

POTAFOS
SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA
AGRICULTURA BRASILEIRA
FÓSFORO NO SOLO E A CULTURA
DO TRIGO

Sirio Wiethölter

**Hotel Fazenda Colina Verde,
São Pedro, SP, 14 a 16 de maio de 2003**

Assuntos:



- **Introdução geral sobre trigo**
- **P no solo para trigo:**
 - **RS/SC**
 - **PR**
 - **SP**
 - **MG**
 - **Cerrado**
- **P na planta de trigo**
- **Síntese**



P

- Descoberto por Brand em 1772.
- Primeiro fertilizante, sugestão de Liebig, 1840: farinha de ossos + H_2SO_4 .
- Mineração, em Suffolk, 1847.
- Essencial para plantas - Ville 1860.



Uso do solo	Área, Bi ha
Área cultivada*	1,5
Pastagem	3,0
Florestas	4,1
Outros usos	4,5
TOTAL	13,1


*TRIGO (15 %)	215 M ha
Produção (1/3 dos grãos)	578 M t
Rendimento médio mundial	2,67 t/ha
Rendimento médio no Brasil	1,7 t/ha
Produção no Brasil	3 M t
Consumo no Brasil	10 M t
Meta de produção (3 M ha)	5 M t



Área no Brasil em 2002	mil ha
PR	1130
RS	750
SC	53
SP, MS, MG, MG, BA e DF	155
TOTAL	2088

Área no Brasil em 2003	mil ha
PR	1200
RS	850
SC	60
MS, SP, GO, MT, MG e BA	155
TOTAL	2265

Formas de P no solo

- 
- P inorgânico (P_i):
 - P-Fe, P-Al e P-Ca.
 - P orgânico (P_o):
 - compostos não lábeis (ácidos húmicos),
 - compostos lábeis (ácido fúlvico e fosfolipídios),
(de alguma importância no plantio direto).

Importância do P orgânico

- Supondo:
- Solo = 5 % de MO;
- MO = 0,5 % P;
- Mineralização da MO = 1 % por safra;
- >>> $P_o = 500$ kg/ha;
- >>> Conversão de P_o em $P_i = 5$ kg P/ha/safra.
- Sob plantio direto:
- Acúmulo de 1 % de MO em 10 anos:
- Imobilização de $P_i = 100$ kg P_o /ha em 20 cm.

P no solo para trigo

- **RS/SC, PR, SP, MS, MG, Cerrado.**
- **Resposta de trigo a P.**

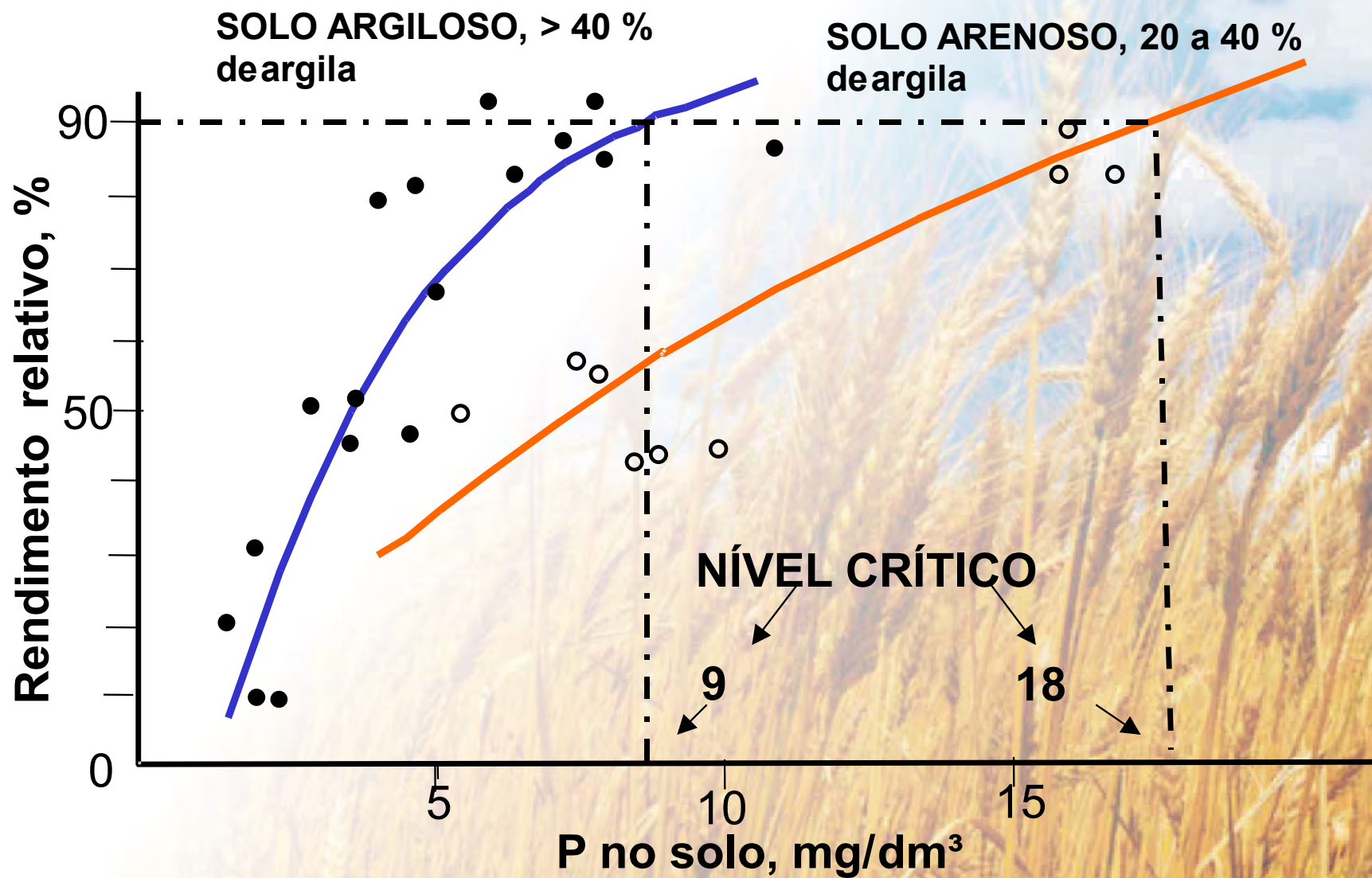


Figura 1. Relação entre rendimento relativo de trigo e teor de P (Mehlich-I) em solos argilosos e arenosos do RS (Mielniczuk, 1969b).

Tabela 1. Interpretação dos teores de P do solo e doses de P_2O_5 para trigo – RS 1968.

Teor de P	Adubação corretiva	Adubação de manutenção
--- mg P/dm³ --	----- kg P₂O₅/ha -----	
≤ 3,0	80 – 100	40
3,1 – 6,0	45 – 60	40
6,1 – 9,0	30 – 40	40
> 9,0	0	40

Fonte: UFRGS (1968). Método de Mehlich-I.

Tabela 2. Classes de interpretação de P em solos e doses de P₂O₅ para adubação de correção e de manutenção para trigo – RS - 1969 a 1973.

Teor de P	Classe textural do solo		Adubação	
	Argiloso	Arenoso	Correção	Manutenção
	----- mg P/dm ³ -----		----- kg P ₂ O ₅ /ha -----	
Muito baixo	≤ 4,0	≤ 10,0	120	40
Baixo	4,1 – 8,0	10,1 – 20,0	80	40
Médio	8,1 – 12,0	20,1 – 30,0	40	40
Bom	> 12,0	> 30,0	0	40

Fonte: Mielniczuk et al., (1969a). Método de Mehlich-I.

Tabela 3. Classes de interpretação de P em solos e doses de P₂O₅ para adubação de correção e de manutenção para trigo – RS/SC - 1973 a 1981.

Teor de P	Classe textural do solo e % de argila			Adubação	
	Argiloso > 40	Franco 20-40	Arenoso < 20	Correção	Manutenção
	----- mg P/dm ³ -----			----- kg P ₂ O ₅ /ha -----	
Muito baixo	≤ 3,0	≤ 6,0	≤ 10,0	120	70
Baixo	3,1 – 6,0	6,1 – 12,0	10,1 – 20,0	80	70
Médio	6,1 – 9,0	12,1 – 18,0	21,1 – 30,0	40	70
Bom	> 9,0	> 18,0	> 30,0	0	70

Fonte: UFRGS (1973); Tabelas... (1976). Método de Mehlich-I.

Tabela 4. Classes de interpretação de P em solos e doses de P₂O₅ para adubação de correção e de manutenção para trigo – RS/SC - 1981 a 1987.

Teor de P	Classe textural do solo e % de argila			Adubação	
	Argiloso > 40	Franco 20-40	Arenoso < 20	Correção	Manutenção
	----- mg P/dm ³ -----			----- kg P ₂ O ₅ /ha -----	
Muito baixo	≤ 3,0	≤ 6,0	≤ 10,0	120	70
Baixo	3,1 – 6,0	6,1 – 12,0	10,1 – 20,0	60	70
Médio	6,1 – 9,0	12,1 – 18,0	21,1 – 30,0	0	70
Bom	> 9,0	> 18,0	> 30,0	0	70

Fonte: ROLAS (1981). Método de Mehlich-I.

Trigo, solos argilosos, RS

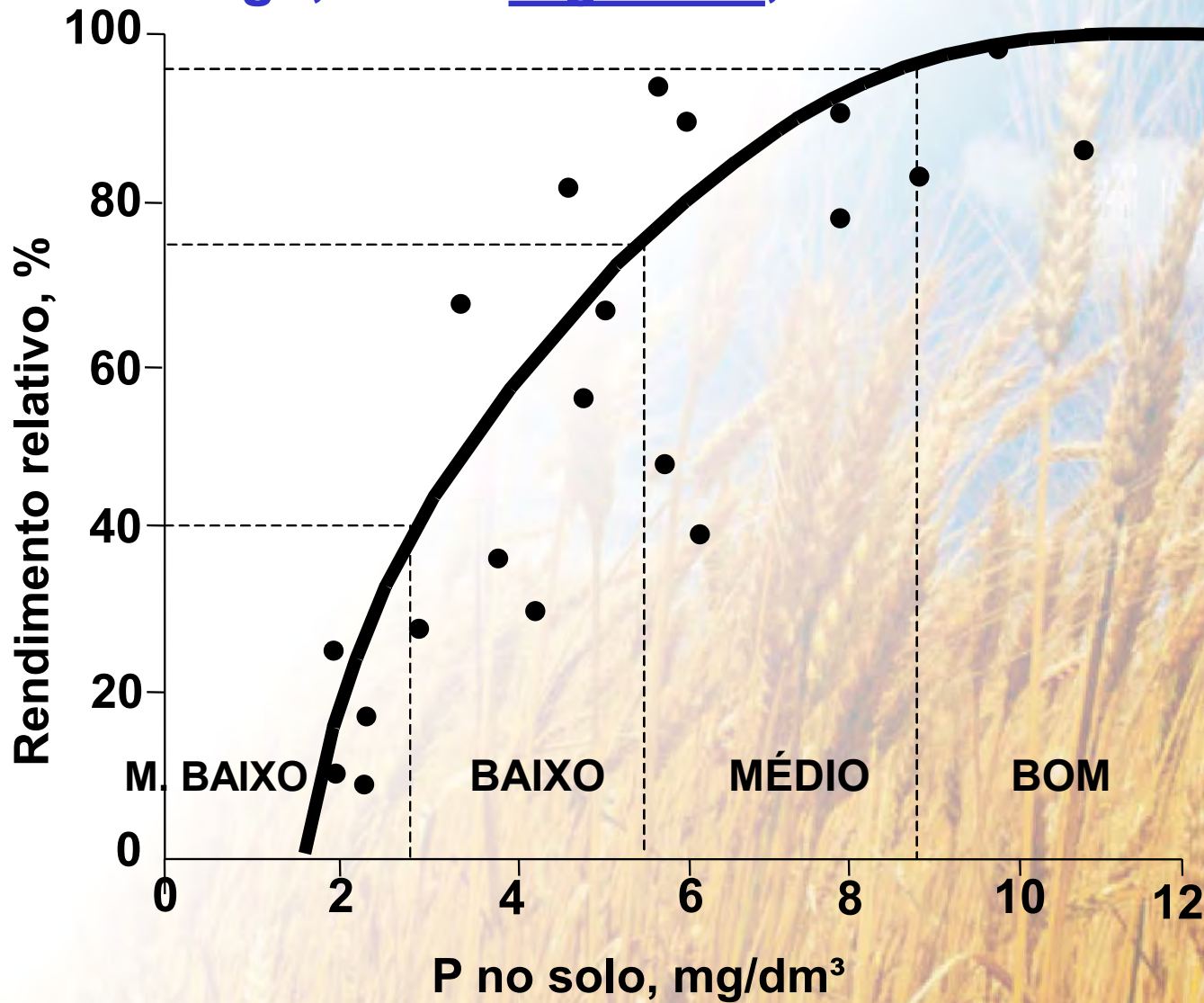


Figura 2. Relação entre rendimento relativo de trigo e teor de P (Mehlich-I) em solos argilosos do RS (Mielniczuk, 1982).

Tabela 5. Classes de interpretação de P em solos para trigo e outras culturas - RS/SC - 1987 a 2001.

Teor de P	% de argila				
	> 55	41 – 55	26 – 40	11 – 25	≤ 10
	----- mg P/dm ³ -----				
Limitante	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 4,0
Muito Baixo	1,1 – 2,0	1,6 – 3,0	2,1 – 4,0	3,1 – 6,0	4,1 – 8,0
Baixo	2,1 – 4,0	3,1 – 6,0	4,1 – 9,0	6,1 – 12,0	8,1 – 16,0
Médio	4,1 – 6,0	6,1 – 9,0	9,1 – 14,0	12,1 – 18,0	16,1 – 24,0
Suficiente	> 6,0	> 9,0	> 14,0	> 18,0	> 24,0
Alto	> 8,0	> 12,0	> 18,0	> 24,0	> 30,0

Fonte: Siqueira et al. (1987); Comissão..., (1989); Comissão..., (1995). Método de Mehlich-I.

Tabela 6. Doses de P₂O₅ para a cultura de trigo em função da análise do solo - RS/SC – 1987 a 2001.

Teor de P no solo	% de argila														
	> 55			41 – 55			26 – 40			11 – 25			≤ 10		
	Cultivo ⁽¹⁾														
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
	----- kg P ₂ O ₅ /ha -----														
Limitante	150	95	65	140	80	50	130	70	40	130	70	40	140	80	50
Muito baixo	120	90	60	110	70	40	100	60	R	100	60	R	110	70	40
Baixo	90	65	R	80	50	R	70	40	R	70	40	R	80	50	R
Médio	70	R	R	60	R	R	50	R	R	50	R	R	60	R	R
Suficiente	50	R	R	40	R	R	30	R	R	30	R	R	40	R	R
Alto	≤30	≤R	R	≤30	≤R	R	≤20	≤R	R	≤20	≤R	R	≤30	≤R	R

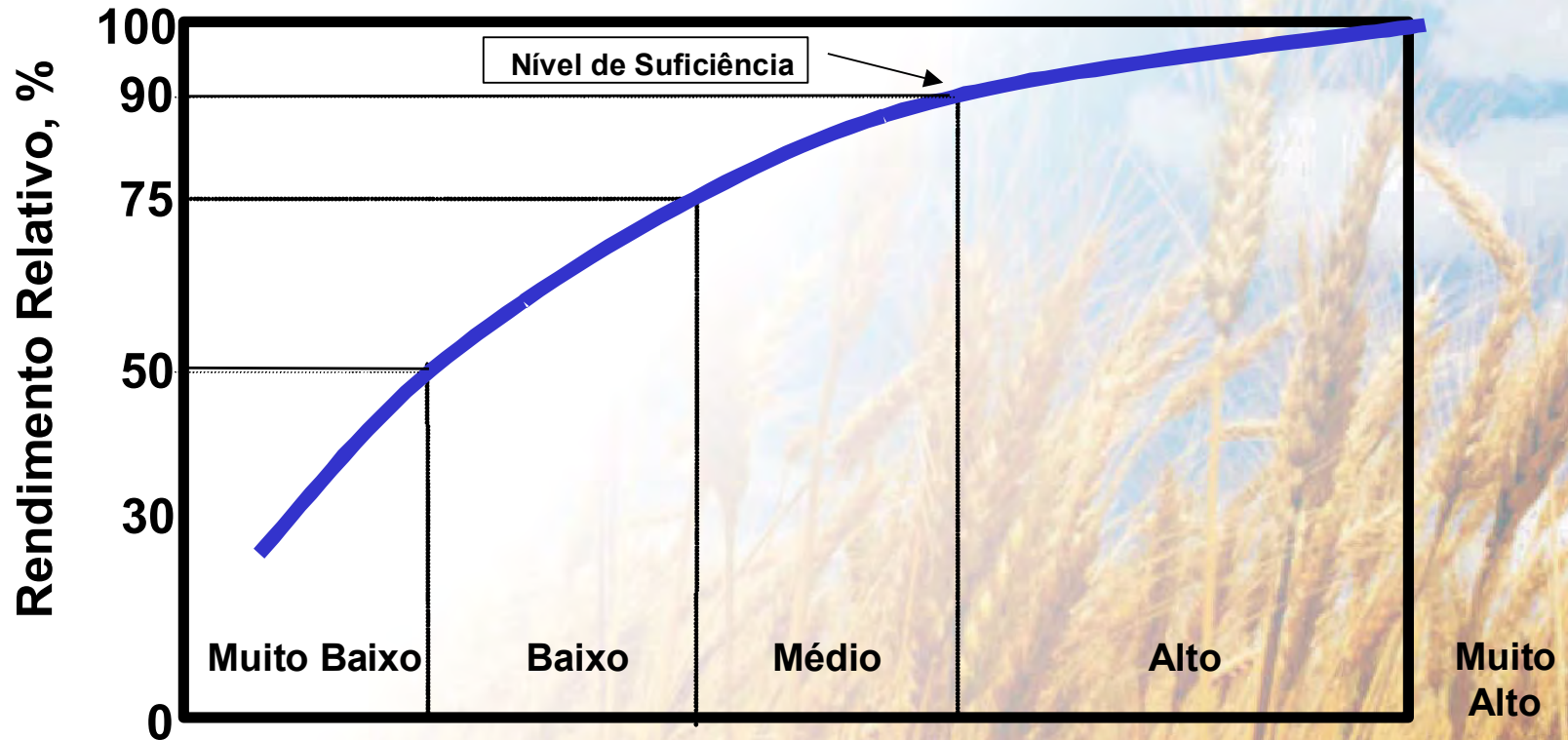
Fonte: Comissão...(1995).

⁽¹⁾Número do cultivo após a análise do solo.

Tabela 7. Interpretação dos teores de P no solo – RS/SC (Comissão de Química e Fertilidade do Solo, NRS-SBCS, 2001).

Interpretação do teor no solo	P Mehlich-I					Solos alagados	P resina ⁽¹⁾
	% de argila						
	> 55	41 – 55	26 – 40	11 – 25	≤ 10		
----- mg P/dm ³ -----							
Muito baixo	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 6,0	≤ 8,0	-	≤ 5,0
Baixo	2,1 – 4,0	3,1 – 6,0	4,1 – 8,0	6,1 – 12,0	8,1 – 16,0	≤ 3,0	5,1 – 10,0
Médio ⁽²⁾	4,1 – 6,0	6,1 – 9,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	16,1 – 24,0	3,1 – 6,0	10,1 – 20,0
Alto	6,1 – 12,0	9,1 – 18,0	12,1 – 24,0	18,1 – 36,0	24,1 – 48,0	6,1 – 12,0	20,1 – 40,0
Muito alto ⁽³⁾	> 12,0	> 18,0	> 24,0	> 36,0	> 48,0	> 12,0	> 40,0
Cap. Tampão ⁽⁴⁾	30	20	15	10	7,5	-	1 – 2

P Mehlich-I - RS/SC 2001



CLASSE	% ARGILA	mg P/dm ³				
1	> 55	2	4	6	12	
2	41- 55	3	6	9	18	
3	26- 40	4	8	12	24	
4	11- 25	6	12	18	36	
5	< = 10	8	16	24	48	

Figura 3. Relação entre rendimento relativo e teor de P no solo, RS/SC,

S. Wiethölter, Embrapa Trigo, 2002.

P Resina lâmina

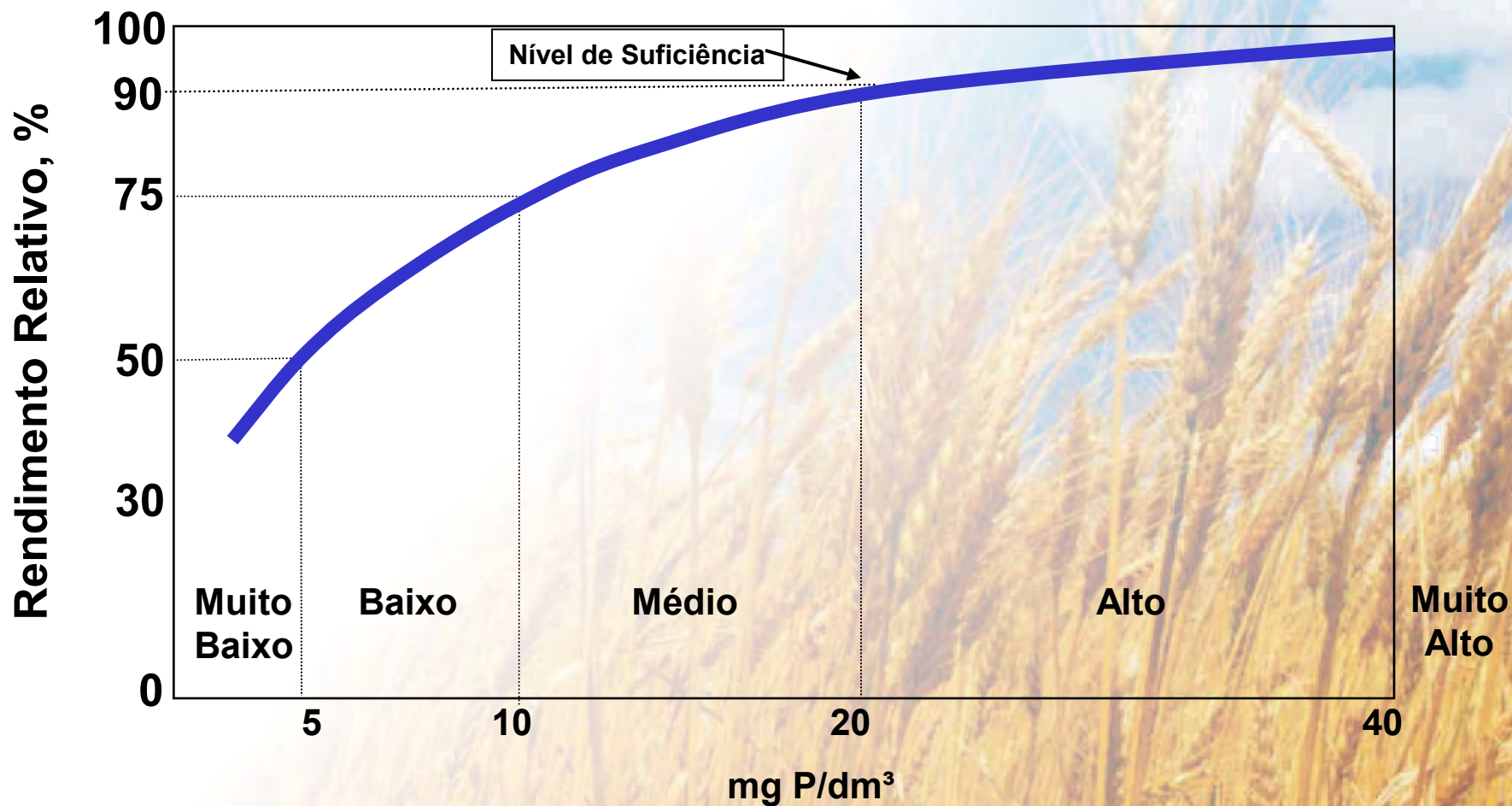


Figura 4. Relação entre rendimento relativo e teor de P no solo, RS/SC, 2001.

S. Wiethölter, Embrapa Trigo, 2002.

Tabela 8. Doses de P₂O₅ para a cultura de **trigo** em função da análise do solo - RS/SC – 2002.

Interpretação do teor de P no solo	P Mehlich-I									P-resina		
	% de argila											
	> 55			41 – 55			≤ 40					
	Cultivo ⁽¹⁾											
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
	----- kg P ₂ O ₅ /ha ⁽²⁾ -----											
Muito baixo	120	90	60	110	70	40	100	60	R	100	60	R
Baixo	90	65	R	80	50	R	70	40	R	70	40	R
Médio	70	R	R	60	R	R	50	R	R	50	R	R
Alto	50	R	R	40	R	R	30	R	R	30	R	R
Muito alto	≤30	≤R	R	≤30	≤R	R	≤20	≤R	R	≤20	≤R	R

Tabela 10. Interpretação dos teores de P no solo – Paraná 1978.

Teor de P no solo	P, mg/dm³
Baixo	< 6
Médio	6 – 11
Alto	11 – 16
Muito alto	> 16

Fonte: Muzilli et al. (1978). Método de Mehlich-I.

Tabela 11. Interpretação dos teores de P no solo e doses de P_2O_5 para a cultura de trigo – Paraná, até 2002.

Teor de P no solo	P, mg/dm³	kg P_2O_5/ha
Muito baixo/baixo	< 4	60 – 90
Médio	4 – 9	30 – 60
Alto/muito alto	> 9	10 – 30

Fonte: IAPAR... (2002). Método de Mehlich-I.

Tabela 12. Interpretação dos teores de P no solo e doses de P_2O_5 para a cultura de trigo – Paraná, 2003.

Teor de P no solo	P, mg/dm³	kg P_2O_5/ha
Muito baixo/baixo	< 5	60 – 90
Médio	5 – 9	40 – 60
Alto/muito alto	> 9	20 – 40

Fonte: Reunião... (2003c). Método de Mehlich-I.

Tabela 13. Interpretação dos teores de P no solo e doses de P₂O₅ para a cultura de trigo – São Paulo – até 1983.

Teor de P no solo	P, mg/dm³	kg P₂O₅/ha
Muito baixo	< 3	40 – 90
Baixo	3 – 7	20 – 60
Médio	7 – 15	0 – 40
Alto	15 – 30	0 – 20
Muito alto	> 30	0 – 20

Fonte: Rajj et al. (1982). Método do H₂SO₄ 0,05 mol/L.

Tabela 14. Interpretação do teor de P no solo e doses de P₂O₅ para a cultura de trigo em função de faixas de rendimento – São Paulo 1996.

Interpretação do teor no solo	P no solo	Sequeiro para 1 – 2 t/ha	Sequeiro para 2 – 3 t/ha	Irrigado para 2,5 – 3,5 t/ha	Irrigado para 3,5 – 5,0 t/ha
	- mg/dm³ -	----- kg P₂O₅/ha -----			
Muito baixo	< 6	80	90	80	90
Baixo	7 – 15	50	60	60	60
Médio	16 – 40	30	40	40	40
Alto	41 – 80	20	20	20	20
Muito alto	> 80	20	20	20	20

Fonte: Raij et al. (1996); IAC (1999). Método da resina.

Tabela 15. Interpretação do teor de P no solo e doses de P₂O₅ para trigo no estado de Mato Grosso do Sul - 1999.

Teor de P	Classe textural		Dose de P ₂ O ₅
	Argiloso e franco-argiloso ⁽¹⁾	Arenoso ⁽²⁾	
	----- mg P/dm ³ -----		----- kg/ha -----
Bom	< 6	< 10	60 – 75
Médio	6 – 12	10 – 20	45 – 60
Bom	> 12	>20	30

⁽¹⁾Mais de 20 % de argila. ⁽²⁾Menos de 20 % de argila. Método de Mehlich-I. Fonte: Reunião... (1999).

Tabela 16. Interpretação do teor de P determinado pelo método de Mehlich-I em função do teor de argila, em solos de Minas Gerais – 1999.

Teor de P no solo	% de argila			
	> 60	36 – 60	16 – 35	≤15
	----- mg P/dm ³ -----			
Muito baixo	≤ 2,7	≤ 4,0	≤ 6,6	≤10,0
Baixo	2,8 – 5,4	4,1 – 8,0	6,7 –12,0	10,1 – 20,0
Médio	5,5 – 8,0	8,1 – 12,0	12,1 – 20,0	20,1 – 30,0
Bom	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	20,1 – 30,0	30,1 – 45,0
Muito bom	> 12,0	> 18,0	> 30,0	> 45,0

Fonte: Alvarez V. et al. (1999).

Tabela 17. Interpretação do teor de P determinado pelo método de Mehlich-I em função do teor de P remanescente, em solos de Minas Gerais – 1999.

Teor de P no solo	P remanescente, mg P/L ⁽¹⁾					
	4,0	4,1 – 10,0	10,1 – 19,0	19,1 – 30,0	30,1 – 44,0	44,1 – 60,0
	----- mg P/dm ³ -----					
Muito baixo	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 6,0	≤ 8,0	≤ 11,0	≤ 15,0
Baixo	3,1 – 4,3	4,1 – 6,0	6,1 – 8,3	8,1 – 11,4	11,1 – 15,8	15,1 – 21,8
Médio	4,4 – 6,0	6,1 – 8,3	8,4 – 11,4	11,5 – 15,8	15,9 – 21,8	21,9 – 30,0
Bom	6,1 – 9,0	8,4 – 12,5	11,5 – 17,5	15,9 – 24,0	21,9 – 33,0	30,1 – 45,0
Muito bom	> 9,0	> 12,5	> 17,5	> 24,0	> 33,0	> 45,0

⁽¹⁾Teor de P na solução de CaCl₂ 0,01mol/L contendo 60 mg P/L, na relação 1:10, após 1 h de agitação.

Tabela 18. Interpretação do teor de P para solos do Cerrado em sistema de cultivo sequeiro – 2002.

Teor de P no solo	Mehlich-I				Resina
	% de argila				
	> 60	36 – 60	16 – 35	≤ 15	
----- mg P/dm ³ -----					
Muito baixo	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 6,0	≤ 5,0
Baixo	2,1 – 3,0	3,1 – 5,0	5,1 – 10,0	6,1 – 12,0	6 – 8
Médio	3,1 – 4,0	5,1 – 8,0	10,1 – 15,0	12,1 – 18,0	9 – 14
Adequado	4,1 – 6,0	8,1 – 12,0	15,1 – 20,0	18,1 – 25,0	15 – 20
Alto	> 6,0	> 12,0	> 20,0	> 25,0	> 20

Fonte: Sousa et al. (2002).

Tabela 19. Interpretação do teor de P para solos do Cerrado em sistema de cultivo irrigado – 2002.

Teor de P no solo	Mehlich-I				Resina
	% de argila				
	> 60	36 – 60	16 – 35	≤ 15	
	----- mg P/dm ³ -----				
Muito baixo	≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 10,0	≤ 12,0	≤ 8,0
Baixo	3,1 – 4,0	5,1 – 8,0	10,1 – 15,0	12,1 – 18,0	9 – 14
Médio	4,1 – 6,0	8,1 – 12,0	15,1 – 20,0	18,1 – 25,0	15 – 20
Adequado	6,1 – 9,0	12,1 – 18,0	20,1 – 35,0	25,1 – 40,0	21 – 35
Alto	> 9,0	> 18,0	> 35,0	> 40,0	> 35

Fonte: Sousa et al. (2002).

Tabela 20. Dose P_2O_5 a aplicar para a cultura de **trigo no Cerrado – 2002.**

Expectativa de rendimento⁽¹⁾	Teor de P no solo	
	≤ Adequado	Alto
----- t/ha -----	----- kg P_2O_5/ha -----	
3	60	30
4	70	35
5	80	40

⁽¹⁾Quando a expectativa de rendimento é inferior a 3 t/ha, usar somente a dose de P_2O_5 indicada para adubação corretiva (Sousa & Lobato, 2002).

P na planta de trigo



Tabela 21. Teores considerados adequados de nutrientes na matéria seca de plantas de trigo no início do **alongamento** do colmo.

Macronutrientes:					
Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
----- % -----					
3,5 – 5,0	0,3 – 0,5	2,0 – 3,0	0,2 – 0,5	0,2 – 0,5	0,2 – 0,5
Micronutrientes:					
Cobre	Boro	Zinco	Ferro	Manganês	Molibdênio
----- mg/kg -----					
6	6	30	40	40	0,3

Fonte: Barbosa Filho, et al. (2001); Halliday et al. (1992); Westfall et al. (1990); Wolf (1996); Gianello et al. (1995); Sillanpää (1982) e dados médios obtidos no Laboratório de Solos da Embrapa Trigo.

Tabela 23. Composição de grãos e de palha de trigo.

Macronutrientes:						
	Nitrogênio	P	K	Cálcio	Magnésio	Enxofre
Grãos, kg/t	20-25	3,5 – 4,0	4,5 – 5,0	0,4	1,2	1,6
Palha, kg/t	6	5	12	2	0,7	1,3

Micronutrientes:							
	Cobre	Boro	Zinco	Ferro	Manganês	Molibdênio	Cloro
Grãos, g/t	3 – 10	2 – 3	30 – 80	40 – 90	50 – 80	0,2 – 0,5	550
Palha, mg/kg	3,4	2,2	31	69	87	0,45	-

Elementos não essenciais:								
	Sódio	Silício	Arsênio	Bromo	Cobalto	Níquel	Prata	Selênio
Grãos, g/t	80	60	0,1	2,0	0,01	0,35	0,4	0,07

Fonte: Barbosa Filho et al. (2001), Lægreid et al. (1999), Malavolta et al. (1989), Vivancos (1997), Sillanpää (1982) e dados médios obtidos no Laboratório de Solos da Embrapa Trigo.

Resposta de trigo a P

Tabela 9. Efeito da aplicação de P ao solo nos sistemas plantio direto e convencional de manejo de solo. Embrapa Trigo, 1985 a 1991.

$P_2O_5^{(1)}$	Trigo em sucessão ⁽²⁾	Trigo em rotação ⁽³⁾	Soja em sucessão ⁽⁴⁾	Soja em rotação ⁽⁵⁾	Milho ⁽⁶⁾	Soma ⁽⁷⁾
Plantio direto						
----- kg/ha -----						
0	2.588	2.743	1.692	2.091	4.624	13.738
20	2.686	2.964	1.793	2.276	4.750	14.469
40	2.874	3.059	1.751	2.370	5.262	15.316 ⁽⁸⁾
80	2.994	3.226	1.884	2.383	5.380	15.867
Plantio convencional						
40	2.636	3.000	1.705	2.241	5.208	14.790 ⁽⁸⁾
Média	2.756	2.998	1.766	2.272	5.045	-

10 mg P/dm³ e 50 % de argila.

Capacidade de extração de P do solo:
centeio > soja > trigo > tomate.

Crescimento de trigo

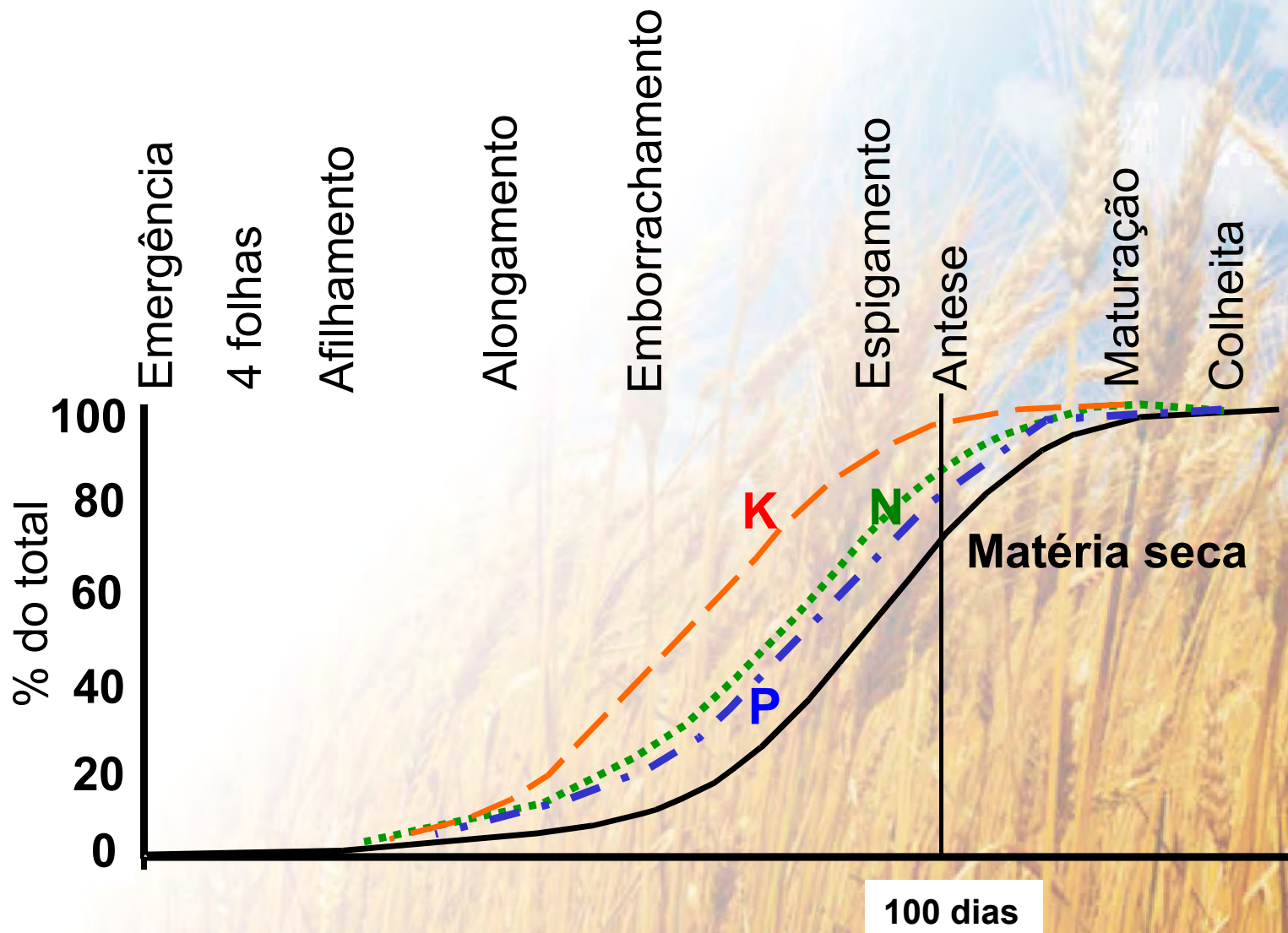


Figura 5. Absorção de NPK e matéria seca de cereais de inverno ao longo do ciclo vegetativo

Síntese

- **Tendência crescente de área de cultivo >>> 3 M ha.**
- **Resposta do trigo a P semelhante em sistema convencional e plantio direto.**
- **Interpretação dos teores de P no solo e doses de P semelhantes.**



Embrapa
Trigo