

# FÓSFORO

**Prof. Volnei Pauletti**

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola  
vpauletti@ufpr.br



# Introdução

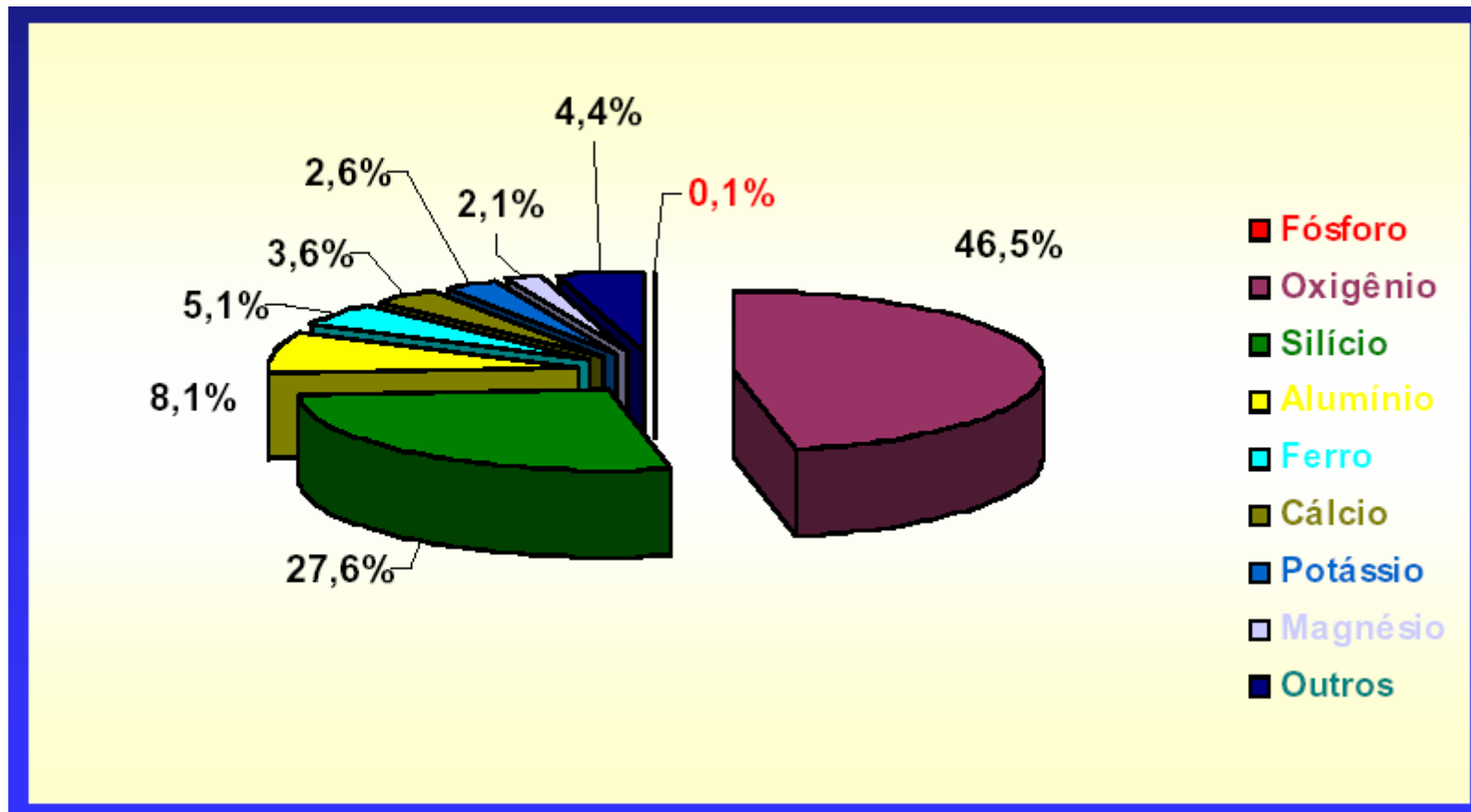
- Grego : phosphorus (portador de luz)
- Símbolo: P
- Número atômico 15 (15 prótons e 15 elétrons)
- Massa atômica igual a 31 u.m.a.
- Elemento essencial



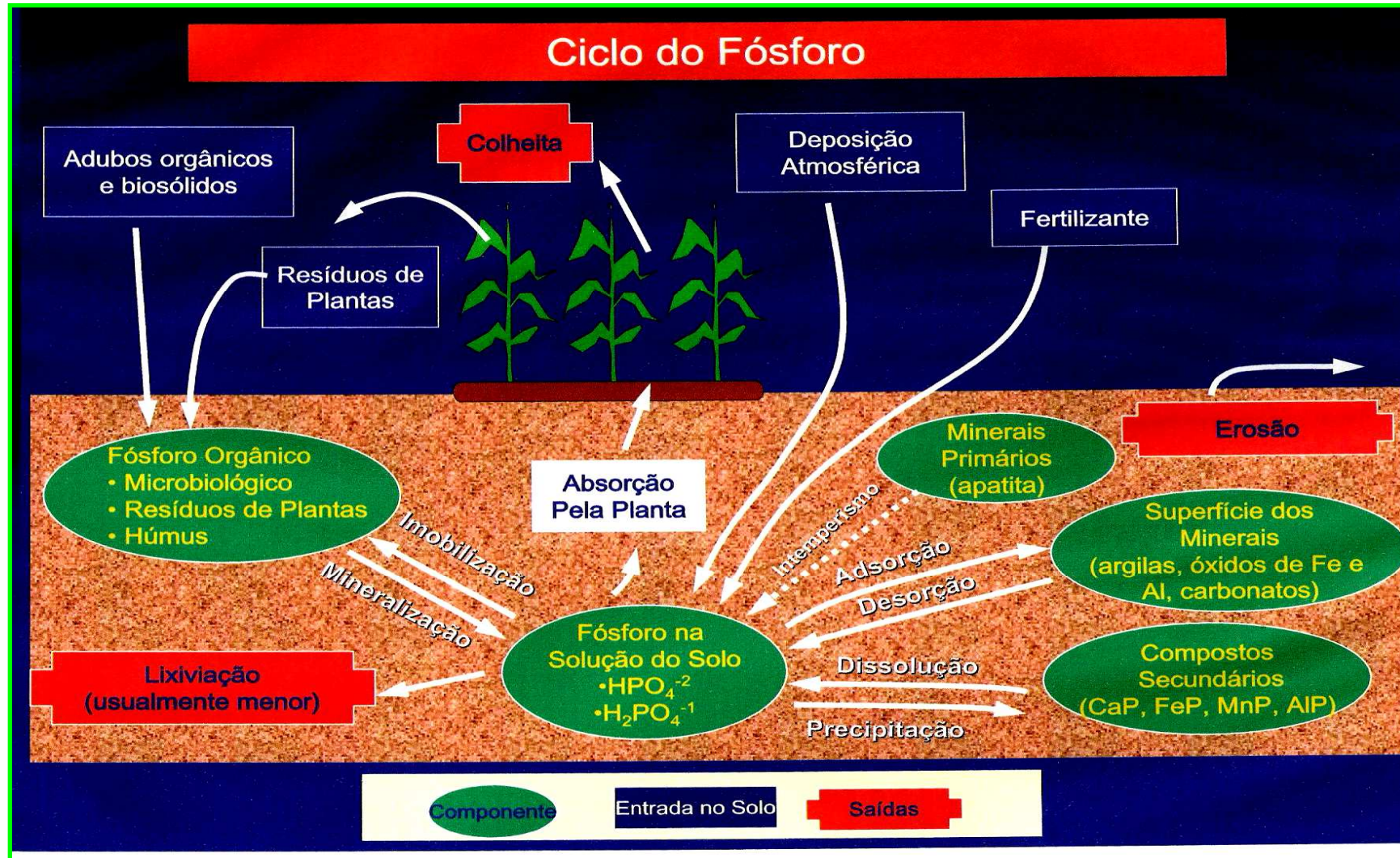
## FREQÜÊNCIA RELATIVA DAS DEFICIÊNCIAS DE FÓSFORO NO BRASIL



## COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DA CROSTA TERRESTRE NA PROFUNDIDADE DE 0 – 16 KM (MENGEL & KIRKBY, 1987)



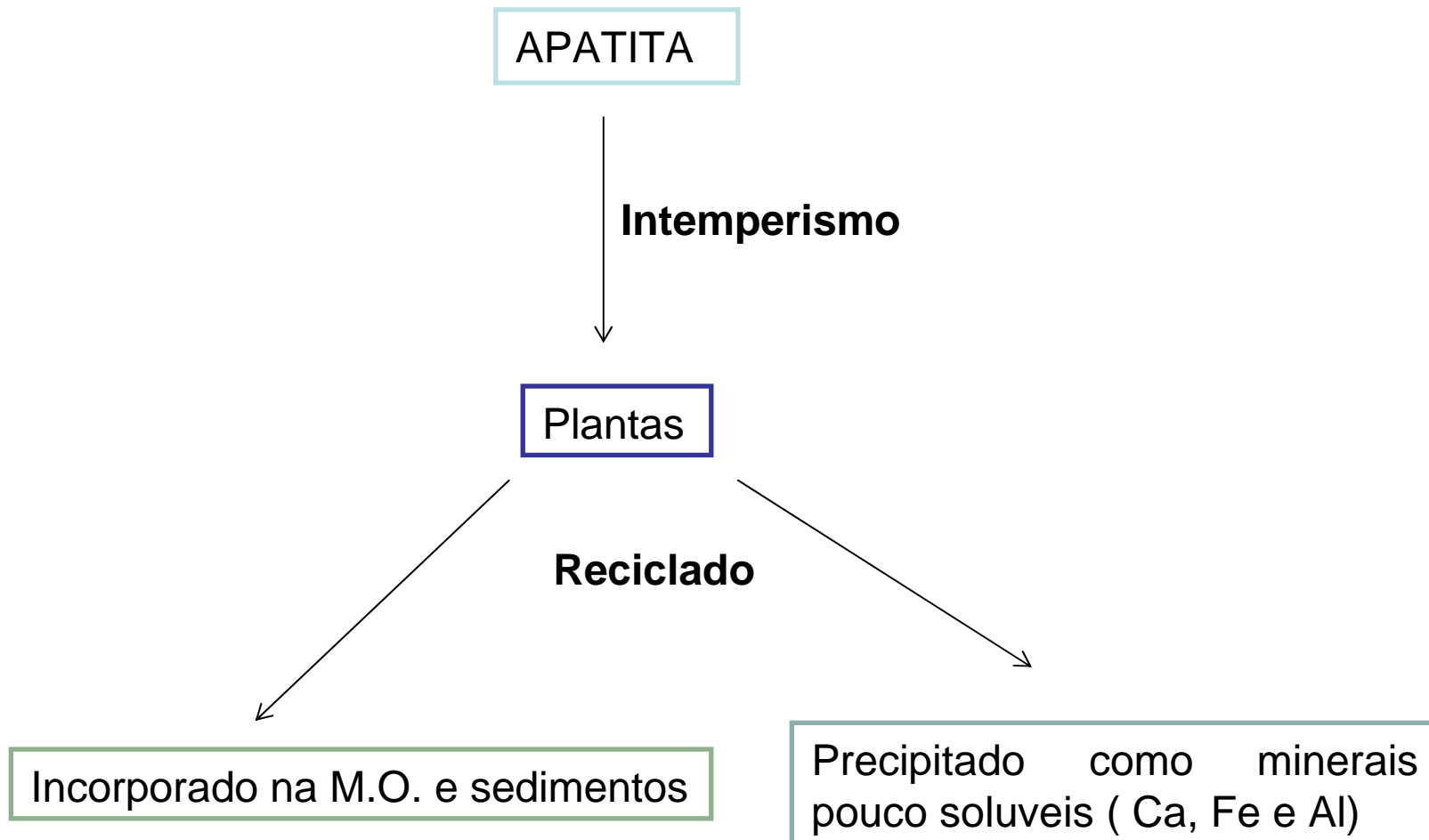




# FÓSFORO NO SOLO



# Geologia do P



# P solo

(1) P forma iônica e em compostos na solução do solo

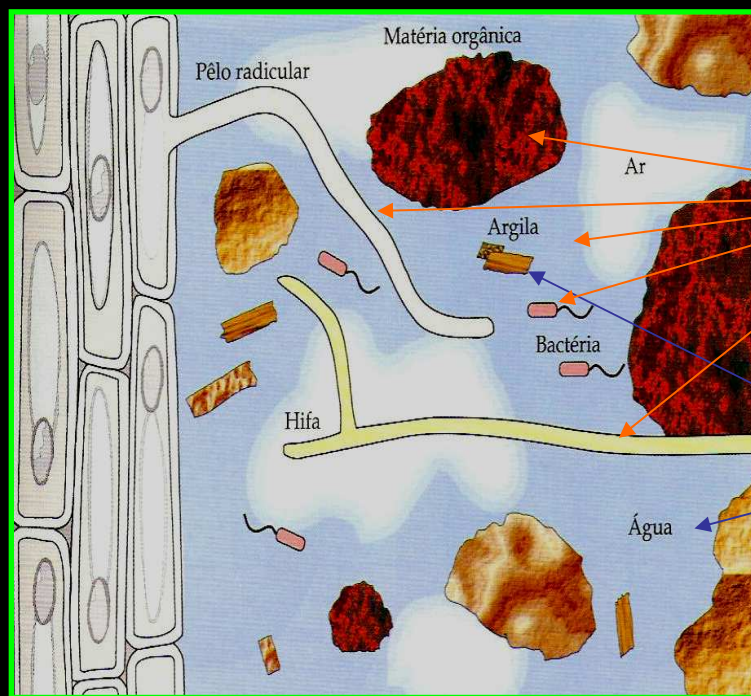
(2) Minerais cristalinos e amorfos de P

(3) P adsorvido da superfície dos constituintes minerais

(4) P componente da M.O.



# Formas de P no solo



- Ortofosfato de monoésteres → fosfato de inositol;
- Ortofosfato de diésteres → ácidos nucleicos, fosfolipídeos e ácido teicóico.

**Orgânica**

+ 80 % do total

**Sólida**

**Líquida**

**Inorgânica**

- Ortofosfatos, pirofosfatos e polifosfatos.

**Figura 5:** Representação da rizosfera, pêlo radicular e porção sólida e líquida e matéria orgânica do solo.

**Fonte:** Epstein & Bloom (2006).

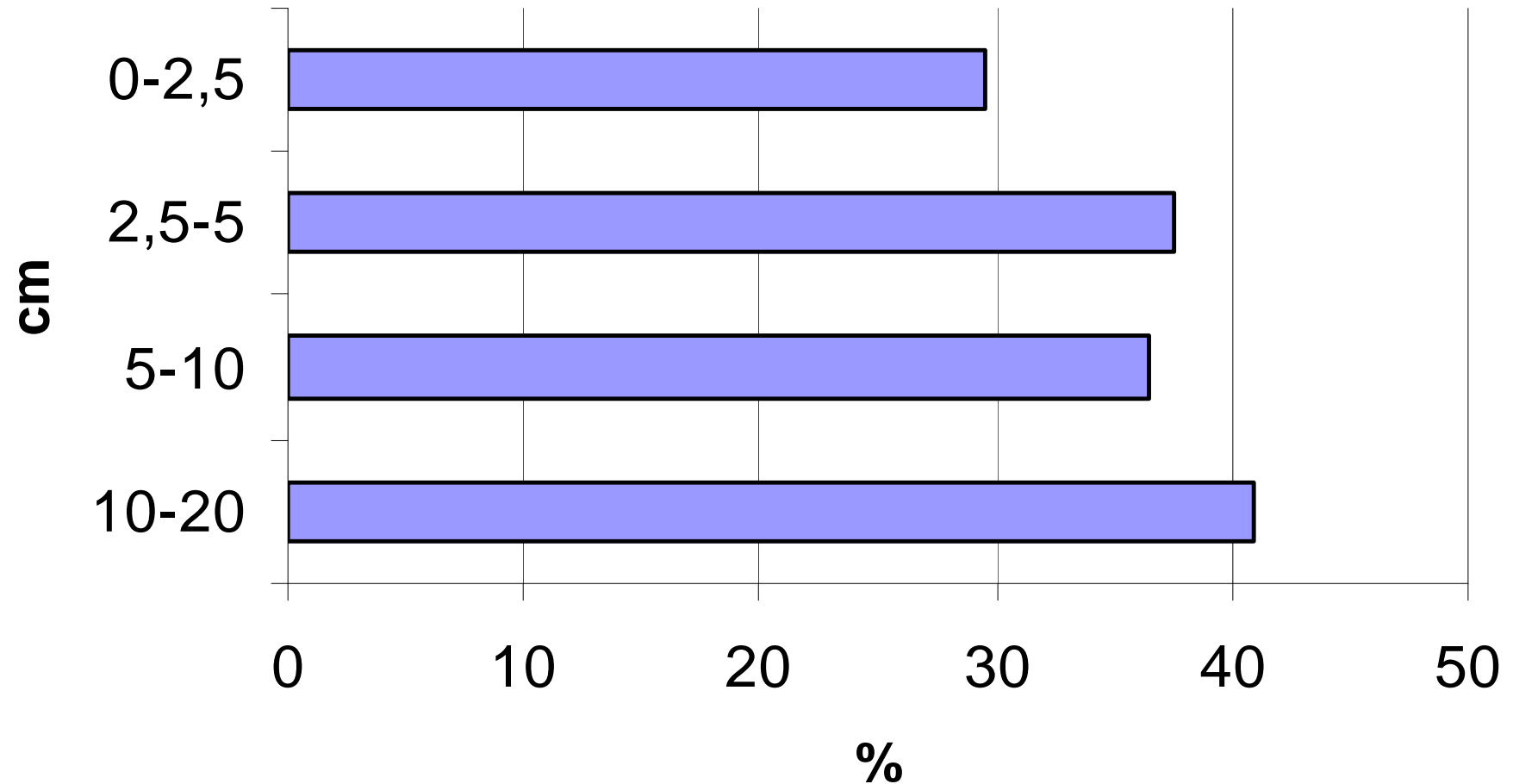
# P ORGÂNICO

-Varia de 4% em solos pobres em MO a 90% em solos orgânicos

Esta porcentagem depende:

- material de origem
- evolução pedogenética do solo
- conteúdo de C e efeito do clima no desdobramento dos compostos orgânicos

## Participação do P orgânico no P total em PD



## FORMAS INORGÂNICAS DE FÓSFORO EM SOLOS BRASILEIROS

Local, referência e solo	Formas de P no solo (mg kg <sup>-1</sup> )		
	P-Al	P-Fe	P-Ca
Bahia (CABALAROSAND; FASBENDER, 1971)			
Cepec	103	863	241
Itabuna	3	36	19
Hidromórfico	41	67	24
Rio Branco	25	257	38
Itamirim	5	37	14
Valença	3	5	8
Goiás (BAHIA FILHO; BRAGA, 1975)			
LE	34	44	36
LE	332	313	112
LRe	76	64	63
LV	60	105	180

**EXTENSÃO GEOGRÁFICA E AS PRINCIPAIS LIMITAÇÕES PARA AS  
 REGIÕES DE SOLOS ÁCIDOS, INFÉRTEIS NA AMÉRICA TROPICAL  
 (SANCHEZ & SALINAS, 1981)**

<b>Limitações</b>	<b>Milhões hectares</b>	<b>% da Área Total</b>
	<b>Físicas</b>	
Falta de Chuva (> 3 meses)	299	29
	<b>Químicas</b>	
Deficiência de P	1002	96
Baixa CTC Efetiva	577	55
Deficiência de Zn	645	62
Alta Fixação de P	672	74

**SUMÁRIO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS OBSERVADAS EM 518  
 AMOSTRAS DE SOLOS SUPERFICIAIS SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO NO  
 BRASIL (INCLUINDO 16 AMOSTRAS SOB VEGETAÇÃO DE FLORESTAS)  
 (LOPES, 1975 E GALRÃO & LOPES, 1979)**

Característica Química	Nível Crítico	Amostras Abaixo do Nível Crítico (%) <sup>(A)</sup>	Mediana	Amplitude Mais Comum Nível	Total (%)
pH (H <sub>2</sub> O)	5,0	48	5	4,8	48
Ca Troc. (meq./100 cc)	1,5	96	0,25	< 0,4	76
Mg Troc. (meq./100 cc)	0,5	90	0,09	< 0,2	74
Al Troc. (meq./100 cc)	0,25	91(B)	0,56	0,25	64
P Sol. (ppm) <sup>(C)</sup>	10	99	0,4	0,2	79
Zn Sol. (ppm) <sup>(C)</sup>	1,0	95	0,6	0,5	69

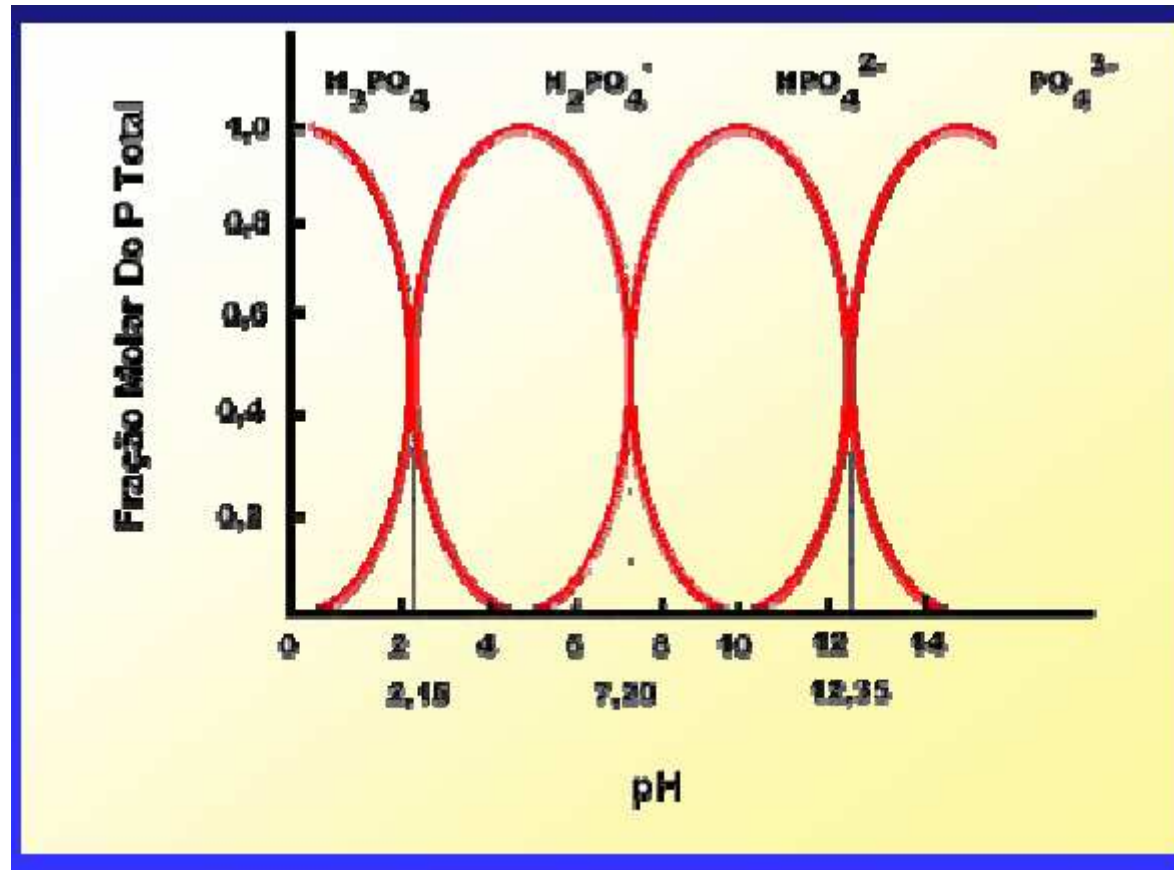
(A) De acordo com os laboratórios de análise de solos para Minas Gerais.

(B) % Acima do nível crítico.

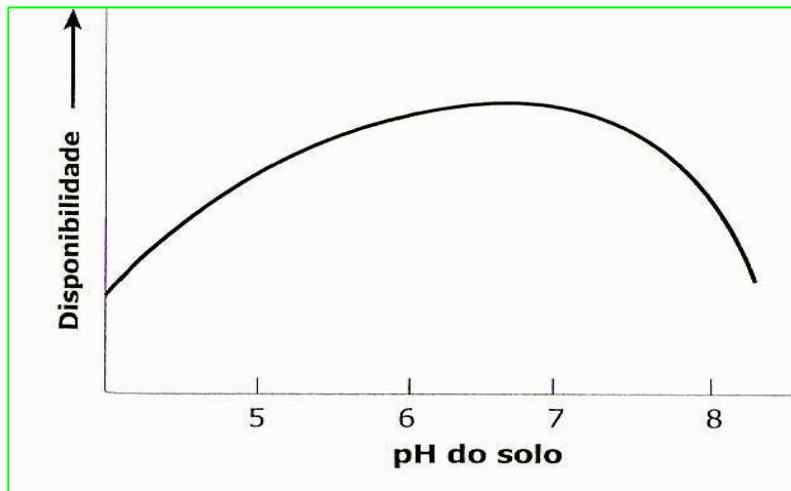
(C) Extraído por HCl 0.05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N.



## FORMAS DE FÓSFORO EM FUNÇÃO DO pH

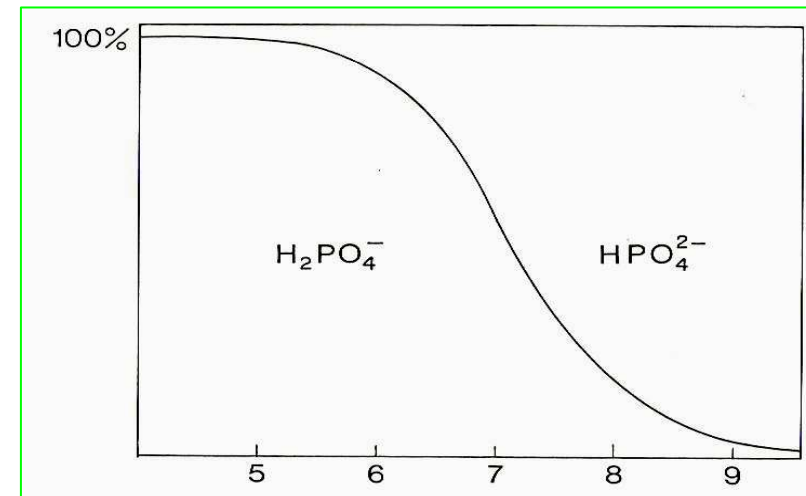


## FORMAS DE FÓSFORO EM FUNÇÃO DO pH



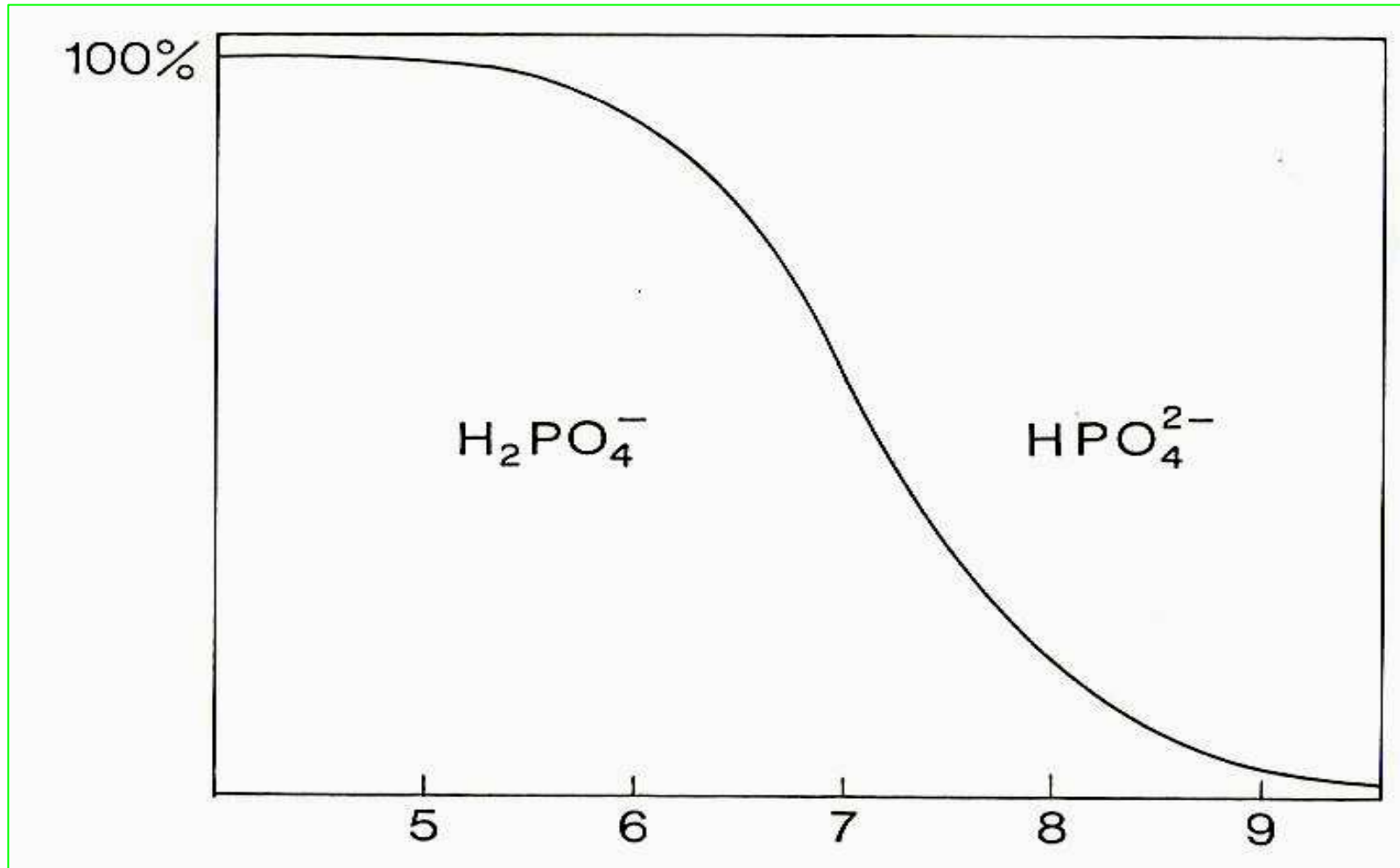
Efeito do pH do solo na disponibilidade de P para as plantas.

**Fonte:** Bissani *et al.* (2004)



Taxa de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$  em função do pH.  
**Fonte:** Mengel & Kirkby, (1982)

## FORMAS DE FÓSFORO EM FUNÇÃO DO pH

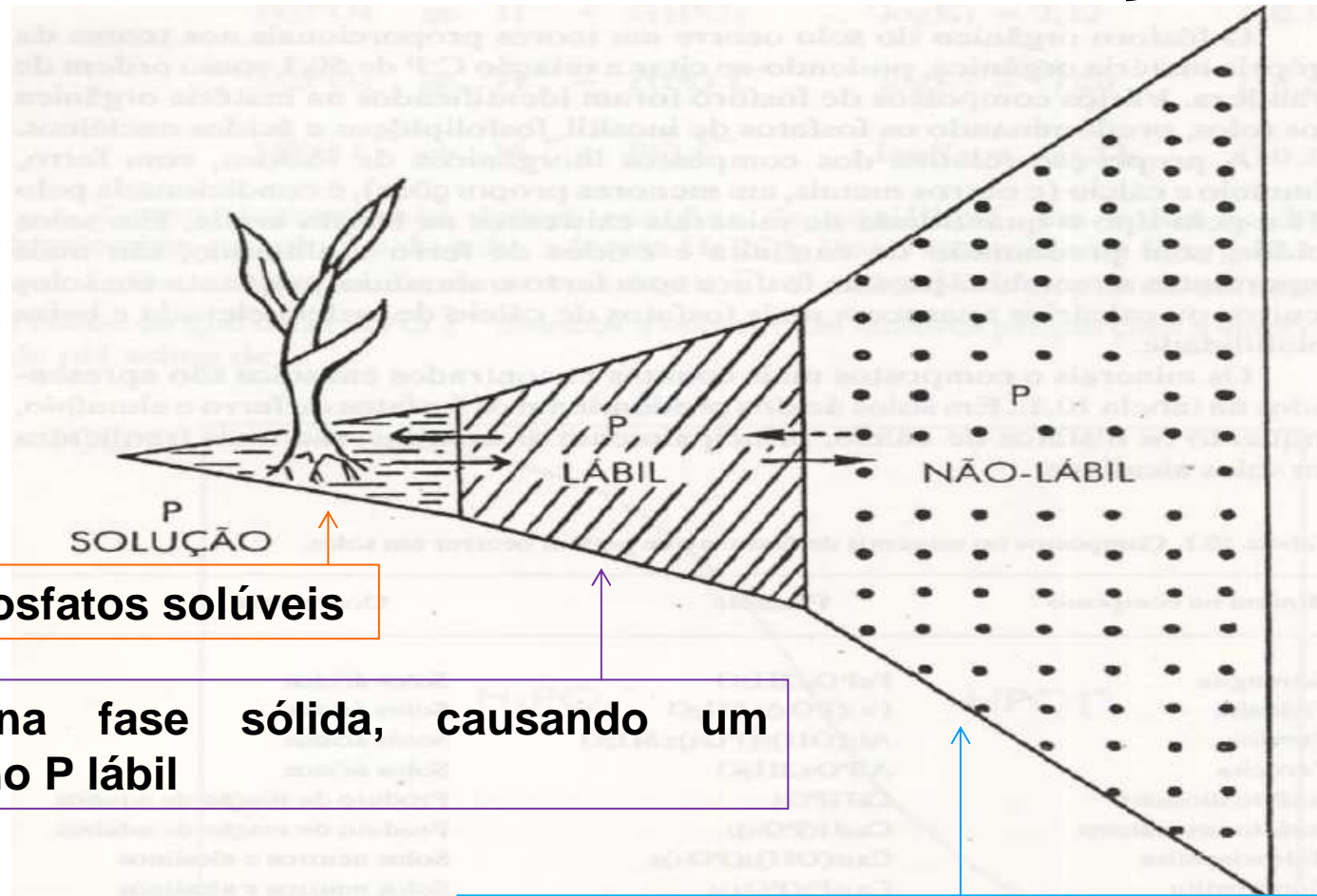


Taxa de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$  em função do pH.

Fonte: Mengel & Kirkby, (1982)

# FÓSFORO NO SOLO X ABSORÇÃO RADICULAR

# Fósforo no solo x absorção



**Fosfatos solúveis**

**Fósforo na fase sólida, causando um aumento no P lábil**

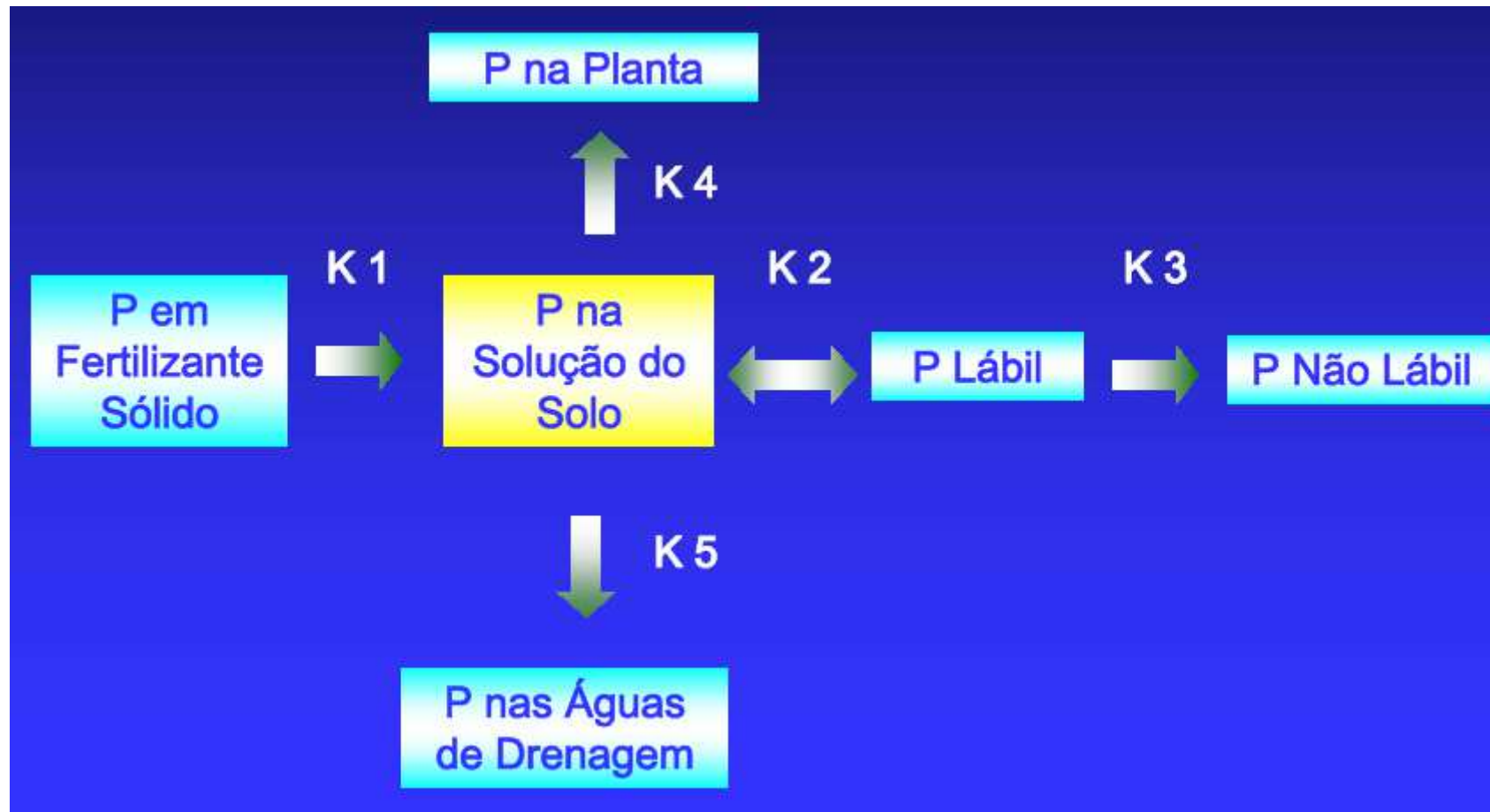
**Envelhecimento dos fosfatos lábeis. Constituintes mineralógicos mais estáveis e de solubilização mais difícil (P-não lábil)**

# Fósforo na planta

Absorção, Transporte e  
Redistribuição

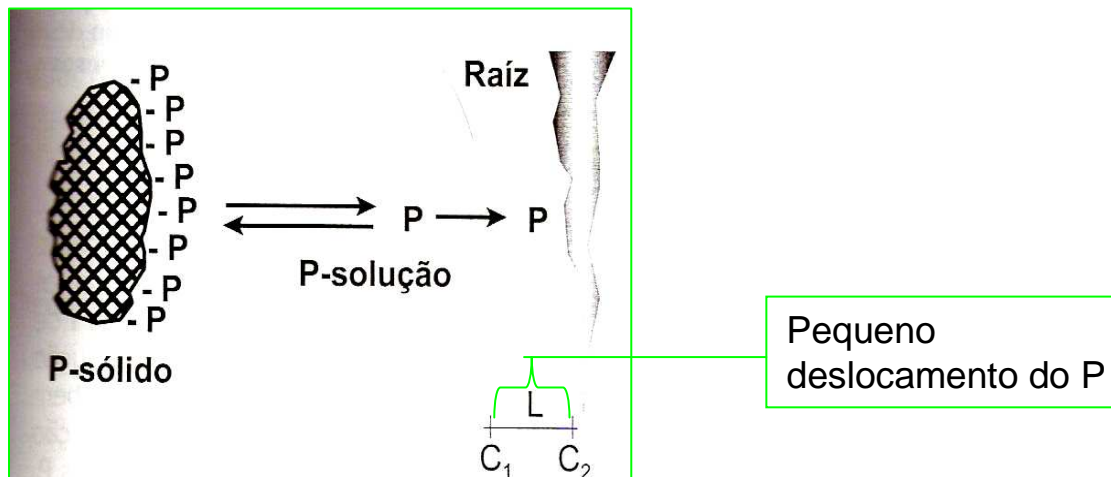


**COMPORTAMENTO DO FÓSFORO EM SOLO ADUBADO, COM RELAÇÃO AOS ASPECTOS QUE AFETAM A NUTRIÇÃO VEGETAL (ADAPTADO DE LARSEN, 1971)**



# Disponibilidade de P para as plantas

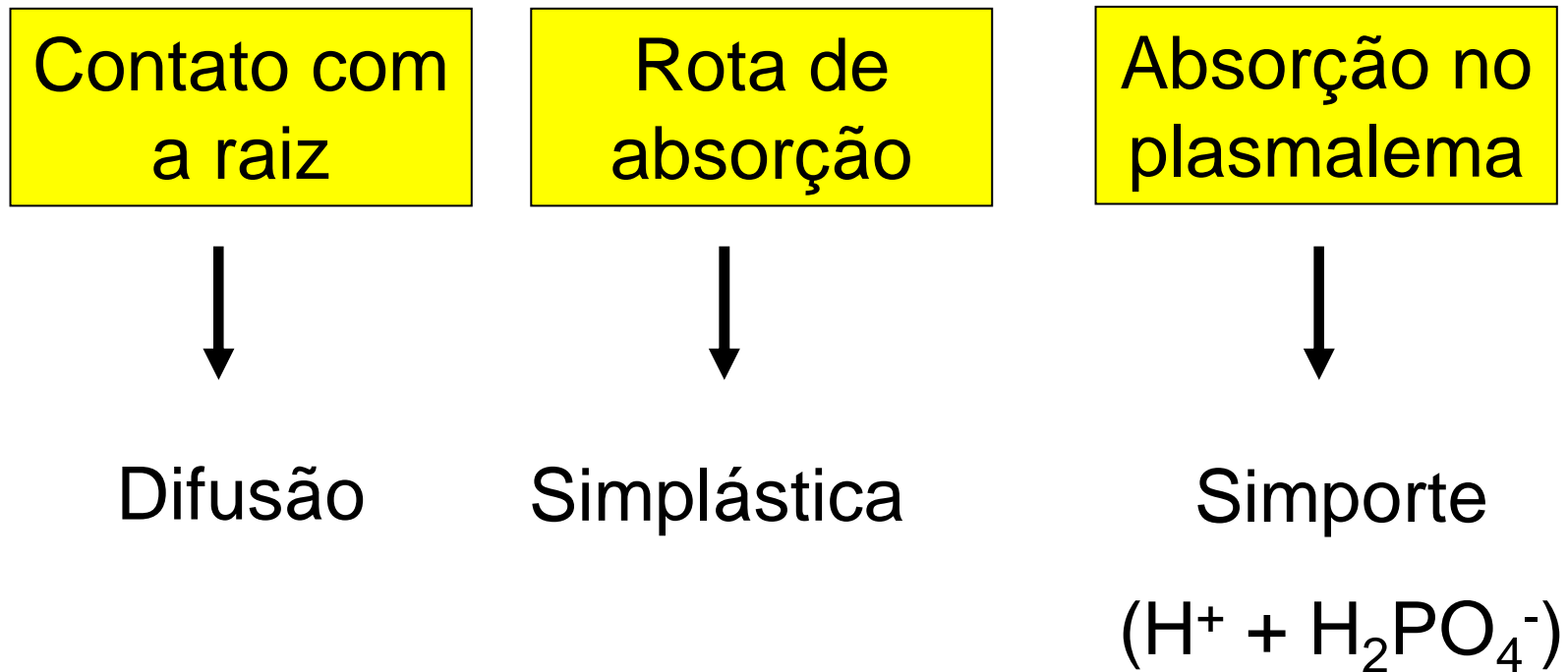
- Mais de 90% dos solos brasileiros são pobres em P;
- O teor de P na solução normalmente menor que  $0,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ;
- Mais de 90% do P chega até a raiz por difusão;
- O P no solo é pouco móvel (1 a 2 mm de distância).



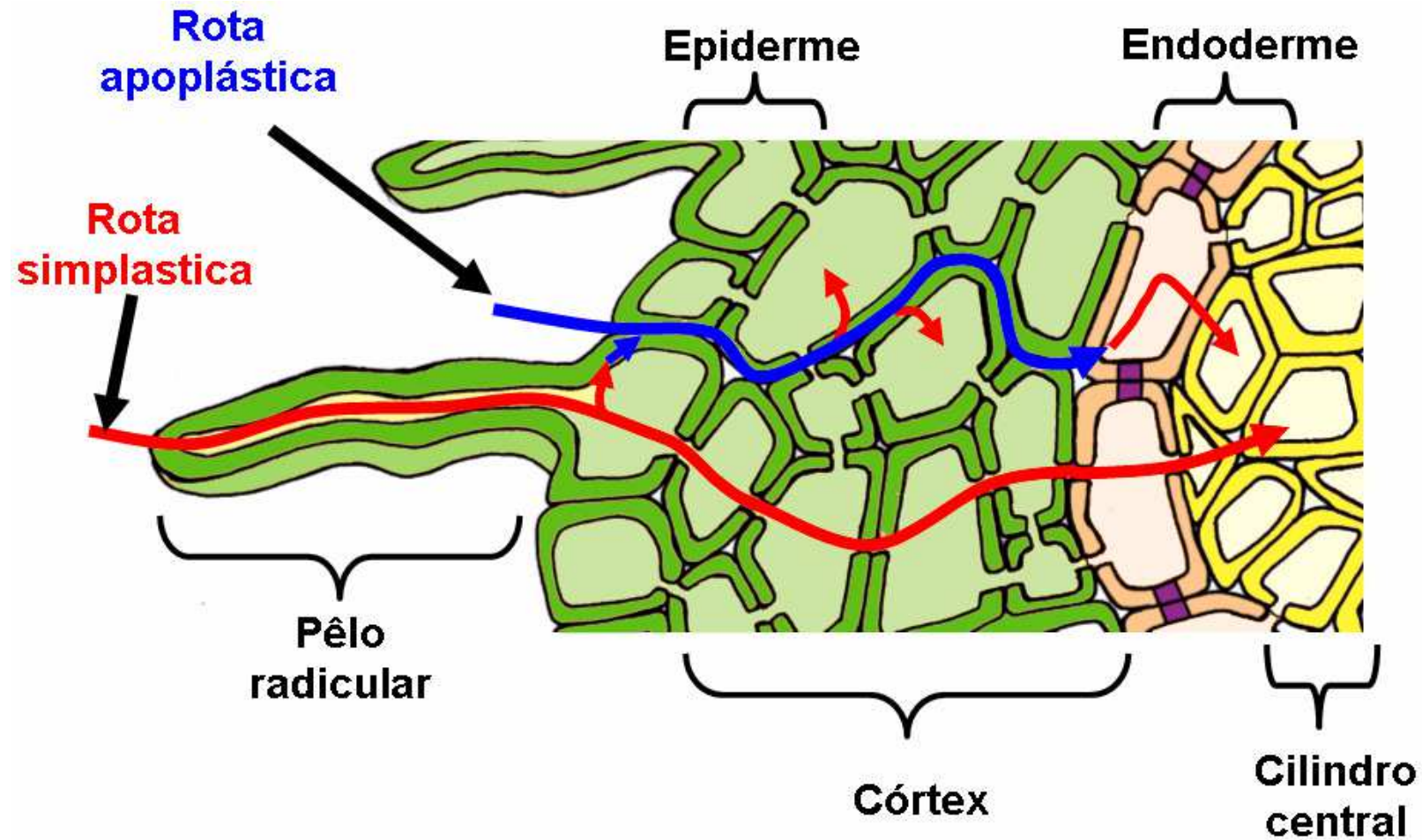
**Figura 8:** Deslocamento do P na solução do solo

**Fonte:** Bissani *et al.* (2004)

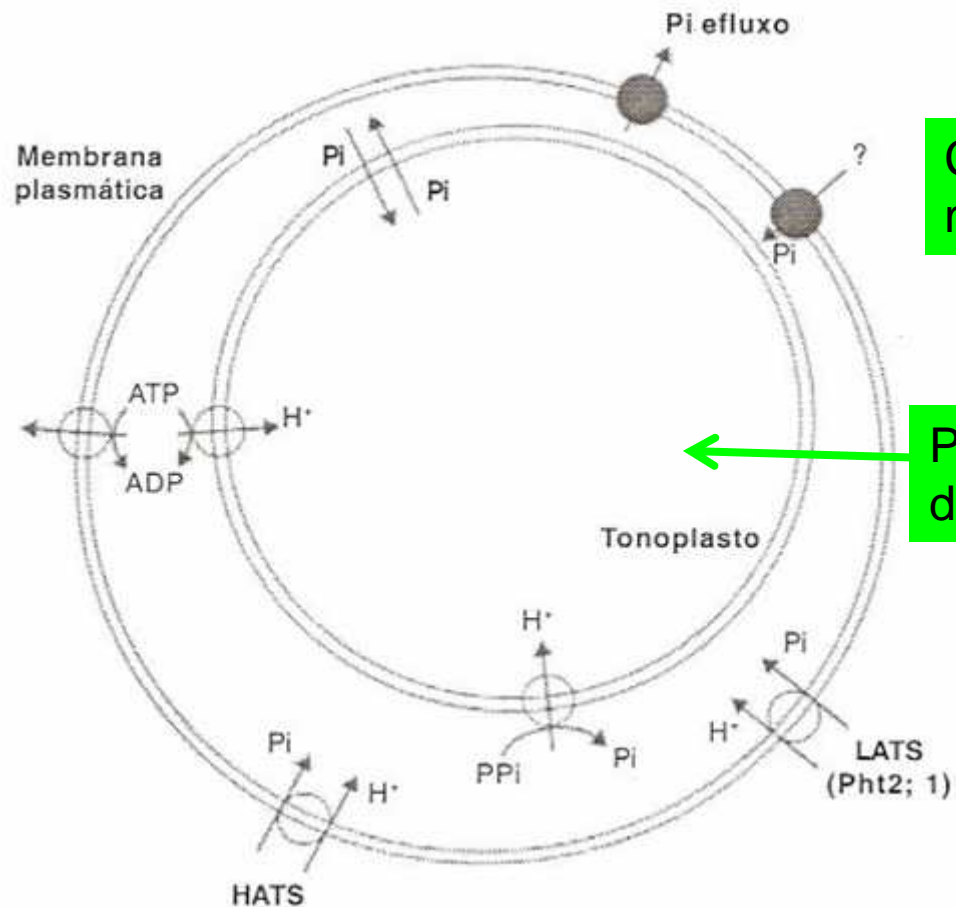
# Fósforo Disponível aos Vegetais



# P- Rota simplástica



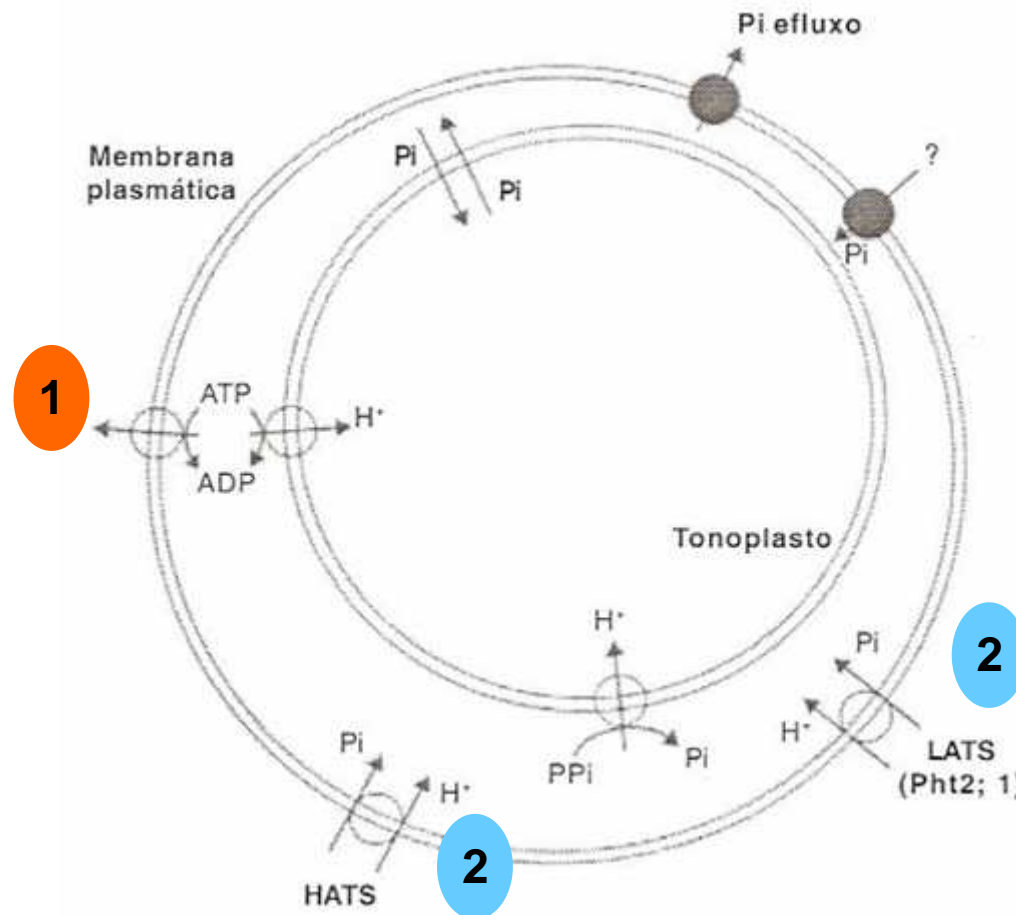
# Absorção de fósforo



Célula: Pi 100 vezes maior que o solo

P entra contra gradiente de concentração

# Absorção de fósforo



Absorção  
simporte de H<sup>+</sup>  
H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>

Transporte de  
baixa e alta  
afinidade

Energia da bomba de extrusão de protons –  
H<sup>+</sup> fora da célula gera diferença de potencial  
elétrico (interno: negativo / externo: ácido)



# Transporte e Redistribuição de P

- O P é redistribuído através do floema
- Em plantas bem supridas de P
  - Vacúolo armazena cerca de 85 a 95% do  $P_i$  total da planta
- Suprimento externo limitado de P, o fosfato das células mais velhas é deslocado para as mais jovens

## CONCENTRAÇÃO E FORMAS DE FÓSFORO NA SOLUÇÃO DO SOLO, XILEMA E FLOEMA DAS PLANTAS

Nutriente	Solução do Solo		Xilema		Floema	
	Valores Médios ( $\mu\text{M}$ )	Forma	Conc. ( $\mu\text{M}$ )	Forma	Conc. ( $\mu\text{M}$ )	Forma
<b>Fósforo</b>	1	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ $\text{HPO}_4^{2-}$	500	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ $\text{HPO}_4^{2-}$	10.000	nd

Absorção ativa

Carreadores de alta e baixa afinidade

Rota simplástica

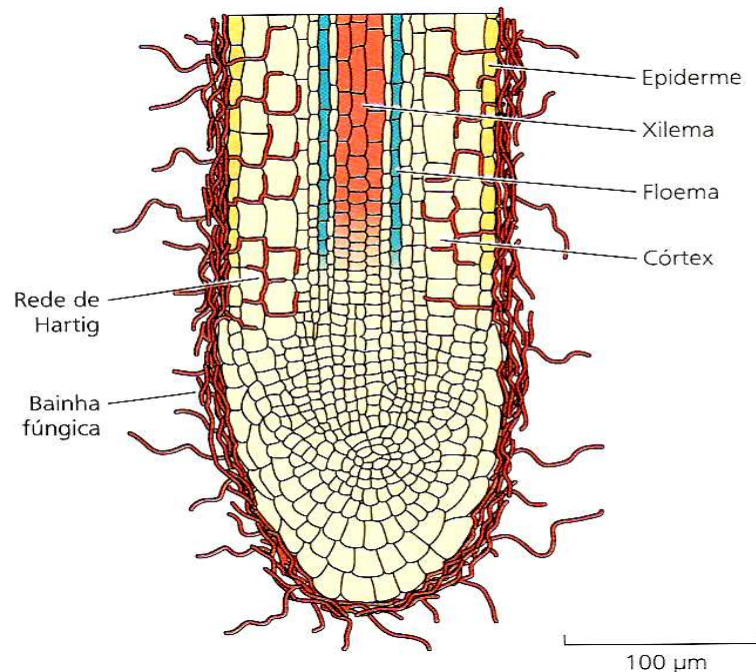
# **Fungos micorrízicos facilitam entrada de P**

**Associação simbiótica não patogênica entre fungos e raízes de plantas superiores (Miranda & Miranda, 1997).**

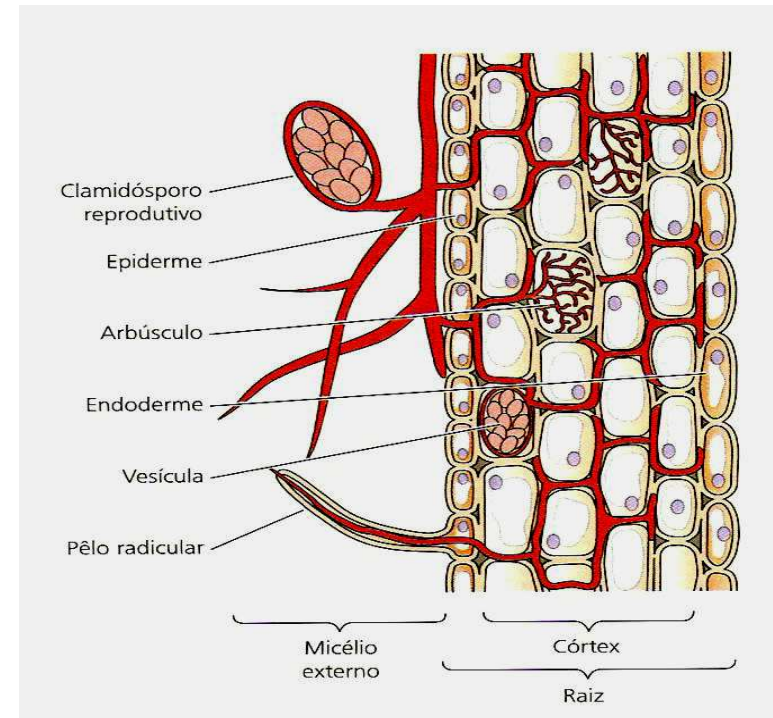
## **Aumenta até 80% a absorção de P:**

- Aumento da superfície e exploração do solo;
- Aumento da capacidade de absorção da raiz;
- Aumento da dissolução de fosfatos;
- Armazenamento temporário de nutrientes na biomassa fúngica e nas raízes.

# Infestação micorrízica em raízes

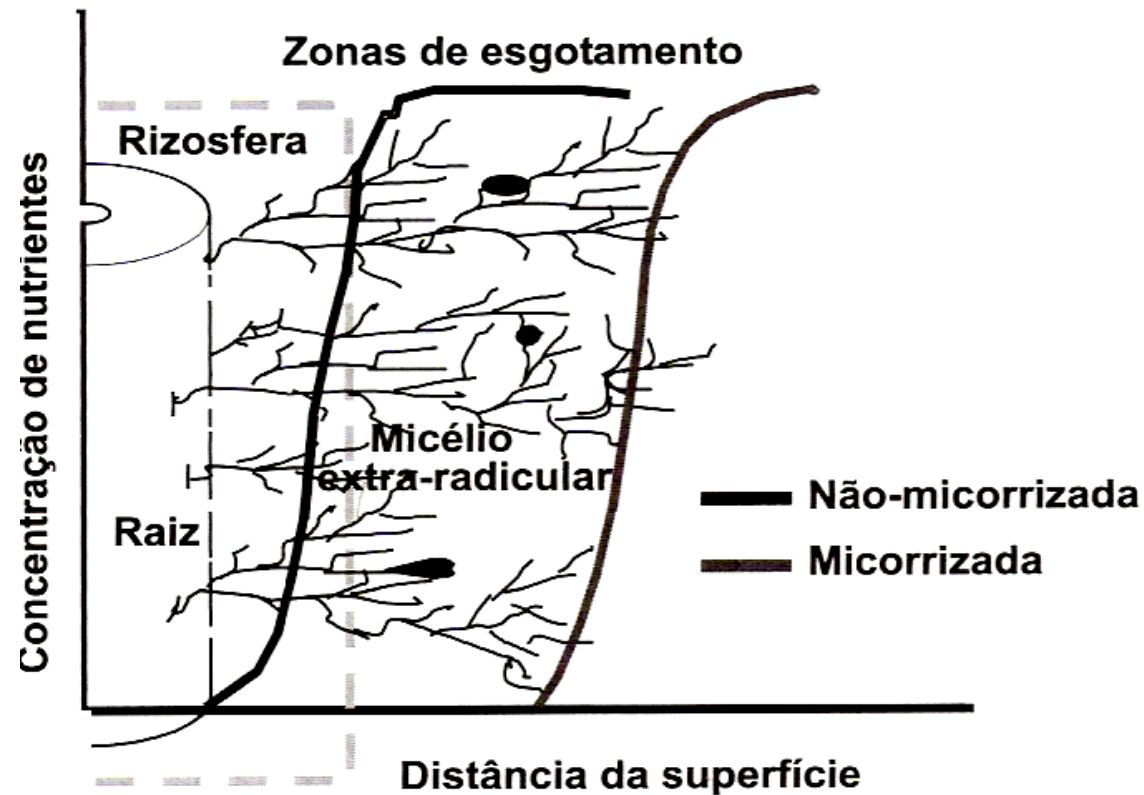


Hifas fúngicas circundam a raiz para produzir uma densa bainha fúngica e penetra nos espaços intercelulares do córtex. (Adaptado de Taiz & Zeiger, 2004).



Hifas do fungo crescem nos espaços intercelulares das paredes do córtex e penetram nas células corticais individuais. (Adaptado de Taiz & Zeiger, 2004).

# Esgotamento e absorção de P



Segmento de raiz micorrizada mostrando zonas de esgotamento de P e aumento da exploração do solo pelo micélio externo. (Adaptado de Siqueira *et al.*, 2004).

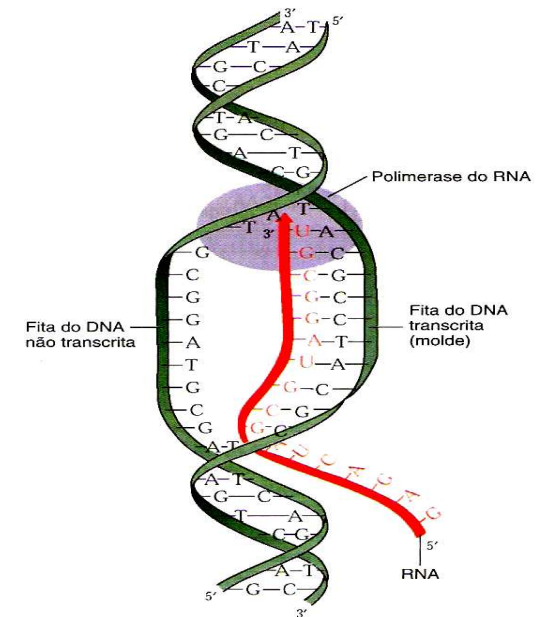
# Funções do P

- 1- Como elemento estrutural;**
- 2- Armazenamento e transferência de energia;**
- 3- Função regulatória do fosfato inorgânico;**
- 4- Fósforo como reserva.**

# Funções do P

- **Como elemento estrutural**

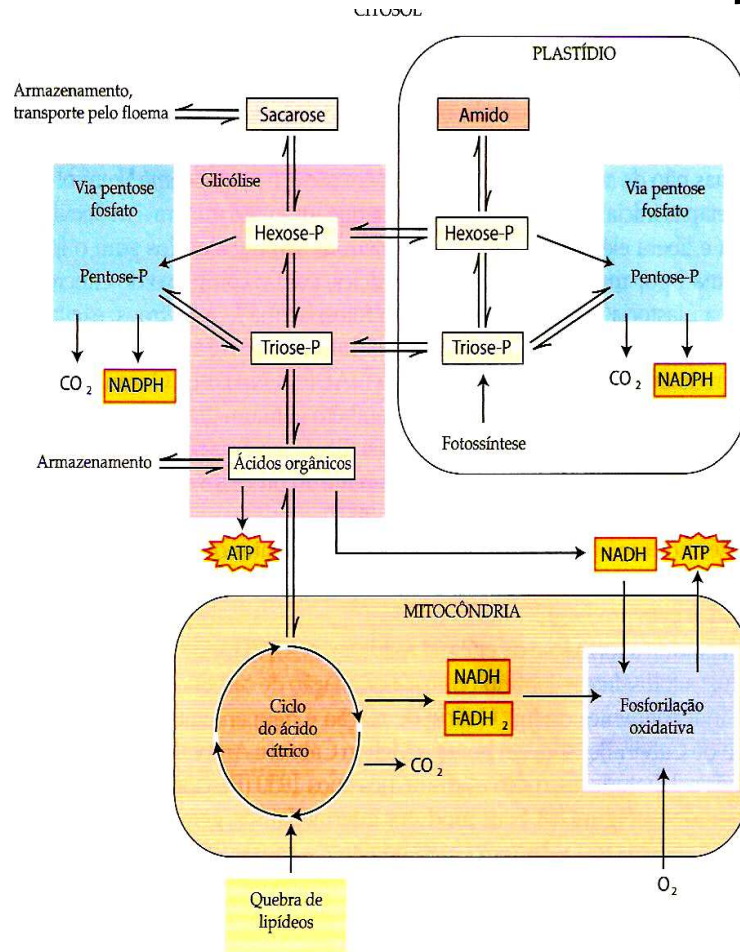
- Constituinte da estrutura molecular como ácido nucléicos (DNA e RNA)  $\Rightarrow$  importantes no armazenamento e transferência da informação genética.
- Fosfato forma uma ponte entre as unidades de ribonucleosídeos para formar as macromoléculas.
- O fósforo forma ligação diéster abundante nos fosfolipídios das biomembranas, formando ponte entre um diglicerídeo e outras moléculas



**Figura 16:**  
Representação da fita de DNA e RNA.

Fonte: Raven et al. (1992).

# Funções do P



Visão geral da respiração.

Fonte: Epstein & Bloom (2006).

- **Armazenamento e transferência de energia (Respiração):**

- **Glicólise:** conversão de açúcares a ácidos orgânicos gerando NADH ou NADPH e ATP.
- **Rota dos pentoses:** o carbono é oxidado e gera NADPH.
- **Ciclo do ácido cítrico:** o piruvato é oxidado a CO<sub>2</sub> gerando NADH e FADH<sub>2</sub>.
- **Fosforilação oxidativa:** os elétrons são transferidos ao longo de uma cadeia de transporte de elétrons, ligadas a membrana da mitocôndria



# Funções do P

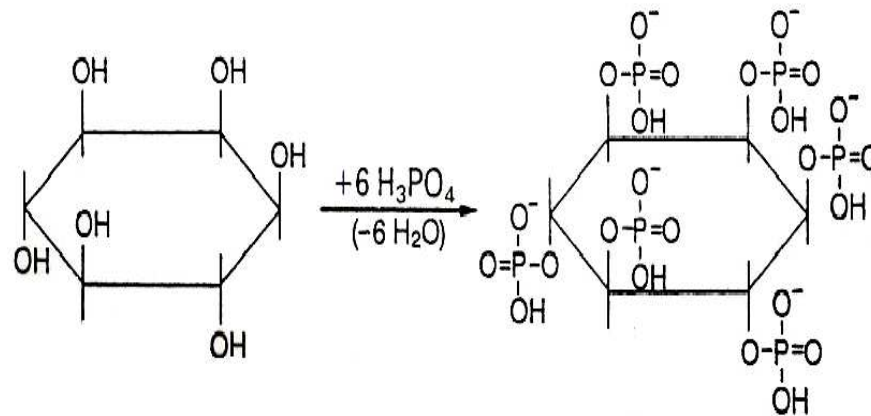
- **Função regulatória do fosfato inorgânico**
  - O  $P_i$ , pode ser um substrato ou um produto final
    - $P_i$  controla algumas reações chaves de algumas enzimas, principalmente no citoplasma e cloroplastos.

# Funções do P

- **Fósforo como reserva**

- As sementes e frutos podem armazenar o fósforo na forma de fitato. Os fitatos são sais do ácido fítico (mioinositol do ácido hexafosfórico).

- O ácido fítico tem também, alta afinidade por Zn e Fe.



**Mioinositol**

**Ácido Fítico**

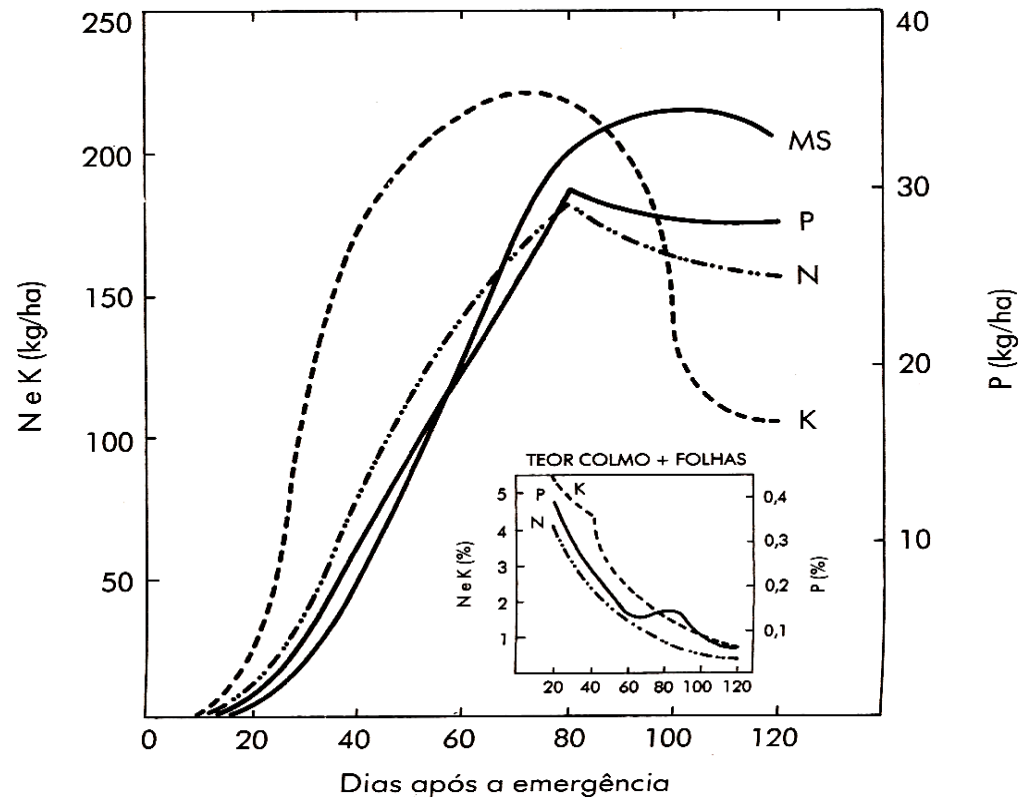
Estrutura do ácido fítico.

Fonte: Mengel & Kirkby, (1982).

- Os fitatos contendo fósforo representam cerca de 50% do P total em leguminosas e 60-70% em grãos de cereais.

# Teores, Extração e Exportação

# Curva de absorção de N, P e K em função do tempo X acúmulo de matéria seca



Acúmulo médio de N, P e K pela parte aérea de cinco variedades de milho.

**Fonte:** Adaptada de Andrade, *et al.*; 1975).

## Extração de nutrientes por algumas culturas anuais

Elemento	Milho	Soja	Extração			
			Feijão	Trigo	Aveia Preta*	Ervilha ca**
----- kg/t -----						
N	23,7	79,4	102	28	16,5	20,2
P	4,2	7,3	9	3,9	1	1,3
K	20,0	32,1	93	19,9	16	21
Ca	4,1	13,1	54	2,4	2,5	8,6
Mg	4,9	7,1	18	2,3	1,7	2,7
S	2,5	8,3	25	3,5	-	-
----- g t <sup>-1</sup> -----						
B	19,13	77	66,3	19,9	-	-
Fe	237,59	460	431,2	374	-	-
Mn	46,87	130	175,8	106,1	102	87
Cu	13,02	26	19,9	6,2	7	9
Zn	47,17	61	49,8	19,8	11	24
Mo	1,00	6,5	-	-	-	-

# Quantidade de nutrientes em grãos

	N	P	K	S	Cu	Zn	B	Mn
	----- Kg/t -----				----- g/t -----			
Soja	59,2	5,5	18,7	3,2	13	37,7	22	33,7
Milho	15,8	3,8	4,8	1,1	1,2	27,6	3,2	6,1
Trigo	31,9	3,2	4,9	3,1	5,4	36	5,1	26,8

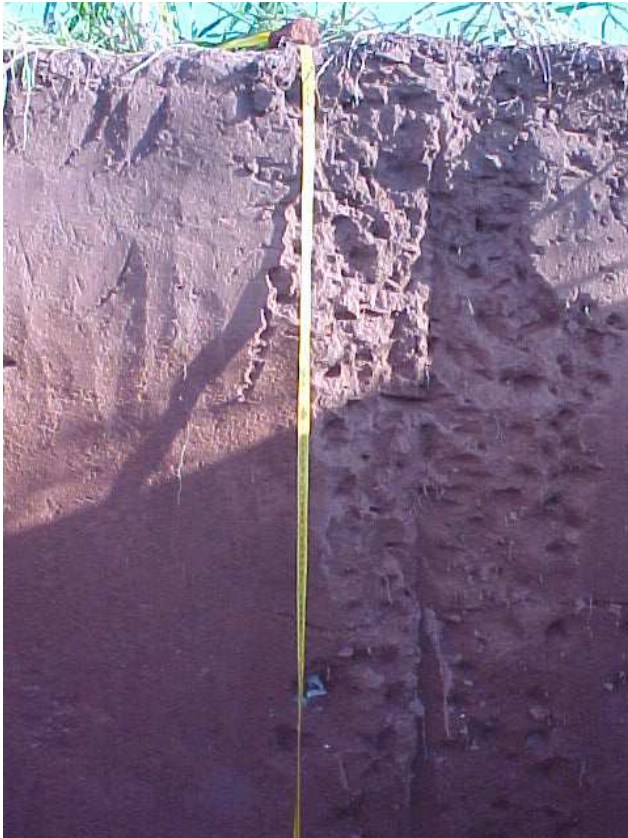
## Teores totais de P considerados ideais para algumas culturas

Culturas	g kg <sup>-1</sup> de P		Culturas	g kg <sup>-1</sup> de P
Algodoeiro	2,0-2,5		Soja	<b>2,6-5,0</b>
Amendoim	2,0		Tomateiro	3,5
Arroz	2,5-4,0		Trigo	2,0-3,0
Batata	3,5		Alfafa	<b>2,5-5,0</b>
Cacaueiro	1,5-1,8		Guandu	1,5-3,0
Cafeeiro	1,6-1,9		Leucena	1,5-3,0
Cana-de-açúcar	1,8-2,4		Soja perene	1,5-3,0
Fumo	2,0-3,0		Araucária	1,4-1,8
Feijoeiro	2,0-3,0		Eucalipto	1,0-1,3
Laranjeira	1,2-1,6		Pinus	1,0-1,2
Mandioca	<b>3,0-5,0</b>		Erva-mate	1,4
Milho	2,5-3,5		Aveia	<b>2,0-5,0</b>

Fonte: Malavolta (1987), Raij *et al.*, (1997).

**Teores totais variam de 1,0 – 5,0 g kg<sup>-1</sup>**

## FONTES DE FÓSFORO:



SOLO



ADUBO  
ORGÂNICO

ADUBO  
MINERAL

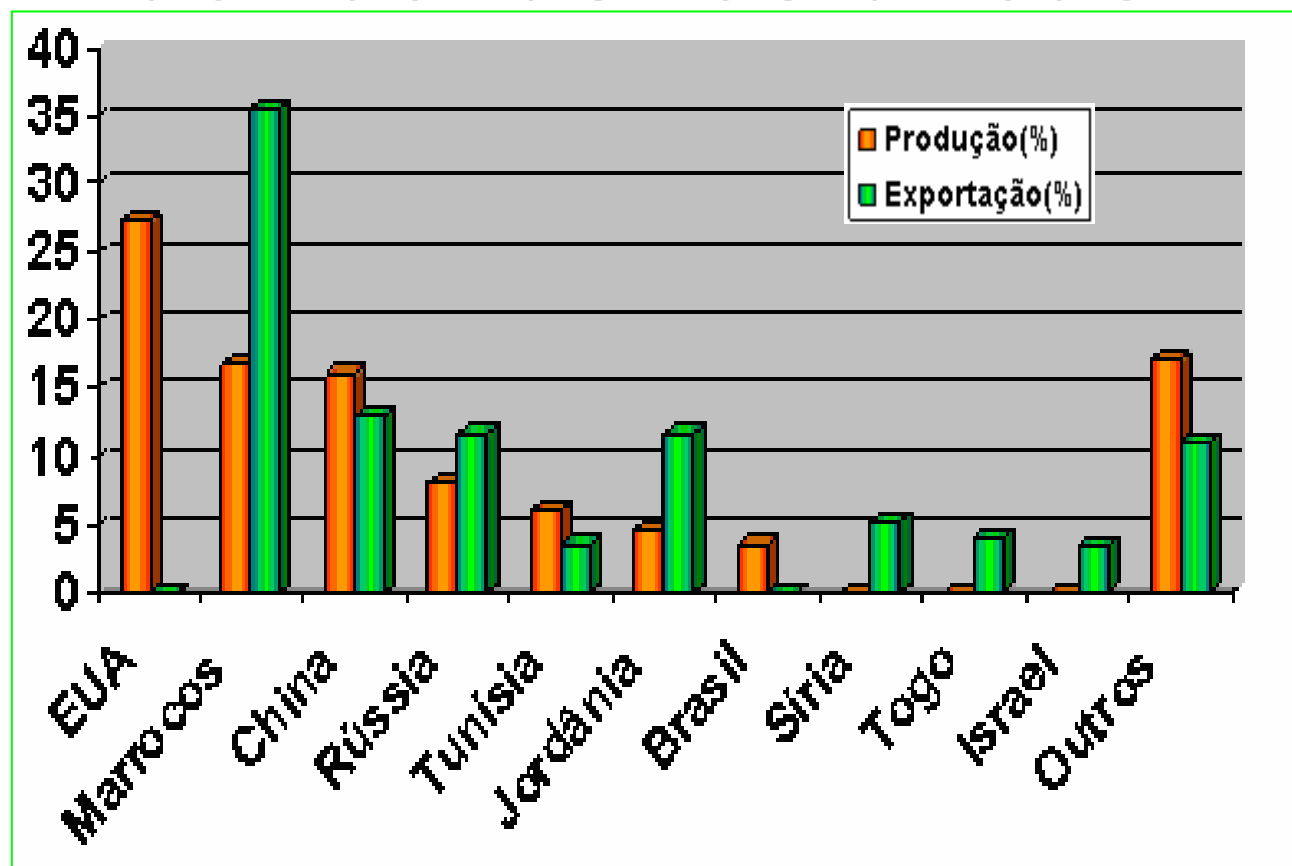




# ADUBOS MINERAIS



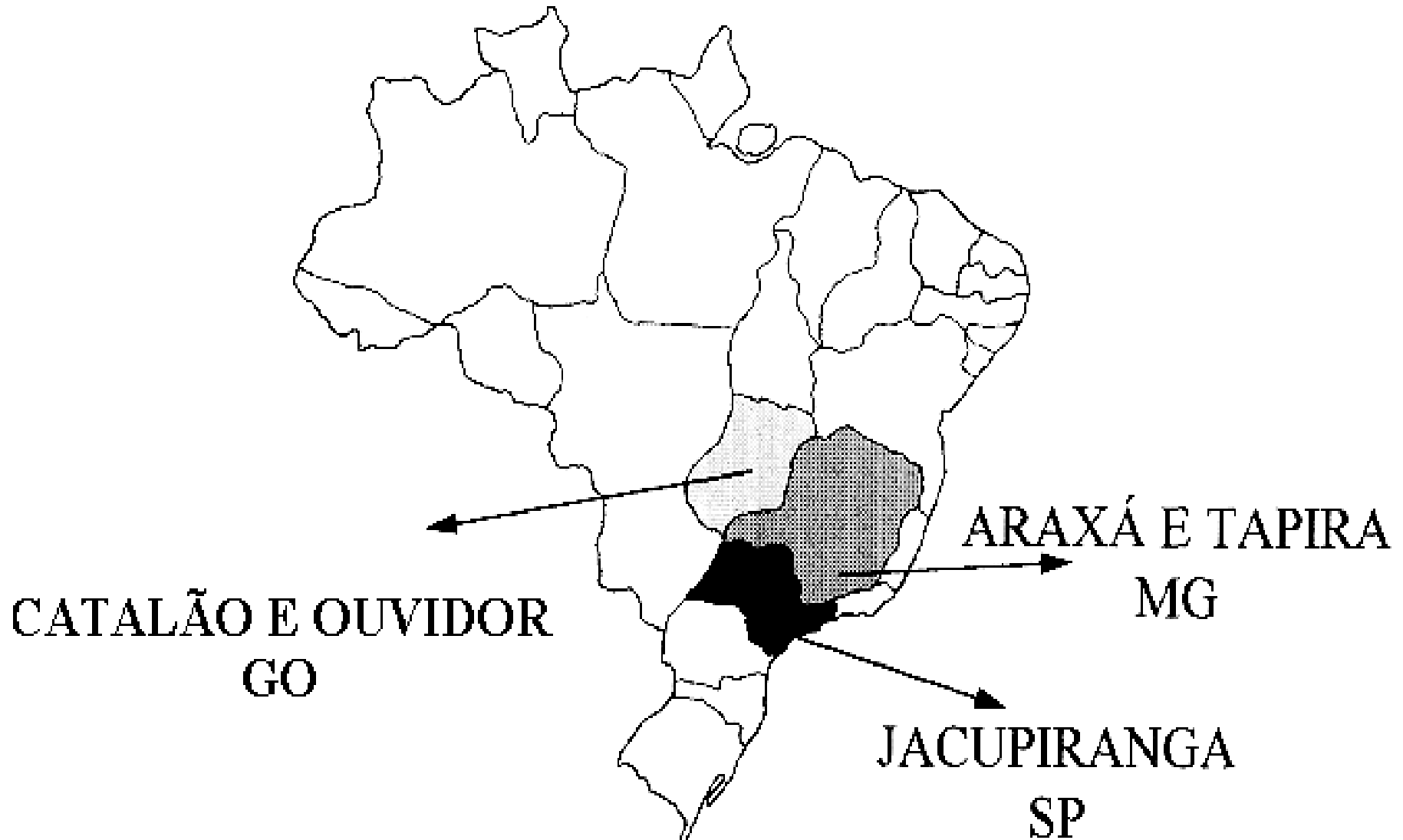
# Produção e exportação mundial de rochas fosfáticas



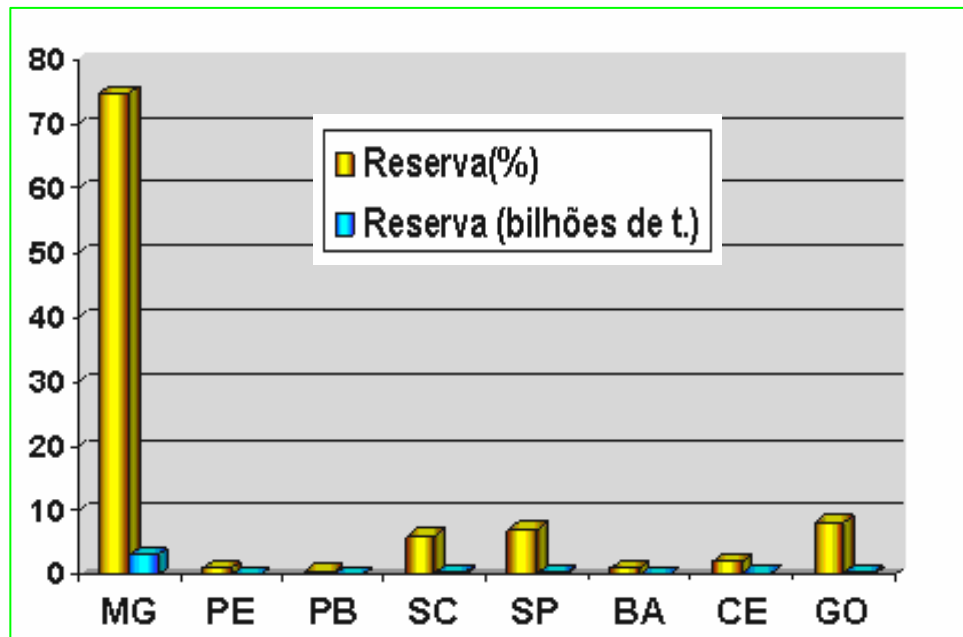
Produção: 131,1 milhões de t.; Exportação: 30,4 milhões de t.

Fonte: Adaptado de Lopes *et al.*, (2004).

# MINAS DE ROCHA FOSFÁTICA NO BRASIL



# Reservas brasileiras de rochas fosfáticas

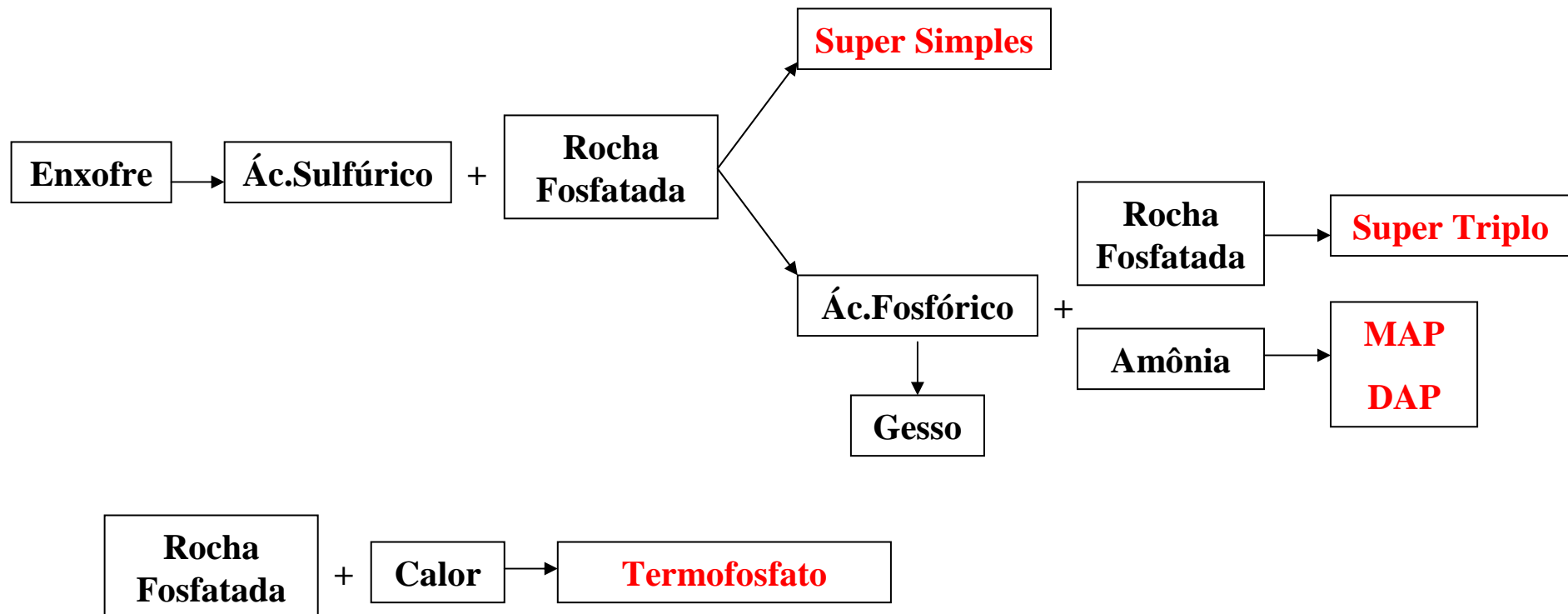


**Figura 3.** Estados brasileiros com reservas aprovadas de rocha fosfática. Total de 4,04 bilhões de toneladas.

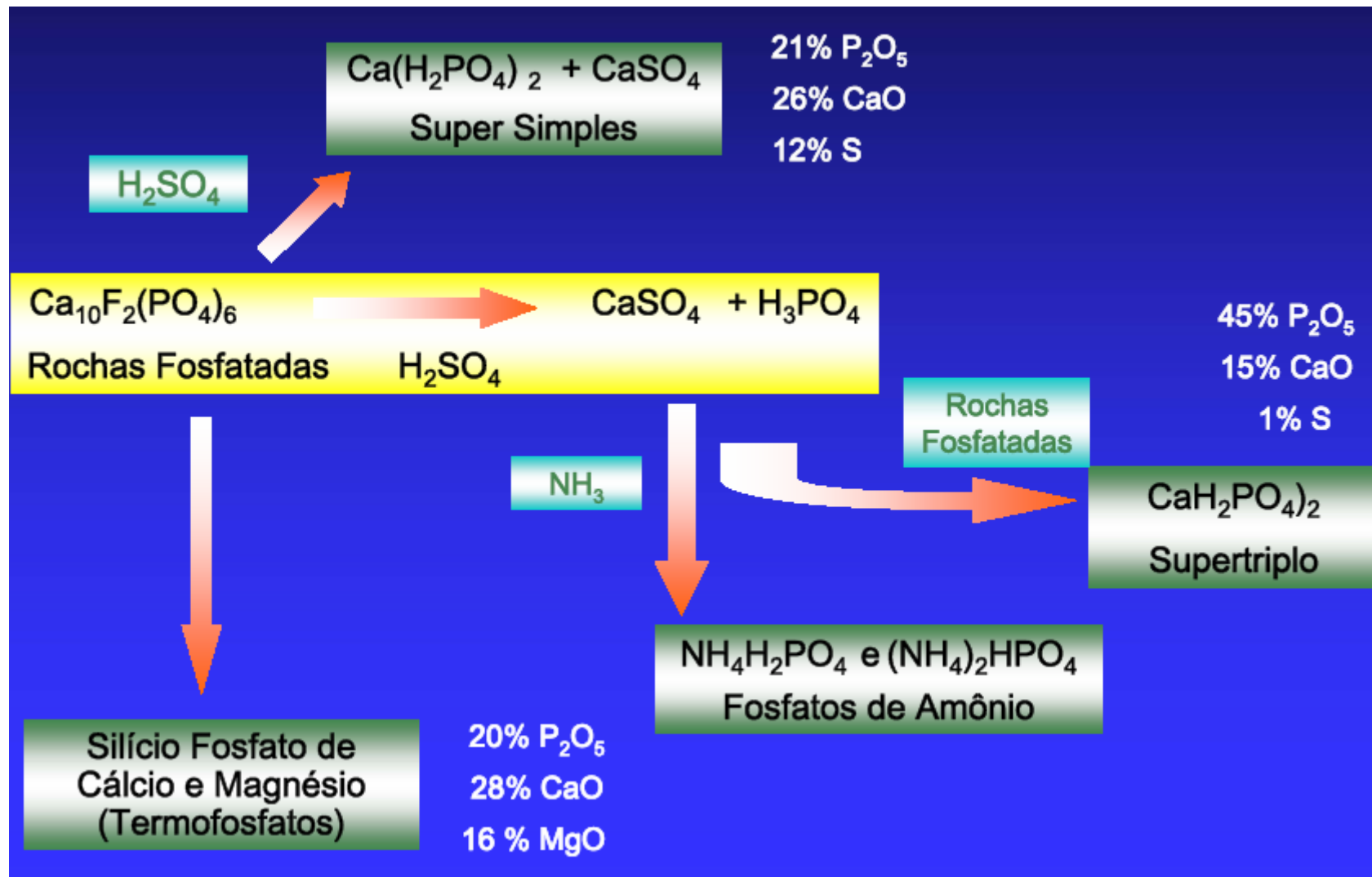
**Fonte:** Adaptado de Lopes *et al.* (2004).

Reservas brasileiras economicamente exploráveis de rochas fosfáticas 2,77 bilhões de toneladas, com teor médio de 8% de  $P_2O_5$ .

# ROTA DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS



## ESQUEMA DE PRODUÇÃO DOS PRINCIPAIS ADUBOS FOSFATADOS



## ADUBOS FOSFATADOS

Adubos Fosfatados	%					
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> a.c.	N	CaO	MgO	S
Superfosfato Simples	21	18	-	26	-	12
Superfosfato Triplo	45	42	-	15	-	1 - 2
Fosfato Monoamônico	52	52	10	-	-	1
Fosfato Diamônico	45	43	18	-	-	-
Nitrofosfato	20	18	18	12	-	-
Fosfato Bicálcico	40	40	-	30	-	-
Termofosfato	19	16	-	28	16	-
Escória de Thomas	19	15	-	25	-	-
Farinha de Ossos	30	25	-	36	-	-
Olinda	26	5	-	43	-	-
Hiperfosfato	27	12	-	40	-	-

Características químicas de alguns fosfatos naturais reativos comercializados no Brasil, determinados em amostras moídas para análise química (100% < 0,063 mm).

<b>FOSFATO NATURAL</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Total</b>	<b>Solubilidade Relativa ao P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Total</b>	
		<b>Ácido Cítrico</b>	<b>Ácido Fórmico</b>
		----- % -----	
Arad (Israel)	33	35	58
Djebel Önk (Argélia)	29	38	68
Carolina do Norte (EUA)	30	44	76
Daoui (Khouribga/Marrocos)	32	31	59
Gafsa (Tunísia)	29	41	72

Fonte: D.M.G. de Souza et al. (1999) - EMBRAPA Cerrados.



# ESTERCOS

<b>Material orgânico</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>Matéria seca</b>
	kg m <sup>-3</sup> de churume			%
<b>Esterco líquido de suínos</b>	4,5	4	1,6	6
<b>Esterco líquido de bovinos</b>	1,4	0,8	1,4	4,6



# FRANGO CORTE

## Amostra

## --- Frango corte ---

	Média		Variação
<b>Umidade %</b>	33,2		20,1 – 47,2
<b>Densidade g/litro</b>	293,9		253 - 324
	<b>kg ton<sup>-1</sup></b>	<b>kg m<sup>-3</sup></b>	<b>kg ton<sup>-1</sup></b>
<b>MS</b>	668	196,7	528 – 799
<b>Resíduo mineral</b>	63,7	18,7	<b>37,7 – 106,2</b>
<b>CaO</b>	<b>13,9</b>	4,1	8,8 - 19
<b>N</b>	17,2	<b>5,1</b>	11 – 24,1
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	12,6	3,7	<b>8,5 – 23,8</b>
<b>K<sub>2</sub>O</b>	8,4	2,5	4,3 – 10,8

Adaptado de PAULETTI E DEMOGALSKI, 2002.

+ - 50% liberado na primeira safra

# RESPOSTA DAS CULTURAS A ADUBAÇÃO FOSFATADA

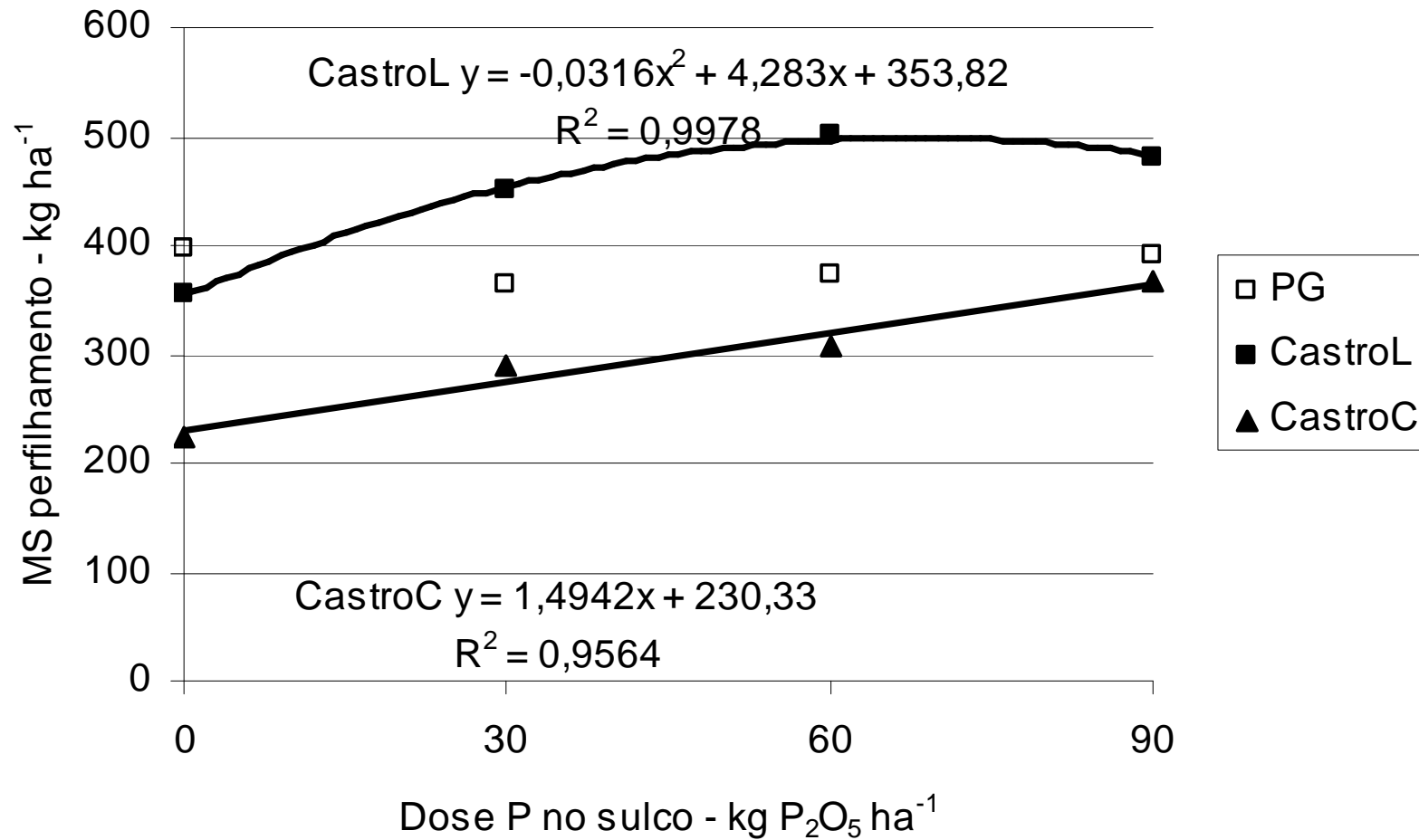


# Correção do solo

## TEOR DE NUTRIENTES NO SOLO

Classe	P resina	K <sup>+</sup>
Muito Baixo	< 5	≤ 0,7
Baixo <b>&gt; dose</b>	5,1 - 9	0,8 - 1,5
Médio	9,1 - 18	1,6 - 3,0
Alto <b>Balanço</b>	> 18	3,1 - 6,0

### CRESCIMENTO INICIAL - Trigo - 2006

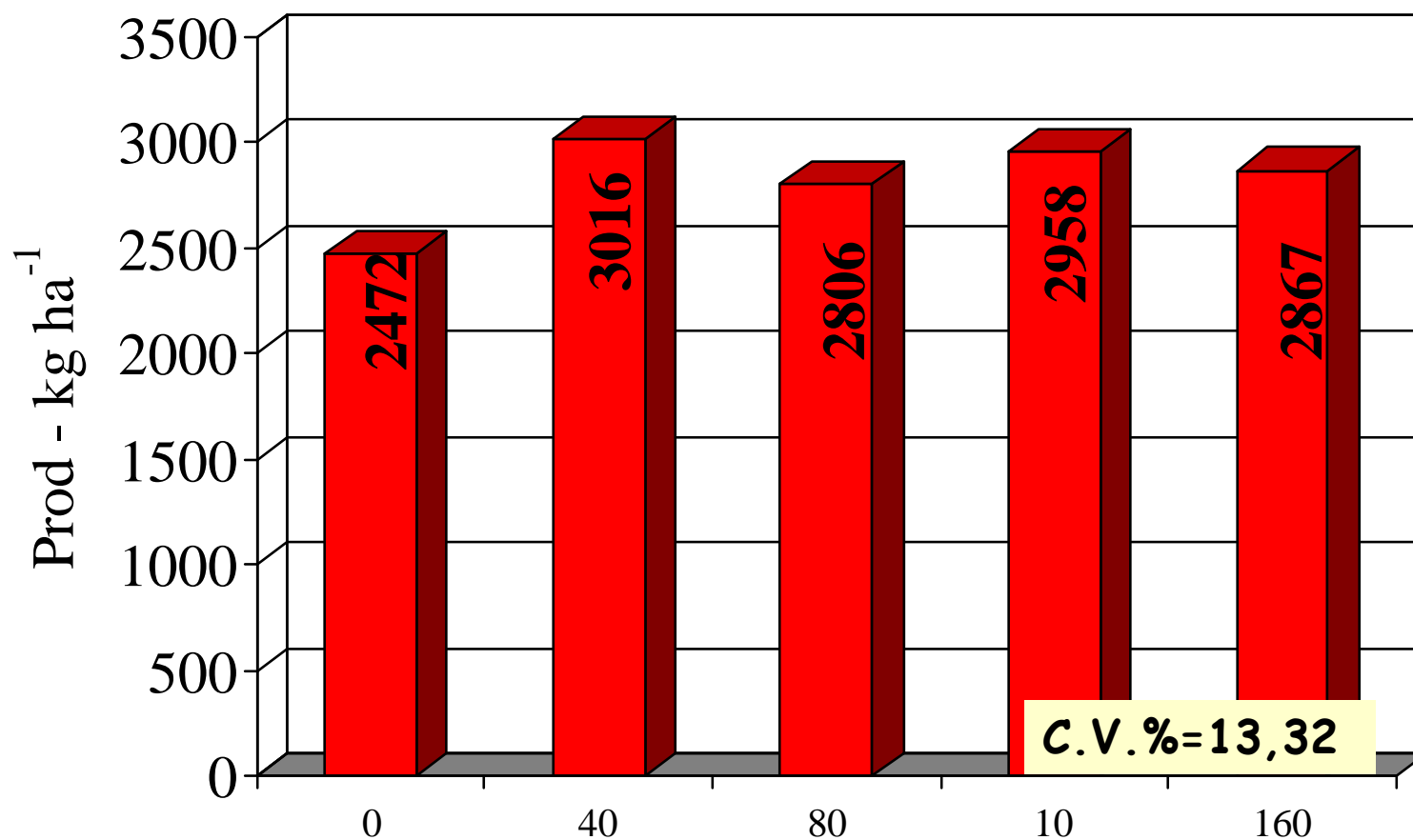


## Rendimento de grãos de soja obtidos em função de diferentes doses de fosfatos em solo de baixa disponibilidade de fósforo. 2<sup>o</sup> cultivo.

<b>FONTE</b>	0	50	100	400	<b>Média</b>
TSP	1.500 aC	2.011 aB	2.125 aB	2.317 aA	1.988 a
GAFSA	1.499 aC	1.629 bBC	1.734 bB	2.061 abA	1.731 b
DAOUI	1.480 aC	1.560 bBC	1.677 bB	1.913 bA	1.658 c
ARAD	1.495 aC	1.538 bBC	1.680 bB	1.906 bA	1.655 c
<b>Média</b>	1.494 D	1.685 C	1.804 B	2.049 A	

**Fonte:** EMBRAPA - CNPT (1988) citado por VITTI (2002).

## Efeito de doses de P sobre a produtividade de feijoeiro

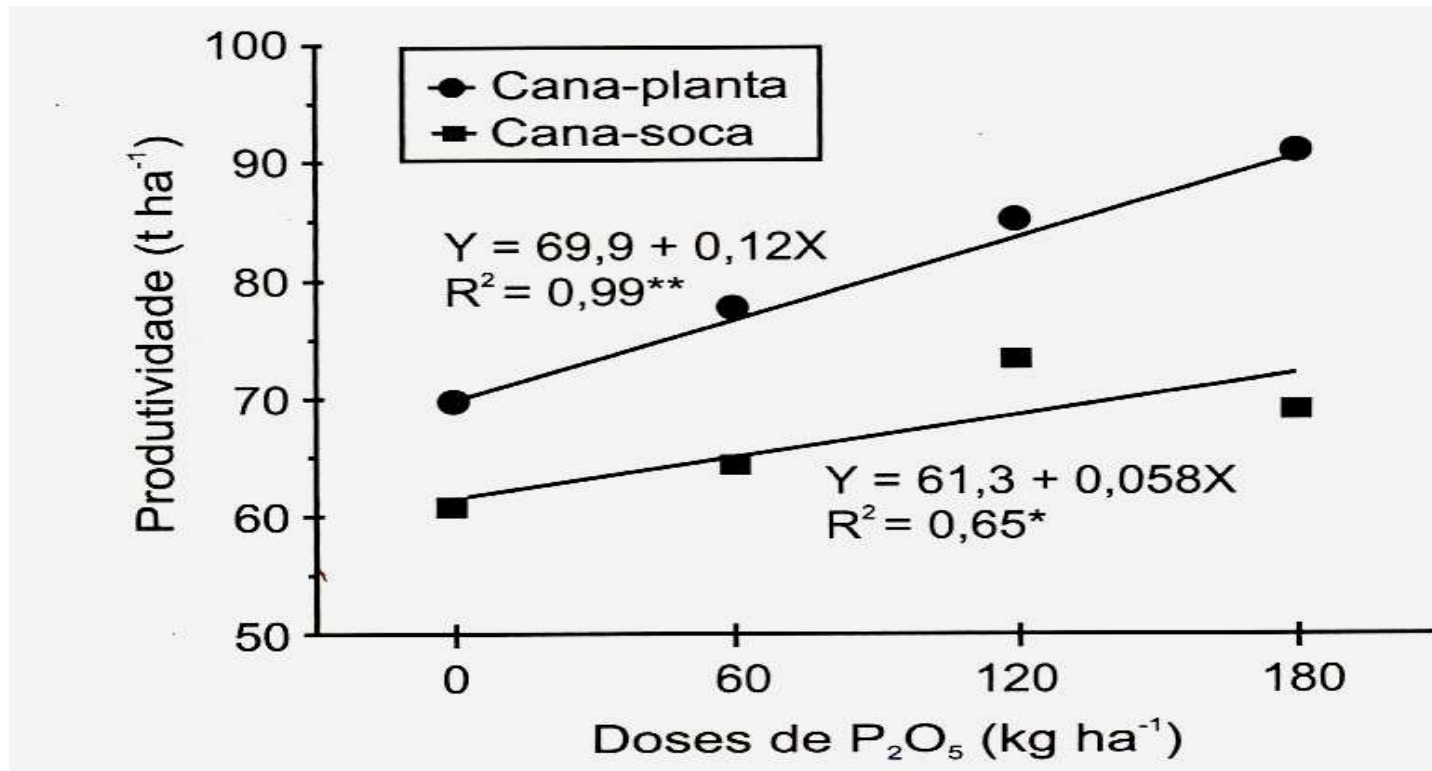


P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - kg ha<sup>-1</sup>  
P solo: 0-5= 48; 5-10= 40; 10-30= 27 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

Argila: 0-5= 16; 5-10= 19; 10-30= 19 %

R<sup>2</sup>= 0,6 ns

# Efeito da adubação fosfatada na produção de cana-de-açúcar

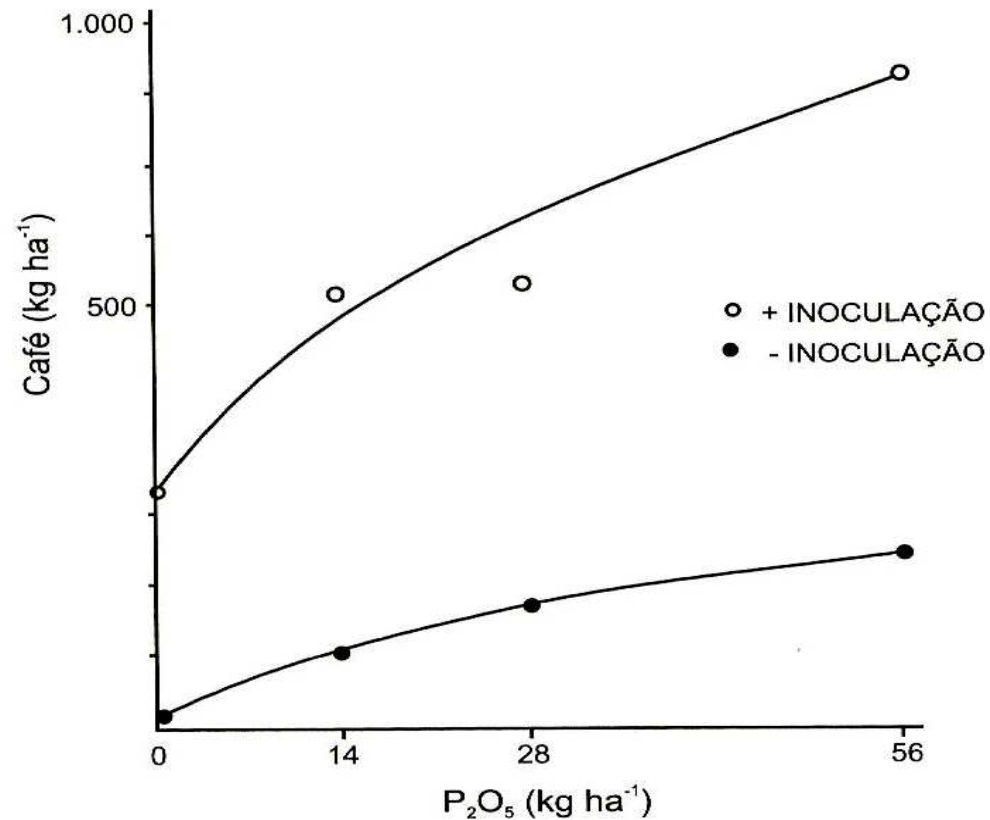


Efeito de doses de P sobre a produção de cana-de-ano (12 meses) e da cana soca.

Fonte: Korndörfer, (2004).



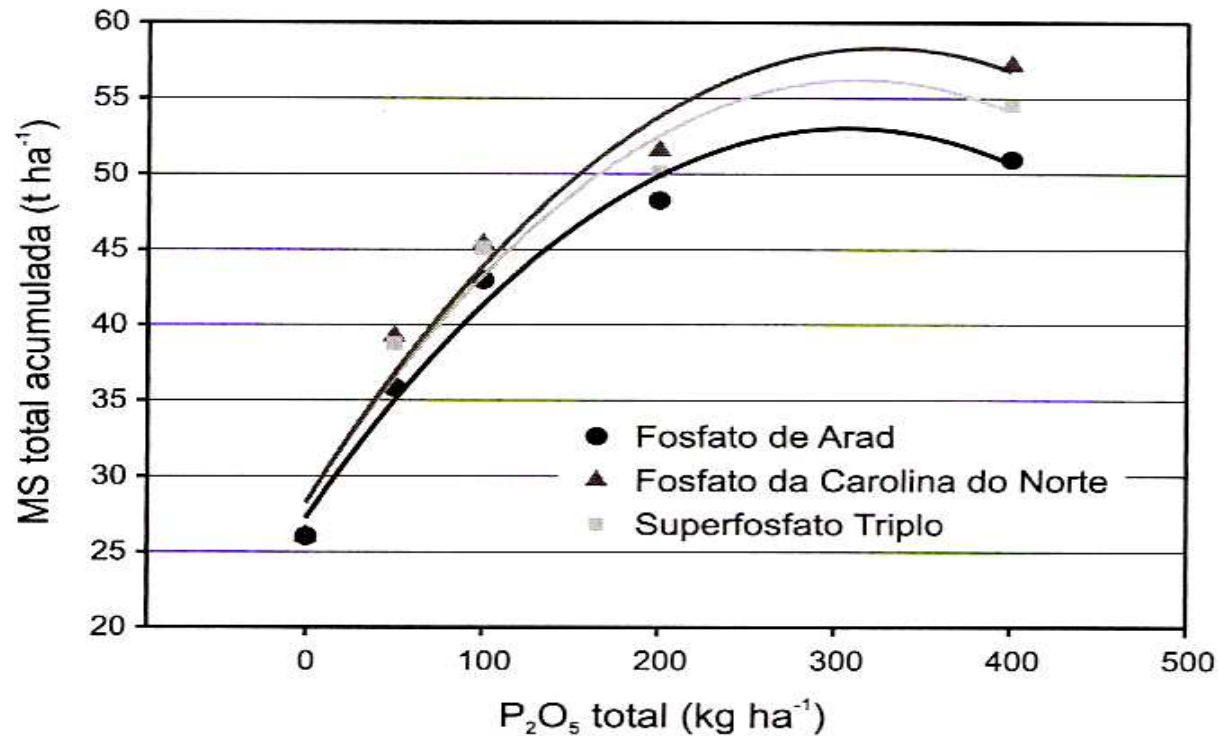
# Efeito de micorrizas na produção de café



Efeito da inoculação com *Gigaspora margarita* no crescimento e na produção do cafeeiro.

**Fonte:** Malavolta, (2004) apud Lopes et al (1983).

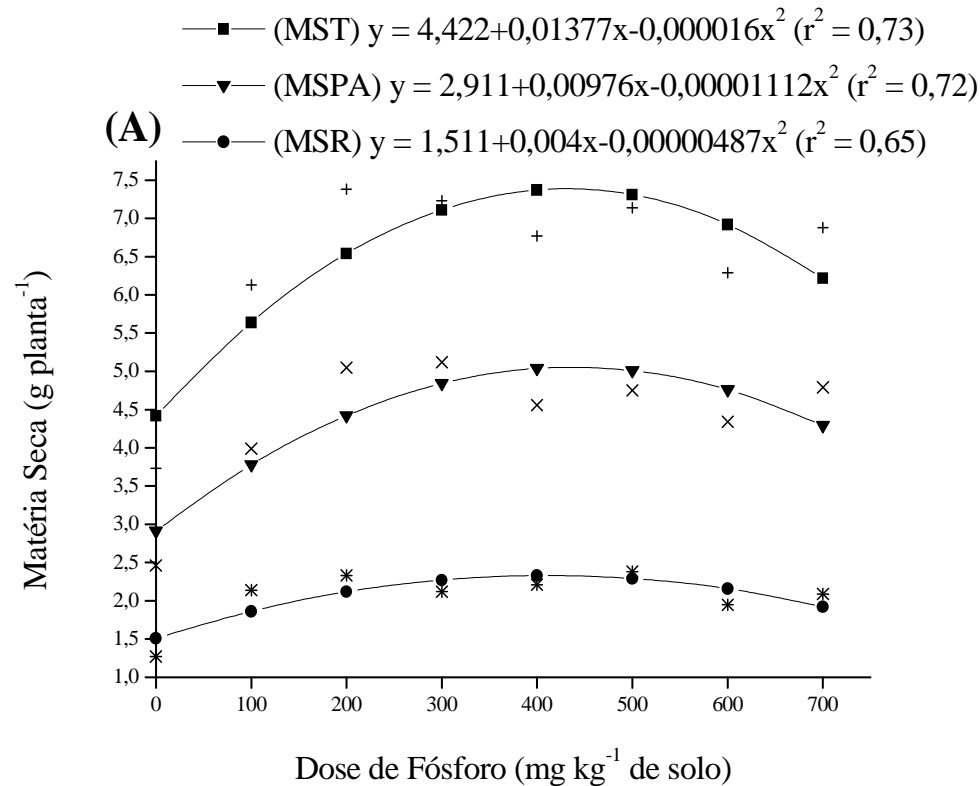
# Efeito da adubação fosfatada na produção de massa seca em Braquiaria



Produção acumulada de matéria seca total em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, avaliação de sete cortes, de abril de 1996 a maio de 1998. Campo Grande, MS.

Fonte: Macedo, (2004)

# Efeito da adubação fosfatada na produção de massa seca em Erva-mate



Matéria seca total (MST), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca radicular (MSR) em mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* st. Hil.) submetidas a diferentes doses de fósforo, após 270 dias de cultivo.

**Fonte:** Santin *et al.*, (2006). Dados não publicados.

# Sintomas de deficiências de P

## Visuais:

- Cor amarelada das folhas, principalmente nas mais velhas;
- Pouco brilho, cor verde-azulada ou manchas pardas;
- Ângulos foliares mais agudos;
- Gemas laterais dormentes;
- Número reduzido de frutos e de semente;
- Atraso no florescimento.

# Sintomas de deficiências de P

## Químicos:

- Aumento de pigmentos vermelhos ou roxos em algumas espécies;
- Aumento do teor de carboidratos solúveis;
- Aumento da relação  $P_o/P_i$ .

## Anatômicos:

Provavelmente só indiretos como:

- Indução de deficiência de alguns elementos como Co, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn.

# Deficiência de P em plantas

## Feijoeiro



Sintoma de deficiência de P em feijoeiro.

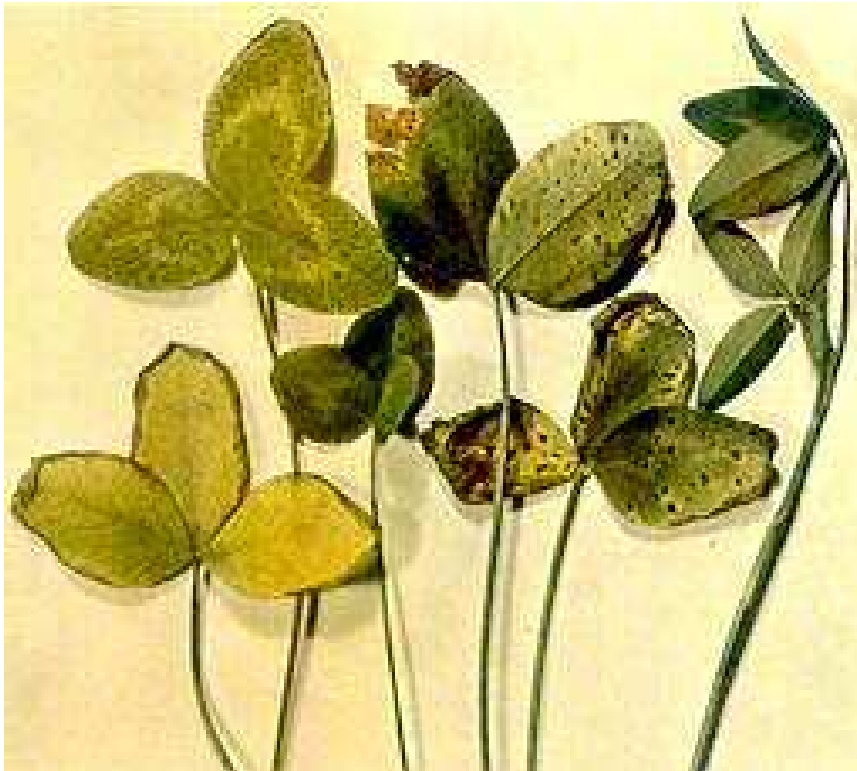
Fonte: [www.potafos.org/ppiweb/gbrazil.nsf/\\$webindex/..](http://www.potafos.org/ppiweb/gbrazil.nsf/$webindex/)



Cor amarelada das  
folhas mais velhas.

# Deficiência de P em plantas

## Trevo



Sintoma de deficiência de P em trevo vermelho.

**Fonte:** <http://www.uralkali.com/portal/page>.

**Folhas de trevo  
vermelho com  
pequenos pontos  
de bronze.**



# Deficiência de P em plantas

## Milho



Fonte: [www.potafos.org/ppiweb/gbrazil.nsf/\\$webindex/..](http://www.potafos.org/ppiweb/gbrazil.nsf/$webindex/)



# Deficiência de P em plantas

## Milho



# Deficiência de P em plantas

## Sorgo



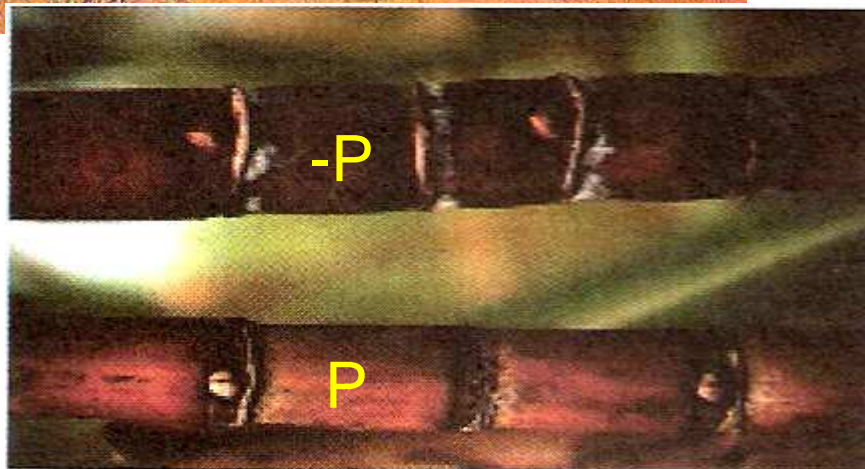
Sintoma de deficiência de P em sorgo.

**Fonte:** Better Crops, (1991).



# Deficiência de P em plantas

## Cana-de-açúcar



Sintomas de deficiência de P em cana-de-açúcar.

**Fonte:** Yamada, (1994).

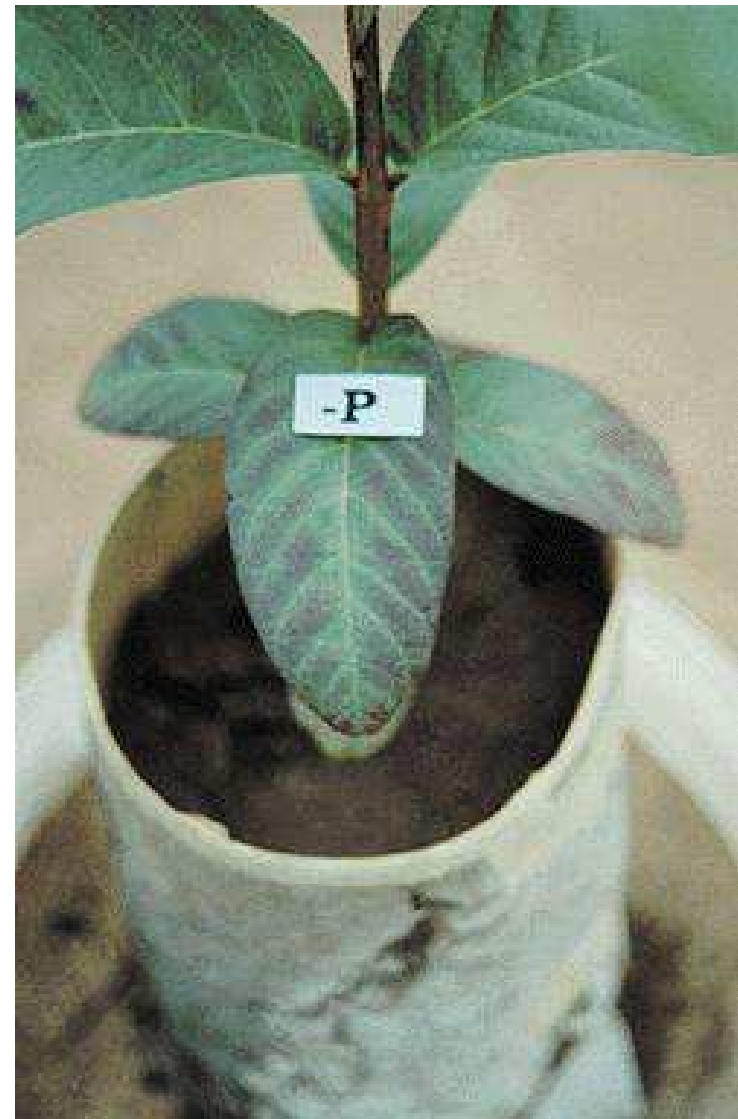
**Fonte:** Korndörfer, (2004).

# Cana

- Lâminas foliares verde-escuras a verde-azuladas; coloração vermelha ou roxa aparece freqüentemente, particularmente nas pontas e margens expostas diretamente à luz do sol; folhas mais finas, mais estreitas e mais curtas que o normal; folhas mais velhas amarelas, eventualmente definhando a partir das pontas e ao longo das margens; colmos menores e mais finos; perfilhamento escasso ou ausente.

# Deficiência de P em plantas

## Goiaba





# Deficiência de P em plantas

## Pinus



Amarelamento das acículas, que podem dispor-se em forma de mosaico, após ficam violáceas.

Sintoma de deficiência de P em pinus.

**Fonte:** [http://www.pr.nrcs.usda.gov/technical/Agronomy/deficiencias\\_nutricionales.htm](http://www.pr.nrcs.usda.gov/technical/Agronomy/deficiencias_nutricionales.htm).

# Deficiência de P em plantas

## Batata



Sintoma de deficiência de P em batata.

Atraso do crescimento nas partes terminais, plantas pequenas delgadas e ligeiramente rígidas, com folhas enrugadas, e coloração mais escura que o normal.

**Fonte:** [http://www.pr.nrcs.usda.gov/technical/Agronomy/deficiencias\\_nutricionales.htm](http://www.pr.nrcs.usda.gov/technical/Agronomy/deficiencias_nutricionales.htm)

# Deficiência de P em plantas

## Arroz



**Plantas ficam pequenas comparada com as normais**

Sintoma de deficiência de P em arroz.

**Fonte:** [http://www.pr.nrcs.usda.gov/technical/Agronomy/deficiencias\\_nutricionales.htm](http://www.pr.nrcs.usda.gov/technical/Agronomy/deficiencias_nutricionales.htm)



# Deficiência de P em plantas

## Eucalipto



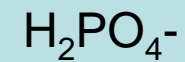
Sintoma de deficiência de P em eucalipto.

**Fonte:** Silveira *et al.*, (2004).

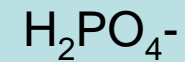
As folhas velhas ficam com coloração verde escura, mostrando-se arroxeadas próximo às nervuras e com pontuações escuras ao longo do limbo. No estágio final, as pontuações tornam-se necróticas.

## Revisão

Forma absorvida



Forma incorporada



Mobilidade na planta

móvel

Funções

Armazenamento e transferência  
de energia

Deficiência

Menor crescimento aéreo e radicular,  
cor púrpura nas folhas mais velhas