

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Ilha Solteira

Aubos e Adubaçãõ



ADUBOS E ADUBAÇÃO FOSFATADA

27 de Março de 2013

Ilha Solteira - SP

Introdução

- **O P e o K são os nutrientes mais utilizados;**
- **Exigência pelas culturas: N – K – P;**
- P na planta;
- P no solo (Capacidade de fixação do solo)

2. Reservas e matérias primas utilizadas

- Fosfato natural - H_3PO_4 - H_2SO_4 - HNO_3



Quantidades de macronutrientes extraídas (kg/ha)

Elemento (*)	Soja (3 t/ha)	Milho (6,4t/ha)	Citros (6cx/pé)	Tomate (41t/ha)
N	300	305	91	84
P	40	56	9	21
K	115	257	72	185
Ca	70	36	25	31
Mg	35	48	6	8
S	23	44	72	28



Introdução

- O P e o K são os nutrientes mais utilizados;
- Exigência pelas culturas: N – K – P;
- **P na planta;**
- P no solo (Capacidade de fixação do solo)

2. Reservas e matérias primas utilizadas

- Fosfato natural - H_3PO_4 - H_2SO_4 - HNO_3



Introdução

Funções do P

Principal função: armazenamento e a utilização de energia captada da luz solar pela fotossíntese, via síntese de ATP;

Crescimento das raízes;

Maturação dos frutos;

Formação de grão, frutos e fibras;

Vigor da planta.



Introdução

Funções do P



Capim-marandu



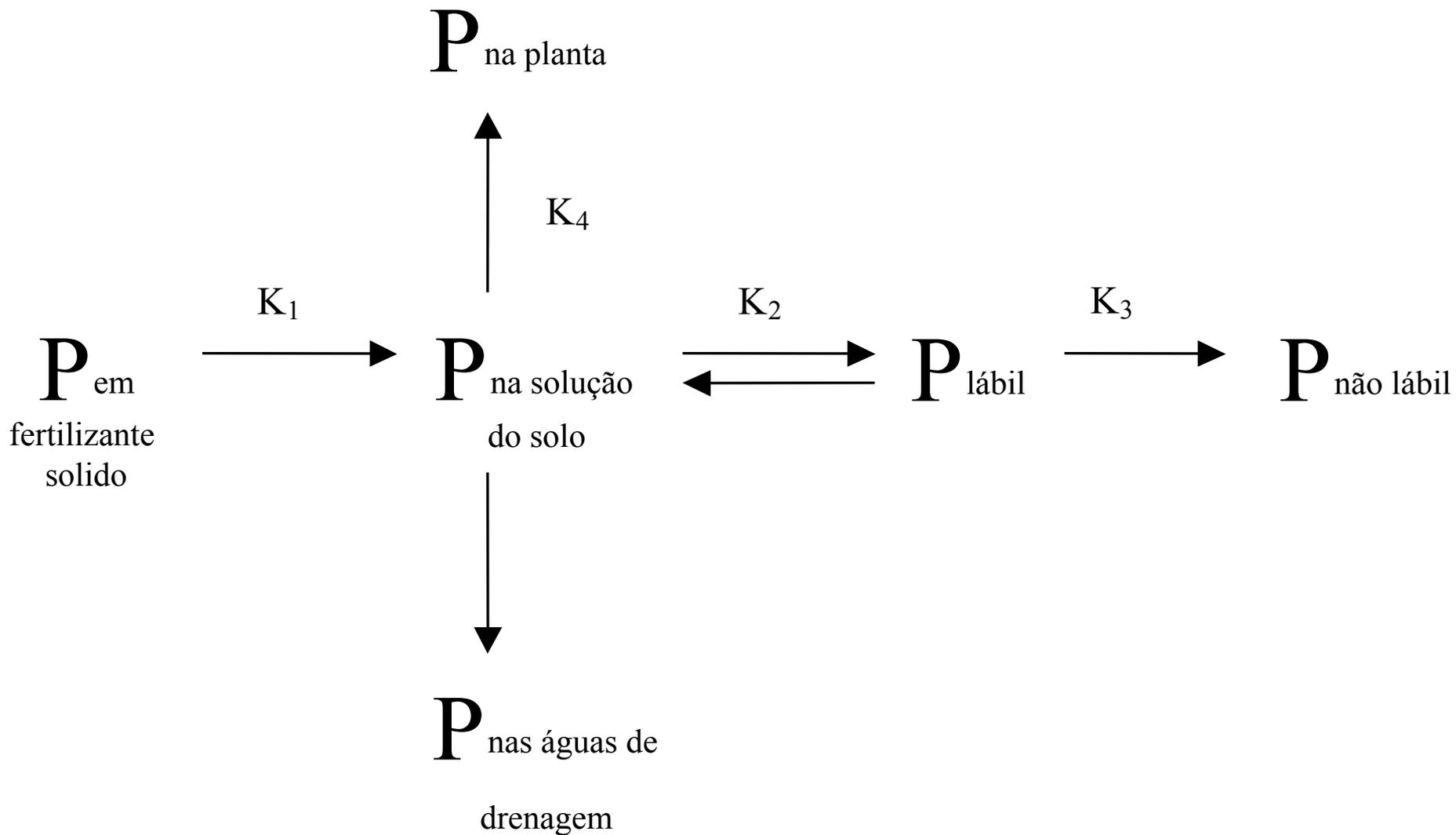
Milho

Foto: Embrapa Cerrados



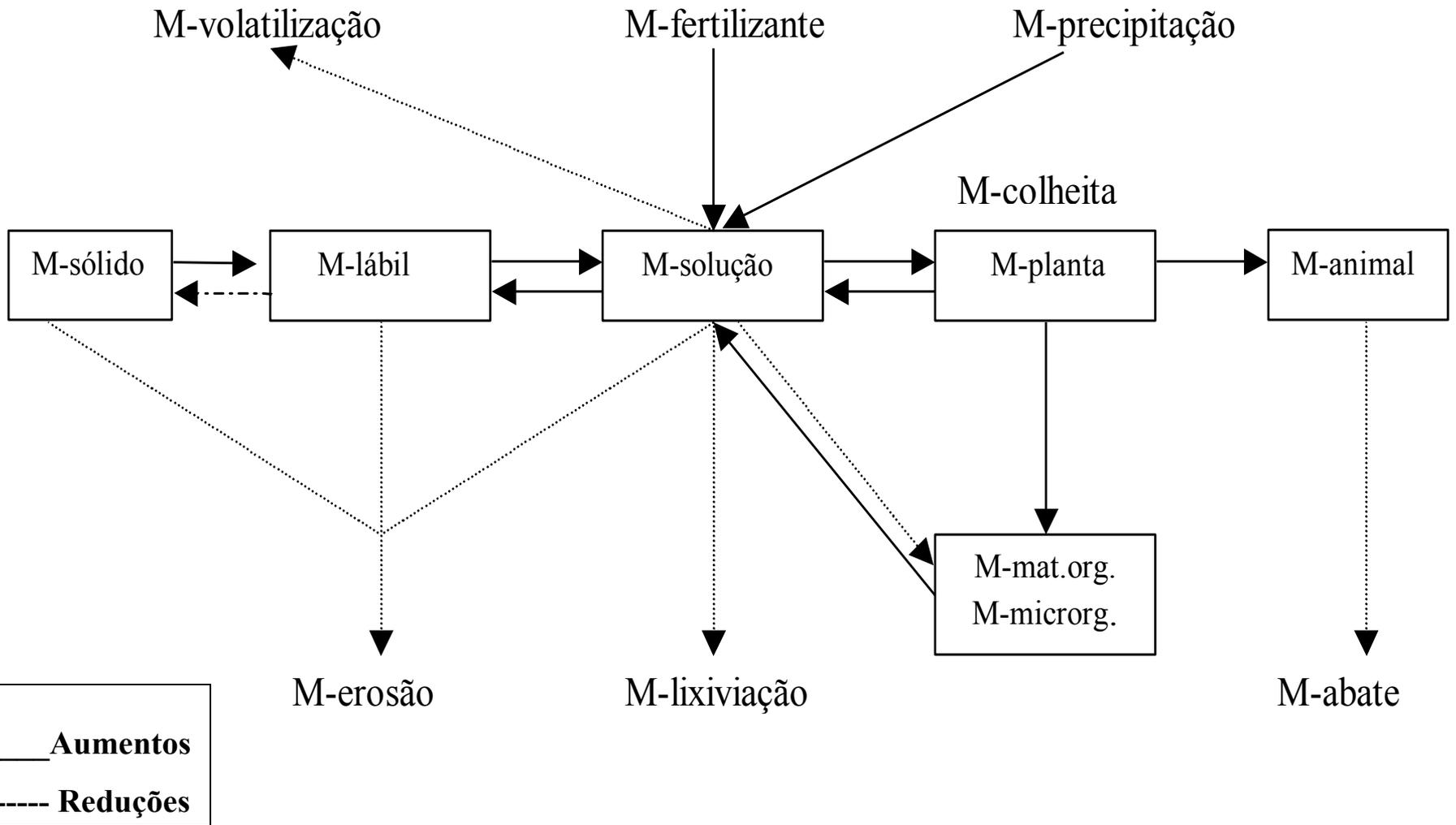
DINÂMICA DO FÓSFORO NO SOLO





Representação esquemática do fósforo com relação aos aspectos que afetam a restrição vegetal. (Adaptada de Larsen, 1971).





Aumentos e reduções na disponibilidade de um nutriente M no solo.

Fonte: Adaptado de Yamada (1989).



Formas de P no sistema solo-planta; interdependências e equilíbrios.



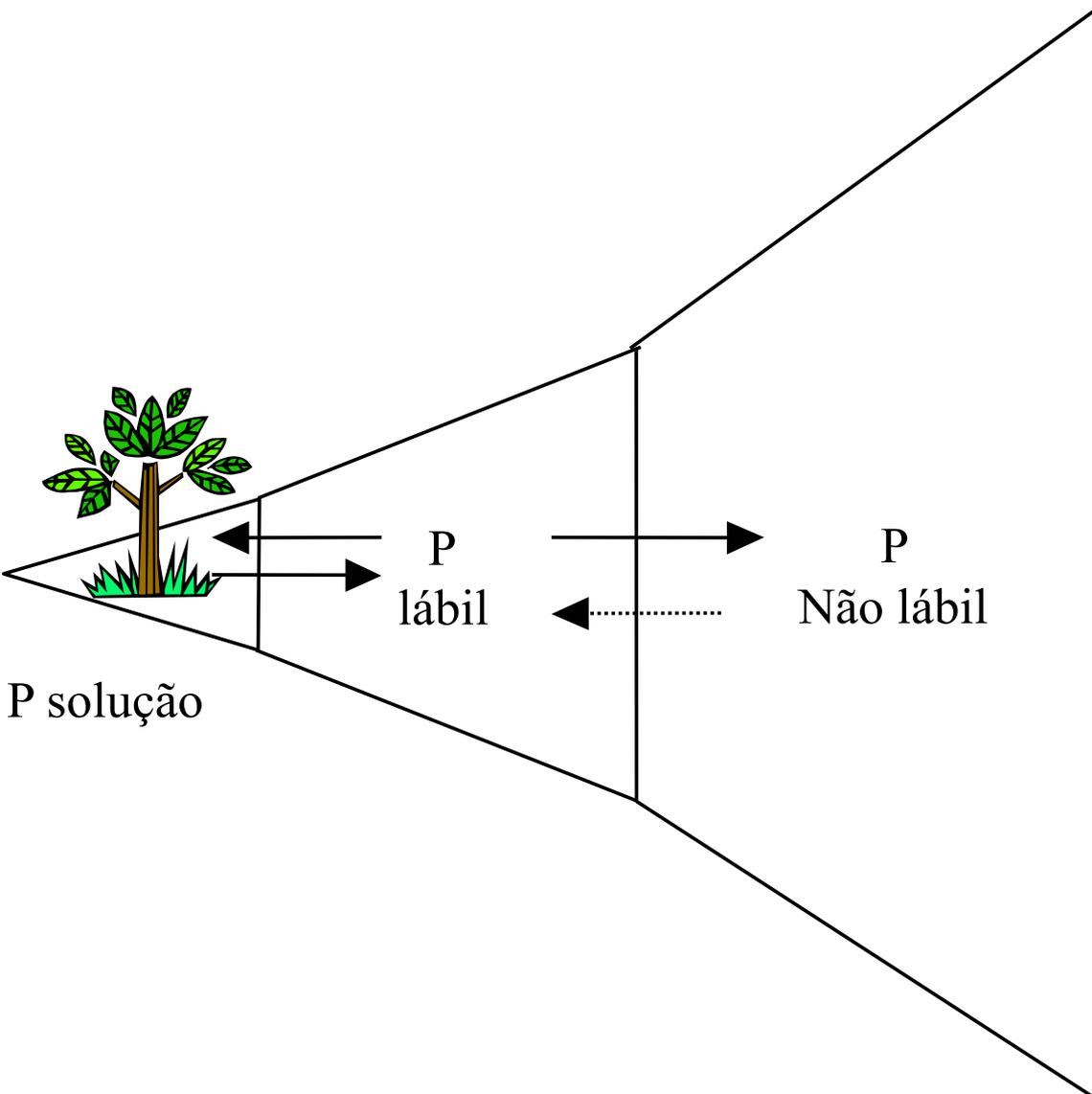


Diagrama mostrando as relações entre as frações de fósforo não-lábil e o fósforo na solução do solo (adaptada de International Superphosphate Manufacturers Association).

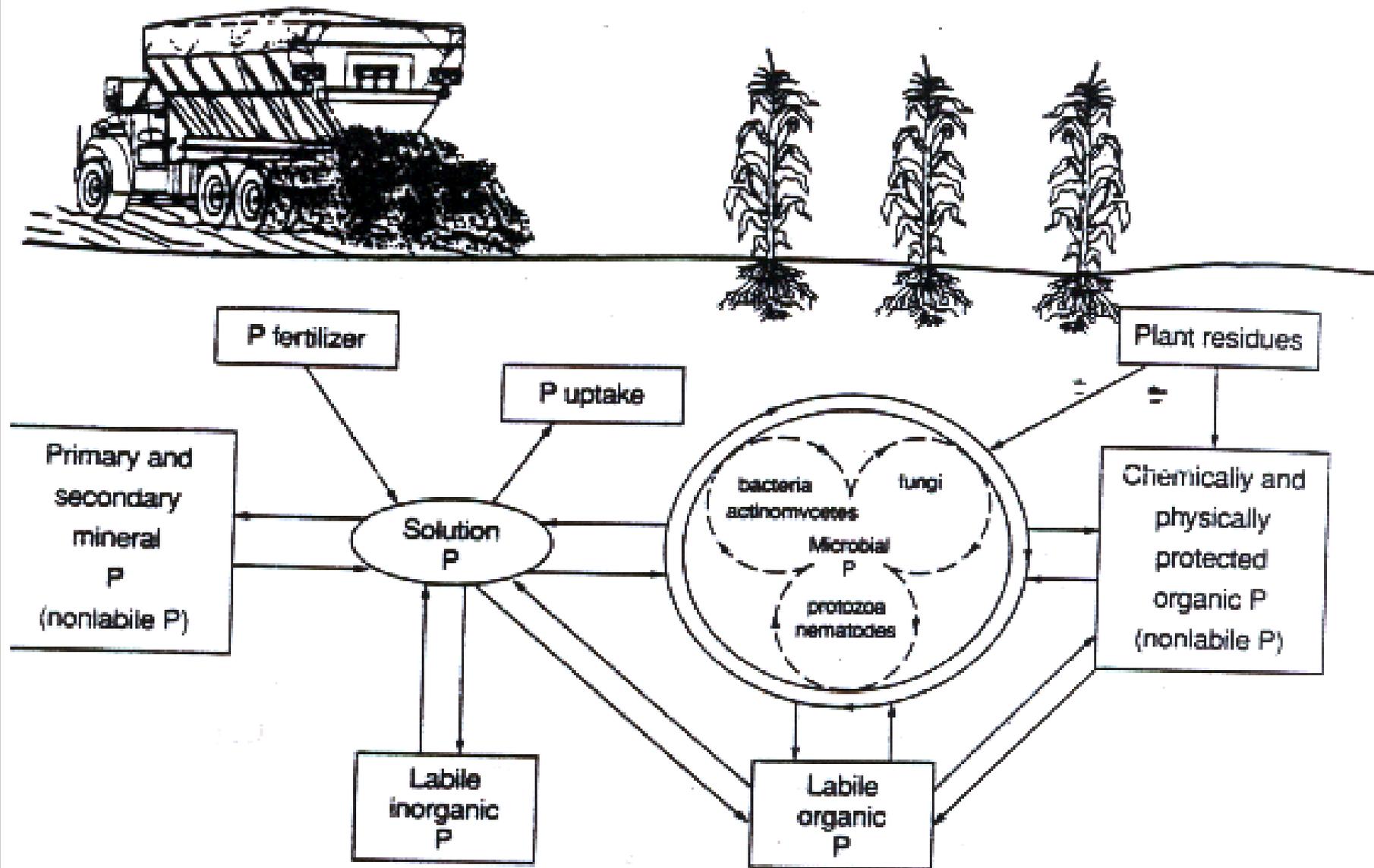
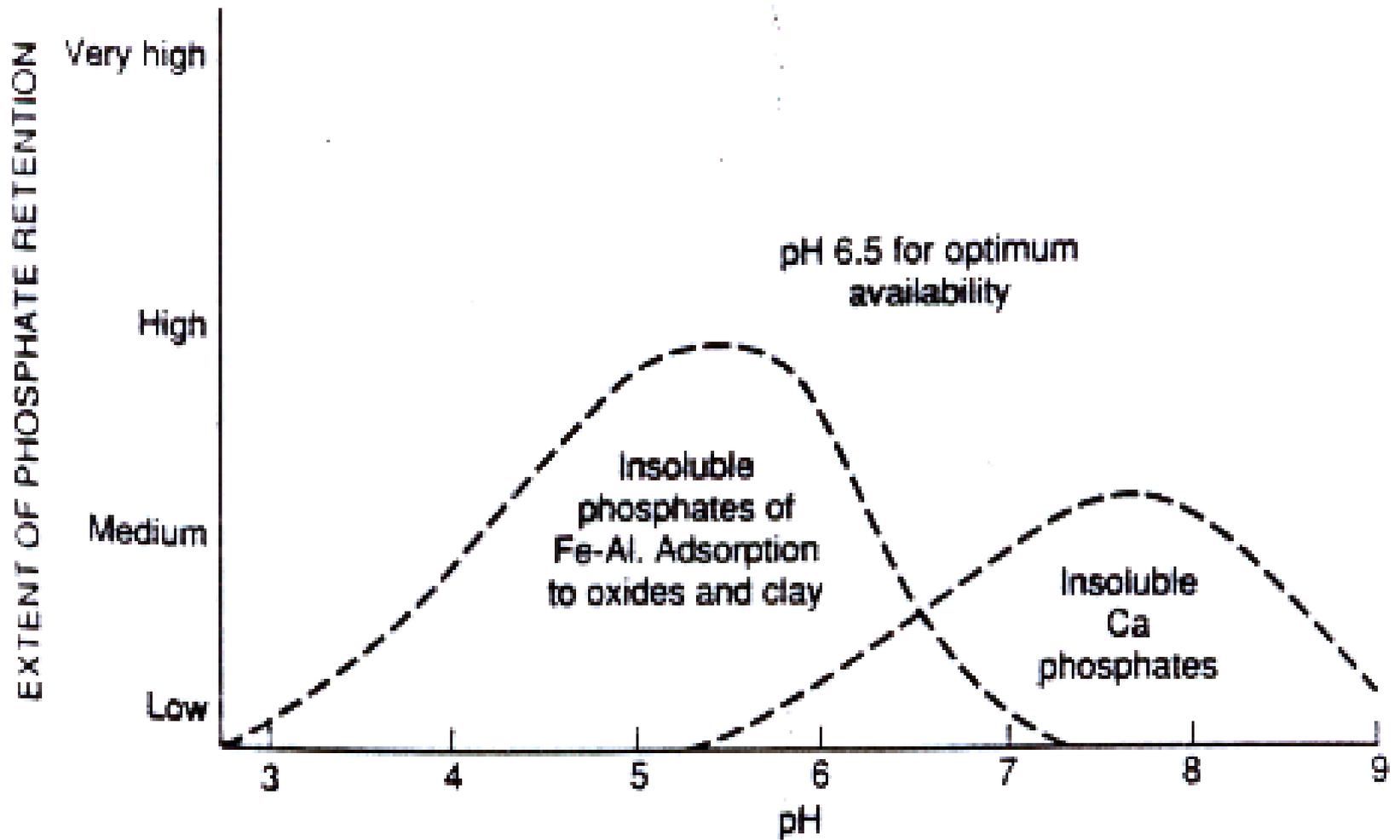


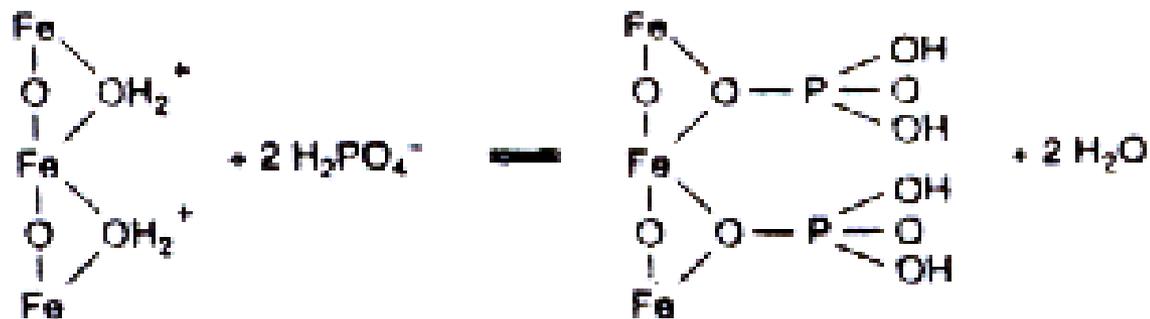
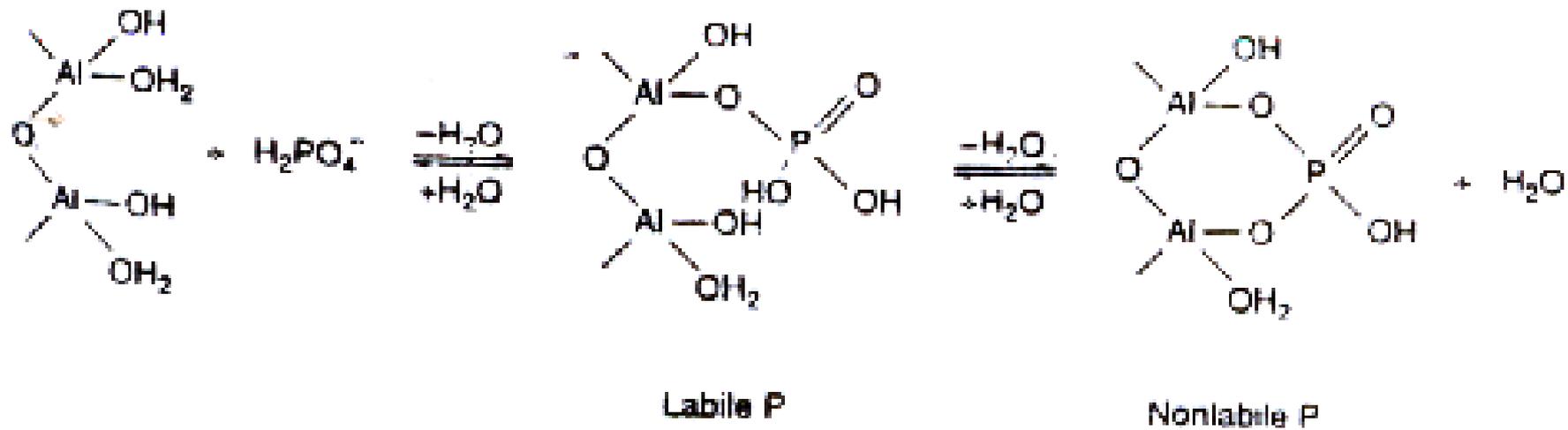
Figure 6.2 Schematic representation of the P cycle in soil. Adapted from Chauhan et al., Can. J. Soil Sci., 61:373, 1981.



Soil pH effect on P adsorption and precipitation.

Adapted from Stevenson, Cycles of Soil, p. 250, John Wiley & Sons, 1986.





Another possible mechanism of P adsorption to Fe and/or Al oxide surfaces.

Bohn et al. (1979). Chemistry, p. 177, John Wiley & Sons.



1. Introdução

- O P e o K são os nutrientes mais utilizados
- Exigência pelas culturas: N – K – P
- Capacidade de fixação do solo.

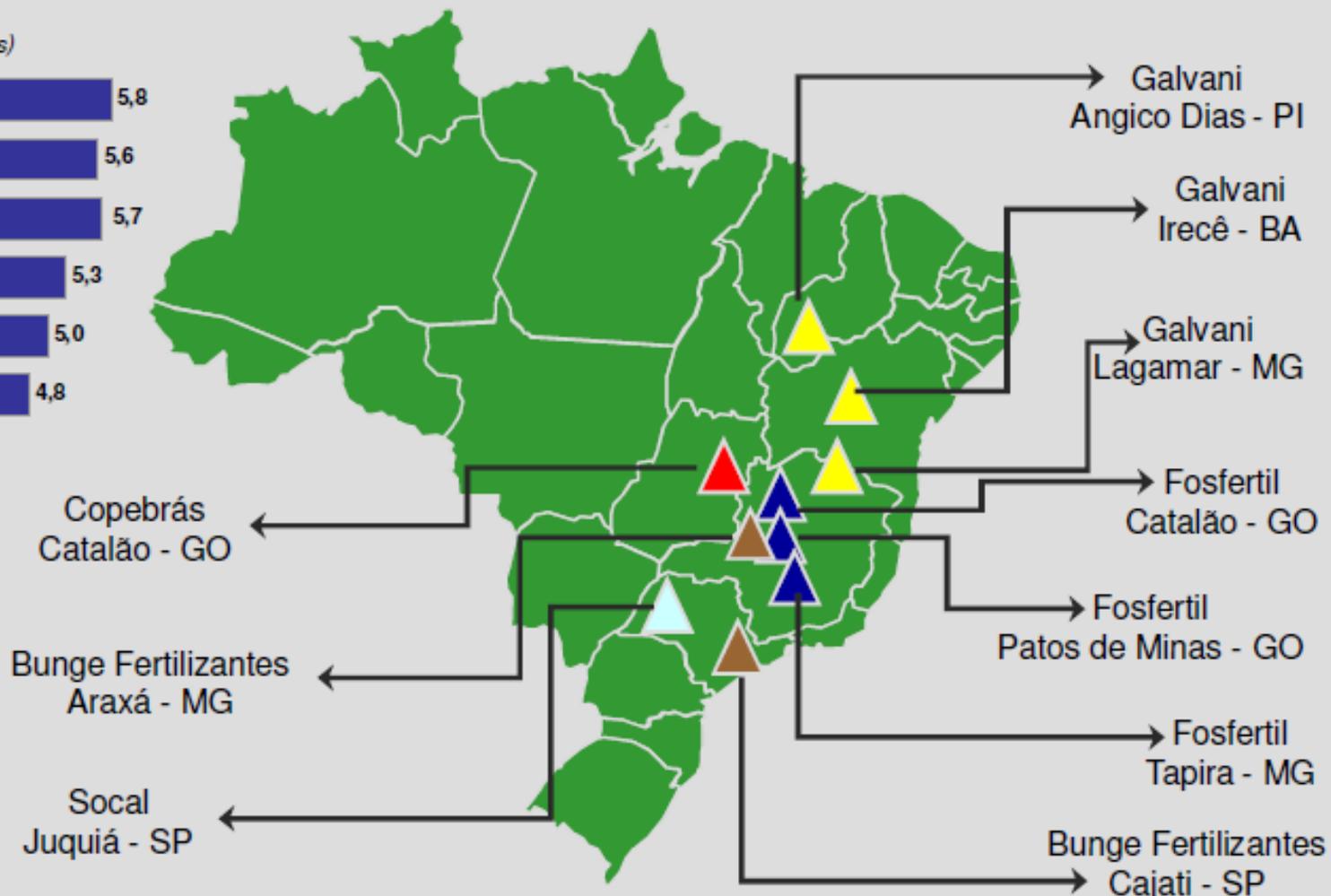
2. Reservas e matérias primas utilizadas

- Fosfato natural - H_3PO_4 - H_2SO_4 - HNO_3



Reservas de Rocha Fosfática em Operação no Brasil

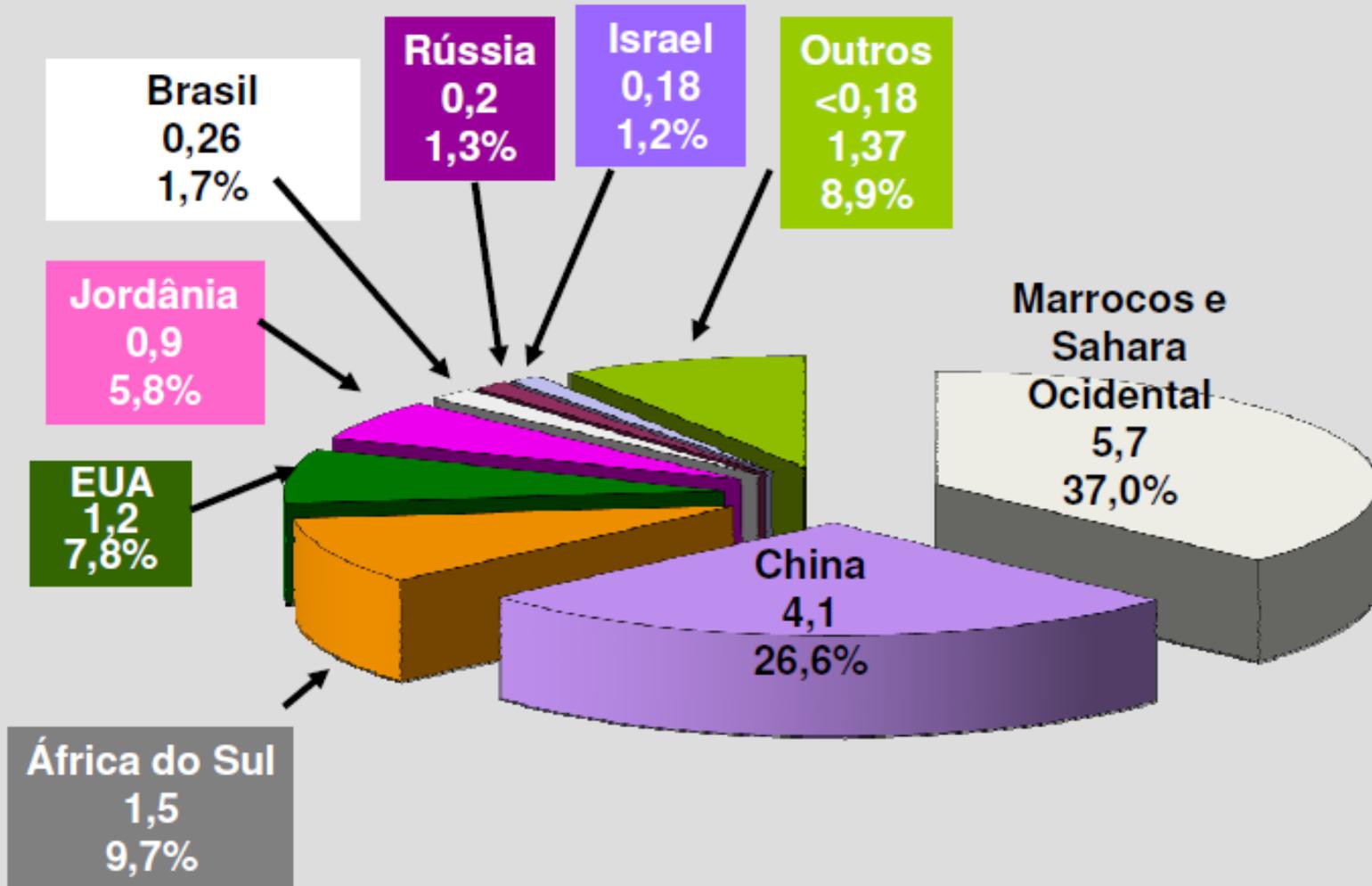
Evolução da Produção de Rocha Fosfática Brasileira



RESERVAS ATUAIS DE ROCHAS FOSFÁTICAS - 2008

15,4 bilhões t de $P_2O_5 \Rightarrow 96$ ANOS

NOVAS RESERVAS: 250-300 ANOS

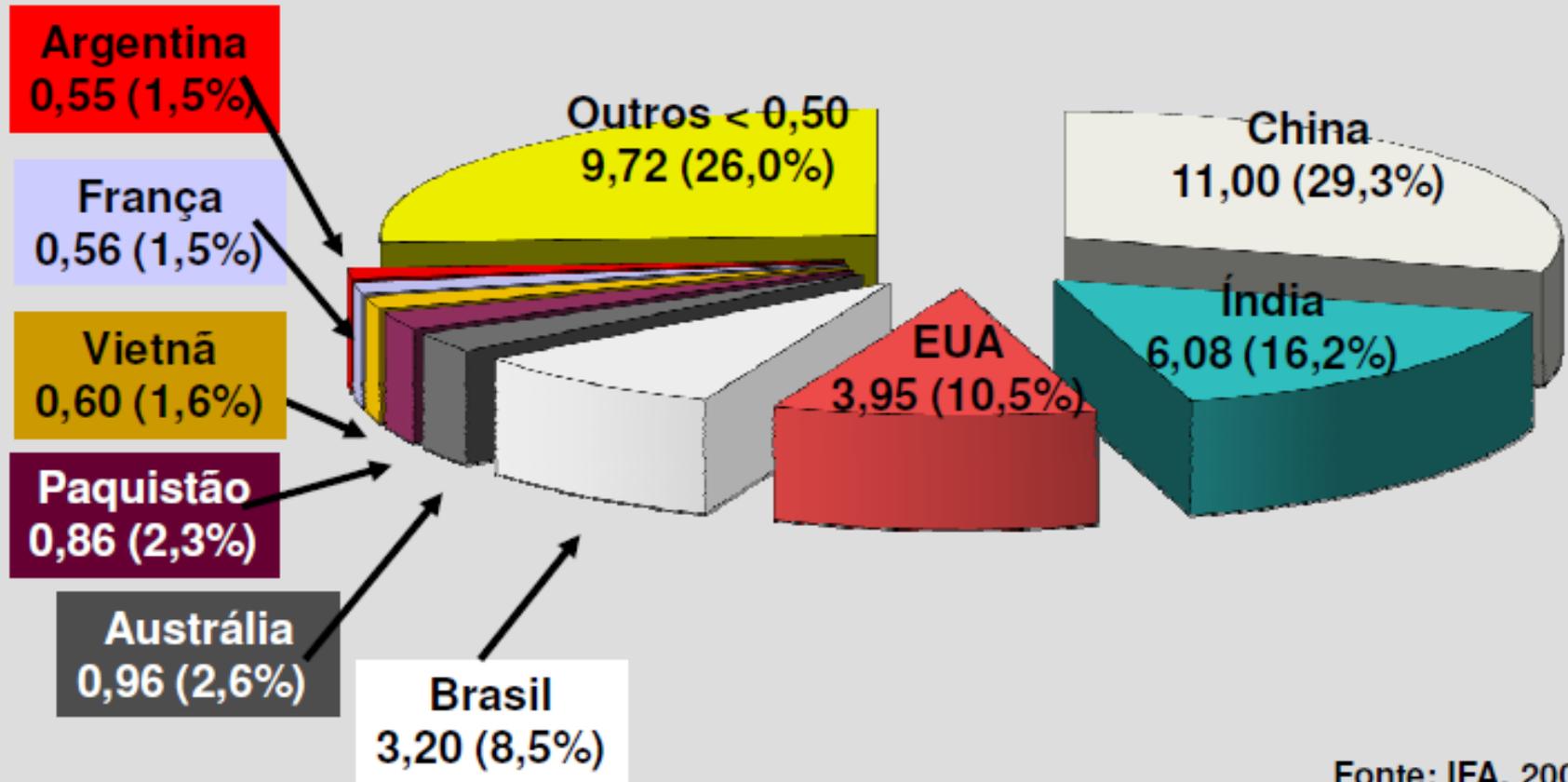


Fonte: USGS, 2009



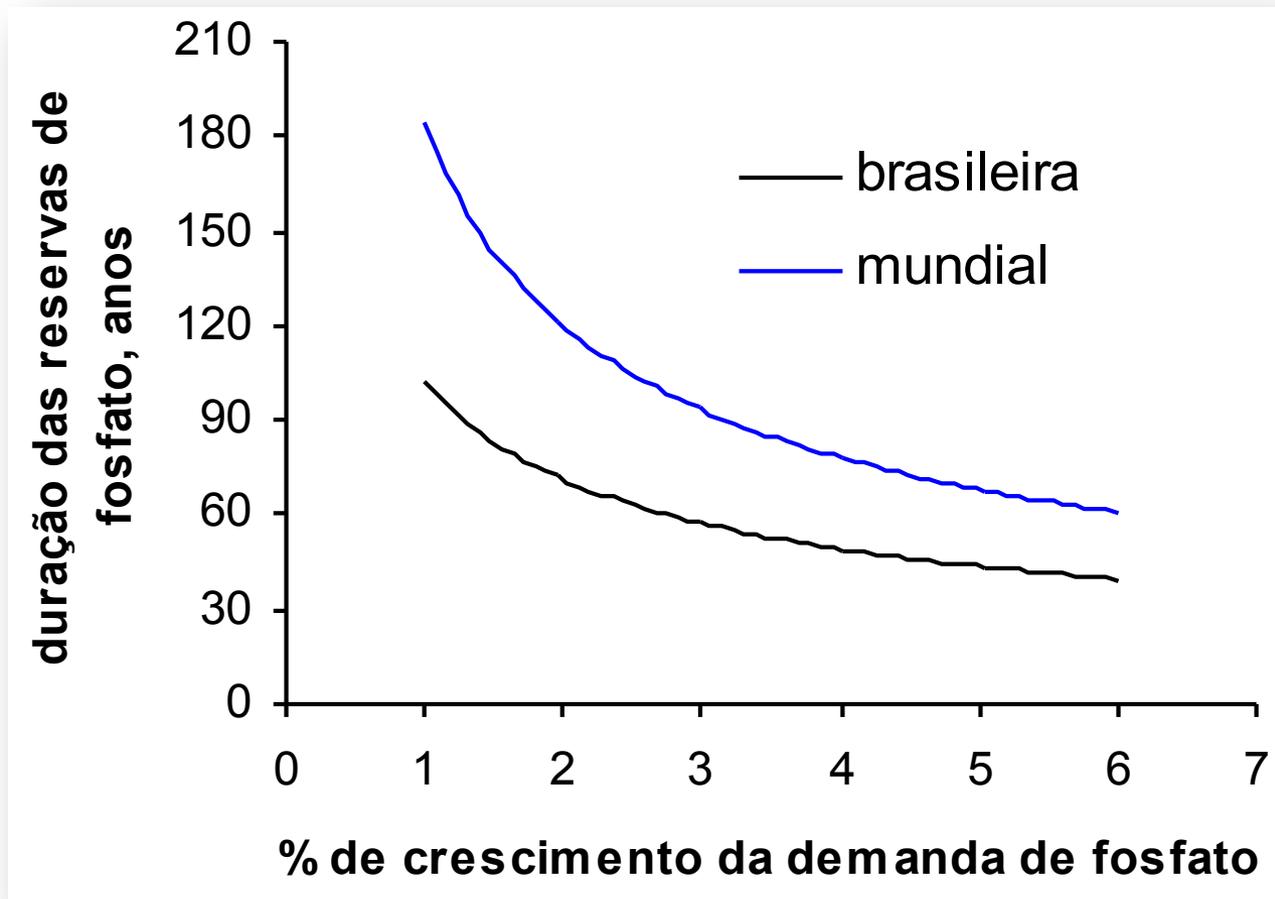
CONSUMO MUNDIAL DE FERTILIZANTES FOSFATADOS (2008)

TOTAL: 37,48 milhões t de P_2O_5



Fonte: IFA. 2009





Duração das reservas em função do crescimento da demanda de fosfato.

Fonte: Albuquerque e Giannerim (1980)



Rochas fosfatadas quanto à geologia

Ígneas (Principal minério é a apatita - Fluorapatita)

- Rochas cuja formação deve-se a solidificação do magma de erupções vulcânicas. Cristais muito duros;

Metamórficas (Fosforita)

- Oriundas da modificação do estado sólido de rochas pré-existentes. Essa modificação é devido a ação da temperatura, assim como da pressão.

Sedimentares (Fosforita)

- Rochas que se formam em função do acúmulo e consolidação de materiais degradados de rochas ou resíduos pré-existentes.

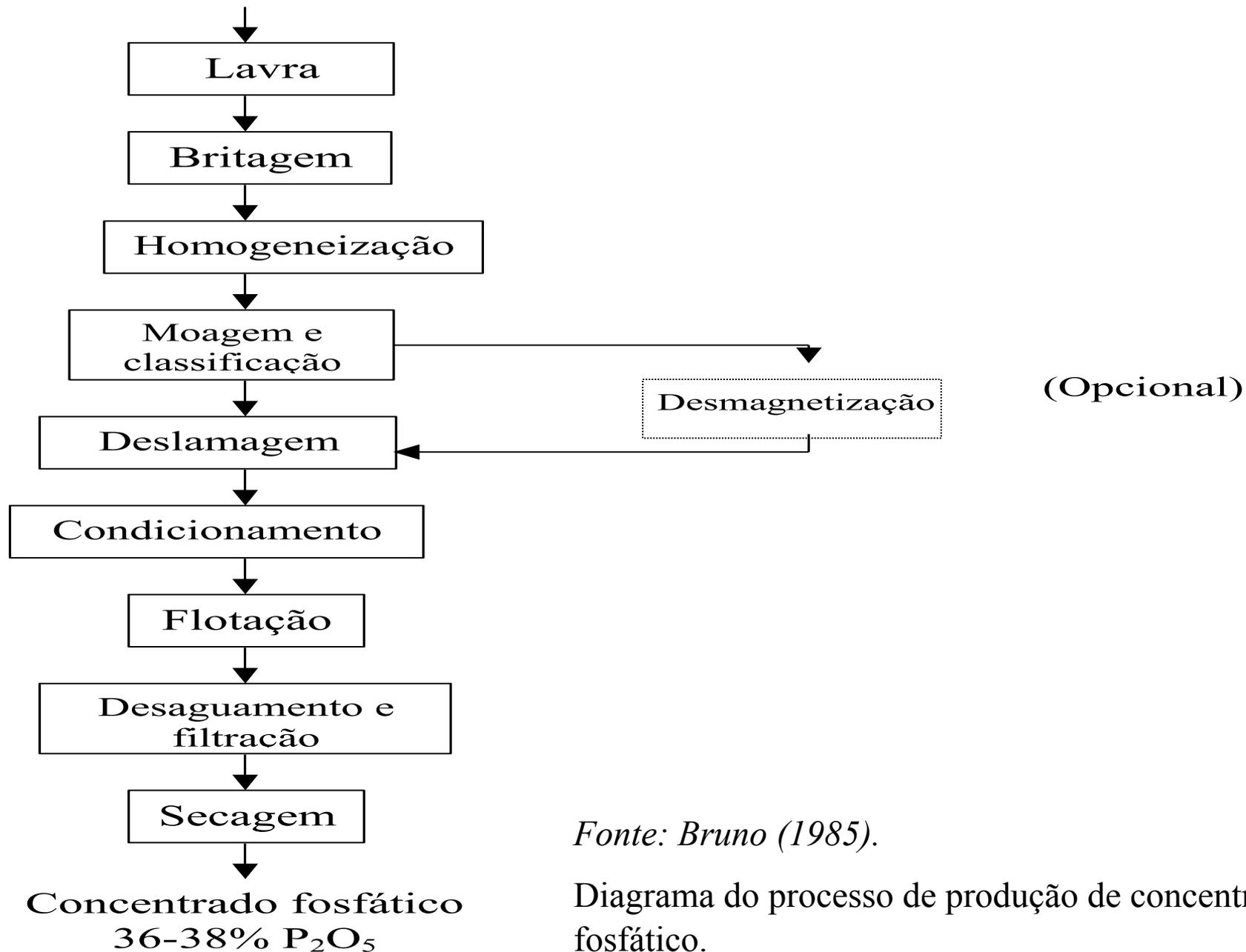
(FOSFATOS REATIVOS)

Obtenção dos fertilizantes fosfatados

- Superfosfato simples, Superfosfato triplo, Superfosfato duplo
- Fosfato parcialmente acidulado
- Fosfatos de amônio (MAP e DAP)
- Termofosfato
- Fosfatos naturais

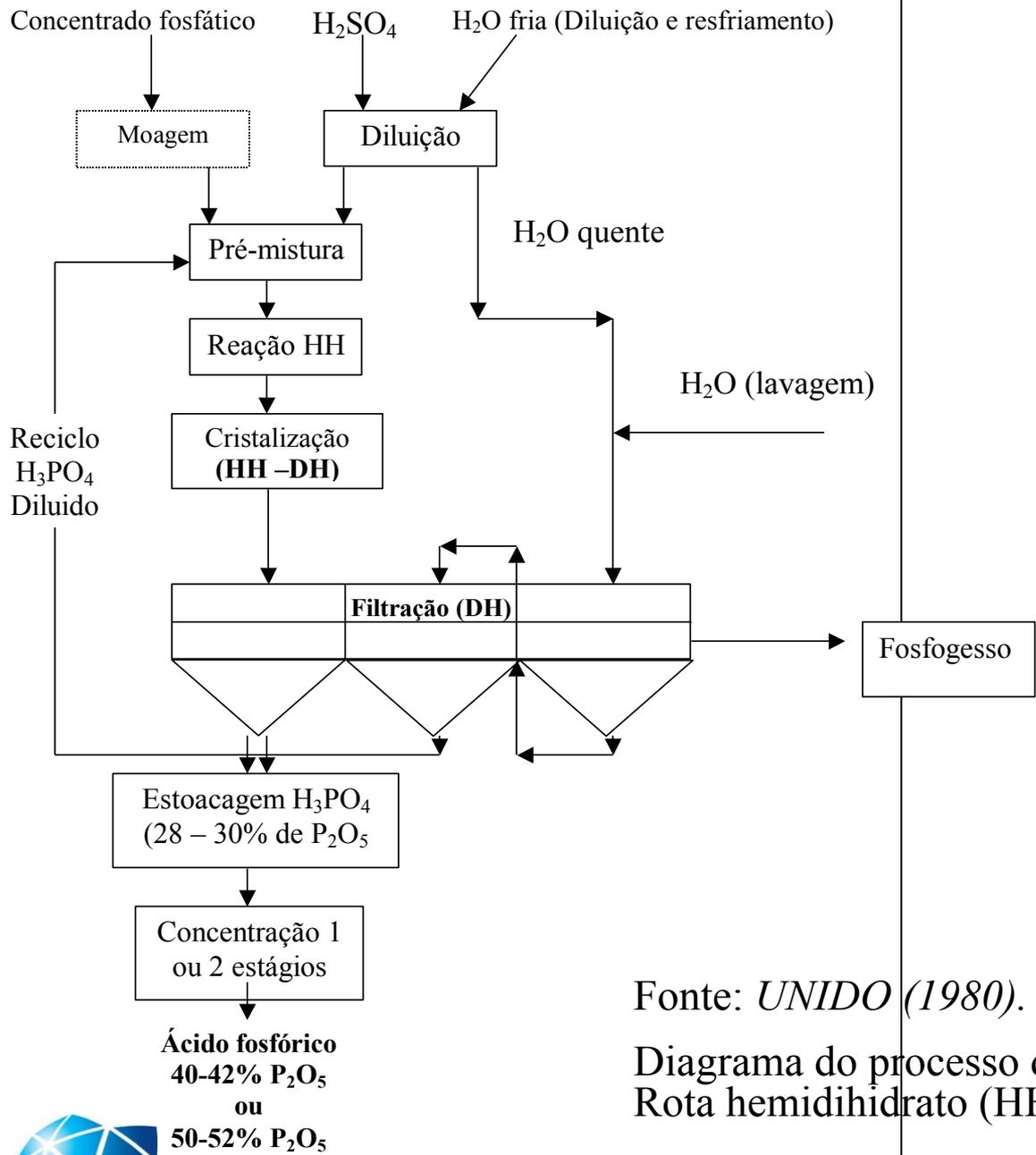


Minério fosfático (jazida)



Fonte: Bruno (1985).

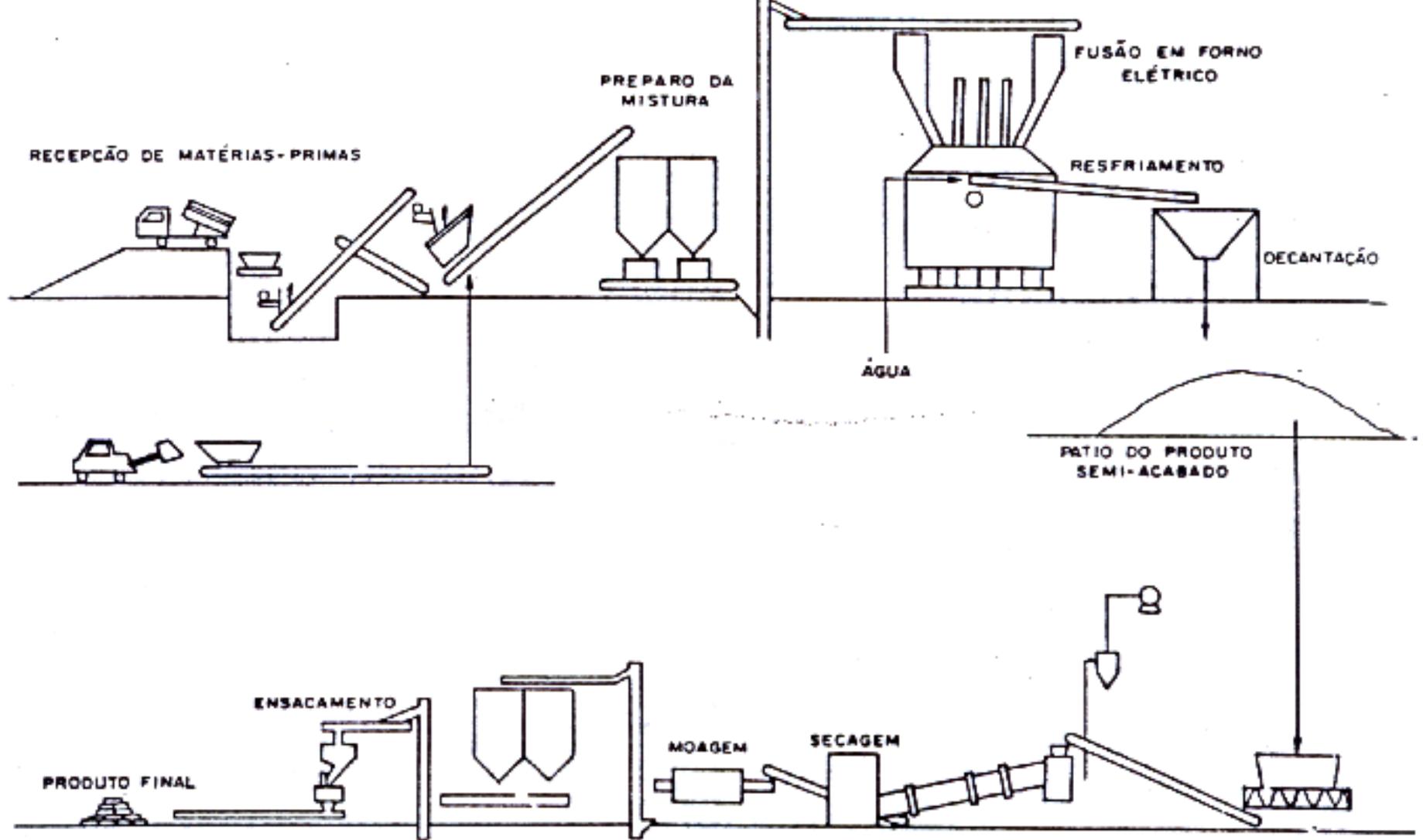
Diagrama do processo de produção de concentrado fosfático.



Fonte: UNIDO (1980).

Diagrama do processo de produção de ácido fosfórico – Rota hemidihidrato (HH-DH) – processo Nissan-H.





Fonte: Guardani (1982).

Fluxograma simplificado do processo de produção de fosfato magnesiano fundido.



Comparação entre características: vias térmica termofosfato fundido) e úmida (superfosfato), de solubilização de rochas fosfáticas.

Via térmica	Via úmida
<ul style="list-style-type: none">• Tolera uso de matérias-primas menos puras e mais disponíveis• Tecnicamente sofisticada, quanto à operação de fusão• Independente de matérias-primas importadas• Alto consumo energético, com produção bastante sensível ao custo e disponibilidade de energia elétrica• Alto investimento• Produto pouco utilizado no mercado, até o presente• Produto é altamente interessante do ponto de vista agrônomo no Brasil, com tendências ao aumento de mercado• Em alguns casos há restrições quanto à aplicação do produto na forma de grãos NPK• O produto contém, além de fósforo, outros macronutrientes, como cálcio e magnésio.	<ul style="list-style-type: none">• Há pouca tolerância em relação a impurezas como ferro e alumínio na rocha fosfática• Processo basicamente simples no caso de superfosfato simples• Diretamente dependente de enxofre, que é insumo importado• Produção altamente sensível ao custo das matérias-primas• Superfosfato simples requer investimento relativamente menor• Produtos tradicionais• Produtos tem mercado garantido• Produto normalmente aplicado na forma granulada NPK• o superfosfato simples contém, além de fósforo, cálcio e enxofre como nutrientes vegetais

Aproveitamento do fósforo (P_2O_5)

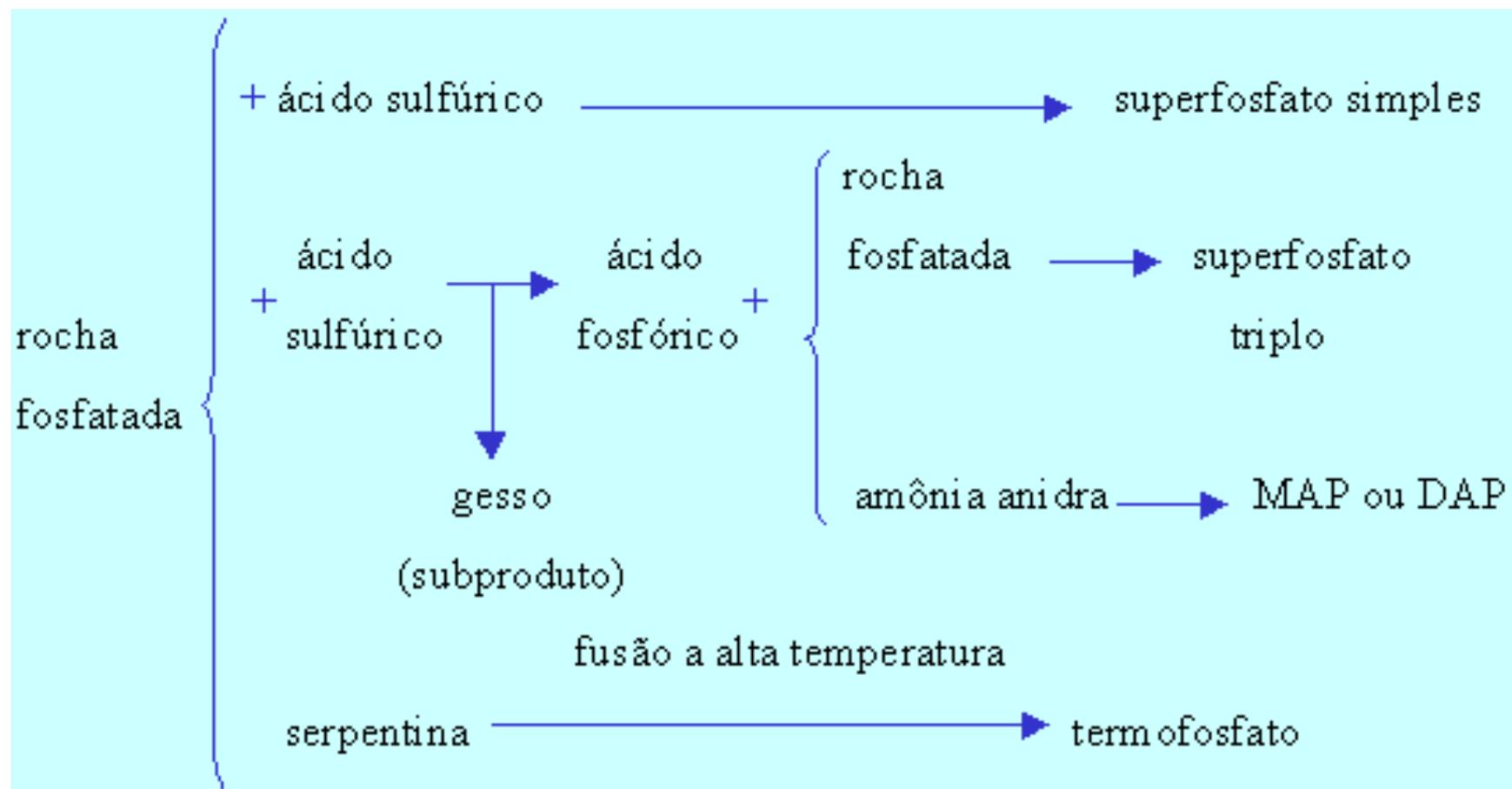
Etapa	Rendimento (%)	Rendimento acumulado (%)	Perdas acumuladas (%)
Prospecção	100	100	0
Lavra	85	85	15
Beneficiamento	60	51	49
Manuseio e transporte do concentrado	95-98	48-50	50-52
Manufatura de fertilizantes	90-98	43-49	51-57
Manuseio e transporte de fertilizantes	95-98	41-48	52-59
Assimilação pelas culturas	5-30	2-14	86-98

Fonte: Barbosa (1980)

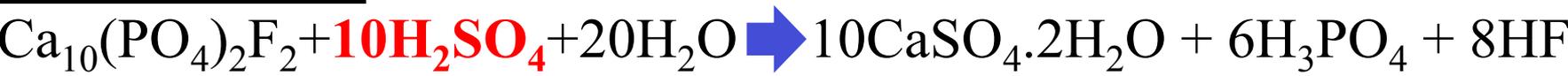
Tabela 3-26. Características dos principais adubos fosfatados usados no Brasil.

Adubo	Total	% P ₂ O ₅ (*)				%			
		HCl	CiNH ₄	H ₂ O	N	CaO	MgO	S	
				Solúveis					
Superfosfato 30	30	29	28	27	-	28	-	8	
Superfosfato simples	20	18	18	17	0	28	0	12	
Superfosfato triplo	45	40	44	38	0	20	0	1	
Fosfato monoamônico	52	50	52	50	10	0	0	0	
Fosfato diamônico	45	42	44	40	17	0	0		
Nitrofosfato	20	18	18	16	18	12	0	0	
Fosfato bicalcico	40	40	40	0	0	30	0	0	
Termofosfato	19	16	13	0	0	28	16	0	
Escoria de Thomas	19	15	12	0	0	25	-	0	
FAPS	26	10	12	8	0	35	-	6	
				Insolúveis					
Farinha de ossos	30	25	17	0		36	0	0	
Olinda	26	5	1	0	0	43	0	0	
Hiperfosfato	27	12	6	0	0	40	0	0	
Abaeté	24	4	1	0	0	-	0	0	
Patos de minas	23	4	1,5	0	0	-	0	0	
Alvorada	33	6	2,5	0	0	-	0	0	
Ipanema	39	3	2	0	0	-	0	0	
Jacupiranga	33	2	-	0	0	-	0	0	
Araxá	36	5	2	0	0	42	0	0	
Catalão	37	2,5	0,5	0	0	-	0	0	
Tapira	37	2,5	2	0	0	-	0	0	
Maranhão	30	1	15	0	0	-	0	0	
Fospal	32	0,5	6	0	0	0	0	0	
Fosfato conc (FCA)	35	4	-	-	-	48	-	-	

Esquema de Produção dos Principais Adubos Fosfatados

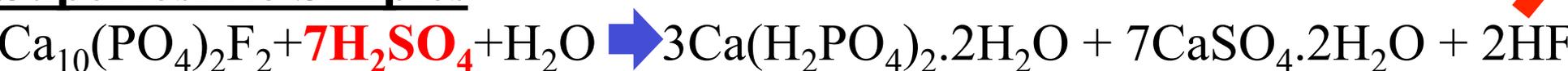


Ácido fósforo



Esquema de Produção dos Principais Adubos Fosfatados

Superfosfato Simples



Superfosfato Triplo



Superfosfato Duplo



MAP (Fosfato Monoamônio)

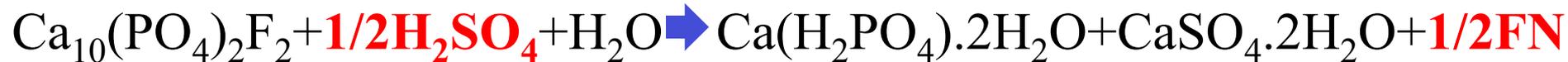


DAP (Fosfato Diamônio)



Esquema de Produção dos Principais Adubos Fosfatados

Fosfato parcialmente acidulado



Termofosfato



Altas Temperaturas



Principais fertilizantes fosfatados simples e suas garantias mínimas, de acordo com o Ministério da Agricultura.

Fertilizante	Representação	Teores de Fósforo		Outros nutrientes
		Citrato de amônio + água	Água	
Fosfatos solúveis em Água				
Superfosfato simples	P ₂ O ₅ , %	18	16	10% de S
Superfosfato triplo	P ₂ O ₅ , %	41	37	
Fosfato diamônico (DAP)	P ₂ O ₅ , %	45	38	16% de N
Fosfato monoamônico (MAP)	P ₂ O ₅ , %	48	44	9% de N
Fosfatos insolúveis em água		Total	Ácido cítrico	
Fosfato Natural	P ₂ O ₅ , %	24	4	
Hiperfosfato em pó	P ₂ O ₅ , %	30	12	
Termofosfato	P ₂ O ₅ , %	17	14	7% de Mg

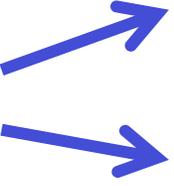


CARACTERÍSTICA DAS FONTES

Apatitas (Rochas ígneas):

- * Baixa solubilidade;
- * Disponibilidade tende a aumentar com o tempo;
- * Eficiência maior em solos ácidos;
- * Usar para produzir fontes mais solúveis de P_2O_5 .

Superfosfatos: * Efeito tanto no primeiro ano como nos posteriores;

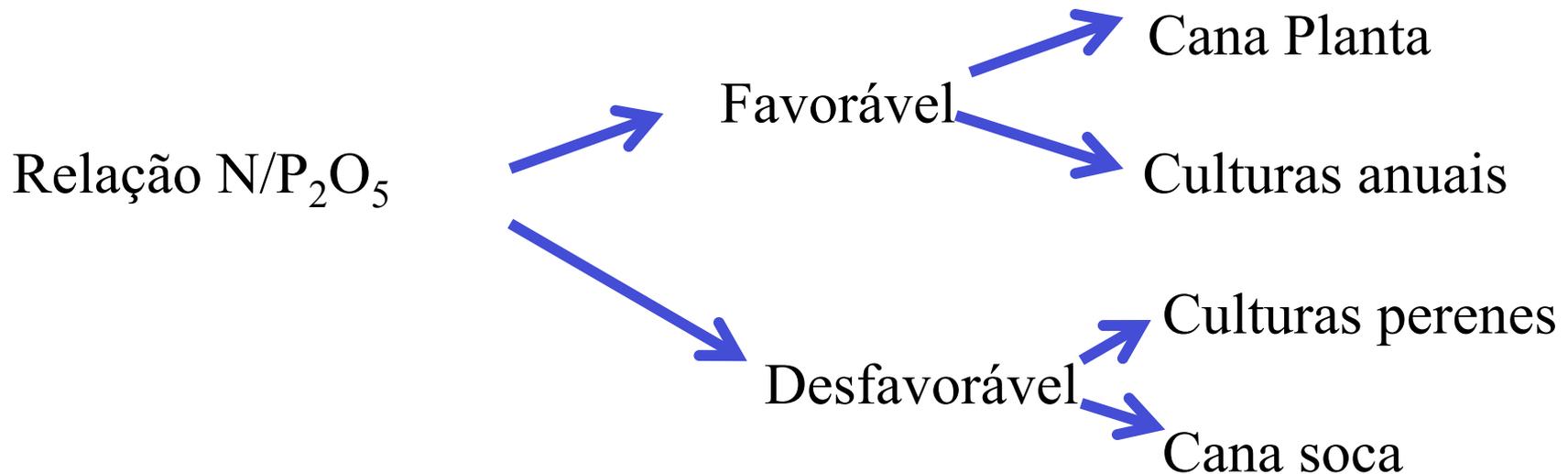
Super Simples:  Fonte de Cálcio
Fonte de S



CARACTERÍSTICA DAS FONTES

Fosfatos de Amônio (MAP e DAP):

- * Alta concentração N e P_2O_5 ;
- * Propriedades físicas e químicas satisfatórias;
- * Não possuem Cálcio e Enxofre.



CARACTERÍSTICA DAS FONTES

Termofosfatos:

- * Alto P solúvel em HCl a 2%;
- * Efeito neutralizante;
- * Ação do silicato, diminuindo a fixação de P e a toxidez de Mn.



CARACTERÍSTICA DAS FONTES

Fosfato Natural Reativo:

- * Boa reatividade em solos tropicais.
- * Preço baixo, considerando o teor de P_2O_5 total.



Princípios e prática da adubação fosfatada

- Acidez e alcalinidade
- Índice salino
- Aproveitamento pelas culturas
- Tamanho das partículas
- Calagem
- Localização

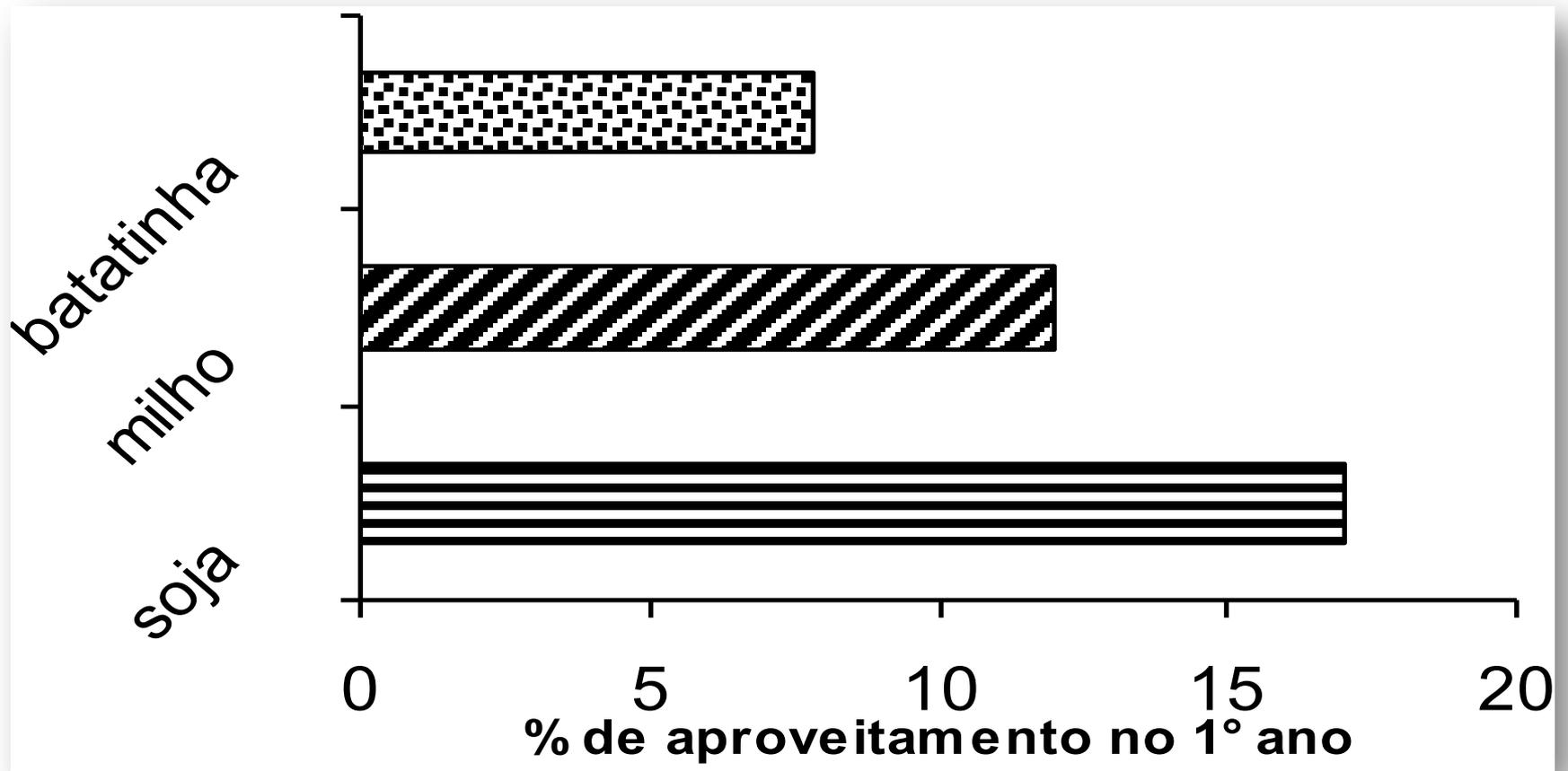


Acidez ou alcalinidade equivalente dos adubos fosfatados e índice salino.

Adubo	Índice salino NaNO ₃ = 100	kg CaCO ₃ /t de adubo (*)
Escoria de Thomas	-	+500
Farinha de ossos	-	+200 a +250
Acido fosfórico	-	-500 a -700
Fosfato natural	-	+100
Superfosfato simples	7,8	0
Superfosfato triplo	10,1	0
Superfosfato amoniacal	10,1	-70
Fosfato monoamônio (MAP)	29,9	-650
Fosfato diamônio (DAP)	34,2	-625 a -725
Fosfossulfato de amônio	-	-760 a -1130
Nitrofosfatos	-	-150 a -250

(*) O sinal + indica efeito alcalino, o sinal – corresponde a acidez.

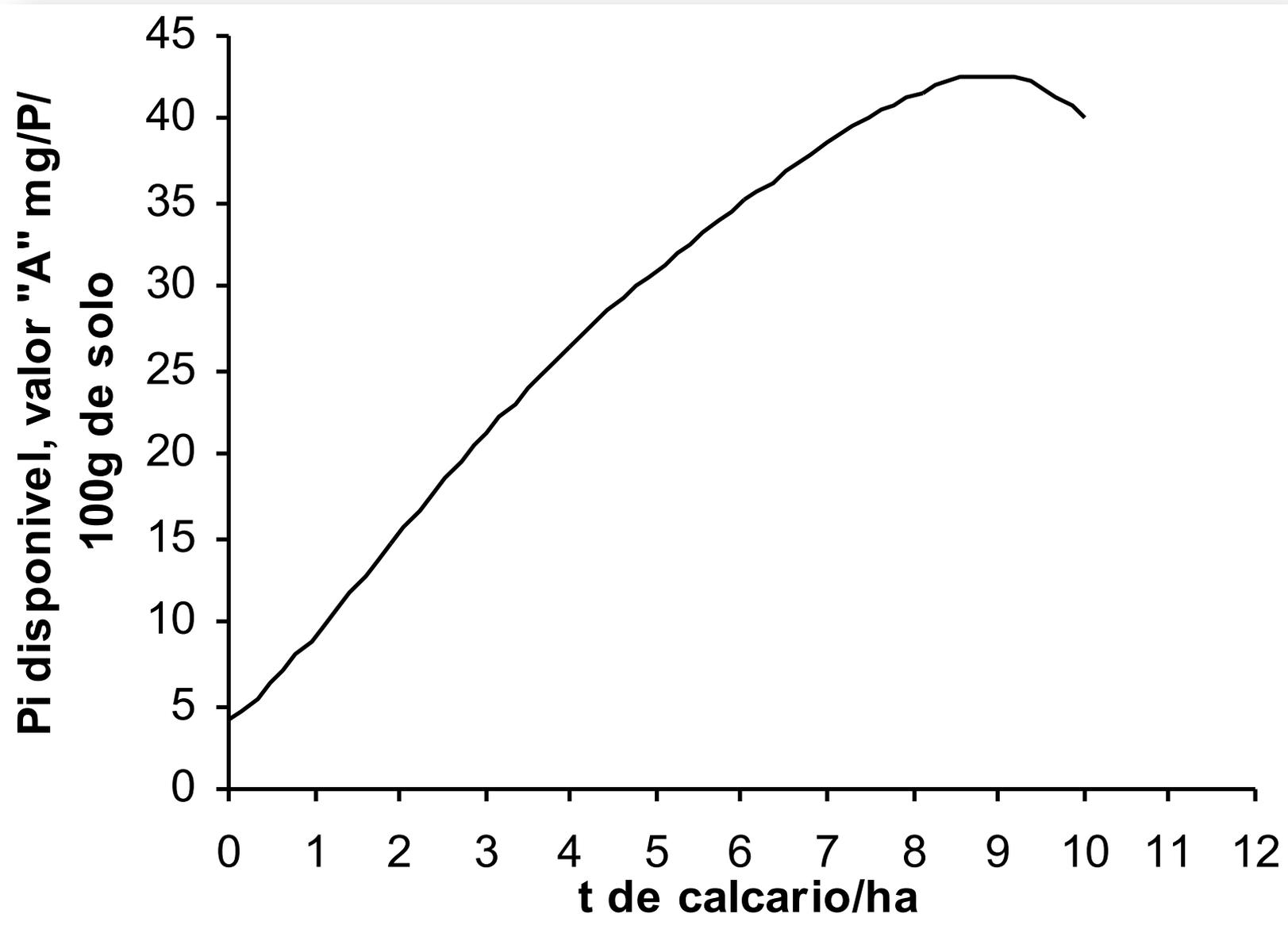




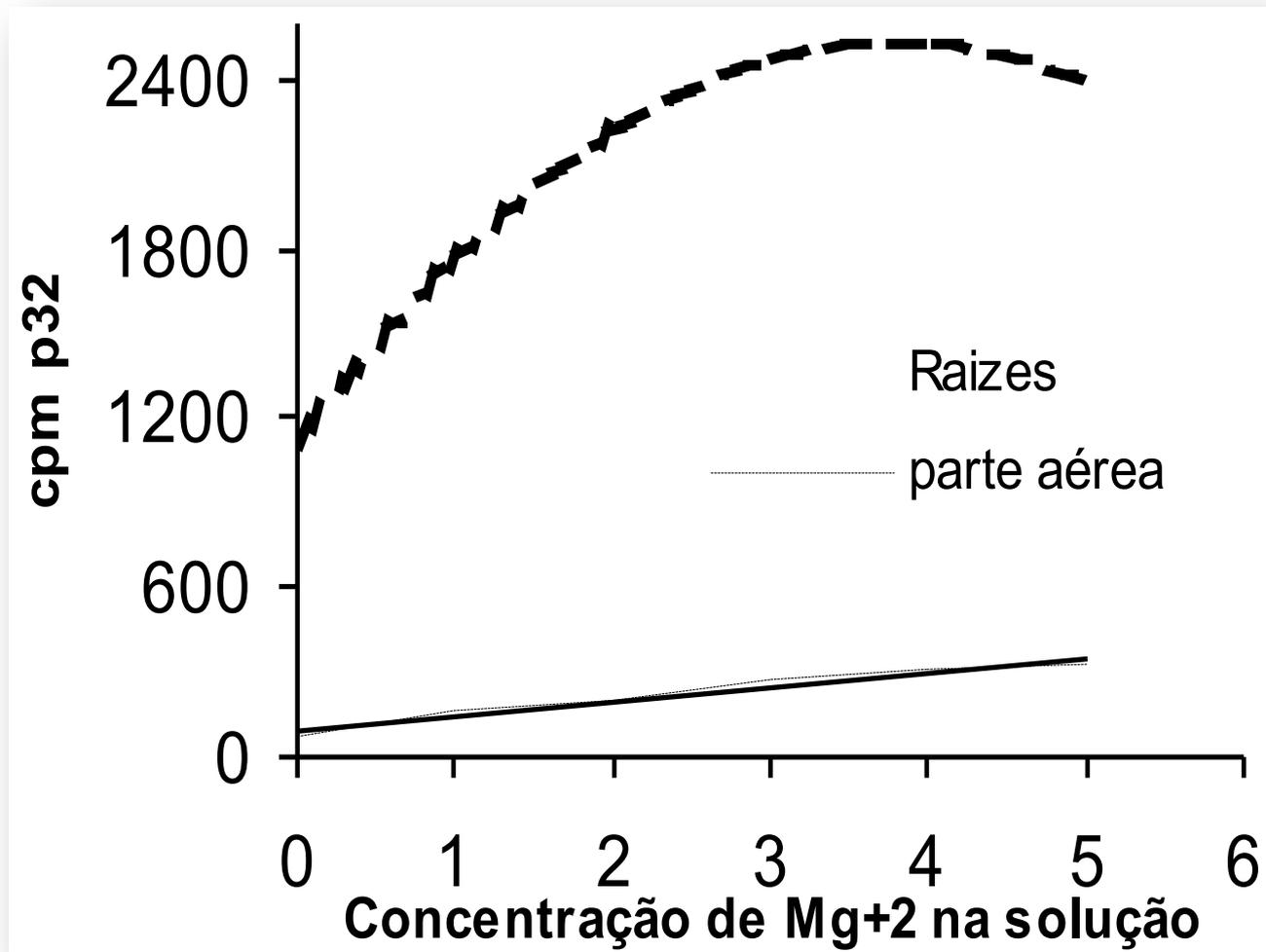
Porcentagem de aproveitamento do Pi adubo no ano da aplicação por diferentes culturas (milho: valores mínimo e máximo indicados).

Tirado de BUCKMANN & BRADY (1996), p. 490.





Efeitos da calagem na disponibilidade do fósforo em solos de cerrado.



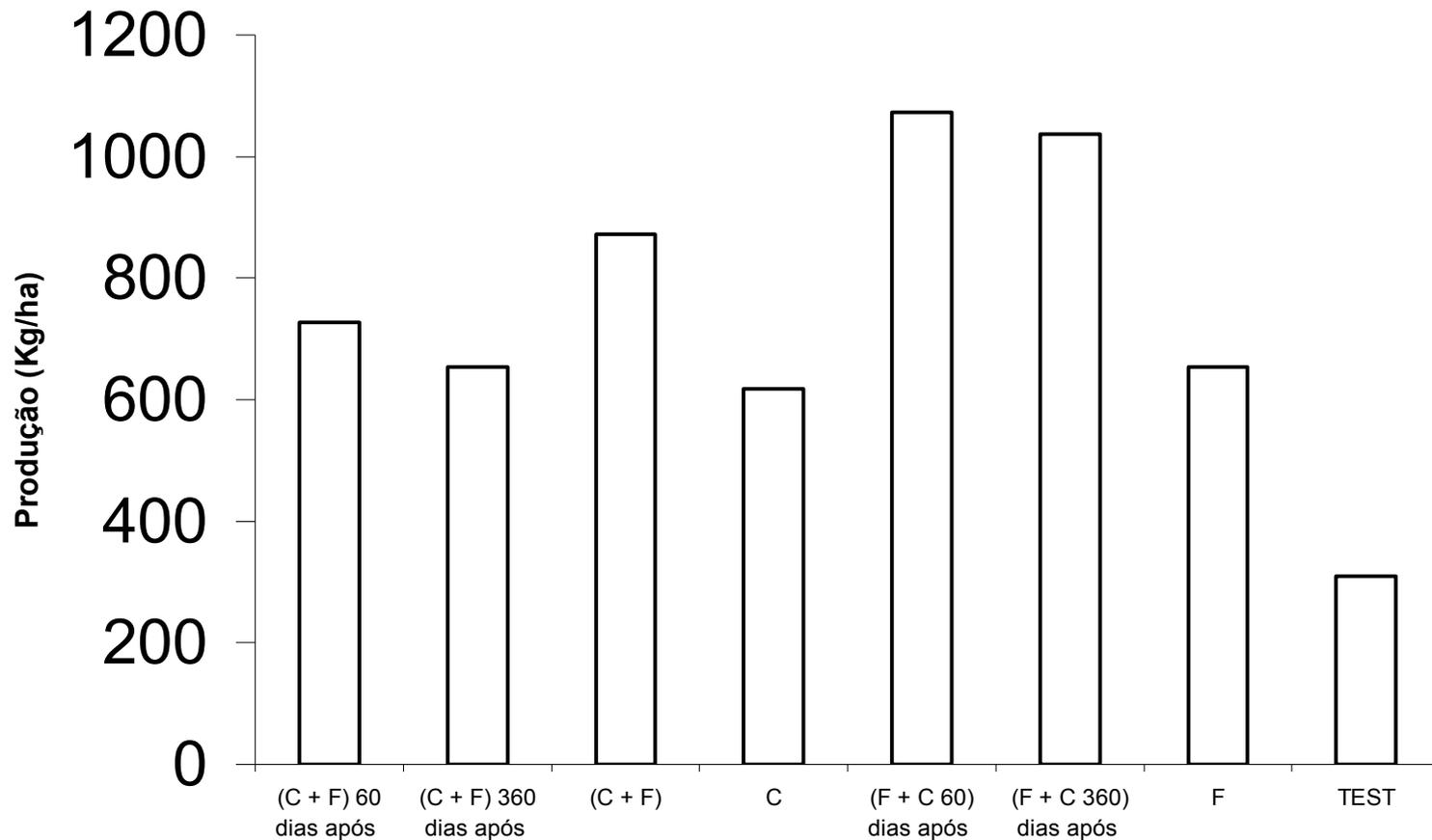
Efeito do Mg^{+2} na absorção e no transporte do fósforo na cevada.



Efeito do tipo de fosfato e do pH no teor de fósforo disponível do solo e na colheita relativa.

Tratamento	Dose de P, ppm	pH 4,7		pH 6,0	
		Colheita relativa - %	P disponível ppm	Colheita relativa - %	P disponível ppm
Sem P	0	12	4	19	3
Superfosfato	232	100	68	100	73
Fosfato Natural, Carolina do Norte	232	90	31	28	4

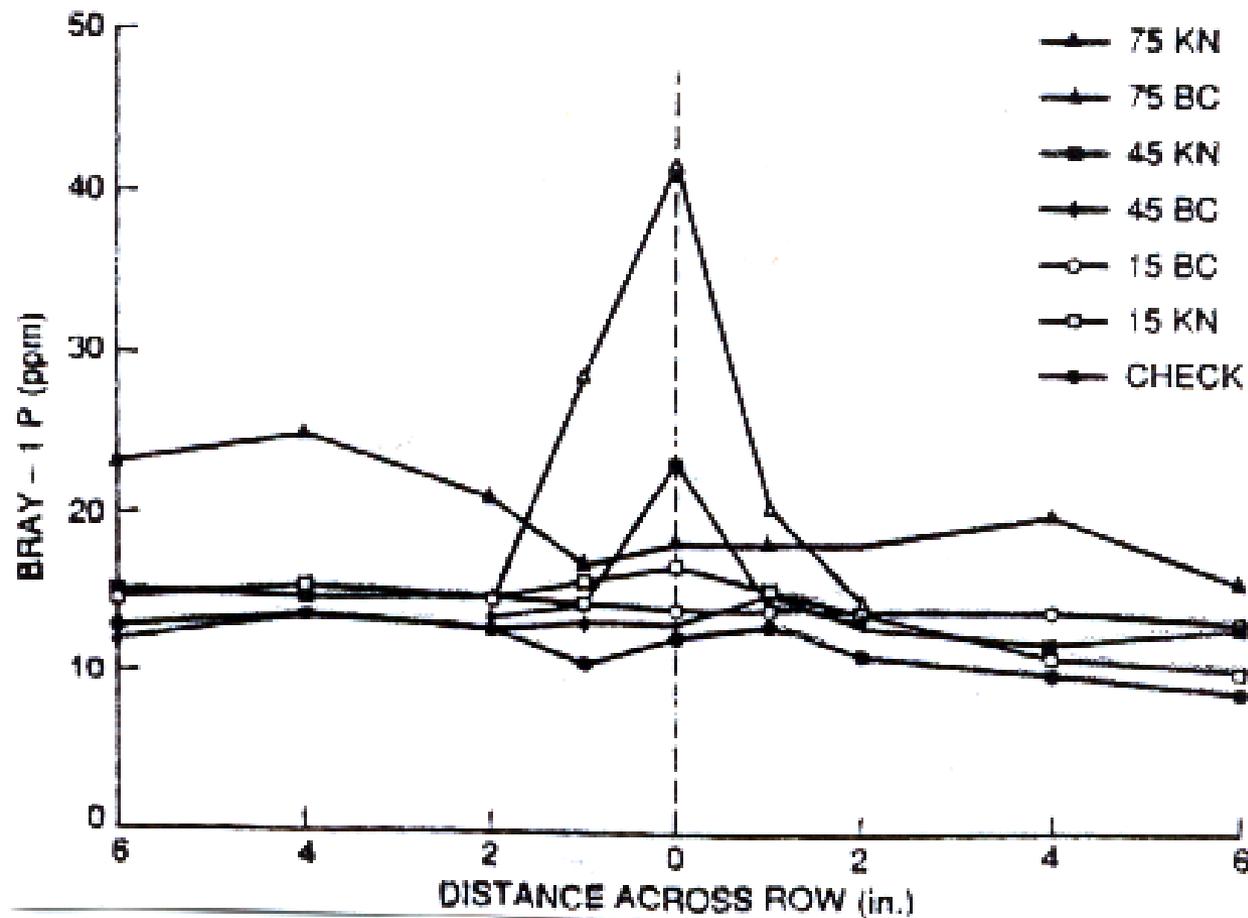




Produção de soja em função de seqüências de aplicação de calagem (C) e “fosfatagem” (F) com fosfato de Patos (2.400 kg/ha) em Latossolo sob “cerrado”. Dados médios de 4 colheitas, 3 locais.

Fonte: Silva et al. (1983).





Influence of band applied fertilizers P on soil - 23 months after application.

Havlin et al., Proc. FFF Symposium, p.213, 1990.

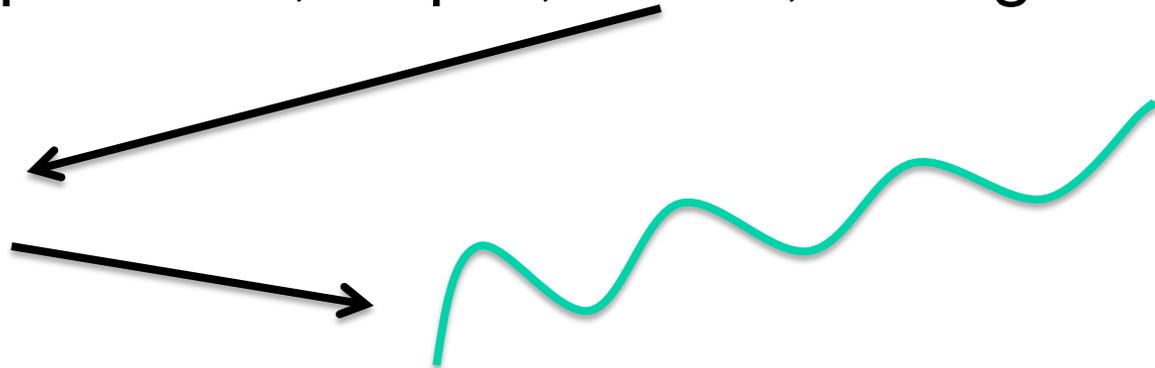
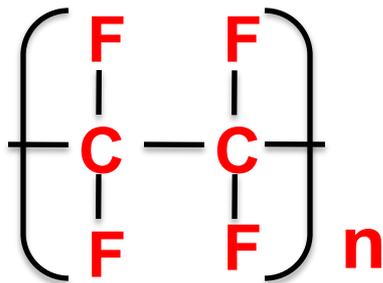




Fertilizantes polimerizados

O que são polímeros ?

- ✓ São compostos orgânicos de grande massa molecular formado por estruturas menores denominadas monômeros
- ✓ Exemplos: plásticos, isopor, **teflon**, hidrogéis



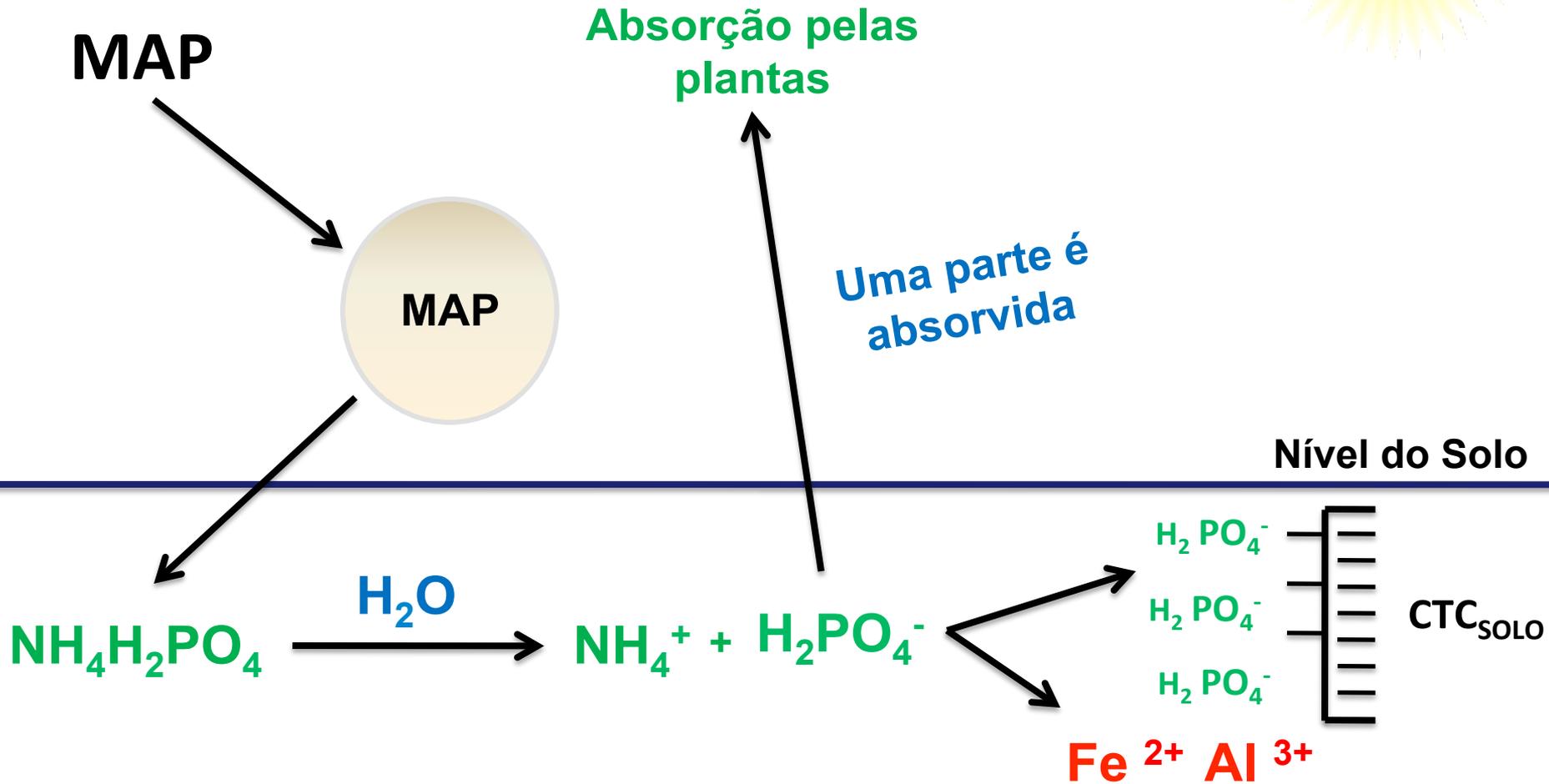
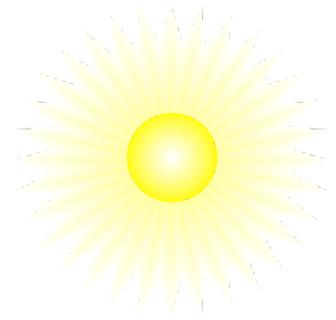


O que é ?

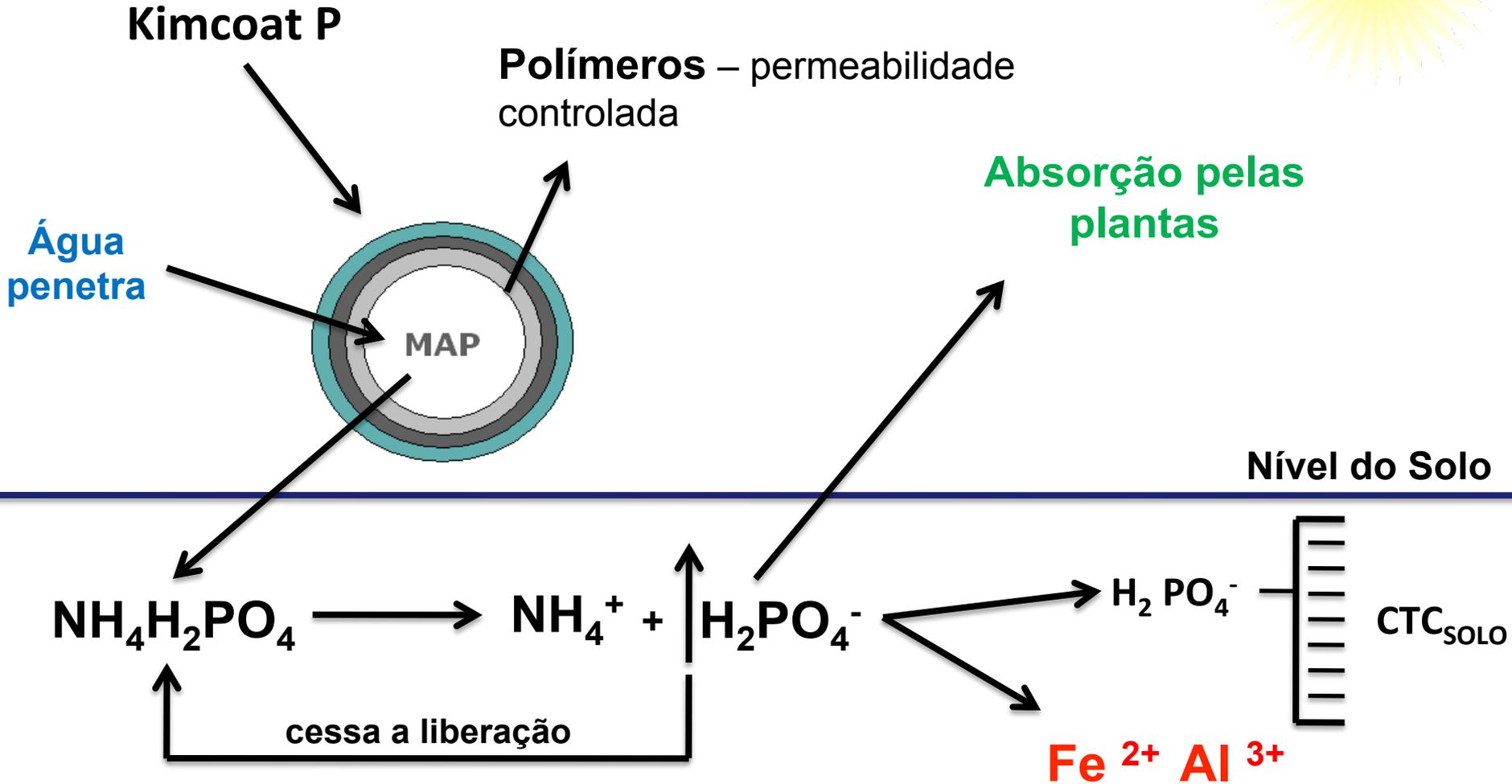
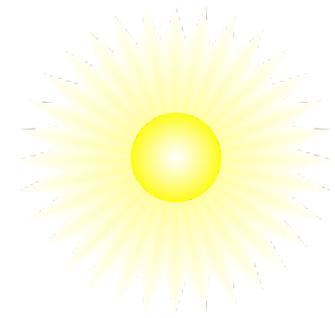
► É uma tecnologia desenvolvida pela KIMBERLIT, que utiliza polímeros para reduzir às perdas naturais que ocorrem na adubação potencializando os fertilizantes

► A tecnologia Kimcoat é utilizada para revestir os grânulos de fertilizantes Nitrogenados (uréia), Fosfatados (MAP, super simples e super triplo) e Potássicos (cloreto de potássio)

✓ MAP sem revestimento

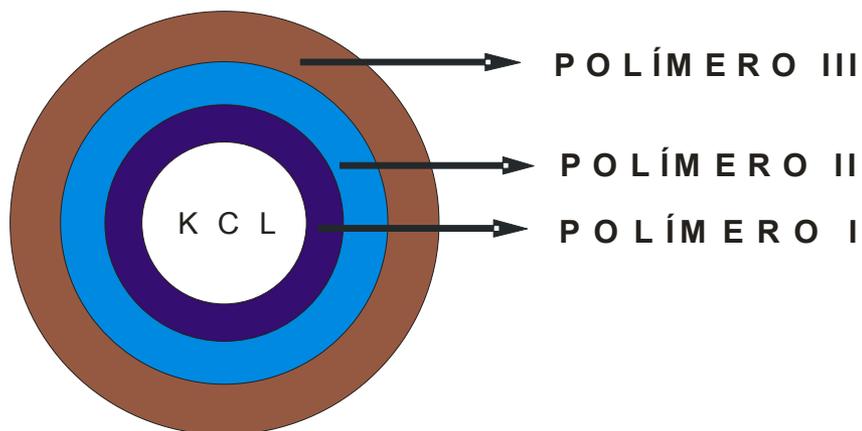
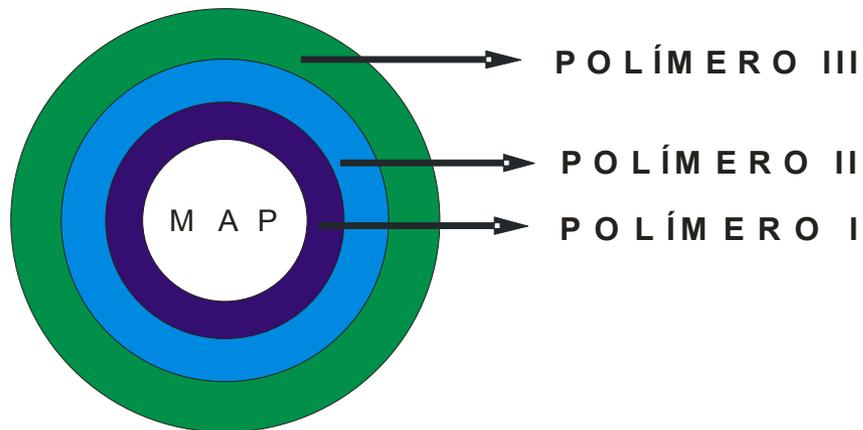
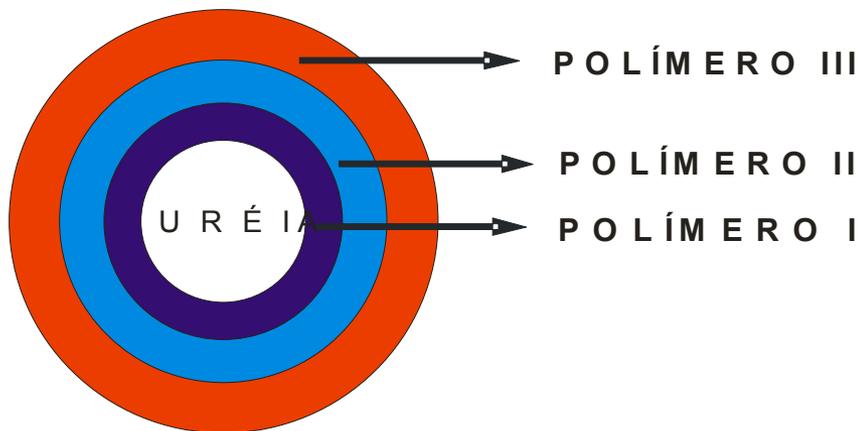


✓ Kimcoat P – MAP revestido

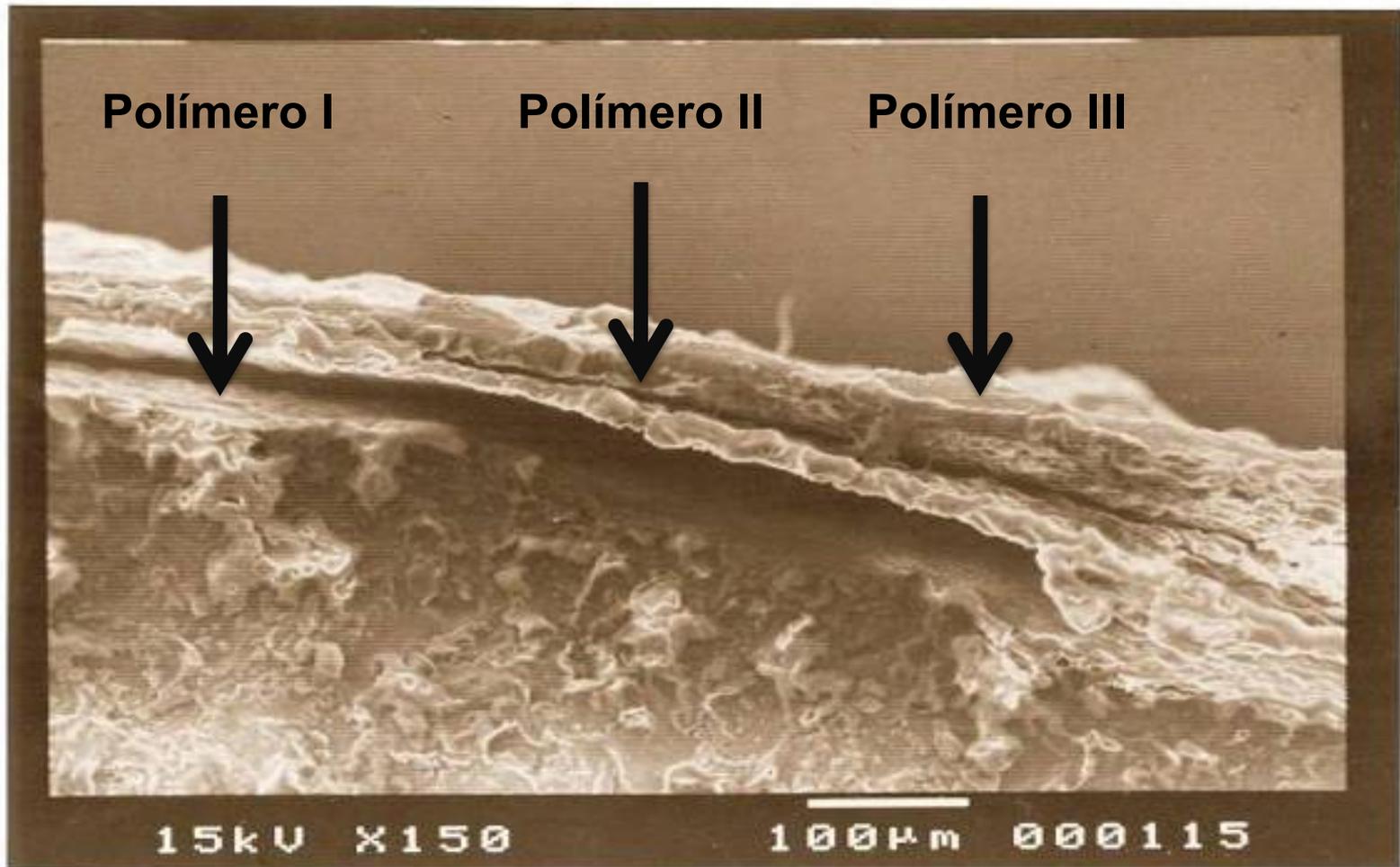




Esquema das três camadas de polímeros



Kimcoat P – MAP revestido



Posicionamento

- ▶ **Redução de 50% da adubação Nitrogenada.**
- ▶ **Redução de 50% da adubação Fosfatada.**

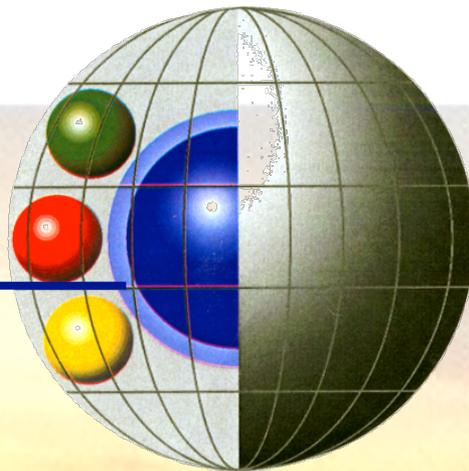
Benefícios

- ◆ **Experimentos em Órgãos Oficiais de Pesquisa e ensaios de campo em propriedades rurais, mostraram que a tecnologia KIMCOAT utilizada com 50% da dose de Nitrogênio e Fósforo não afetou a produtividade.**
- ◆ **Redução de custo com adubação.**

- ◆ **Aumento do rendimento operacional**
- ◆ **Redução do impacto ambiental minimizando o efeito estufa, contaminação do lençol freático e sobrevida às reservas de Fósforo e Potássio**
- ◆ **Entre outros indiretos como diminuição de fretes, armazenamento, óleo diesel, poluição, etc**

• **Basacote**

® **Plus**



**A NOVA GERAÇÃO DE FERTILIZANTES
DE LIBERAÇÃO CONTROLADA**

Novo Fertilizante de Liberação Controlada

Película de recobrimento:

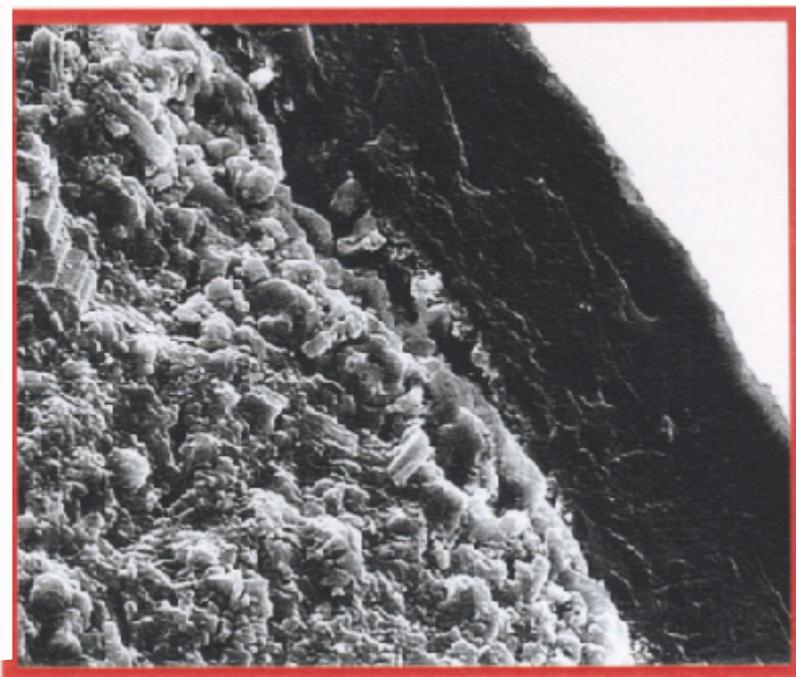
Regula a liberação de nutrientes

Alta elasticidade:

Resistência a danos mecânicos

Resistência a temperaturas extremas:

A mudanças bruscas de temperatura



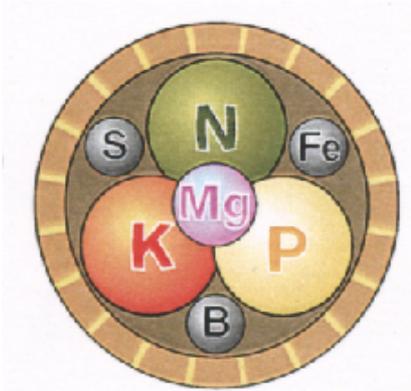
A temperatura regula a liberação:

Proporcional à necessidade nutricional das plantas

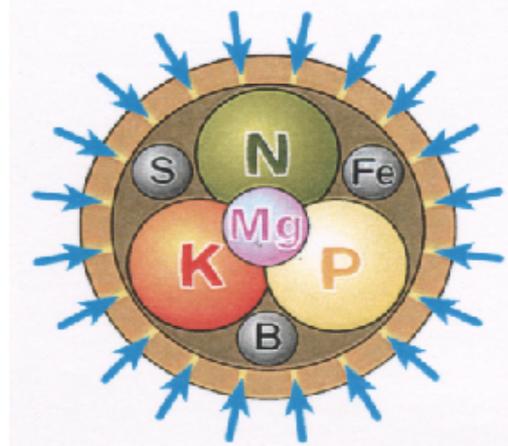
A cápsula elástica é uma cera especial (Poligen) que se degrada no solo.

Imagem da cobertura obtida em microscópio eletrônico (aumentado 2000 vezes)

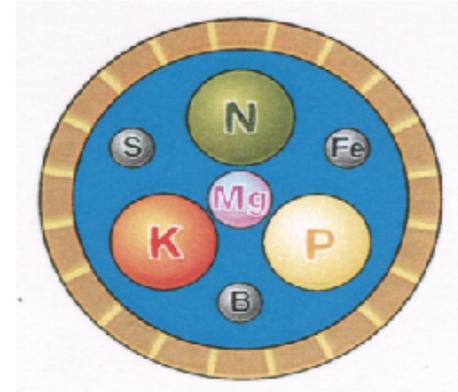
Mecanismos de Ação de Basacote



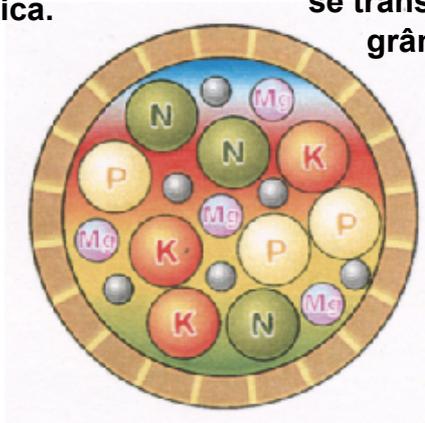
Cada grânulo de Basacote Plus está recoberto por uma camada de cera elástica.



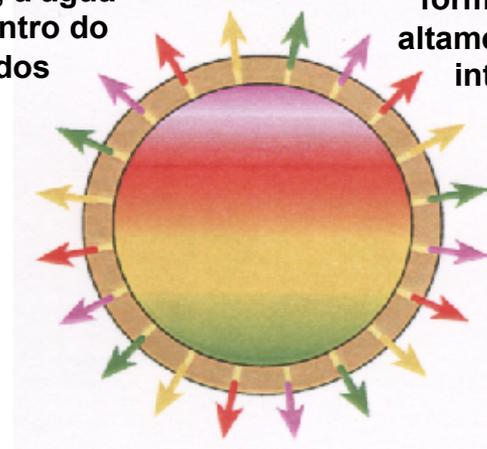
Uma vez aplicado ao substrato ou ao solo, a água se transloca para dentro do grânulo através dos microporos.



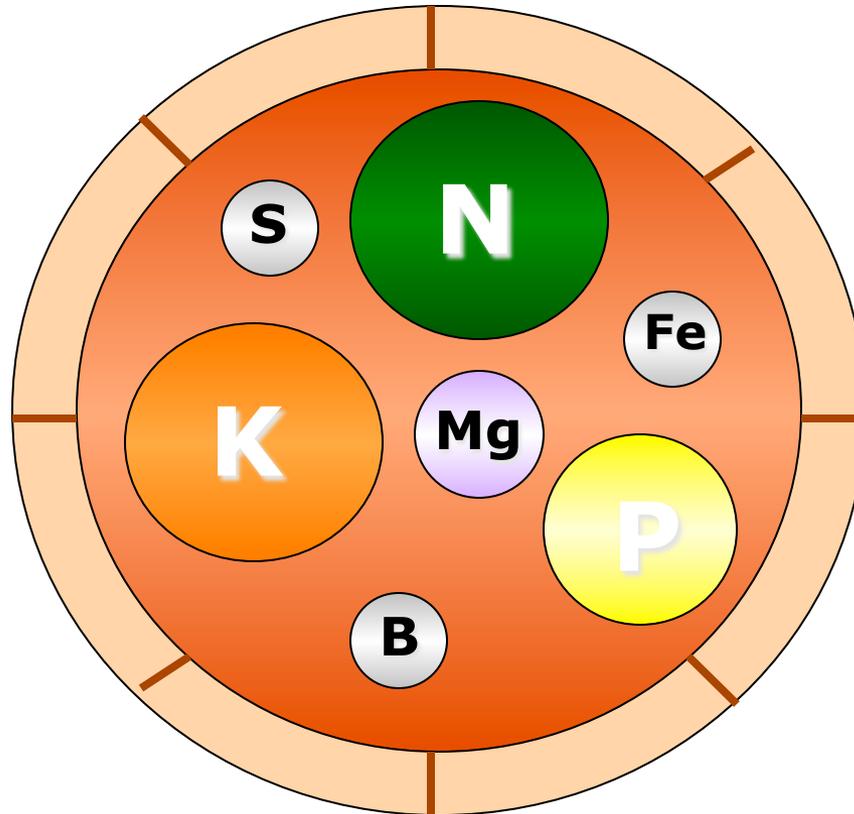
Todos os nutrientes são dissolvidos pela água, formando uma solução altamente concentrada no interior do grânulo.



Através dos microporos localizados na camada de cera elástica que recobre o grânulo, ocorre por difusão o processo de liberação dos nutrientes de forma gradual para o meio externo.

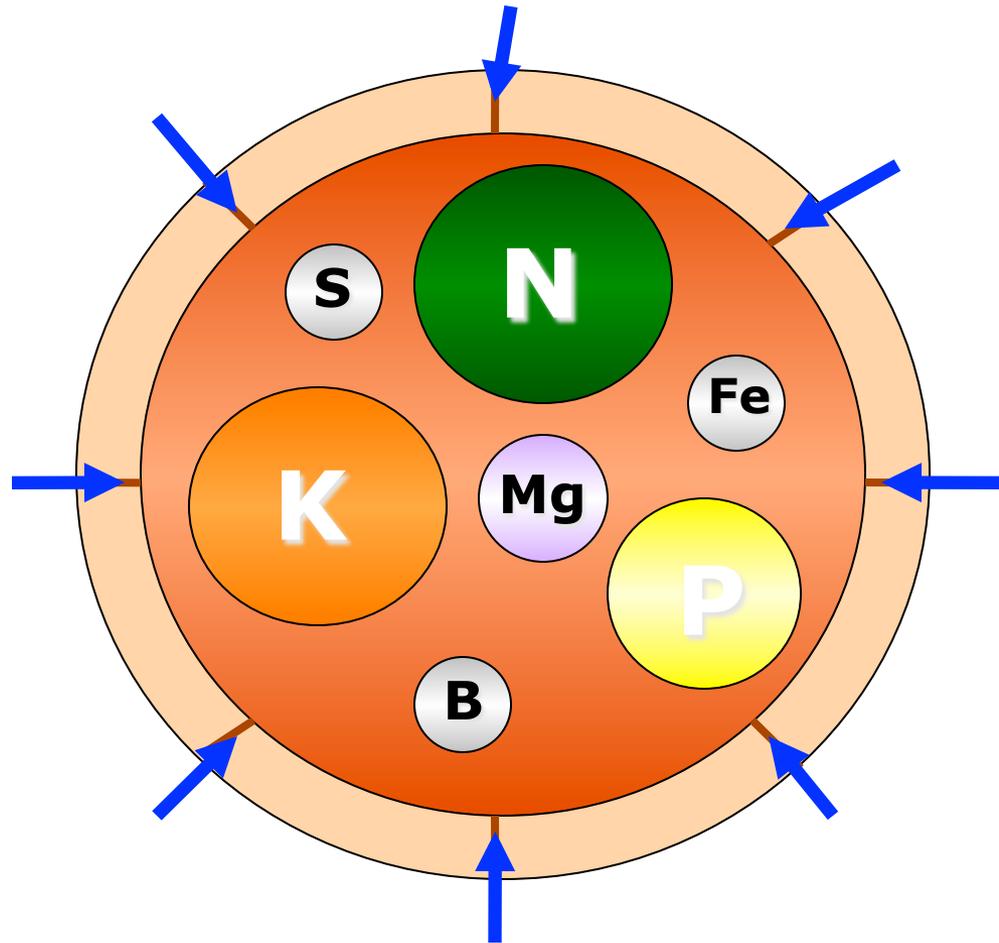


Mecanismo de Ação



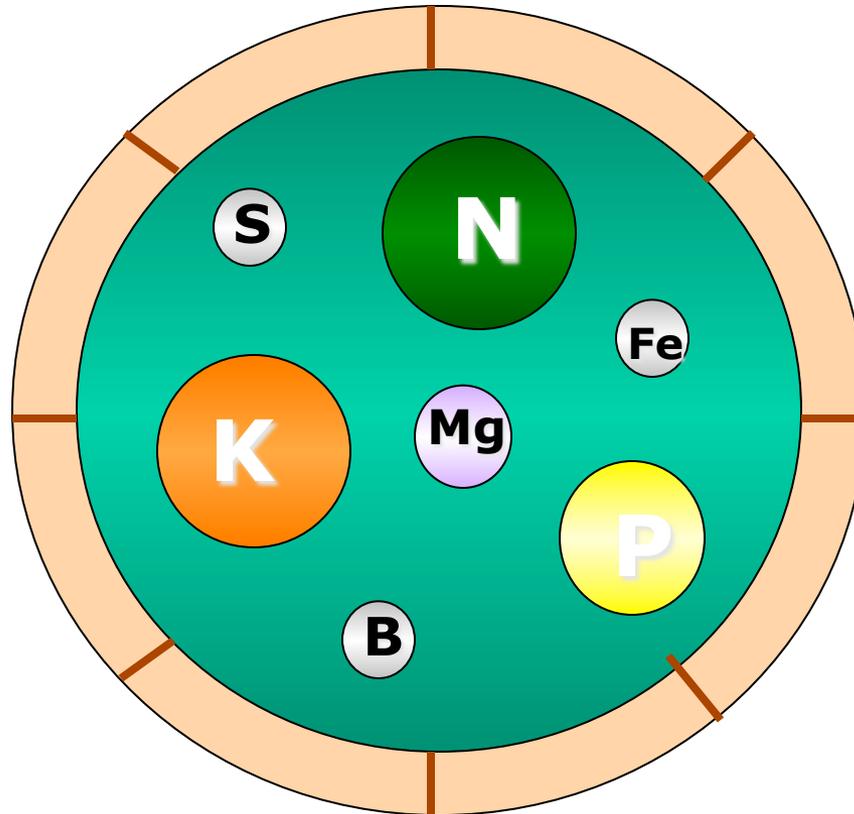
Todos nutrientes recobertos por uma película protetora

Mecanismo de Ação



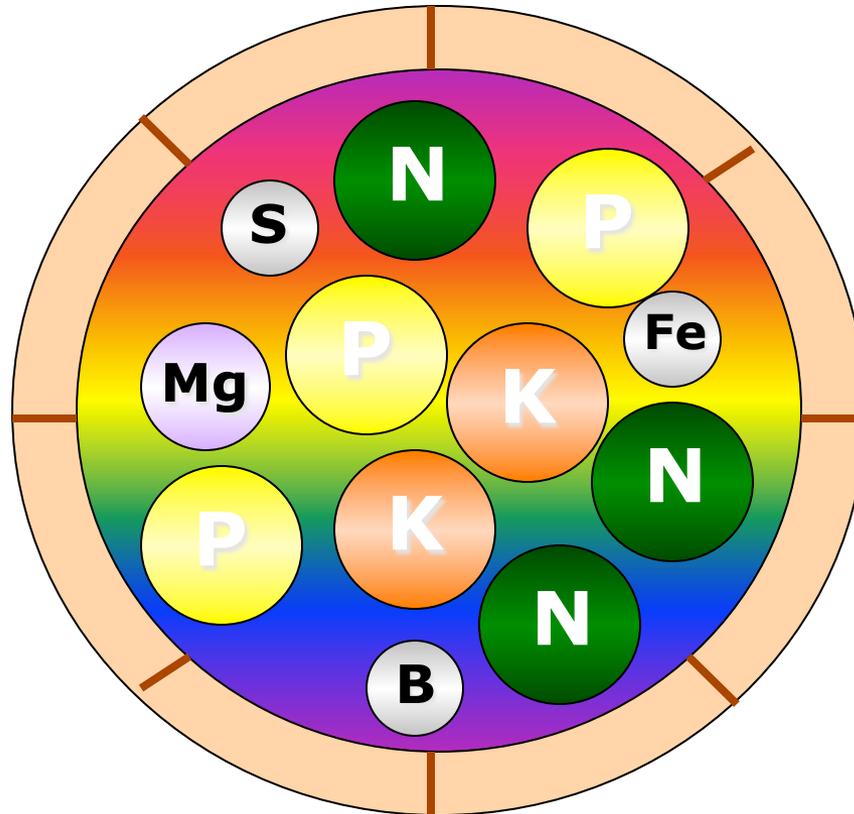
A água penetra pelos poros...

Mecanismo de Ação



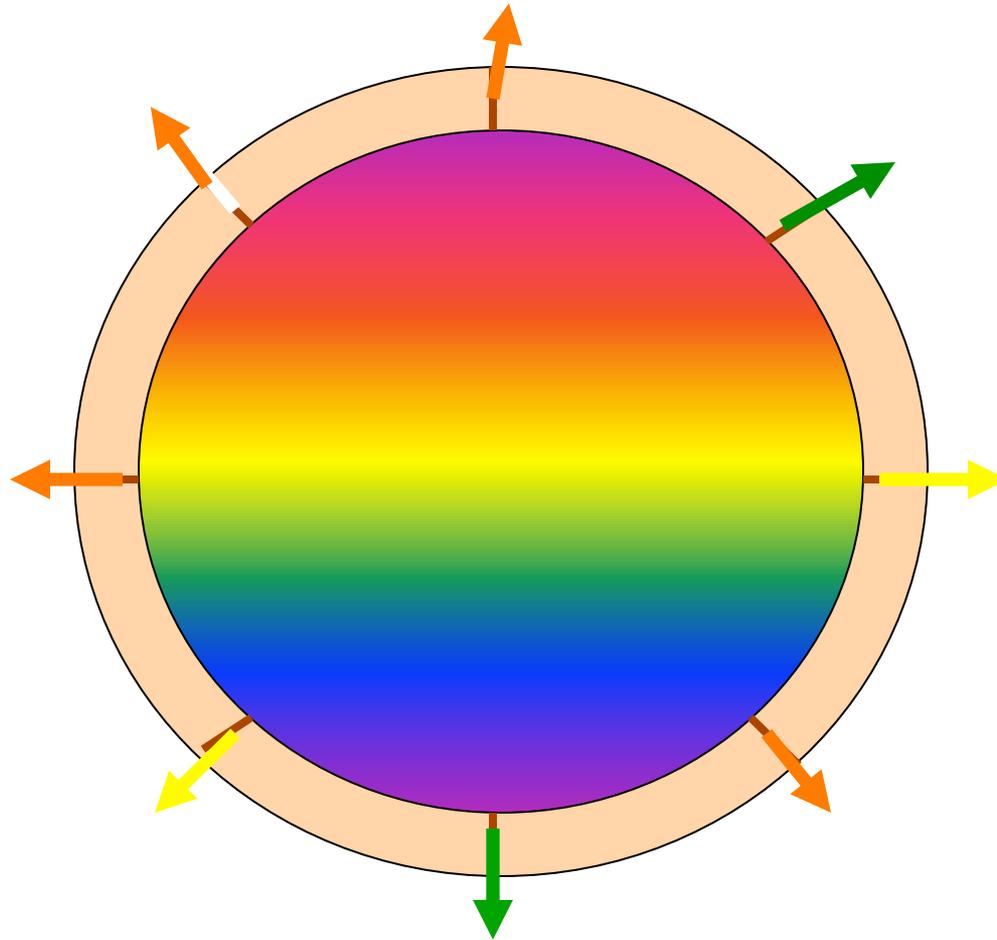
...dissolve os nutrientes no interior do grão...

Mecanismo de Ação



...formando uma solução nutritiva concentrada .

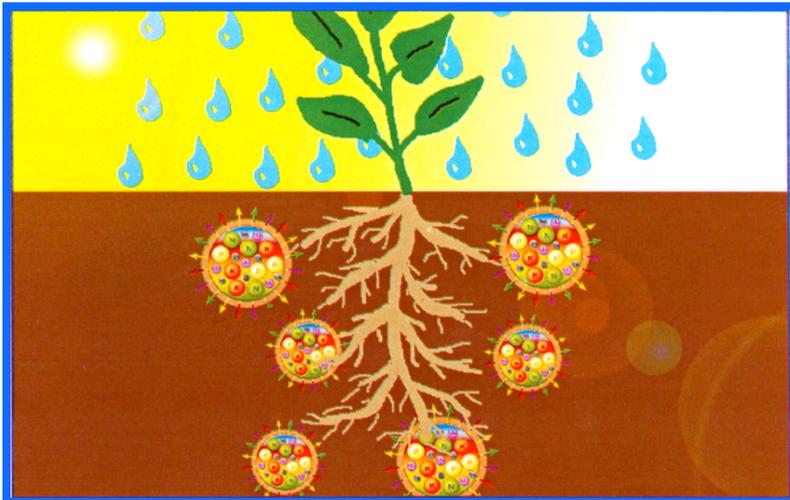
Mecanismo de Ação



Iniciando a liberação

Vantagens dos Fertilizantes de Liberação Controlada COMPO

- ✓ **Liberação dos nutrientes conforme a necessidade das plantas;**
- ✓ **Minimização das perdas de nutrientes por lixiviação;**
- ✓ **Minimização do efeito salinizante;**
- ✓ **Alta resistência mecânica e estabilidade frente ao manuseio;**
- ✓ **Resistência e estabilidade a alterações bruscas de temperatura;**



- ✓ **Potencializa o desenvolvimento das raízes;**
- ✓ **Elevada eficiência nutritiva;**
- ✓ **Respeito ao meio ambiente.**

Vantagens dos Fertilizantes de Liberação Controlada COMPO

- ❖ Película elástica resistente
- ❖ Todas as formulações com micronutrientes
- ❖ Economia de fertilizante, doses mais baixas
- ❖ Associação entre fertilizantes
- ❖ Abastecimento
- ❖ Garantia COMPO do Brasil

A Elasticidade da nova Cobertura Fertilizantes de Liberação Controlada COMPO

- ✓ Elevada segurança e resistência frente ao manuseio;
- ✓ A película não se rompe;
- ✓ Microporos mais sensíveis às mudanças de temperatura;
- ✓ Portanto, liberação altamente ajustada à demanda nutricional.



Basacote Plus



Tamanho do grânulo: 2 - 4 mm

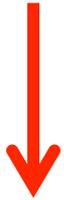
- ✓ Nitrogênio (N): 15%
- ✓ Fósforo (P_2O_5): 8%
- ✓ Potássio (K_2O): 12%
- ✓ Magnésio (MgO): 2%
- ✓ Enxofre (S): 5%
- ✓ Boro (B): 0,02%
- ✓ Cobre (Cu): 0,05%
- ✓ Ferro (Fe): 0,4%
- ✓ Manganês (Mn): 0,06%
- ✓ Molibdênio (Mo): 0,015%

- ✓ Fertilizante sem cloro (Cl⁻)

Recomendação de adubação

MODALIDADES DE ADUBAÇÃO FOSFATADA

Adubação corretiva



Área Total
(Fosfatagem)

Adubação de manutenção



Sulco / linha de plantio



Fosfatagem

Função

**Aumento da
Fertilidade do Solo**

Em situação de

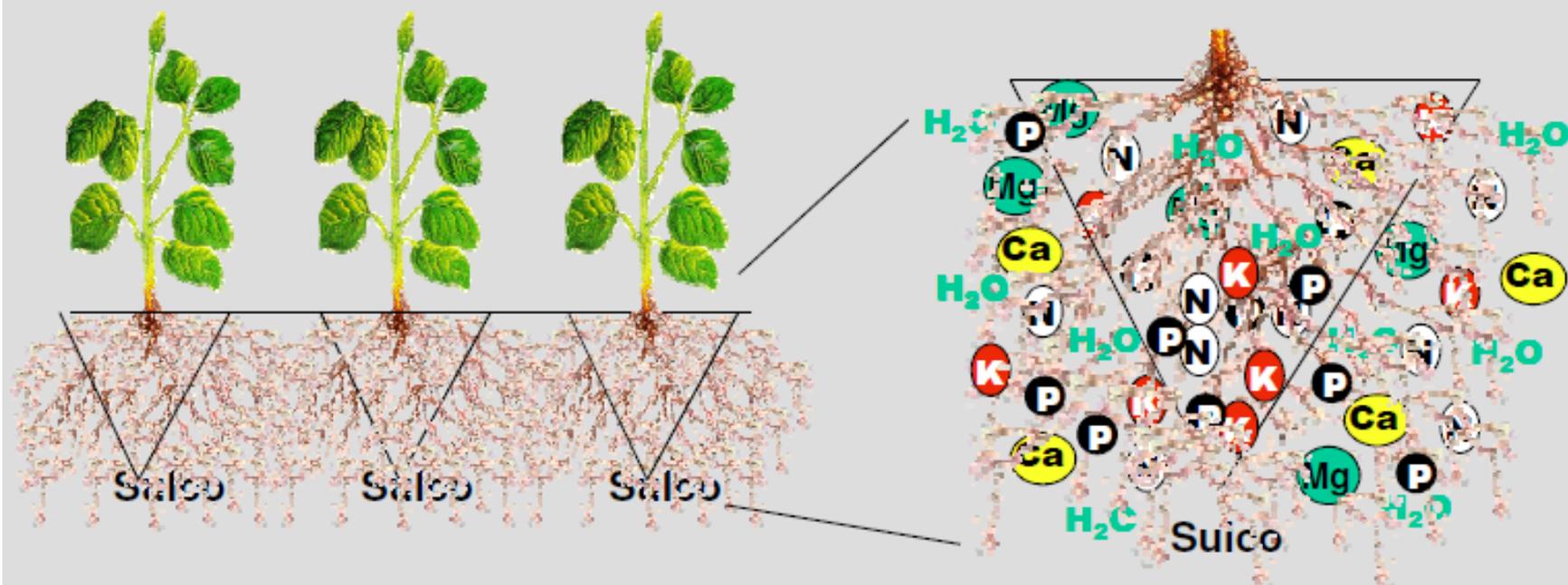
Solo de baixa fertilidade →

**(P < 15 mg dm⁻³)
Análise de solo**

**Adubação de Plantio
(sem fosfatagem)** →

- ✓ **Menor aproveitamento do fósforo do fertilizante aplicado no plantio (Maior perda de fósforo p/ o solo)**
- ✓ **Concentração excessiva de raiz no sulco (menor aproveitamento de adub. de cobertura, nutrientes do solo e Água)**

Com Fosfatagem



**Sistema Radicular
Bem Distribuído**

- Maior acesso à água e nutrientes
 - A planta resiste mais a danos de pragas do solo (percevejo castanho, Migdollus,...).
 - Maior resistência a veranicos (seca)
- MAIOR PRODUTIVIDADE**

57

Fontes de P_2O_5 para Fosfatagem

P_2O_5 sol. em HCl

- *Fosfato Natural Reativo - 29 % P_2O_5 total e 09 e 14% HCl
- *Termofosfato Magnesiano (P_2O_5 total 18% e P_2O_5 HCl = 16%)
- *Fósforo Orgânico (Torta de Filtro)
- *Fósforo Organo-mineral
(Composto: torta de filtro + Cinza + P Mineral) ou
(Torta de filtro + Cinza + Cama de frango)



Adubação localizada (sulco de plantio)

a) Fonte de P_2O_5 : solúvel em CNA + H_2O

b) Forma: granulada

c) Dose: 80 a 120 kg/ha P_2O_5



Limites de interpretação de teores de potássio e de fósforo em solos

Teor	Produção relativa %	K ⁺ trocável mmol _c /dm ³	P resina			
			Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
			mg/dm ³			
Muito baixo	0-70	0,0-0,7	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	71-90	0,8-1,5	3-5	6-12	7-15	11-25
Médio	91-100	1,6-3,0	6-8	13-30	16-40	26-60
Alto	>100	3,1-6,0	9-16	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>100	>6,0	>16	>60	>80	>120

Boletim Técnico 100, IAC, 1997.



RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO DE SEMEADURA PARA GRÃOS - MILHO (SP)

<i>Produtividade de esperada</i>	<i>Nitrogênio</i>	<i>P resina, mg/dm³</i>				<i>K⁺ trocável, mmol/dm³</i>			
		<i>0-6</i>	<i>7-15</i>	<i>16-40</i>	<i>>40</i>	<i>0-0,7</i>	<i>0,8-1,5</i>	<i>1,6-3,0</i>	<i>>3,0</i>
<i>(t/ha)</i>	<i>(kg/ha)</i>	<i>P₂O₅ (kg/ha)</i>				<i>K₂O (kg/ha)</i>			
<i>2 – 3</i>	10	60	40	30	20	50	40	30	0
<i>4 – 6</i>	20	80	60	40	30	50	50	40	20
<i>6 – 8</i>	20	90	70	50	30	50	50	50	30
<i>8 – 10</i>	30	-	90	60	40	50	50	50	40
<i>10 -12</i>	30	-	100	70	50	50	50	50	50

Fonte: Boletim 100

20 kg ha⁻¹ de Enxofre para metas de até 6 t ha⁻¹ e 40 kg ha⁻¹ para metas maiores 4 kg ha⁻¹ de Zinco em solos com teores inferiores a 0,6 mg/dm³ e 2 kg/ha para teores entre 0,6 e 1,2 mg/dm³

RECOMENDAÇÃO DE COBERTURA (SP)

<i>Produtividade esperada (t/ha)</i>	<i>Classe de resposta a N</i>			<i>K⁺ trocável, mmol/dm³</i>		
	<i>alta</i>	<i>média</i>	<i>baixa</i>	<i><0,7</i>	<i>0,8-1,5</i>	<i>1,6-3,0</i>
	<i>N em kg/ha</i>			<i>K₂O em kg/ha</i>		
<i>2 - 4</i>	40	20	10	--	--	--
<i>4 - 6</i>	60	40	20	20	--	--
<i>6 - 8</i>	100	70	40	60	--	--
<i>8 - 10</i>	120	90	50	90	60	20
<i>10 - 12</i>	140	110	70	110	80	40

Fonte: Boletim 100

CLASSES DE RESPOSTA

Alta resposta – Solos corrigidos, com muitos anos de cultivo de milho ou outra gramíneas

Média resposta – Solos ácidos que serão corrigidos; cultivo anterior de leguminosas; pousio

Baixa resposta – Cultivo intenso de leguminosas; pousio por dois ou mais anos

CANA-DE-AÇÚCAR



Recomendação de adubação fosfatada para o plantio da cana-de-açúcar.

Produtividade esperada (t ha ⁻¹)	P (resina- mg dm ⁻³)			
	0-6	7-15	16-40	> 40
	----- P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) -----			
< 100	180	100	60	40
100-150	180	120	80	60
> 150	-	140	100	80

Fonte: (RAIJ et al., 1996).

Recomendação de adubação N, P e K para soqueiras de cana-de-açúcar.

Produtividade esperada	N	P (resina - mg dm^{-3})		K ⁺ ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)		
		0-15	> 15	0-1,5	1,6-3,0	> 3,0
(t ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	--- P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) ---		--- K ₂ O (kg ha ⁻¹) ---		
< 60	60	30	0	90	60	30
60-80	80	30	0	110	80	50
80-100	100	30	0	130	100	70
> 100	120	30	0	150	120	90

Fonte: RAIJ et al. (1996).