

# **Simpósio sobre fósforo na agricultura brasileira.**

**São Pedro, SP. 14 – 16 de maio de 2003.**

- **Resposta da soja à adubação fosfatada.**
  - **POTAFOS / ANDA / IBRAFOS.**
    - **Aureo Francisco Lantmann**
      - **Eng. Agrônomo.**

## **Resposta da soja à adubação fosfatada.**

- **Necessidade da cultura, (grãos, folhas e exportação).**
- **Resposta da soja ao fósforo em diferentes situações de uso e manejo do solo.**
- **Diagnose da necessidade de fósforo para a soja, análise de solo e de folhas.**
  - **Fontes de fósforo e rendimento da soja.**

# Necessidade de fósforo.

- Referências.
- Composição de grãos e planta toda.
- Reposição.
- 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por cada 1000 kg pretendido.

**Absorve 7 kg de P ou 15 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para 1 t de grãos.**

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos grãos e planta toda rendimentos  
de soja.**

---

**kg ha<sup>-1</sup>**

---

	<b>1020</b>	<b>2040</b>	<b>3060</b>	<b>4080</b>	<b>5100</b>
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> grãos</b>	<b>6,6</b>	<b>15,8</b>	<b>34,3</b>	<b>45,8</b>	<b>59</b>
<b>planta</b>	<b>8,9</b>	<b>21,3</b>	<b>46,2</b>	<b>61,6</b>	<b>79</b>

---

Hanson, 1977.

## Quantidades médias de nutrientes necessárias para a produção de uma tonelada de grãos. (macronutrientes)

---

Nutriente	soja	milho	Trigo
	.....	kg/t .....	
<b>N</b>	<b>83,5</b>	<b>24,9</b>	<b>28,3</b>
<b>P</b>	<b>8,4</b>	<b>4,3</b>	<b>6,9</b>
<b>K</b>	<b>32,1</b>	<b>18,2</b>	<b>20,6</b>
<b>Ca</b>	<b>15,0</b>	<b>3,9</b>	<b>3,7</b>
<b>Mg</b>	<b>8,0</b>	<b>4,4</b>	<b>2,1</b>
<b>S</b>	<b>8,2</b>	<b>2,6</b>	<b>4,3</b>

---

# **Manejo do solo e resposta da soja á adubação fosfatada.**

- ✓ **Plantio direto.**
- ✓ **Efeito residual.**
  
- ✓ **Tempo de cultivo.**
- ✓ **Sistema de rotação ou sucessão.**
  
- ✓ **Disponibilidade de P.**
- ✓ **Nível crítico. (textura).**

## Produtividade de soja.

Balsas. MA 1993

Análise de solo

---

pH	Al	Ca	Mg	P	K	M.O.	V
	.....cmolc <sup>dm-3</sup> .....			.....mg dm <sup>-3</sup> .....		.....%.....	
5,2	0,0	2,8	0,9	13	84	2,4	48

---

Adubação. 430 kg/ha 02 - 20 - 18

2,5 kg de Zn - 0,2 kg de B - 0,12 kg de Mo

0,4 kg de Cu - 0,30 kg de Mn - 0,03 kg de Co

Produtividade: 5.684 kg/ha 94sac/ha 227sac/alq

CRISTALINA

Fonte: POTAFOS 1996.

## Produtividade de soja.

Dourados MS 1997

Análise de solo

---

pH	Al	Ca	Mg	P	K	M.O.	V
	.....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....			.....mg dm <sup>-3</sup> .....		.....%.....	
5,2	0,0	10,6	1,4	24	318	2,8	72

---

Sem adubo.

Produtividade: 4.860 kg/ha    81sac/ha    196 sac/alq

Adubação. 450 kg/ha    00 - 20 - 20

Produtividade: 4.860 kg/ha    81sac/ha    196 sac/alq

BR – 16

FONTE: Embrapa CPAO



**Rendimentos de grãos de milho, soja, trigo e soja, cultivados em sucessão e teor de fósforo no solo em Latossolo Vermelho. Embrapa Soja. Londrina 2002.**

Teor de P no solo	Produtividade			
mg dm <sup>-3</sup>	milho	soja	trigo	soja
		sac ha <sup>-1</sup>		
	s p	s p	s p	s p
5,3	67	44	42	47
9,3	95	53	51	58
15,1	97	53	53	60
17,8	103	53	54	55

**S p cultivado sem adubo fosfatado. c p cultivado com adubo fosfatado.  
Fonte: Lantmann 2002.**

**Sucessão de culturas, teor de fósforo no solo e rendimento de soja, em latossolo vermelho. Embrapa Soja, 1999.**

Tratamentos						Prof. cm	P mg dm <sup>-3</sup>	Rendimento	
anos		anos		anos				97	98
95	96	97	97	97	97	97	98		
tm - mi	tm - soj	tri - soj	tri - soj	tri - soj	tri - soj	0 - 5	15.3		
c	c	c	d	d	d	5 - 10	12.8	3.166	3.240
						10 - 15	11.0		
						15 - 20	5.3		
tri - soj	tri - soj	tri - soj	tri - soj	tri - soj	tri - soj	0 - 5	24.0		
c	d	d	d	d	d	5 - 10	8,1	2.467	3.140
						10 - 15	6,1		
						15 - 20	3,4		

tm = tremoço, mi = milho, tri = trigo, soj = soja.

**Fósforo extraível, método de Mehlich, de latossolo vermelho, em função da adubação aplicada para a sucessão soja trigo durante o período de 1989 a 2002. Embrapa Soja, 2002.**

<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (1)</b>		<b>Anos</b>						
<b>soja</b>	<b>trigo</b>	<b>90</b>	<b>92</b>	<b>94</b>	<b>96</b>	<b>98</b>	<b>00</b>	<b>02</b>
<b>...kg ha<sup>-1</sup>....</b>		<b>.....mg dm<sup>-3</sup>.....</b>						
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9,40</b>	<b>9,0</b>	<b>7,3</b>	<b>5,6</b>	<b>4,6</b>	<b>4,0</b>	<b>3,7</b>
<b>0</b>	<b>50</b>	<b>11,0</b>	<b>11,4</b>	<b>11,5</b>	<b>9,3</b>	<b>8,7</b>	<b>7,4</b>	<b>6,3</b>
<b>30</b>	<b>50</b>	<b>11,2</b>	<b>12,4</b>	<b>11,9</b>	<b>10,7</b>	<b>9,5</b>	<b>10,7</b>	<b>10,4</b>
<b>60</b>	<b>50</b>	<b>13,5</b>	<b>14,7</b>	<b>16,3</b>	<b>17,8</b>	<b>15,2</b>	<b>17,8</b>	<b>20,5</b>

**(1) quantidades aplicadas anualmente. Fonte: Lantmann, 2002.**

# **Diagnose da necessidade de fósforo para a soja.**

- **Análise de solo.**
- **Representatividade.**
- **Tabelas. (excelente argumento)**
- **Modelos matemáticos.**

## Análise do solo.

- período
- quantidade
- profundidade
- laboratório
- micronutrientes

### Análise química do solo

Nº	pH agua	Al	Ca	Mg	H/ Al	CTC	K	P	V	M.O.
		meq/100g					ppm		%	%
01	6,0	0,0	4,1	0,4	2,60	7,21	58	9,0	63,9	3,6
02	5,8	0,2	2,0	0,5	4,72	8,60	24	4,5	38,2	2,5

**Indicação de adubação fosfatada para soja no Estado do Paraná. Embrapa Soja, 1999.**

---

<b>Análise de solo</b>	<b>Quantidade a aplicar</b>
..... <b>mg.dm<sup>-3</sup></b> .....	..... <b>kg.ha<sup>-1</sup></b> .....
<b>P</b>	<b>P<sub>2</sub> O<sub>5</sub></b>
<b>&lt; 3,0</b>	<b>90 – 100</b>
<b>3,1 a 6,0</b>	<b>70 – 80</b>
<b>&gt; 6,0</b>	<b>50 – 60</b>

---

## Adubação fosfatada de semeadura para a soja.

Rendimento t ha <sup>-1</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>			
	0 - 3	4 - 8	9 - 20	> 20
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup>			
1,5 - 1,9 75	50	40	30	20
2,0 - 2,4 96	60	50	40	20
2,5 - 2,9 116	80	60	40	20
3,0 - 3,4 132	90	70	50	30
3,5 - 4,0 160	*	80	50	40

Fonte: Mascarenhas, H.A.A e Tanaka, R. T. Bol. Técnico nº 100. IAC. 1997

**Recomendação de adubação de adubação fosfatada para a cultura de soja nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.**

		-----Classe de solo <sup>1</sup> -----														
Teor de P no solo <sup>1</sup>		1 55%			2 41 a 55%			3 26 a 40 %			4 11 a 25%			5 5 a 10%		
		1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º
		-----Cultivos-----														
		-----kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> -----														
Limitante		140	75	50	130	60	40	120	50	40	120	50	40	130	60	40
Muito Baixo		105	60	40	95	40	R	85	R	R	85	R	R	95	40	R
Baixo		75	50	R	65	R	R	55	R	R	55	R	R	65	R	R
Médio		50	R	R	40	R	R	30	R	R	30	R	R	40	R	R
Suficiente		30	R	R	20	R	R	20	R	R	20	R	R	20	R	R
Alto		≤20	≤R	R	≤20	≤R	R	≤10	≤R	R	≤10	≤R	R	≤10	≤R	R

R (reposição): 2t/ha                      80 sac/alq                      25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha;  
 2t a 3 t/ha                      81 a 121 sac/alq                      40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha;  
 > 3t/ha                      122 sac/alq                      60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha

Fonte: CFS- RS/SC. 2000



## ANÁLISE FOLIAR

- ✓ **No caso da cultura de soja, a diagnose foliar apresenta-se como uma possibilidade complementar, às interpretações das análises de solo, para as futuras adubações.**
- ✓ **A diagnose foliar consiste em analisar, quimicamente, as folhas e interpretar os resultados conforme Tabelas.**

**Concentrações de macronutrientes usadas na interpretação dos resultados das análises de folhas de soja do terço superior no início do florescimento. Embrapa Soja. Londrina, PR. 1985<sup>1</sup>.**

<b>Elemento</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Baixo</b>	<b>Suficiente</b>	<b>Alto</b>	<b>Excessivo</b>
	..... g kg <sup>-1</sup> .....				
<b>N</b>	< 2,5	32,5 - 45,0	45,1 - 55,0	55,1 - 70,0	> 70,0
<b>P</b>	< 1,6	1,6 - 2,5	2,6 - 5,0	5,1 - 8,0	> 8,0
<b>K</b>	< 12,5	12,5 - 17,0	17,1 - 25,0	25,1 - 27,5	> 27,5
<b>Ca</b>	< 2,0	2,0 - 3,5	3,6 - 20,0	20,1 - 30,0	> 30,0
<b>Mg</b>	< 1,0	1,0 - 2,5	2,6 - 10,0	10,1 - 15,0	> 15,0
<b>S</b>	< 1,5	1,5 - 2,0	2,1 - 4,0	> 4,0	–

<sup>1</sup> Estes índices podem apresentar alterações em função do solo, clima e material genético.

## Casos mais comuns de efeitos entre os nutrientes.

Nutriente

Efeito no teor foliar

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cl	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
N	+		↓	+		↓	↓						
P		+	↓	+			↓	↓	↓			+	↓
K			+	↓	↓								
Ca			↓	+	↓								
Mg		+	↓	↓	+						↓		↓
S		↓				+					↓	↓	
B							+						↓
Cl						↓		+					+
Cu									+	↓	↓	↓	↓
Fe									↓	+	↓		
Mn				↓						↓	+		↓
Mo									↓			+	
Zn		↓											+

Fonte: Malavolta, 1997.

**Produtividade da soja, ano/safra 98/99 e concentração de P, Cu e B nas folhas em função de, fósforo aplicados para a sucessão soja - trigo em solo Latossolo Roxo distrófico. Embrapa Soja. Londrina PR. 2001.**

Dose anual		Produtividade	Concentração nas folhas.		
$P_2O_5$			P	Cu	B
..... kg ha <sup>-1</sup>	.....	.....	..... g kg <sup>-1</sup>	.....	..... mg kg <sup>-1</sup>
0		2884	2,75	10,3	75,9
50		3539	3,62	11,3	69,1
50		3344	3,70	10,6	69,2
0		2510	2,54	7,44	61,3
80		3373	4,13	8,25	57,6
110		3389	4,00	8,52	54,0
80		3542	3,82	8,26	50,7
110		3193	4,31	7,53	44,6

**Produtividade da soja, ano/safra 98/99 e índice DRIS para P, Cu e B em função de, fósforo aplicados para a sucessão soja - trigo em solo Latossolo Roxo distrófico. Embrapa Soja. Londrina PR. 2001.**

Dose anual $P_2O_5$ ..... kg ha <sup>-1</sup> .....	Produtividade	Índice DRIS.		
		P	Cu	B
0	2884	<b>-9,9</b>	3,3	22,2
50	3539	2,8	6,5	16,9
50	3344	0,5	1,2	14,0
0	2510	<b>-18,3</b>	<b>-14,7</b>	6,8
80	3373	2,0	<b>-12,6</b>	3,8
110	3389	0,8	<b>-10,4</b>	2,2
80	3542	3,8	<b>-7,1</b>	3,6
110	3193	16,6	<b>-8,3</b>	2,4

**Fonte: Lantmann 2001.**

## **Fosfatos naturais reativos**

- **✓ O fósforo é um nutriente limitante à maior produtividade da soja.**
- **✓ Alto custo de fertilizantes fosfatados.**
- **✓ Alternativas mais baratas e com eficiência agronômica.**
- **✓ Fosfatos naturais reativos na forma não moída.**

**Tabela 3. Índices de eficiência agrônômica (IEA) do FNR de Gafsa durante quatro cultivos de soja, para aplicações anuais de 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a lanço e no sulco de plantio em área com e sem preparo do solo.**

Preparo do solo	Modo de aplicação	IEA - %			
		1º ano	2º ano	3º ano	4º ano
<b>Com</b>	<b>Lanço</b>	<b>66</b>	<b>80</b>	<b>104</b>	<b>110</b>
<b>Com</b>	<b>Sulco</b>	<b>16</b>	<b>53</b>	<b>83</b>	<b>97</b>
<b>Sem</b>	<b>Lanço</b>	<b>0</b>	<b>64</b>	<b>60</b>	<b>63</b>
<b>Sem</b>	<b>Sulco</b>	<b>16</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>70</b>

Fonte: Souza, dados não publicados.

**TABELA 2. Rendimento acumulado de três cultivos de soja e índice de Eficiência Agronômica (IEA) em resposta aos fosfatos aplicados a lanço e incorporados no primeiro cultivo na dose de 160 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.**

Fosfato	Ren. acumulado	I E A		
		1991/92	1992/93	1993/94
	t/ha	% .....		
Super triplo	4,37	100	100	100
Car. Norte	4,62	63	138	167
Car. Norte moído	4,56	96	112	114

Fonte: Souza, 1998



**Tabela 1. Dados da análise química do solo latossolo roxo distrófico antecedendo à instalação do experimento Avaliação Agronômica de Fontes de Fósforo. Embrapa-Soja. Londrina, PR. 1997**

Nº	PH CaCl <sub>2</sub>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>							%		g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>
		Al	K	Ca	Mg	H+Al	S	CTC	Al	V	C	P
01	4,7	0,04	0,27	3,9	1,6	5,7	5,8	11,5	0,68	50,5	14,0	6,0
02	4,8	0,00	0,40	3,9	1,5	5,3	5,9	11,2	0,00	52,8	11,8	6,6
03	4,8	0,02	0,40	3,6	1,7	5,6	5,7	11,4	0,34	50,5	15,7	6,3

**Rendimento de soja (BR-16) em latossolo roxo distrófico em função de seis fontes de fertilizantes fosfatados e quatro doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Embrapa-Soja. Londrina, PR. 1998**

<b>Doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>Fontes de fertilizantes fosfatados</b>					
	<b>S. Triplo</b>	<b>Daoui</b>	<b>G. White</b>	<b>G. Black</b>	<b>F. Argélia</b>	<b>F. Arad</b>
	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>					
<b>0</b>	<b>3020 c<sup>1</sup></b>	<b>2884 c</b>	<b>3073 a</b>	<b>3111 a</b>	<b>2982 a</b>	<b>2787 b</b>
<b>60</b>	<b>3135 bc</b>	<b>3192 bc</b>	<b>3032 a</b>	<b>3249 a</b>	<b>3207 a</b>	<b>3209ab</b>
<b>120</b>	<b>3517ab</b>	<b>3356ab</b>	<b>3152 a</b>	<b>3326 a</b>	<b>3232 a</b>	<b>3253 a</b>
<b>240</b>	<b>3783 a</b>	<b>3578 a</b>	<b>3140 a</b>	<b>3279 a</b>	<b>3291 a</b>	<b>3185ab</b>
<b>Média</b>	<b>3363 A</b>	<b>3252 A</b>	<b>3099 A</b>	<b>3241 A</b>	<b>3178 A</b>	<b>3108 A</b>

<sup>1</sup> médias seguidas da mesma letra minúscula para coluna e maiúscula para linha, não apresentam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

**Rendimento de soja (BR-16) em Latossolo Roxo distrófico em função de seis fontes de fertilizantes fosfatados e quatro doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, média de três anos. Embrapa-Soja. Londrina, PR. 2001.**

<b>Doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>Fontes de fertilizantes fosfatados</b>					
	<b>S. Triplo</b>	<b>Daoui</b>	<b>G. White</b>	<b>G. Black</b>	<b>F. Argélia</b>	<b>F. Arad</b>
	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>					
<b>0</b>	<b>3163 b</b>	<b>3113 b</b>	<b>3200ab</b>	<b>3237 b</b>	<b>3118 b</b>	<b>3016 b</b>
<b>60</b>	<b>3268 b</b>	<b>3307ab</b>	<b>3189 b</b>	<b>3315ab</b>	<b>3346ab</b>	<b>3218ab</b>
<b>120</b>	<b>3525ab</b>	<b>3414ab</b>	<b>3186 b</b>	<b>3439 a</b>	<b>3464ab</b>	<b>3433 a</b>
<b>240</b>	<b>3691 a</b>	<b>3572 a</b>	<b>3352 a</b>	<b>3497 a</b>	<b>3532 a</b>	<b>3351ab</b>
<b>Média</b>	<b>3411 A</b>	<b>3351AB</b>	<b>3231 B</b>	<b>3370AB</b>	<b>3365AB</b>	<b>3254 B</b>

<sup>1</sup> médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula para linha, não diferem significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

# **Simpósio sobre fósforo na agricultura brasileira.**

**São Pedro, SP. 14 – 16 de maio de 2003.**

- **Resposta da soja à adubação fosfatada.**
  - **POTAFOS / ANDA / IBRAFOS.**
    - **Aureo Francisco Lantmann**
      - **Eng. Agrônomo.**