1995	1996		
..... kg/ha .....				..... meq/100 g .....									
0	0	0	0	0,39	0,41	0,38	0,30	0,28	0,20	0,20	0,17		
0	0	50	30	0,41	0,36	0,35	0,34	0,25	0,23	0,23	0,19		
0	0	50	0	0,38	0,31	0,30	0,28	0,24	0,17	0,19	0,15		
0	0	0	30	0,38	0,31	0,33	0,32	0,25	0,20	0,26	0,20		
30	0	50	30	0,37	0,39	0,35	0,32	0,29	0,23	0,28	0,21		
60	0	50	30	0,38	0,33	0,33	0,34	0,30	0,28	0,27	0,23		
0	50	50	30	0,40	0,37	0,41	0,38	0,35	0,31	0,39	0,36		
0	100	50	30	0,42	0,38	0,37	0,35	0,37	0,32	0,35	0,34		
30	50	50	30	0,39	0,34	0,37	0,34	0,33	0,32	0,37	0,32		
60	100	50	30	0,43	0,44	0,46	0,45	0,48	0,42	0,46	0,44		

<sup>1</sup> análise de solo realizada antes da instalação do experimento.

<sup>2</sup> análise de solo realizada seis meses após a instalação do experimento.



## Disponibilidade de Fósforo

Determinado que os níveis críticos de P, em solo LRd são 6,0 e 9,0 ppm para a soja e o trigo, respectivamente, a concentração de P encontrada no solo, antes da instalação do experimento (1989) era alta para ambas as culturas, variando de 8,5 a 10,2 ppm. (Tabela 5).

A concentração de fósforo no solo é muito dependente do manejo do solo. No caso presente, como o experimento foi conduzido em sistema de semeadura direta, houve uma tendência da concentração aumentar em função do tempo e das doses de P usadas para o trigo e ou para a soja. Já no ano de 1990, após o primeiro cultivo da soja e do trigo, foram observados alguns acréscimos na disponibilidade do P, em relação ao ano de 1989, em função, evidentemente, das doses de  $P_2O_5$  usadas.

É importante observar em que tratamentos e em que tempo os níveis de P se situam abaixo dos níveis críticos, estabelecidos para ambas as culturas.

Para o trigo, a concentração de P começa a ficar abaixo do nível crítico (9 ppm) a partir do terceiro ano (1992) nos tratamentos que não receberam adubação fosfatada para a soja e o trigo.

A adubação fosfatada, exclusivamente para o trigo, foi suficiente para manter o nível de P acima do nível crítico durante seis anos (1990 a 1995). A partir do sétimo ano, os tratamentos que não receberam nenhuma adubação fosfatada, começaram a apresentar concentrações menores ou já bem próximas ao nível crítico estabelecido.

Para a soja, a concentração de P no solo começou a ficar abaixo do nível crítico (6 ppm) após o sétimo ano da sucessão (1995), quando foram observados valores de 5,3 a 4,8 ppm de P, nos tratamentos que não receberam adubação fosfatada no período.



Os tratamentos sem adubação fosfatada para a soja e o trigo mantiveram a concentração de P acima do crítico para a soja (6,0 ppm) até o sexto ano da sucessão.

Para o bom desempenho do sistema da sucessão, a concentração de P deveria ser mantida acima dos 9,0 ppm (nível crítico para o trigo) e isto seria viável adubando-se com  $P_2O_5$  somente para o cultivo do trigo, durante os sete anos.

Nos tratamentos sem adubação fosfatada para soja e trigo, é possível calcular as perdas de P no solo, na situação de ausência de adubação fosfatada para a sucessão, que foram, em média de, 0,6 ppm por ano.

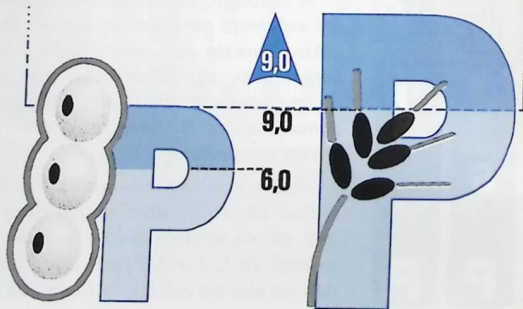


TABELA 5. Fósforo extraível (Mehlich) de solo Latossolo Roxo distrófico, em função da adubação aplicada para a sucessão soja-trigo em experimento conduzido durante o período de 1989 a 1996, na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. Embrapa-Soja. Londrina, PR. 1996.

Adubação				A n o s								
Soja		Trigo										
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	1989 <sup>1</sup>	1990 <sup>2</sup>	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
kg/ha				ppm								
0	0	0	0	9,9	9,7	8,9	8,6	7,8	6,6	5,3	5,0	
0	0	50	30	9,1	11,0	11,6	11,4	13,8	11,5	10,0	9,3	
0	0	50	0	9,0	9,3	10,4	9,8	12,5	9,5	10,8	8,6	
0	0	0	30	8,8	9,4	9,0	9,0	8,0	6,3	4,8	5,1	
30	0	50	30	10,1	10,8	10,0	11,2	16,9	12,8	13,7	11,1	
60	0	50	30	9,7	11,5	11,4	13,1	17,0	18,3	16,2	17,9	
0	50	50	30	8,9	8,6	9,1	9,4	12,0	9,9	9,0	9,2	
0	100	50	30	10,2	9,5	9,3	9,6	12,5	10,8	9,3	9,3	
30	50	50	30	9,2	8,2	11,7	12,4	16,4	11,9	10,7	10,7	
60	100	50	30	8,5	13,5	13,8	14,7	21,2	16,3	16,9	17,8	

<sup>1</sup> análise de solo realizada antes da instalação do experimento.

<sup>2</sup> análise de solo realizada seis meses após a instalação do experimento.

## 6.2

## Rendimento do trigo

A produtividade média de trigo, cultivar BR-18, de cada ano, reflete o efeito das doses de P e K aplicados durante os anos de execução do experimento (Tabela 6).

Como o experimento foi iniciado em 1989, com a soja, o trigo produzido em 1990 foi cultivado sob os efeitos das adubações para a soja e/ou trigo. No primeiro ano, o melhor resultado foi obtido quando não houve adubação para o cultivo da soja e só foram aplicados 50 kg/ha de  $P_2O_5$  para o trigo (2.366 kg/ha). Entretanto, de forma geral, não foram observadas diferenças altamente significativas entre os 10 tratamentos, em que pese o coeficiente de variação de 11,88 %, o que estaria dentro do esperado, pois os níveis de fertilidade eram altos (9,9 ppm de P e 0,39 meq/100g de K), ambos acima dos índices considerados como altos. (Tabelas 4, 5 e 6)

Nos segundo e terceiro anos, (1991 e 1992), o tratamento sem qualquer adubação para soja e/ou trigo, apresentou as menores produtividades, 1.835 e 2.104 kg/ha, respectivamente. Conforme os resultados da análise de solo nesses anos (Tabelas 4 e 5), o P já estava abaixo do índice crítico de 9,0 ppm, ou seja, com (8,9 e 8,6 ppm), e o K com 0,38 e 0,30 meq/100g, este último em nível crítico, aumentando a probabilidade de resposta à aplicação de  $P_2O_5$  e  $K_2O$ . Assim, os melhores rendimentos foram observados quando o trigo foi adubado com 50 kg/ha de  $P_2O_5$  e 30 kg/ha de  $K_2O$ . Os menores rendimentos foram obtidos quando não houve aplicação de ambos os fertilizantes. É importante observar ainda, nesses dois anos, que os melhores rendimentos (2.142 e 2.461 kg/ha) foram obtidos com adubação exclusiva para o





trigo, e foram semelhantes aos observados nos tratamentos em que a soja também havia sido adubada.

Em 1993, as concentrações de P e K solo estavam em valores dentro da faixa média, (7,8 ppm de P e 0,28 meq/100g de K) e, a partir desse ano, as diferenças entre os tratamentos com P e K, em relação aos tratamentos sem qualquer adubação, ou só com P ou K, passaram a ser significativas. A aplicação de 50kg/ha de  $P_2O_5$  mais 30 kg/ha de  $K_2O$ , somente para o trigo, significou um rendimento de mais 417 kg/ha em relação ao tratamento sem qualquer adubação. Os menores rendimentos foram observados nos tratamentos sem adubo fosfatado, indicando que o trigo respondeu mais ao P do que ao K. Ainda, após os quatro anos da sucessão, a aplicação de adubação exclusivamente para o trigo, apresentou rendimentos semelhantes aos tratamentos com adubação também para a soja.

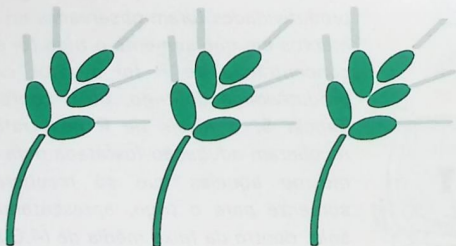


No ano de 1994, o rendimento do trigo foi muito afetado por uma prolongada estiagem e promoveu maior discriminação entre todos os tratamentos. Mesmo que a estiagem tenha aumentado a diferença entre os tratamentos, pode-se admitir que, a partir daquele ano, os tratamentos com adubação, também para a soja, tiveram uma tendência para maior rendimento do trigo.

No sexto ano da sucessão soja-trigo, as menores produtividades foram observadas no conjunto de tratamentos em que somente o trigo foi adubado. A menor concentração de P foi o fator comprometedor da produtividade do trigo, pois, conforme mostrado na Tabela 5, o níveis de P nos tratamentos que não receberam adubação fosfatada para a soja ou o trigo e mesmo aqueles que só receberam tal adubação somente para o trigo, apresentaram níveis de P no solo, dentro da faixa média de (4,0 a 9,0 ppm).



A observação do conjunto dos dados de rendimento de trigo, durante os seis anos, revela que o trigo começou a se beneficiar de adubações praticadas para a soja a partir do quarto ano da sucessão, pois, até aquele período, os rendimentos do trigo, no tratamento com adubação exclusiva para o trigo eram semelhantes aos observados quando se adubava também para a soja.



**TABELA 6.** Rendimento de grãos de trigo, cultivar BR-18, cultivado em sucessão à soja, em função de adubos aplicados à soja e ao trigo, em solo Latossolo Roxo distrófico, no período de 1990 a 1995, na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. Embrapa-Soja. Londrina, PR. 1996.

Adubação				A n o s					
Soja		Trigo							
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	kg/ha					
0	0	0	0	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0	0	50	30	1894 b <sup>1</sup>	1835 b	2104 b	2637 cd	0848 e	1920 e
0	0	50	0	1979 ab	2142 a	2461 a	3054 ab	1207 bc	2662 b
0	0	0	0	2366 a	1812 b	2138 b	2941 bc	1109 cd	2473 bc
0	0	0	30	2210 ab	1838 b	2147 b	2514 d	0949 de	1923 c
30	0	50	30	1926 b	2120 a	2694 a	3113 ab	1458 b	2955 ab
60	0	50	30	1997 ab	2168 a	2651 a	3231 ab	1413 b	2884 ab
0	50	50	30	1942 b	2023 ab	2477 a	3144 ab	1297 bc	2751 b
0	100	50	30	2096 ab	1975 ab	2529 a	3016 ab	1283 bc	2748 b
30	50	50	30	2046 ab	2032 ab	2617 a	3138 ab	1417 b	2958 ab
60	100	50	30	2311 ab	2199 a	2695 a	3322 a	1657 a	3081 a
Média				2076	2014	2441	3011	1263	2635
C.V. (%)				11,88	8,25	7,51	7,29	14,5	8,31
Teste F.				2,24*	4,39*	8,87*	8,22*	13,16*	8,71*

<sup>1</sup> médias seguidas da mesma letra, na coluna, não apresentam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

\* nível de significância de 5%.

## 6.3

### Rendimento da soja

Conforme foi citado nos itens 2 e 3, a soja é capaz de apresentar bons rendimentos em condições de baixa ou nenhuma adubação, desde que a fertilidade do solo esteja em níveis acima dos considerados críticos. Além disso, a soja, segundo a literatura citada, tem habilidade para aproveitar o efeito residual das fertilizações de anos anteriores.

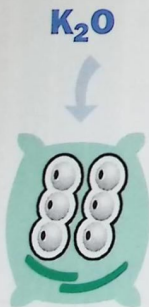
No presente trabalho, conforme é mostrado na Tabela 7, é possível evidenciar os efeitos da fertilidade inicial, da residual proveniente das adubações para o trigo e das fertilizações praticadas para a soja, sobre os rendimentos da soja, cultivar BR-16, durante os sete anos da sucessão.

No primeiro ano de experimentação (1990), não houve resposta a nenhum dos tratamentos, evidenciando que a fertilidade inicial do solo era suficiente para promover os melhores rendimentos.

Em 1991, foi observada pequena resposta à fertilização com P. Os rendimentos foram semelhantes quando se adubou com  $P_2O_5$  exclusivamente para o trigo (3.264 kg/ha), comparado àqueles obtidos quando se adubou, também com  $P_2O_5$ , para a soja (3.118 kg/ha).

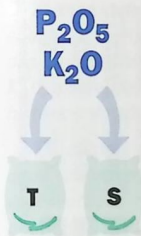
No terceiro ano da sucessão (1992), após dois anos de cultivos de soja e trigo, a soja apresentou ainda pequena resposta à fertilização fosfatada, sem que ainda os rendimentos obtidos pela soja, nos tratamentos com adubação fosfatada exclusivamente para o trigo, fossem diferentes daqueles obtidos quando se adubou com  $P_2O_5$  também para o cultivo da soja.

A partir do quarto ano da sucessão (1993), a soja começou a apresentar respostas também ao K proveniente da adubação aplicada para o trigo e em proporção semelhante à resposta obtida quando foi



aplicado  $K_2O$  também para o cultivo da soja.

No quinto ano da sucessão, após os quatro anos de cultivo de trigo, a concentração de P no solo (Tabela 5) começou a atingir o nível crítico para a soja, (6.0 ppm), nos tratamentos sem fertilizantes fosfatados. A soja passou a responder mais intensamente às aplicações de  $P_2O_5$ . O efeito residual das adubações com  $P_2O_5$ , exclusivas para o cultivo de trigo, foi evidenciado através da produtividade semelhante (2.119 e 2.236 kg/ha) àquelas obtidas quando se adubou com  $P_2O_5$  também para a soja (2.175 e 2.148 kg/ha). As concentrações de K no solo, nos tratamentos sem fertilização potássica, ficaram próximos do nível crítico de 0,20 meq/100g (Tabela 4) e a soja respondeu ao  $K_2O$  tanto do residual do trigo (2.063 kg/ha) como ao aplicado também para a soja (2.052 kg/ha). O melhor tratamento, nesse ano, foi observado quando se adubou com  $P_2O_5$  exclusivamente para o trigo, que foi semelhante ao tratamento obtido com 60kg/ha de  $P_2O_5$  mais 100 kg/ha de  $K_2O$  para a soja. (Tabela 7)



Em 1995, os efeitos residuais, tanto da adubação fosfatada como da potássica, aplicados para o cultivo do trigo, não produziram os melhores rendimentos de soja. Os melhores rendimentos foram obtidos quando se adubou também para a soja.

No sétimo ano da sucessão, o rendimento médio da soja foi excepcional, (4.137 kg/ha), em função das condições climáticas favoráveis e a soja voltou a apresentar, sob o efeito residual de adubações aplicadas ao trigo, produtividade semelhante àquela obtida quando se adubou também para o cultivo da soja, evidenciando que em anos favoráveis os efeitos residuais podem ultrapassar os cinco anos.



**TABELA 7.** Rendimento de grãos de soja, cultivar BR-16, cultivada em sucessão ao trigo, em função de adubos aplicados à soja e ao trigo, em solo Latossolo Roxo distrófico, no período de 1990 a 1996, na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. Embrapa-Soja. Londrina, PR. 1996.

Adubação				Anos						
Soja		Trigo								
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
kg/ha				kg/ha						
0	0	0	0	2048 a <sup>1</sup>	2774 b	1935 b	2300 c	1850 c	2379 c	3727 c
0	0	50	30	1804 a	3264 a	2188 ab	2865 ab	2119 ab	2697 bc	4200 a
0	0	50	0	2193 a	3025 ab	2152 ab	2408 bc	2236 a	2579 bc	4057 ab
0	0	0	30	2238 a	2930 b	2041 b	2409 bc	2063 b	2592 bc	3964 b
30	0	50	30	2215 a	3024 ab	2121 ab	2715 ab	2175 a	3262 b	4297 a
60	0	50	30	2091 a	3155 a	2138 ab	2619 b	2148 ab	3263 b	4317 a
0	50	50	30	2235 a	3165 a	2163 ab	2548 bc	1924 bc	3161 b	4198 a
0	100	50	30	1819 a	2932 ab	2024 b	2696 b	1874 c	3269 b	4150 ab
30	50	50	30	2093 a	3118 a	2196 ab	2781 ab	2052 bc	3354 ab	4273 a
60	100	50	30	2065 a	3285 a	2392 a	3091 a	2193 a	3414 a	4189 a
Média				2080	3067	2135	2643	2063	2997	4137
C.V. (%)				10,47	8,32	7,85	9,34	12,43	7,67	6,54
Teste F.				3,54*	5,37*	9,87*	8,54*	14,12*	8,74*	9,41*

<sup>1</sup> médias seguidas da mesma letra, na coluna, não apresentam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

\* nível de significância de 5%.



## 7 ANÁLISE ECONÔMICA DOS EFEITOS DA ADUBAÇÃO PARA O SISTEMA SOJA-TRIGO

*Quando se analisa os custos de produção do sistema soja-trigo, conclui-se que um dos itens que mais onera os custos variáveis é a prática de fertilização. Desta forma, pode-se afirmar que a correta análise dos custos dos insumos pode significar a diferença entre o lucro e o prejuízo.*

*Os fertilizantes, dependendo do tipo de solo, número de anos de cultivo na mesma área e dos requerimentos da cultura, podem representar mais de 40% dos custos dos insumos. No caso específico da soja, estimativas do custo de produção, para a safra de 1995/96, realizadas pela área de Economia Rural da Embrapa-Soja, indicam que o custo dos fertilizantes representa 37% do custo de todos os insumos, 24% dos custos variáveis e 12% do custo total.*

*A metodologia de análise econômica, utilizada neste trabalho, foi apenas a comparação entre custos de adubação e receitas em, função das produtividades, utilizando o custo médio dos fertilizantes  $P_2O_5$  e  $K_2O$  existentes nas fórmulas mais comuns, em abril/96 e o preço médio histórico do trigo e da soja.*

*De acordo com os dados de quantidade de fertilizante utilizado, em cada tratamento e as respectivas produtividades de trigo e soja, apresentados nas Tabelas 6 e 7, foram organizadas as Tabelas 8 e 9, que representam o custo de cada tratamento, a receita líquida<sup>1</sup> e a porcentagem relativa em relação ao tratamento sem adubação.*

*Em relação ao trigo (Tabela 8), a análise econômica mostra que, no primeiro ano, as melhores receitas foram obtidas quando se utilizou o P*

---

<sup>1</sup> A receita líquida foi considerada apenas como a diferença entre o preço do produto multiplicado pela quantidade produzida, menos o custo do emprego de fertilizantes, uma vez que o restante dos custos foi considerado o mesmo para todos os tratamentos.

ou o K, com um ganho de mais 10% e 12%, respectivamente. Os dados do segundo ano (1991) sugerem que, nesse ano não deveria ser aplicado fertilizantes ao solo. A partir do terceiro ano (1992), os tratamentos com adubação de P e K no trigo e na soja, começaram a produzir maior eficiência econômica em relação aos tratamentos com menos fertilizantes. Porém é importante observar que o receita líquida obtida com o trigo, pela adubação da soja com 30 kg/ha de  $P_2O_5$  mais a adubação comum aplicada ao trigo, (R\$ 375,04) é semelhante a receita observada com a adubação maior aplicada na sucessão (R\$ 375,20) ambas com 11% a mais, em relação ao obtido sem qualquer adubação. Em 1993, todas as adubações promoveram aumentos da receita líquida, sendo justamente este o ano em que os níveis de P e K no solo estariam próximos dos valores críticos para o trigo nas situações em que não se adubava, pelo menos, para o cultivo do trigo. No quinto ano de cultivo com trigo (1994), com produtividades muito baixas, em função de estiagem, a média geral de produtividade foi de 1.263 kg/ha (Tabela 6), as receitas líquidas foram altas, chegando a 54% a mais, na condição em que tanto a soja como o trigo eram adubados. Em 1995, foi acentuada a tendência de melhores receitas obtidas quando o trigo era cultivado em condições em que a soja era também adubada.

A análise econômica sobre a produtividade da soja (Tabela 9), revela que, no primeiro ano, as melhores receitas foram obtidas quando não se adubou a soja e aconteceram receitas negativas quando se adubou a soja. No período de 1991 a 1994, as melhores receitas foram verificadas na condição em que somente o trigo era adubado, isto é, sem custo de adubação para a soja, com até 24% a mais no ano de 1993.

A partir de 1995, as melhores receitas começam a ser obtidas quando a soja também foi adubada, com 32% a mais na situação da aplicação de 30 kg/ha de  $P_2O_5$  mais a adubação comum para o trigo e sendo justamente a época em que tanto o P como o K no solo, estavam próximos dos níveis críticos para a soja. (Tabelas 4 e 5). Em 1996, um ano muito favorável ao cultivo da soja, as receitas líquidas em função das adubações foram menores em relação ao ano anterior e a melhor receita, (13% a mais), foi verificada quando a soja foi adubada somente com 30kg/ha de  $P_2O_5$ .

Os dados econômicos permitem concluir que a receita líquida proporcionada pela adubação está na dependência, em primeiro lugar, do estado da fertilidade do solo e, em segundo, do conhecimento das alternativas de fertilidade do solo que o sistema de sucessão soja-trigo possa oferecer ao longo dos anos, para seu melhor aproveitamento.

**N P K**  
**Ca S Mg**



**TABELA 8.** Receita líquida dos rendimentos de trigo obtidos em função de adubos aplicados para a sucessão soja-trigo, custo da adubação com o trigo e porcentagem relativa da receita, obtidos de experimento conduzido no período de 1990 a 1995 em Latossolo Roxo distrófico, na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. Embrapa-Soja. Londrina, PR. 1996.

Adubação				Anos						
Soja		Trigo		Custo						
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O							
kg/ha				R\$						
0	0	0	0	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
0	0	0	0	303,04 <sup>100</sup>	293,60 <sup>100</sup>	336,64 <sup>100</sup>	421,92 <sup>100</sup>	135,68 <sup>100</sup>	307,20 <sup>100</sup>	
0	0	50	30	260,64 <sup>-14</sup>	286,72 <sup>-3</sup>	337,76 <sup>+1</sup>	432,64 <sup>+2</sup>	137,12 <sup>+1</sup>	389,92 <sup>+20</sup>	
0	0	50	0	336,06 <sup>+10</sup>	247,42 <sup>-15</sup>	299,58 <sup>-11</sup>	428,06 <sup>+1</sup>	134,94 <sup>-1</sup>	353,18 <sup>+4</sup>	
0	0	0	30	340,10 <sup>+12</sup>	280,59 <sup>-4</sup>	330,02 <sup>-2</sup>	388,74 <sup>-8</sup>	138,34 <sup>+1</sup>	294,18 <sup>-4</sup>	
30	0	50	30	252,16 <sup>-16</sup>	283,20 <sup>-4</sup>	375,04 <sup>+11</sup>	442,08 <sup>+4</sup>	177,28 <sup>+30</sup>	416,80 <sup>+35</sup>	
60	0	50	30	263,52 <sup>-13</sup>	290,88 <sup>-1</sup>	368,16 <sup>+9</sup>	460,90 <sup>+9</sup>	170,08 <sup>+25</sup>	405,44 <sup>+31</sup>	
0	50	50	30	254,72 <sup>-15</sup>	267,68 <sup>-9</sup>	340,32 <sup>+1</sup>	447,04 <sup>+6</sup>	151,52 <sup>+11</sup>	384,16 <sup>+25</sup>	
0	100	50	30	279,36 <sup>-8</sup>	260,00 <sup>-11</sup>	332,64 <sup>+1</sup>	426,56 <sup>+1</sup>	149,28 <sup>+10</sup>	383,68 <sup>+24</sup>	
30	50	50	30	271,36 <sup>-10</sup>	269,12 <sup>-8</sup>	362,72 <sup>+7</sup>	446,08 <sup>+6</sup>	170,72 <sup>+25</sup>	417,28 <sup>+35</sup>	
60	100	50	30	313,76 <sup>+3</sup>	295,84 <sup>+1</sup>	375,20 <sup>+11</sup>	475,52 <sup>+12</sup>	209,12 <sup>+54</sup>	436,96 <sup>+42</sup>	

Preço médio histórico do trigo R\$ 0,16/kg.

Preço do kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O em abril de 1996, R\$ 0,85 e R\$ 0,45 respectivamente.

100 Porcentagem relativa à receita obtida com o trigo sem adubação.



**TABELA 8. Receita líquida dos rendimentos da soja obtida em função de adubos aplicados para a sucessão soja-trigo, custo de adubação com a soja e porcentagem relativa da receita, obtidos de experimento conduzido no período de 1990 a 1995 em Latossolo Roxo distrófico, na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR, Embrapa-Soja. Londrina, PR. 1996.**

Adubação				A n o s									
Soja		Trigo		Custo									
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O										
kg/ha				R\$									
0	0	0	0	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996			
0	0	0	0	430,00 <sup>100</sup>	582,54 <sup>100</sup>	406,35 <sup>100</sup>	483,00 <sup>100</sup>	388,50 <sup>100</sup>	499,59 <sup>100</sup>	782,27 <sup>100</sup>			
0	0	50	30	378,84 <sup>12</sup>	685,44 <sup>17</sup>	459,48 <sup>13</sup>	601,65 <sup>24</sup>	444,99 <sup>14</sup>	566,37 <sup>13</sup>	822,00 <sup>5</sup>			
0	0	50	0	460,53 <sup>7</sup>	635,25 <sup>9</sup>	451,92 <sup>11</sup>	505,68 <sup>5</sup>	469,56 <sup>21</sup>	541,59 <sup>8</sup>	851,97 <sup>9</sup>			
0	0	0	30	469,98 <sup>9</sup>	615,30 <sup>5</sup>	428,61 <sup>5</sup>	505,89 <sup>5</sup>	433,23 <sup>11</sup>	544,32 <sup>9</sup>	832,44 <sup>6</sup>			
30	0	50	30	439,65 <sup>2</sup>	609,54 <sup>4</sup>	419,91 <sup>3</sup>	544,65 <sup>12</sup>	431,25 <sup>11</sup>	659,52 <sup>32</sup>	886,87 <sup>13</sup>			
60	0	50	30	388,11 <sup>10</sup>	611,55 <sup>5</sup>	397,98 <sup>2</sup>	498,99 <sup>3</sup>	400,08 <sup>3</sup>	634,23 <sup>26</sup>	855,57 <sup>9</sup>			
0	50	50	30	446,85 <sup>3</sup>	642,15 <sup>10</sup>	431,73 <sup>6</sup>	512,58 <sup>6</sup>	381,54 <sup>2</sup>	641,31 <sup>28</sup>	859,08 <sup>10</sup>			
0	100	50	30	336,99 <sup>21</sup>	615,72 <sup>6</sup>	380,04 <sup>6</sup>	521,16 <sup>7</sup>	348,54 <sup>10</sup>	641,49 <sup>28</sup>	826,65 <sup>6</sup>			
30	50	50	30	391,53 <sup>9</sup>	606,78 <sup>4</sup>	413,16 <sup>1</sup>	536,01 <sup>10</sup>	430,92 <sup>10</sup>	656,34 <sup>31</sup>	849,33 <sup>9</sup>			
60	100	50	30	337,65 <sup>21</sup>	593,85 <sup>2</sup>	406,32 <sup>0</sup>	553,11 <sup>14</sup>	364,53 <sup>6</sup>	620,94 <sup>24</sup>	783,69 <sup>0</sup>			

Preço médio histórico da soja R\$ 0,21/kg.

Preço da kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O em abril de 1996, R\$ 0,85 e R\$ 0,45 respectivamente.

100 Porcentagem relativa à receita obtida com a soja sem adubação.



# 8

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

*As conclusões deste trabalho devem orientar as decisões para a fertilização nos aspectos da calagem, quantidades de fósforo e potássio necessárias para a sucessão soja-trigo sob sistema de semeadura direta, inserida num sistema de rotação de culturas, em que, após o sétimo ano, a soja ou o trigo fossem substituído por outra espécie, durante um ciclo.*

*Também é necessário considerar que as recomendações e demais observações aqui relatadas, são válidas para situações semelhantes quanto, ao tipo de solo no qual se realizou o trabalho, ao nível inicial da fertilidade, no caso alta e em sistema de semeadura direta.*

➤ *A calagem efetuada em quantidade para atingir a saturação de bases em 70,0 %, foi suficiente, em solo LRd, para maximizar os rendimentos de trigo e soja, em sistema de semeadura direta, em até seis anos após sua aplicação.*

➤ *A concentração de fósforo no solo LRd foi mantida acima do nível crítico de 9,0 ppm para o trigo, quando se fertilizou, exclusivamente, para o cultivo do trigo, na sucessão soja-trigo, com doses equivalente a 50 kg/ha de  $P_2O_5$ , durante sete anos.*

*Obs.: Como o nível crítico de fósforo para a soja é definido em 6,0 ppm, a manutenção do nível crítico para o trigo atenderia a necessidade para as duas culturas*

➤ *A ausência de adubação fosfatada no solo LRd, para o cultivo da sucessão soja-trigo, promoveu um decréscimo na concentração de fósforo no solo equivalente a 0,6 ppm ao ano.*

➤ A concentração de potássio no solo LRd foi mantida acima do nível crítico estabelecido para o trigo em (0,30 meq/100g de K), durante quatro anos, quando se fertilizou exclusivamente para o cultivo do trigo, na sucessão soja-trigo, com doses equivalentes a 30 kg/ha de  $K_2O$ . Após esse período foi necessário se fertilizar também a soja com 50kg/ha de  $K_2O$ .

➤ A ausência de adubação potássica no solo LRd, para o cultivo da sucessão soja-trigo, promoveu um decréscimo na concentração de potássio no solo equivalente a 0,03 meq/100g ao ano.

➤ Nas condições iniciais de fertilidade em que se desenvolveu o trabalho, a quantidade de adubo aplicada exclusivamente para o cultivo do trigo, (50 kg/ha de  $P_2O_5$  mais 30 kg/ha de  $K_2O$ ), foi suficiente para manter a melhor produtividade do trigo até o quarto ano da sucessão com a soja. Após esse período os melhores rendimentos foram obtidos quando a soja também foi adubada.

➤ Nas condições iniciais de fertilidade em que se desenvolveu o trabalho, a quantidade de adubo aplicada exclusivamente para o cultivo do trigo, (50 kg/ha de  $P_2O_5$  mais 30 kg/ha de  $K_2O$ ), foi suficiente para manter o rendimento da soja semelhante ao obtido quando se adubou também para a soja, até o quinto ano da sucessão.

➤ A análise econômica revelou que os melhores retornos econômicos foram obtidos quando se fertilizou para a sucessão soja-trigo de forma a se considerar, sempre, a necessidade de fertilizantes em função da análise de solo, ou seja em situações em que os níveis de P ou K se encontrassem acima dos níveis críticos estabelecidos, o uso de  $P_2O_5$  ou  $K_2O$  só produziu receita negativa.

# 9

## RECOMENDAÇÕES

**1** A concentração de P no solo, para o sistema de sucessão soja-trigo, deverá ser mantido com, no mínimo, **9,0 ppm**, em função da exigência da cultura do trigo.

**2** A concentração de K no solo, para o sistema de sucessão soja-trigo, deverá ser mantida com, no mínimo, **0,30 meq/100g** em função da exigência da cultura do trigo.

**3** Em função das recomendações 1 e 2, as adubações com P e K para o cultivo da soja em sucessão ao trigo, poderão ser dispensadas, considerando-se que os níveis críticos de P e K no solo para a soja, **6,0 ppm de P e 0,10 meq/100g** serão menores do que os níveis exigidos para o trigo.

**4** Recomenda-se a análise periódica do solo, para a devida interpretação e tomada de decisões quanto à quantidade e à periodicidade das adubações.

# 10

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTZ, H.R.; KOCHHANN, R.A.; SIQUEIRA, O.J.; BORKERT, C.M. *Avaliação das curvas de resposta do trigo à adubação potássica em sucessão trigo-soja. In: REUNIÃO ANUAL CONJUNTA DE PESQUISA DE TRIGO, 7., 1975, Passo Fundo. Trigo-resultados de pesquisa em 1974. Passo Fundo : EMBRAPA-CNPT, 1975. v.1, p.81-96.*
- BORKERT, C.M. *Extração de nutrientes pela soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 14., 1986, Chapecó. Anais... Chapecó : EMPASC/EMBRAPA-CNPSo, 1986. p.164-165.*
- BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; SILVA, D.N. *Calibração de potássio trocável para soja em latossolo roxo distrófico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 17, n.2, p.223-226, 1993.*
- EMBRAPA. *Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo (Rio de Janeiro, RJ). Guia para identificação dos principais solos do estado do Paraná. Rio de Janeiro, 1986. 36p.*
- MAGALHÃES, J.C.A.; LOBATO, E.; RODRIGUES, L.H. *Calagem e adubação fosfatada para dois cultivares de trigo em solo de cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.4, n.3, p.160-164, 1980.*
- MALAVOLTA, E. *O potássio e a planta. Piracicaba : Instituto Internacional da Potassa, 1977. 21p. (Boletim Técnico, 1).*
- MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C.; IGUE, T.; TISSELLI, O.F.; MIRANDA, M.A.C. *Efeito residual de adubação em soja. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975. 13p. (Boletim Técnico, 24).*
- MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; GALLO, P.B.; BATAGLIA, O.C. *Efeito de adubos potássicos na produção de soja. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.51, n.1, p. 82-89, 1994.*
- MENGAL, D.B.; SEGARS, W.; REHM, G. *Soil fertility and liming. In: Wilcox, J.R. ed. Soybean: improvement, production and uses. Madison : American Society of Agronomy, 1978. p.461-496.*

- MUZILLI, O.; LANTMANN, A.F. *Calagem e adubação para a cultura de trigo no Estado do Paraná com base na análise de solos*. Londrina : IAPAR, 1978. 25p. (IAPAR. Circular, 2).
- MUZILLI, O.; LLANILLO, R.F.; MIRANDA, G.M. *Uso de fertilizantes na sucessão soja-trigo*. In: IAPAR (Londrina, PR). *Uso de fertilizantes na agricultura paranaense*. Londrina, 1980. p.17-30. (IAPAR. Circular, 16).
- MUZILLI, O.; SANTOS, D.; PALHANO, J.B.; MANETTI, J.; LANTMANN, A.F.; GARCIA, A.; CATANEO, A. *Tolerância de cultivares de soja e de trigo a acidez do solo*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.2, n.1, p.34-40, 1978.
- PATELA, J.F. *Influência de quinze anos de adubação NPK sobre o rendimento do trigo e algumas propriedades químicas do solo*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.4, n.1, p.31-35, 1980.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, A.P.; CAMARGO, A.P. de; SOARES, E. *Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.6, n.1, p.33-37, 1982.
- SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. *Soja: adubação e calagem no Brasil*. Londrina : EMBAPA-CNPSO. 1991. 30p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 48).
- SHARPE, R.R.; TOUCHTON, J.T.; BOSWELL, F.C.; LARGROVE, W.L. *Effect of applied and residual P on double-cropped wheat and under conservation on tillage managment*. *Agronomy Journal*, Madison, v.76, v.1, p.31-35, 1984.



# 11

## CONVERSÃO DE UNIDADES

Os laboratórios brasileiros adotaram o Sistema Internacional de Unidades visando atender a um acordo internacional que objetiva uniformizar as expressões de medidas. Em função disso, os laboratórios de análises de solos estão, a partir deste ano, emitindo seus laudos já com as unidades do sistema adotado.

Abaixo, um exemplo de uma análise com resultados expressos nos dois sistemas.

Determinação	Atualmente	Sistema Internacional de Unidades
pH	Admensional	Admensional
Teor de Matéria Orgânica	2,4%	24 g/dm <sup>3</sup>
Fósforo	8,3 ppm de P	8,3 mg/dm <sup>3</sup>
Cálcio	1,2 meq/100g	1,2 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>
Magnésio	0,8 meq/100g	0,8 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>
Potássio	0,2 meq/100g	0,2 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>
H + Al	3,1 meq/100g	3,1 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>
Soma de Bases (S)	2,2 meq/100g	2,2 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>
CTC Total (T)	5,3 meq/100g	5,3 cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>
Saturação por Bases (V%)	41,5 %	41,5 %

# 12

## AGRADECIMENTOS

*Os autores expressam seus agradecimentos a Fábio Rogério Ortiz, João Benedito Conceição, Jorge Julio de Azevedo, José da Silva, José dos Santos de Oliveira, José Zucca de Moraes, Laercio Volpato, Marisa Santos Eumann, Moisés de Aquino, Nélson Avila Simão, Nestor Miura, Nilza Brito Goulart, Reginaldo Brito dos Santos, Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli e Waldemar de Oliveira, pela colaboração, sem a qual o presente trabalho não poderia ter sido realizado.*

*A todos, o nosso muito obrigado.*

