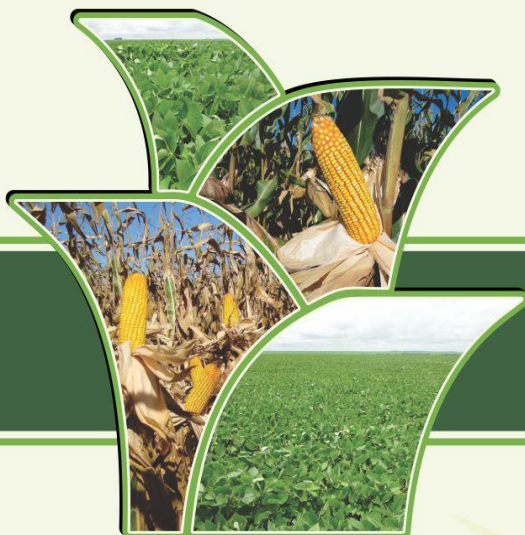




VIII Simpósio Regional • IPNI Brasil

BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

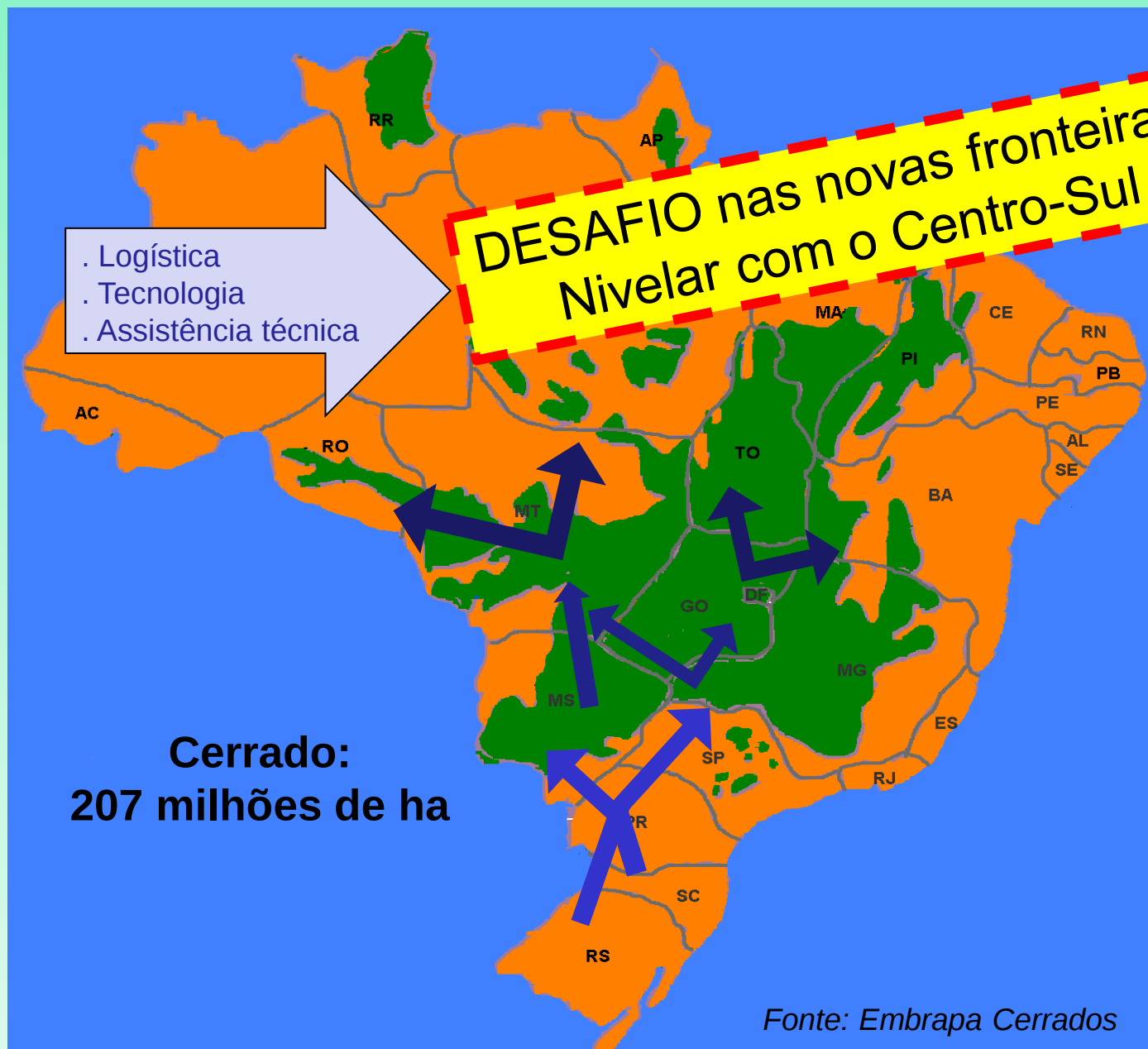
Vilhena - RO • 26 e 27/MAIO/2015

Manejo de nutrientes em sistema de produção de grãos de alta intensidade

Álvaro V. Resende
Embrapa Milho e Sorgo

- »»»» Os ambientes de produção no Cerrado
- »»»» Intensificação em sistemas de produção
- »»»» Manejo de nutrientes em sistemas intensivos
- »»»» Considerações finais

Os ambientes de produção no Cerrado



- . Logística
- . Tecnologia
- . Assistência técnica

**DESAFIO nas novas fronteiras:
Nivelar com o Centro-Sul**

**Cerrado:
207 milhões de ha**

Os ambientes de produção no Cerrado



Os ambientes de produção no Cerrado

Cerrados das novas fronteiras: ambientes distintos, ainda pouco conhecidos



Fotos: Álvaro Resende; Manoel Albuquerque Filho; <http://brazilbigbusiness.blogspot.com.br/> e <http://pt.slideshare.net/fundacaochapadao/a-nova-fronteira-agrcola-parte-2>

Os ambientes de produção no Cerrado

Cerrados das novas fronteiras: ambientes distintos, ainda pouco conhecidos

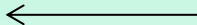
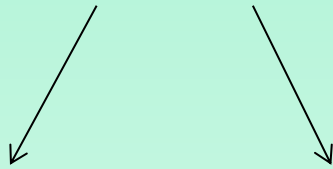


DESAFIO:
Caracterizar respostas ao manejo agrícola
nos novos ambientes de produção



Sistemas intensivos:

- ✓ Cultivos de alta produtividade (milho > 12 t/ha grãos)
- ✓ Cultivos de alta exportação (milho silagem)
- ✓ Duas safras por ano (soja + milho = 4 + 8 t/ha grãos)
- ✓ Combinações mais complexas em rotação



Intensificação em sistemas de produção

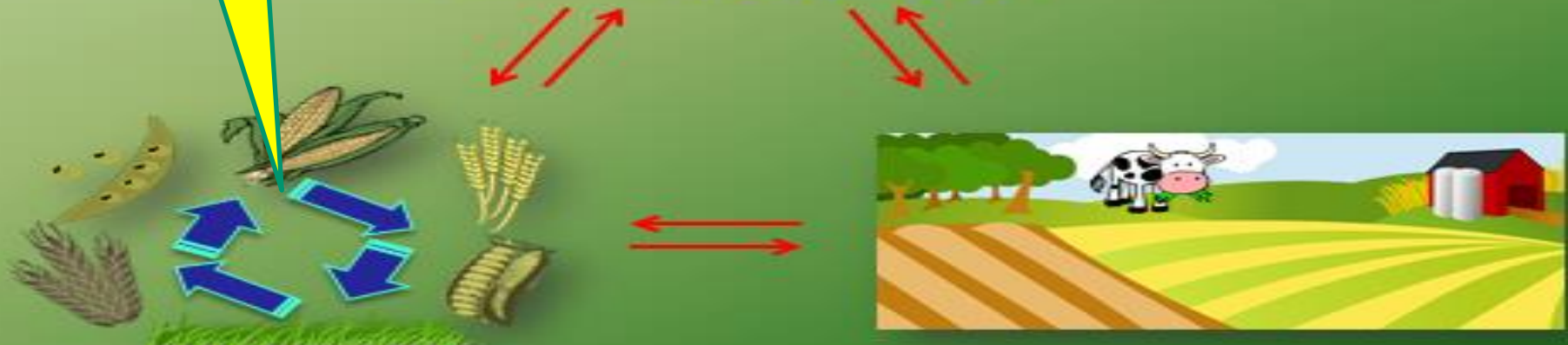
- ✓ Adubação: 30% do custo de produção de grãos
- ✓ Soja + milho: 60% do consumo de fertilizantes no Brasil
- ✓ Tendência: buscar sistemas intensivos e diversificados em solos de fertilidade construída em plantio direto

Adubação
para o
sistema de
culturas



É possível ganhar
eficiência?

Melhoria do nível
gerencial: **informação**



Intensificação em sistemas de produção

Níveis crescentes de
produtividade

+

Adubação sem critério

=

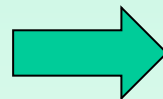
Mineração das reservas de
nutrientes do sistema

+

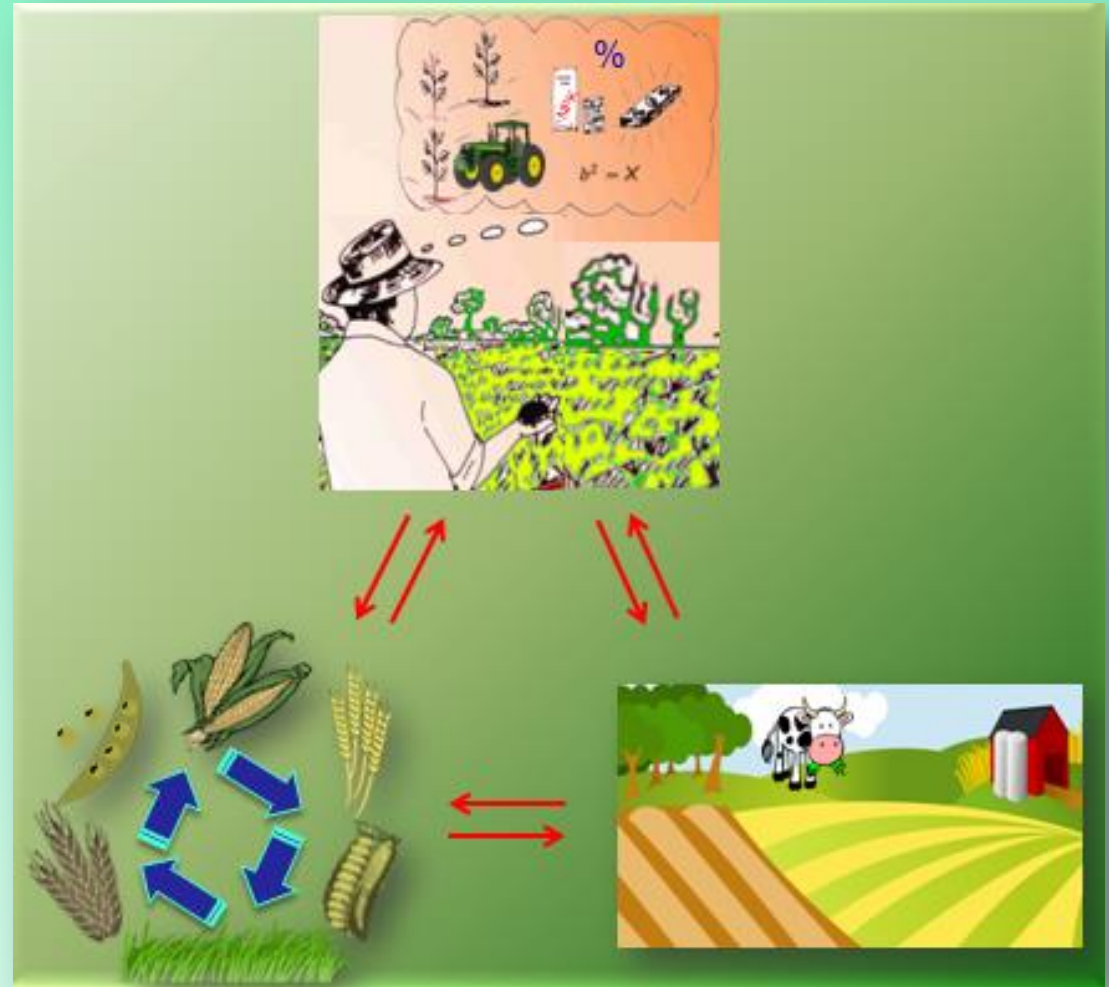
Desequilíbrios entre
nutrientes

=

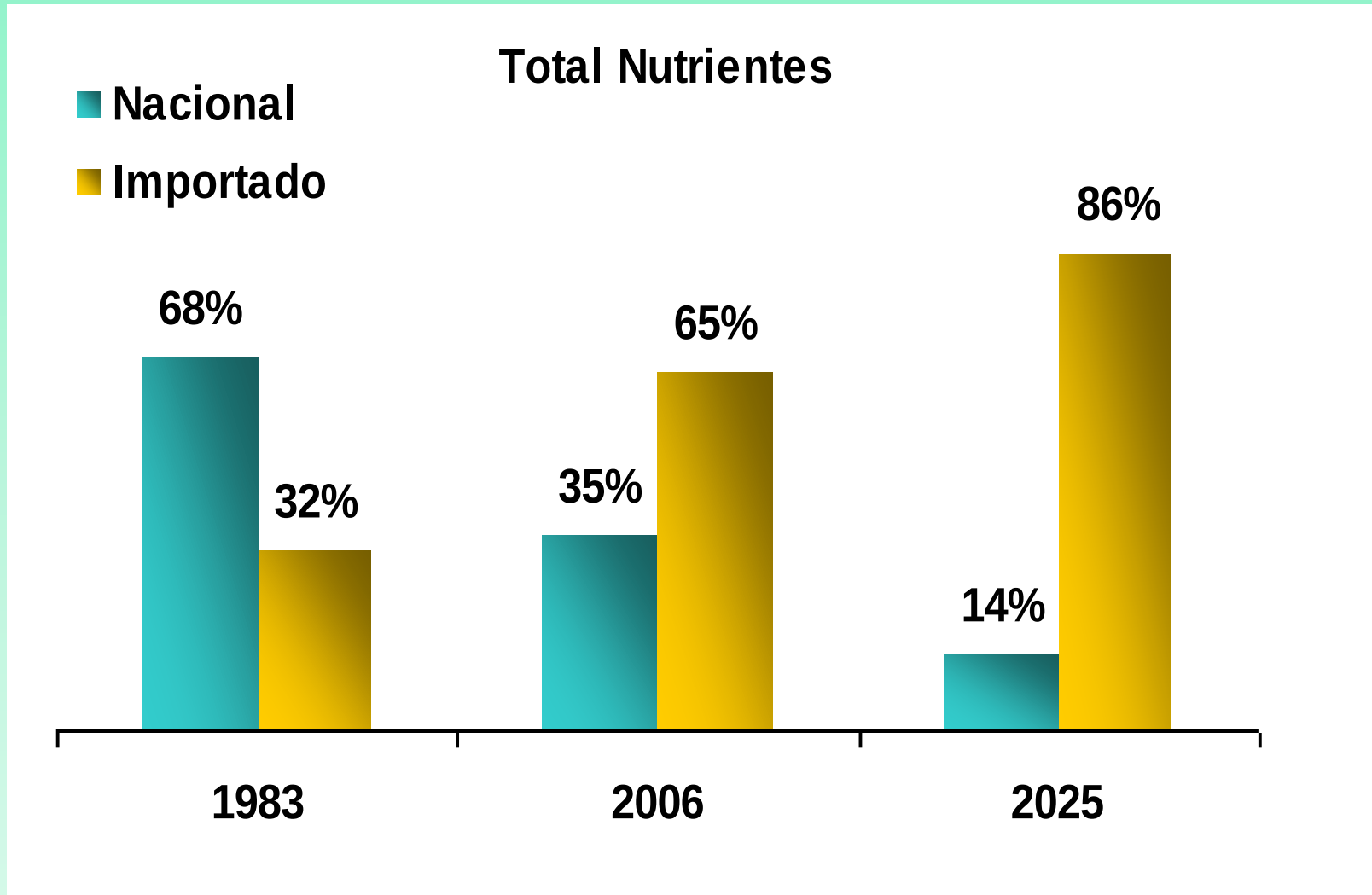
**Limitação do potencial
produtivo das lavouras**



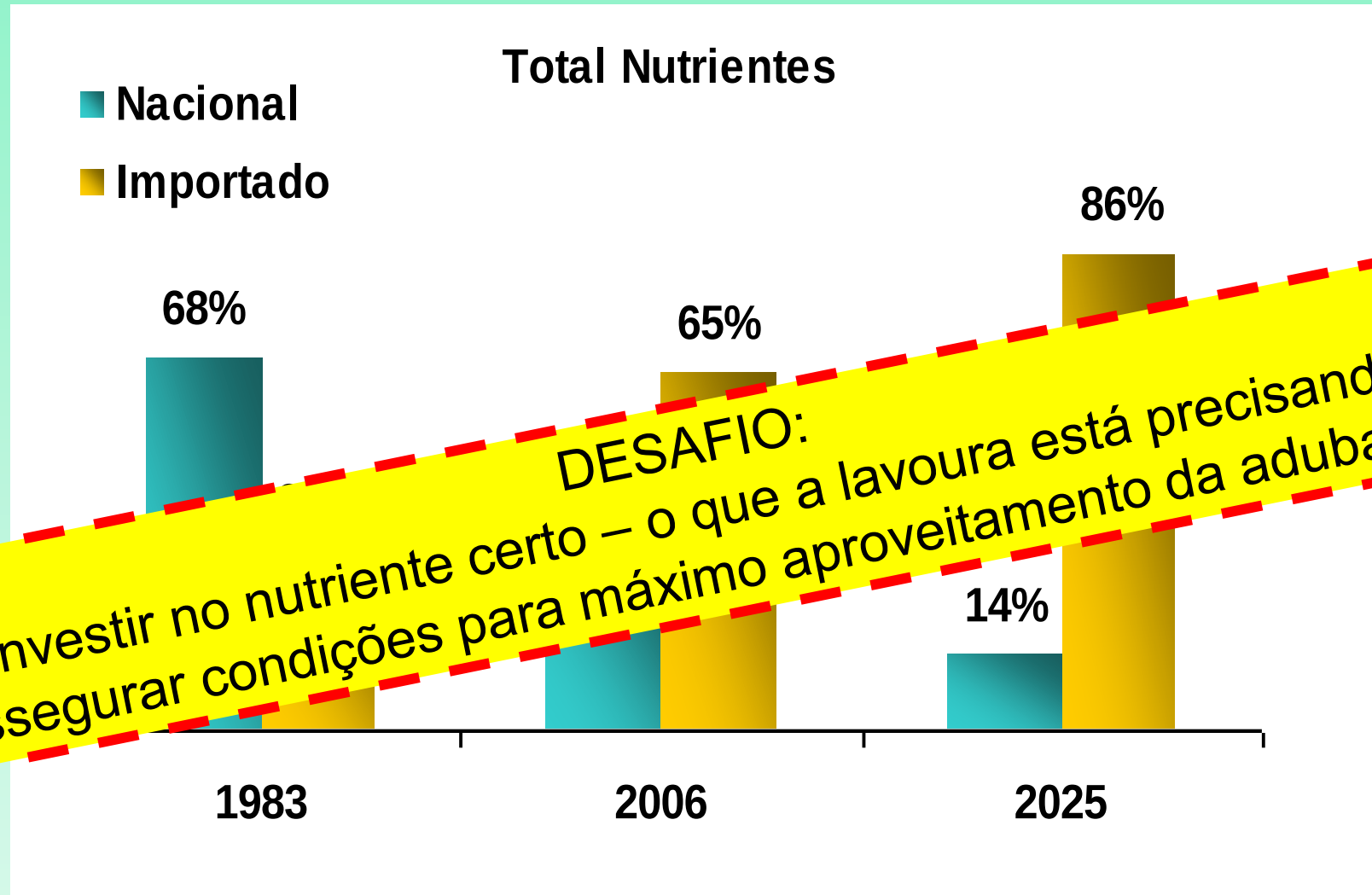
Doses módicas de nutrientes podem
restringir a produtividade no sistema



Cenário futuro: Dependência de importação de fertilizantes



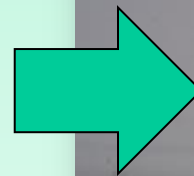
Cenário futuro: Dependência de importação de fertilizantes



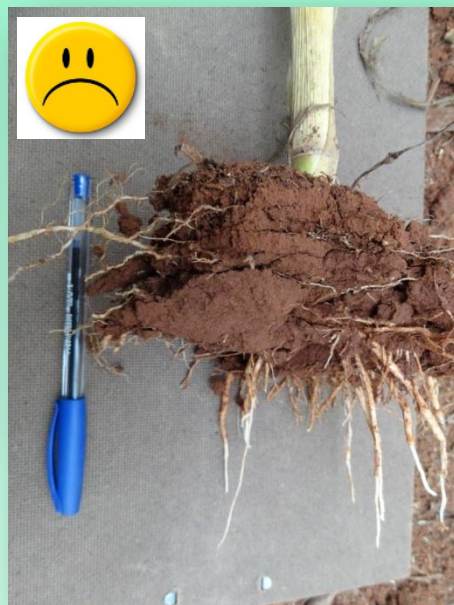
Milho: estande e distribuição de plantas é fundamental



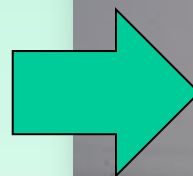
**Potencial de aprofundamento
radicular do milho em solo sem
restrições físicas e químicas,
aos 10 DAS (estádio V1).**



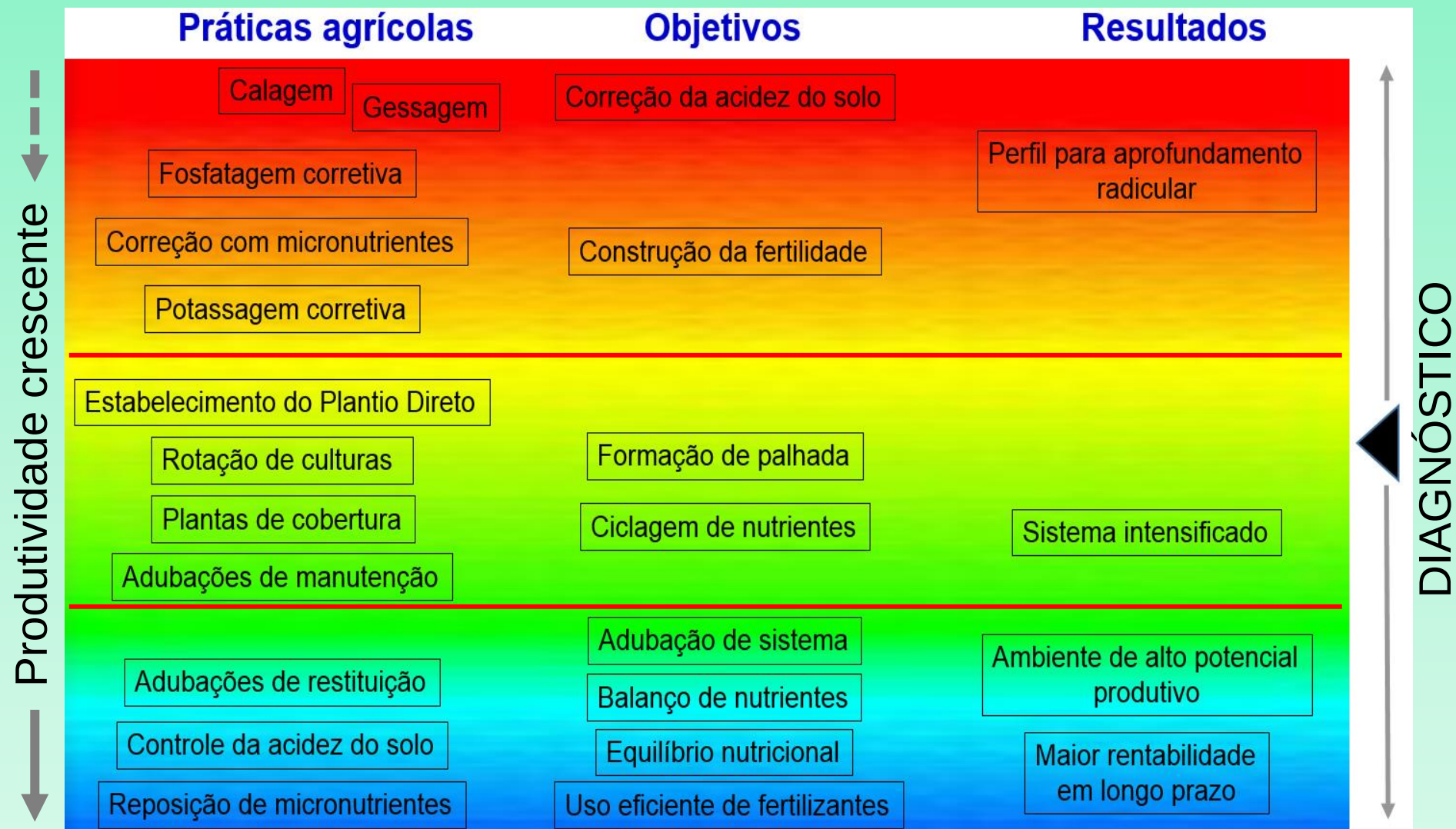
Condições de campo



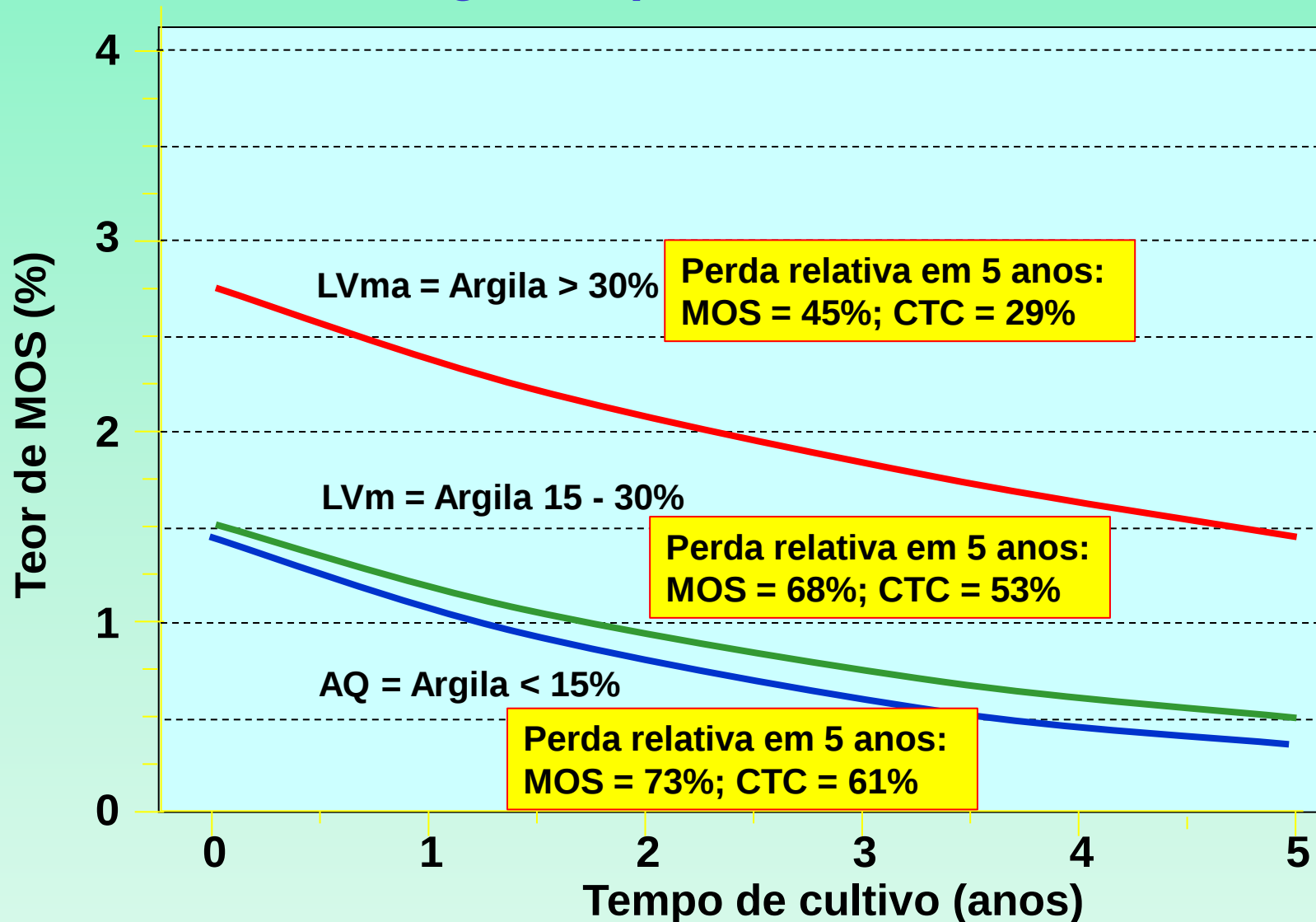
Potencial de aprofundamento radicular do milho em solo sem restrições físicas e químicas, aos 10 DAS (estádio V1).



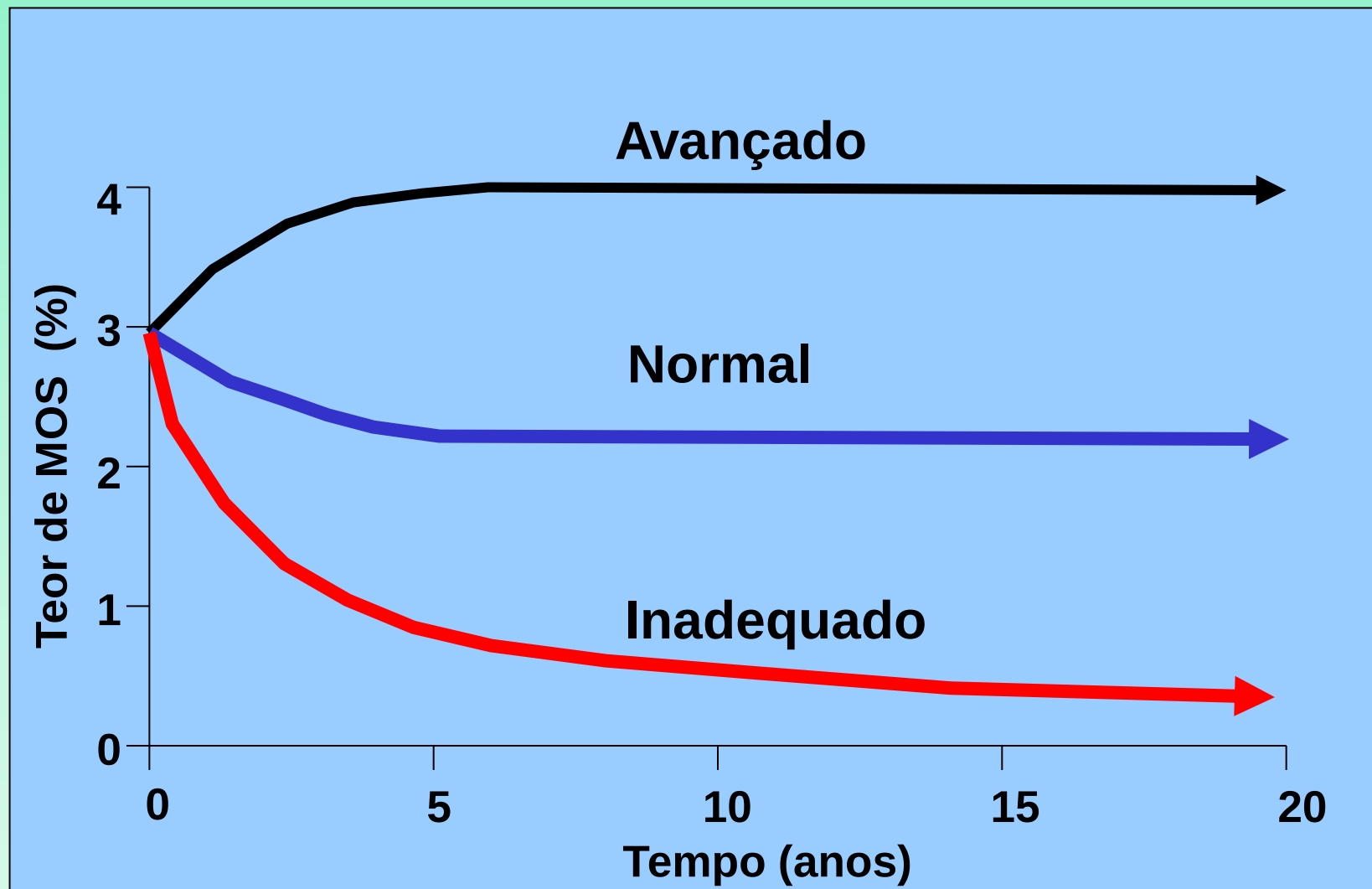
Estratégia de manejo para alta produtividade



Perda de matéria orgânica pelo cultivo – cerrado Oeste BA



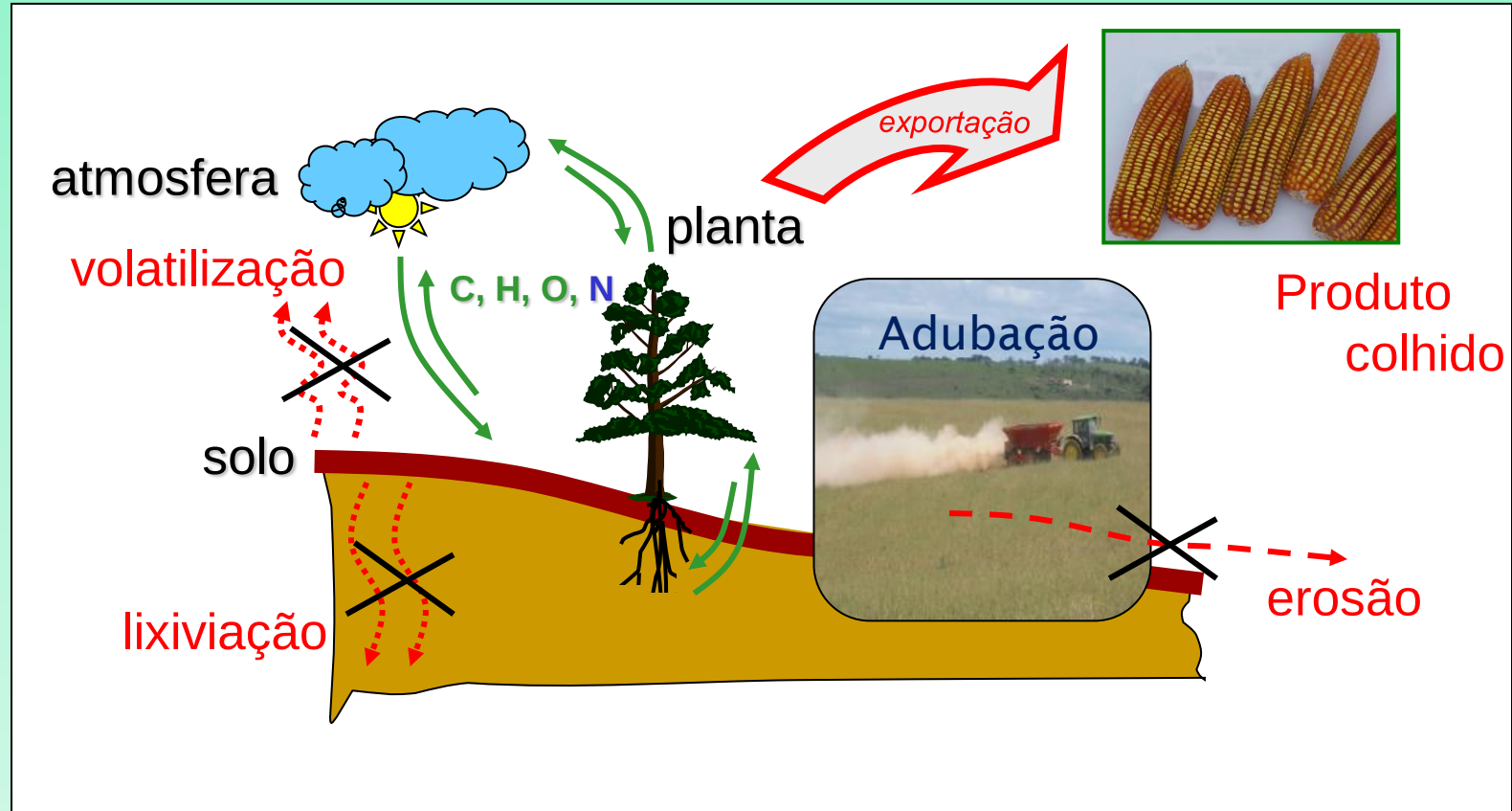
Manejo da matéria orgânica



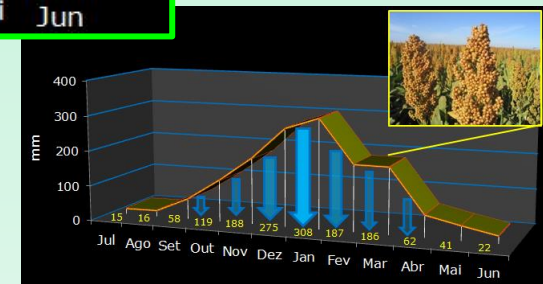
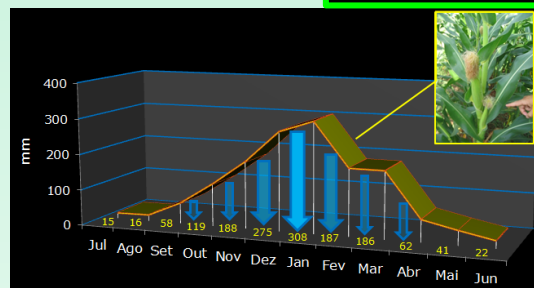
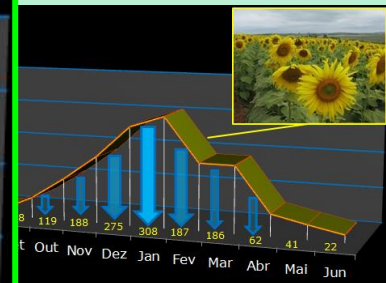
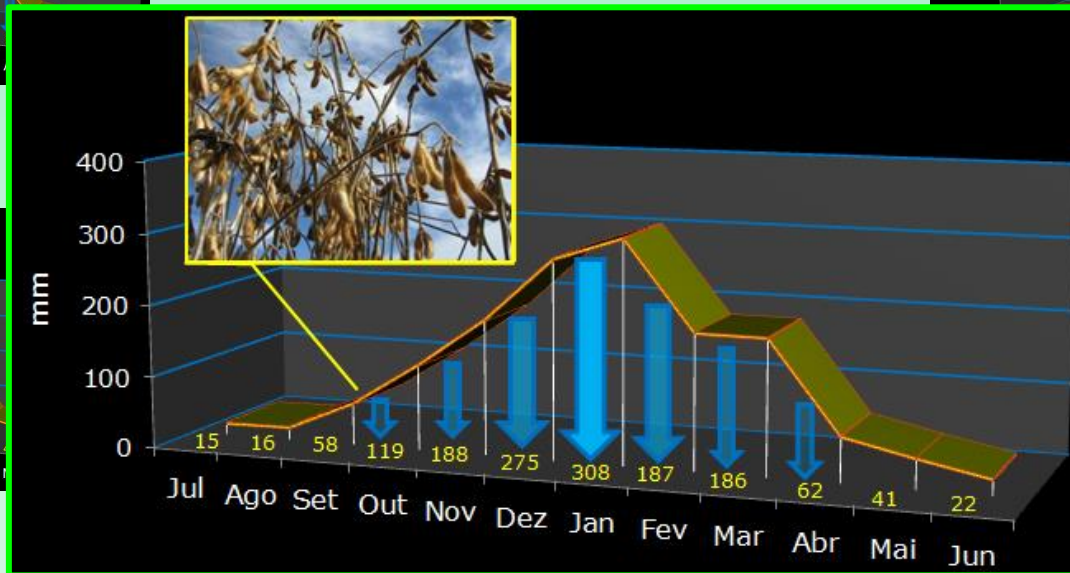
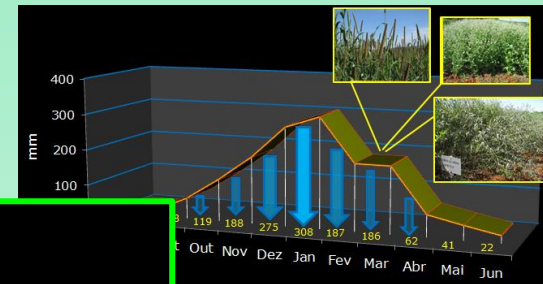
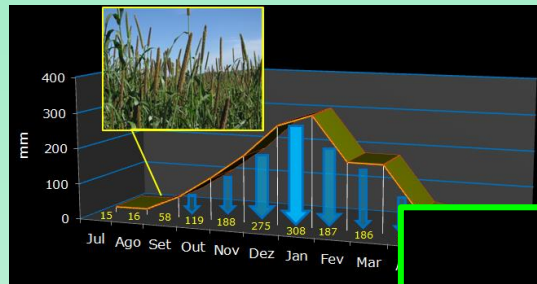
Plantio direto na construção da fertilidade química, física e biológica no perfil



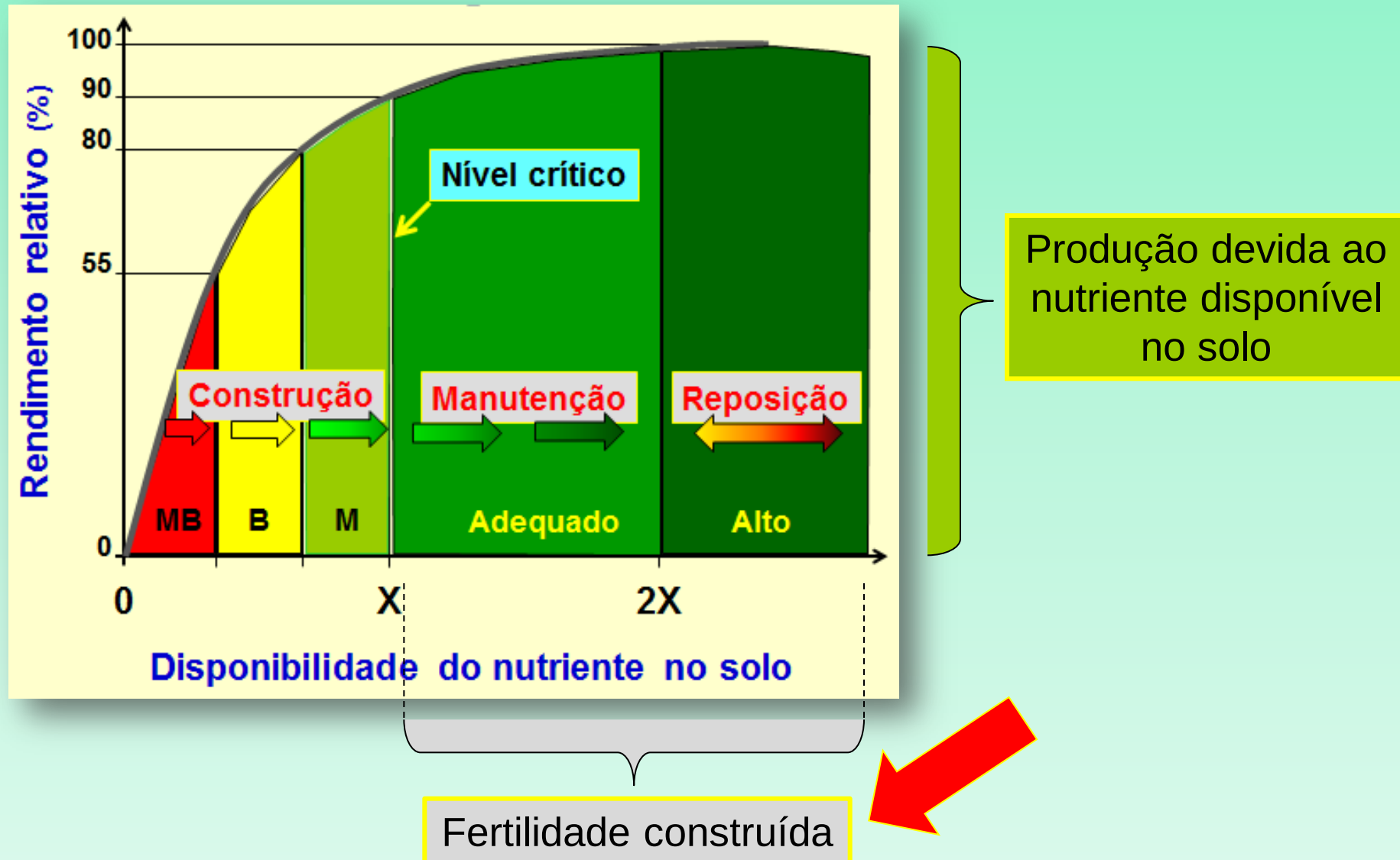
Plantio direto: buscando um sistema tamponado em status de alta fertilidade



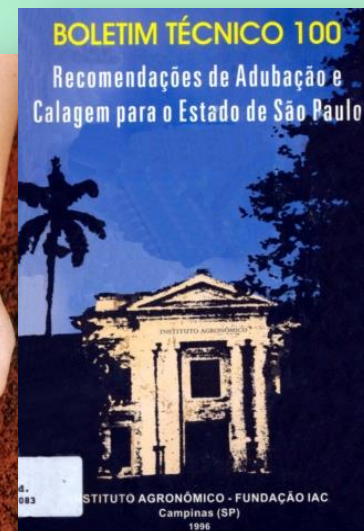
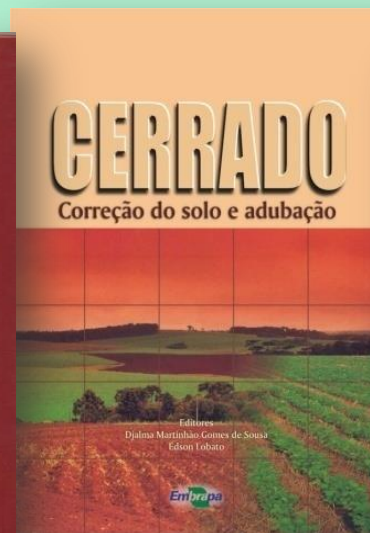
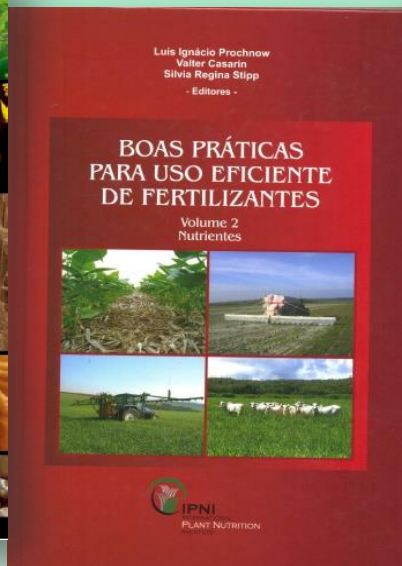
Intensificação de sistemas de produção – rotação (sequeiro na região Centro-Sul)



Sistemas de maior intensidade requerem fertilidade construída



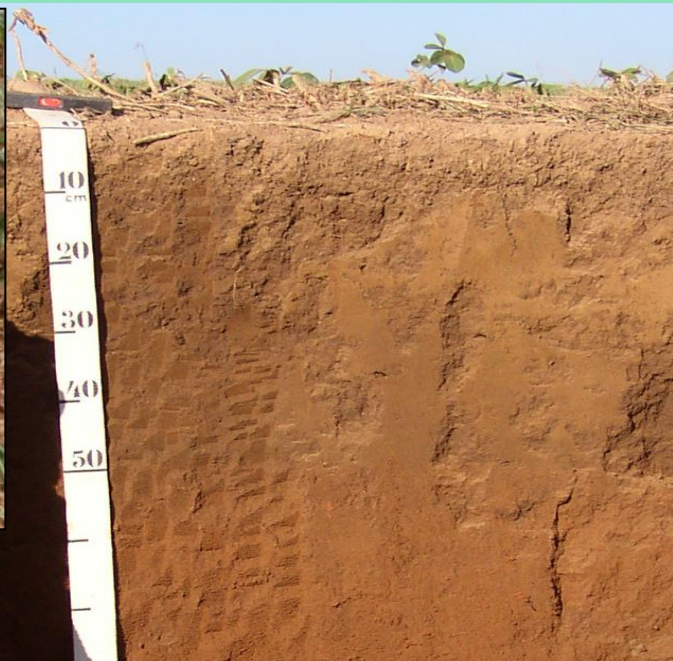
Boas práticas definidas e disseminadas para calagem, gessagem e adubações corretivas visando à melhoria da fertilidade do solo (**construção**)



* **Adubações de manutenção:** dificuldade de se estabelecer um manejo padrão, sobretudo em sistemas de cultivo diversificados.

A “prática” se distancia dos critérios técnicos.

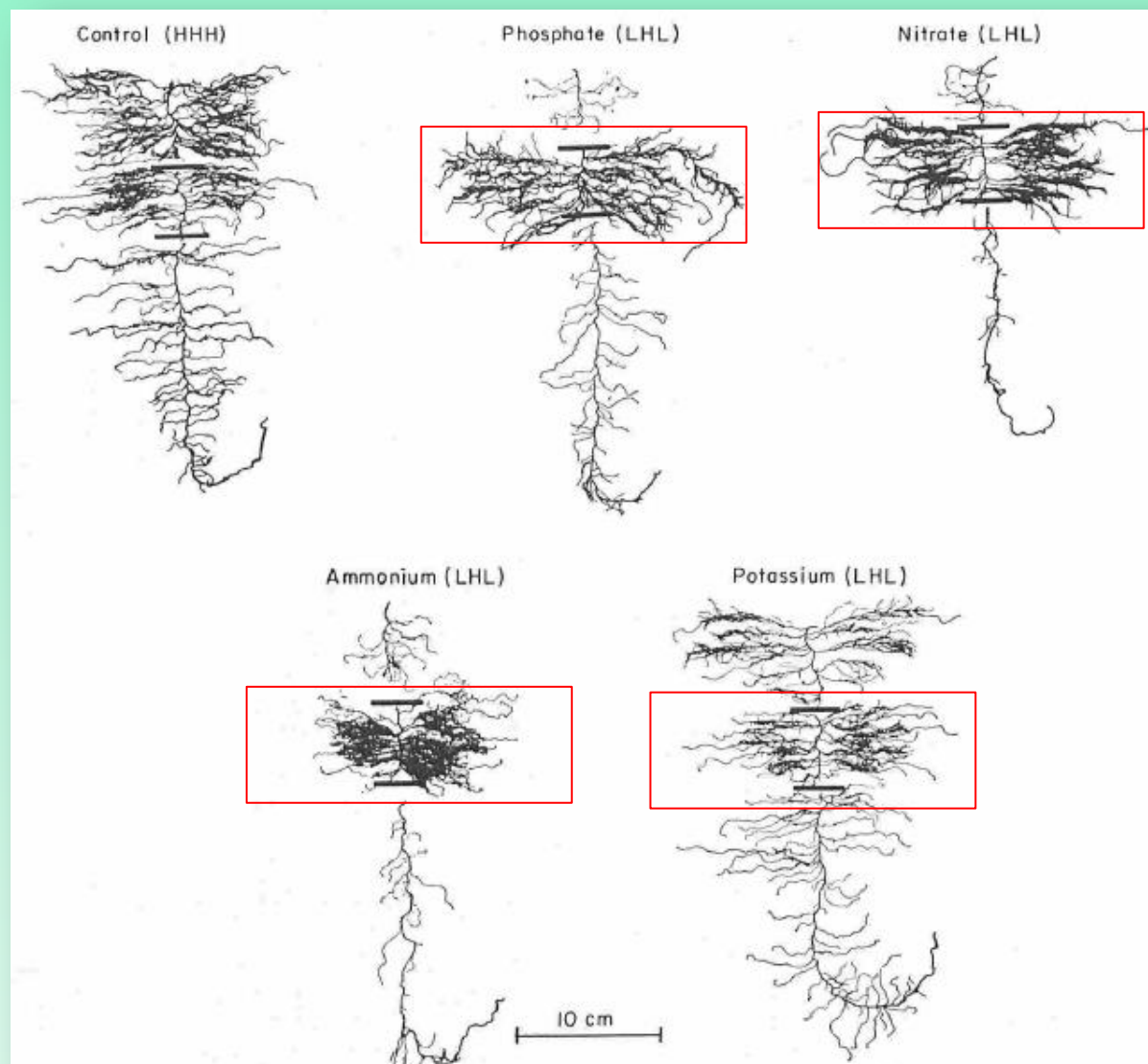
Construção da fertilidade química, física e biológica no perfil



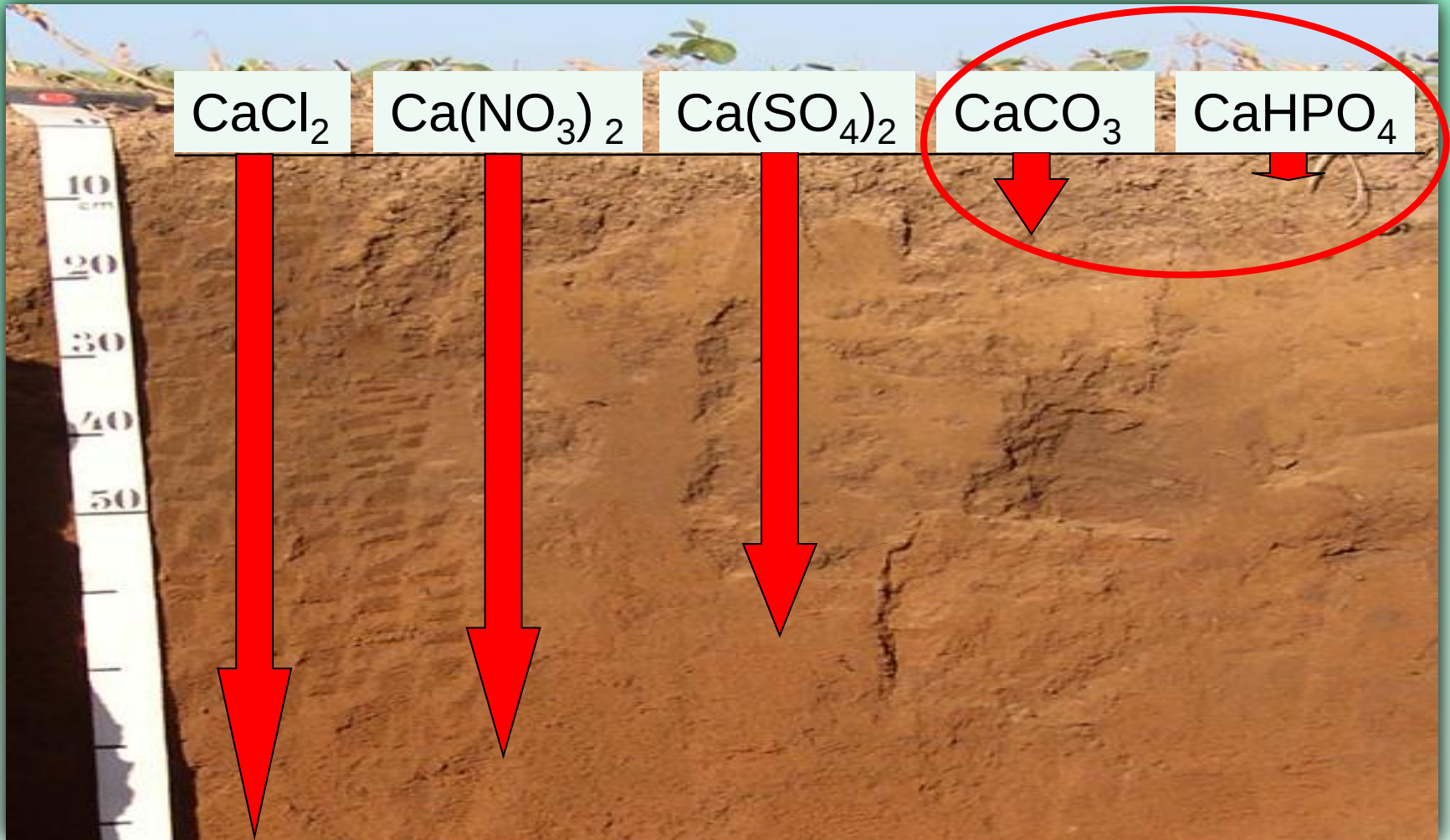
Construção da fertilidade no perfil =
aprofundamento radicular =
acesso aos nutrientes e água =
incorporação de carbono =
qualidade física =
atividade biológica!

Raízes proliferam em condições de maior disponibilidade de nutrientes

Região da raiz de cevada dispendo maiores teores de nutrientes cresce mais. Padrões variam conforme o nutriente.



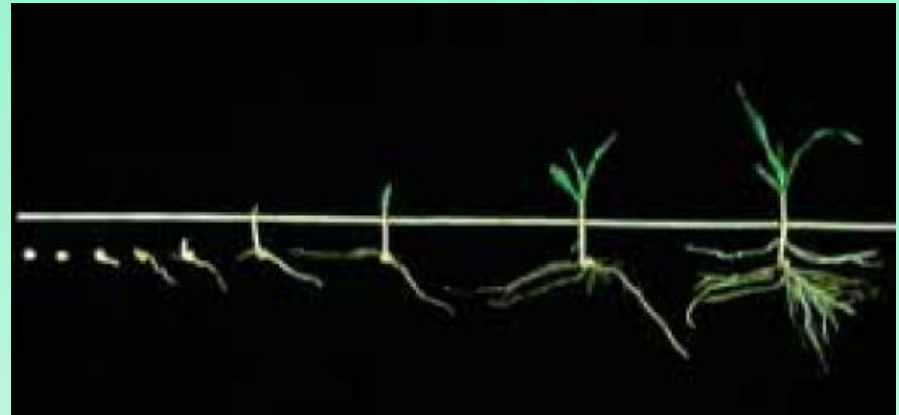
Movimento de nutrientes no perfil conforme o par iônico



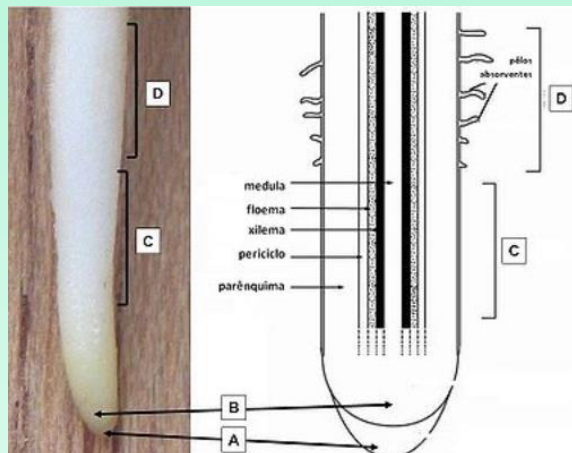
Papel do cálcio no crescimento radicular



Fonte: Sousa (2013)



Fonte: Ritchie et al. (2003)



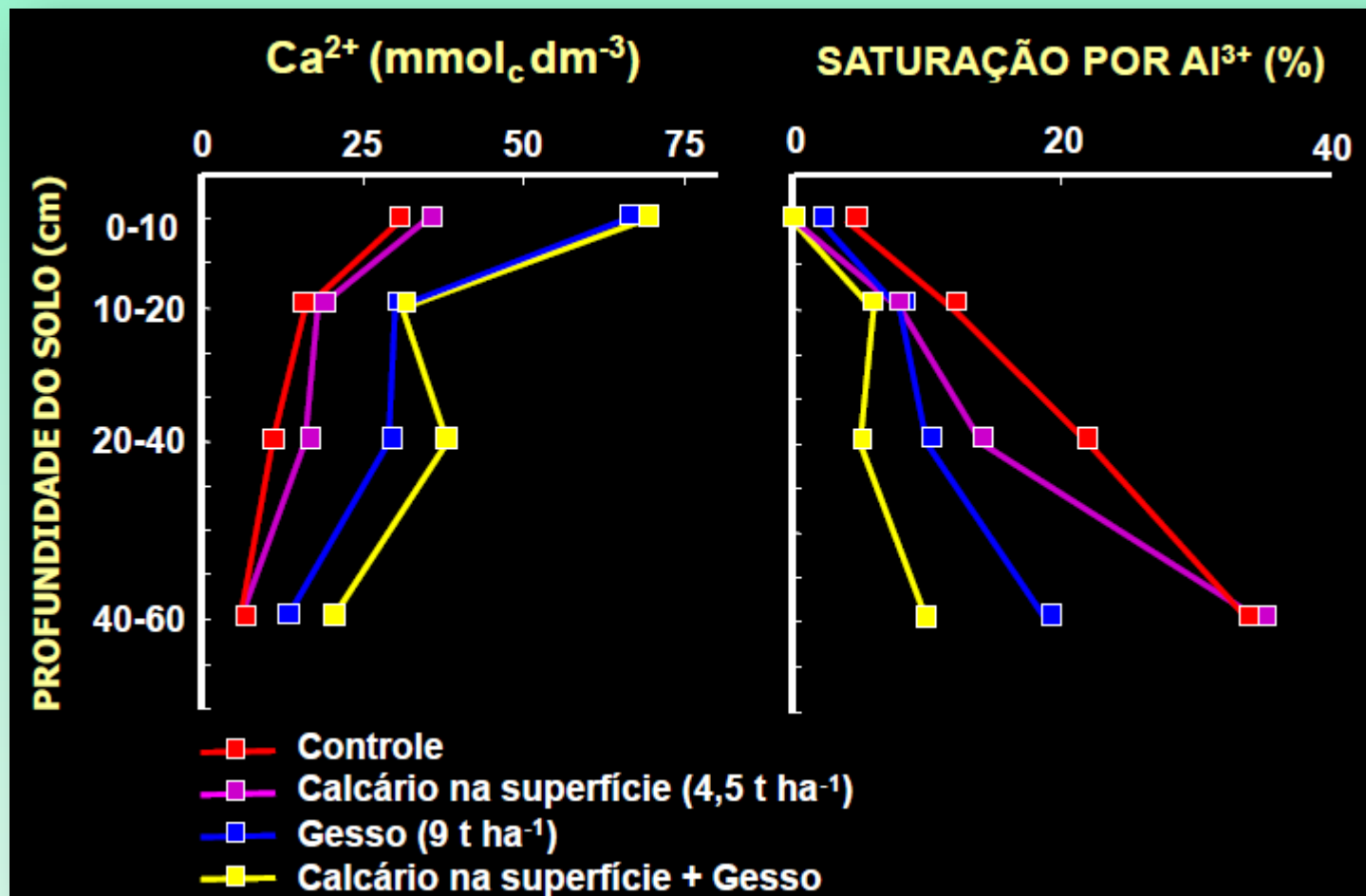
Fonte: <http://wikiciencias.casadasciencias.org>



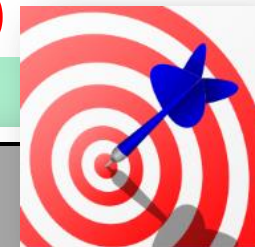
Fonte: Ritchie et al. (2003)

Como potencializar a correção da acidez em profundidade?

Calcário superficial e gesso se complementam



Valores de referência para o estabelecimento ambientes de produção intensiva de grãos no Cerrado (0-20 cm)

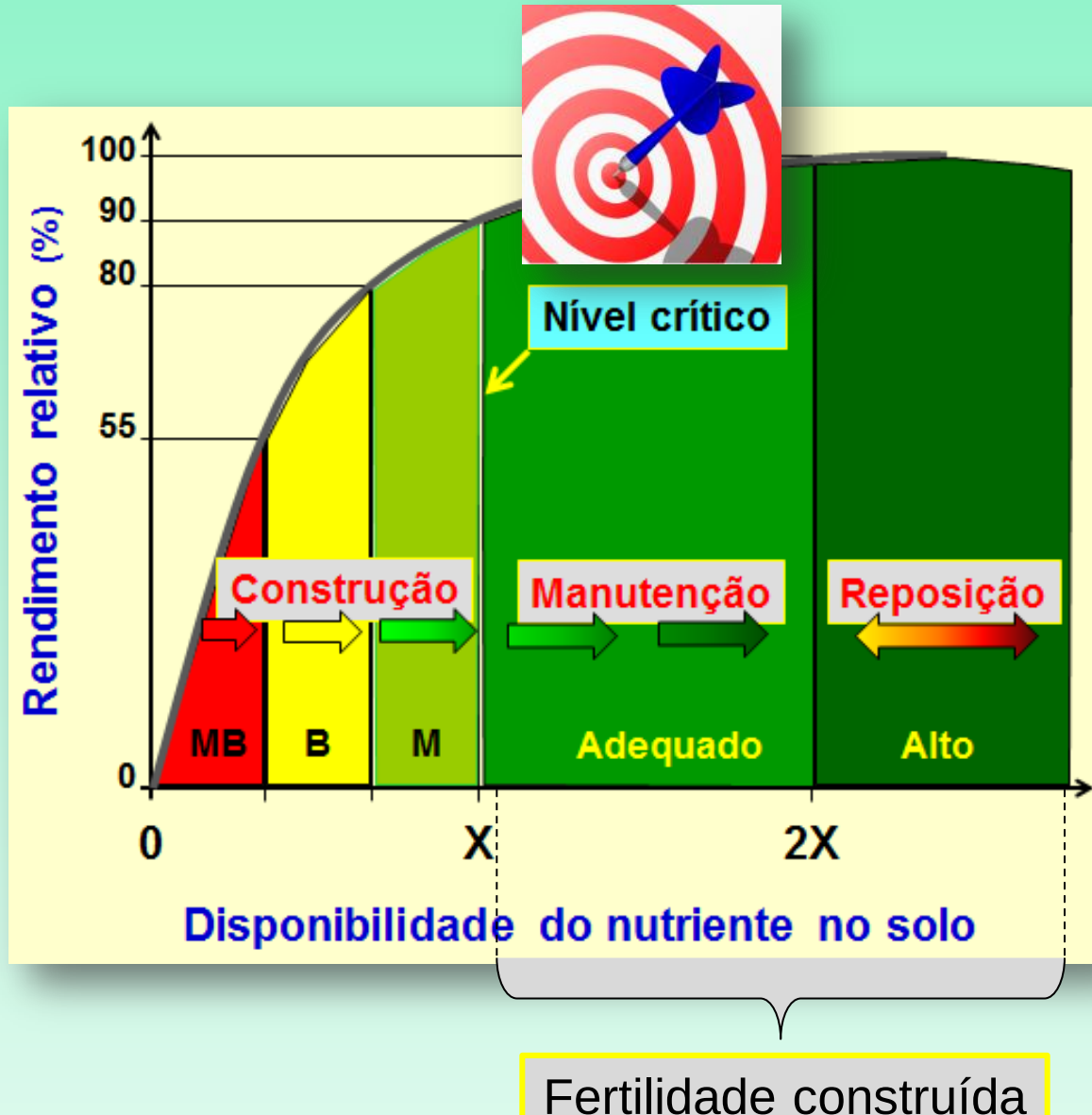


Teor de argila	Atributos associados à fertilidade do solo										
	Mat. orgânica	P _{Mehlich}	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	V
g/kg ¹	g/kg ¹	 mg/dm ³	 cmol/dm ³	 mg/dm ³	 %	 mg/dm ³	 mg/dm ³	 mg/dm ³	 mg/dm ³	 mg/dm ³	 %
≤ 150	11 a 15	25 a 40	40								
160 a 350	21 a 30	20 a 30	80	2,5 a 7,0	0,5 a 2,0	9 [*]	0,5	0,8	5	3	50 a 60
360 a 600	31 a 45	12 a 18									
> 600	36 a 52	6 a 9									

Perfil construído assegura ação das raízes na absorção de água e aproveitamento de nutrientes

* Média dos teores de 0-20 e 20-40 cm profundidade.

Sistemas de maior intensidade requerem fertilidade construída

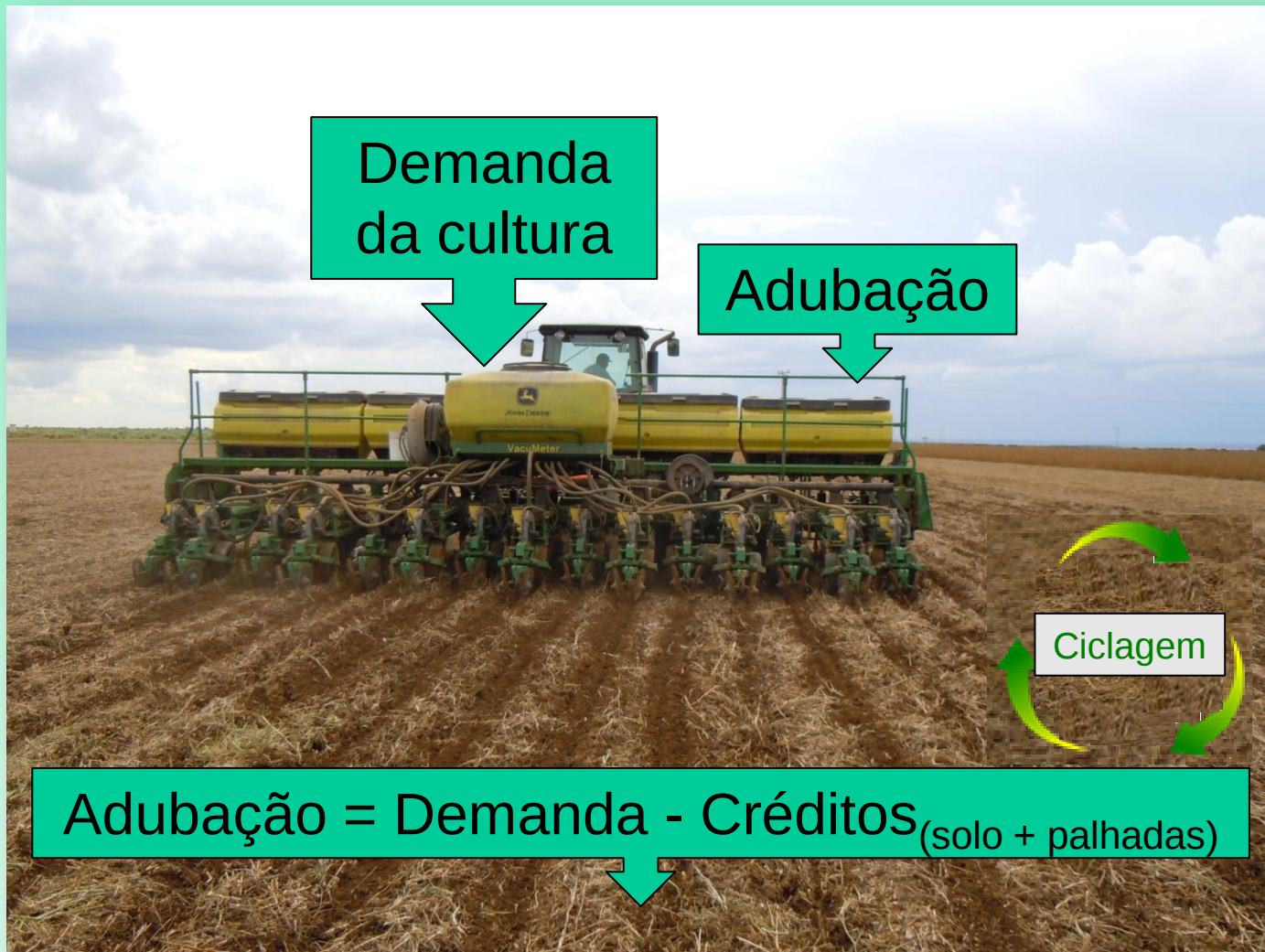


Manejo de nutrientes em sistemas intensivos

Em solo com fertilidade construída, a adubação é determinada conhecendo-se as taxas de extração e exportação de nutrientes



Adubação eficiente depende de estimativas mais precisas de demanda e crédito de nutrientes no sistema



Dimensionamento baseado em informação:

. Disponibilidade dos nutrientes no solo



. Créditos de ciclagem no sistema (N)



. Quantidades extraídas e exportadas pelas culturas



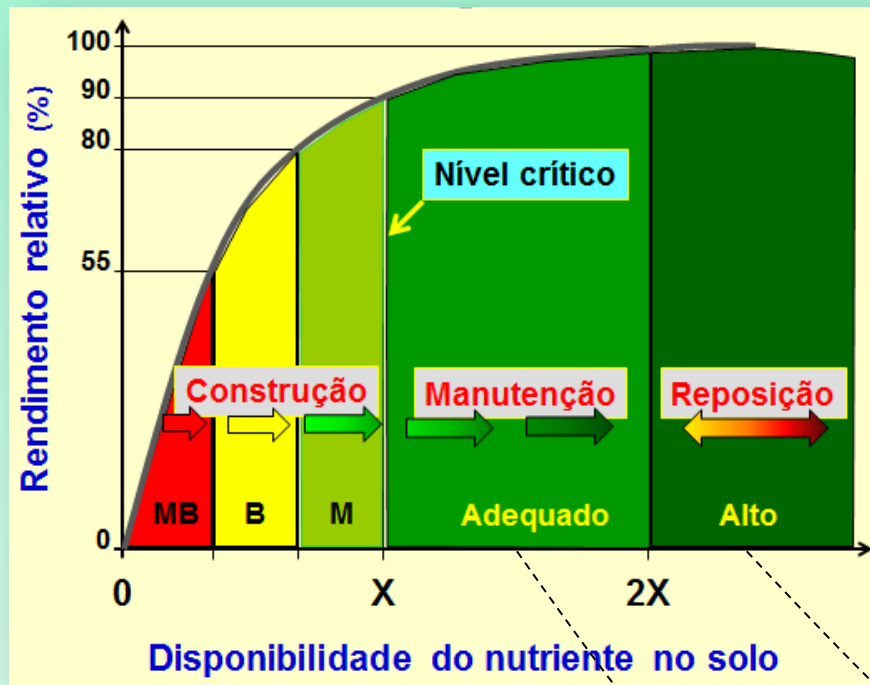
. Expectativa de produtividade a cada safra



. Eficiência de aproveitamento dos fertilizantes

Informação para maior eficiência de manejo

1º passo: Monitoramento freqüente da fertilidade do solo



Condição de fertilidade
direciona a estratégia de
manejo da adubação

Manutenção

Reposição

Vinculada à
extração

Vinculada à
exportação

Tomada de decisão:

1. Disponibilidade ADEQUADA

2. Disponibilidade ALTA

Condição de fertilidade
direciona a estratégia
de manejo da adubação

Manutenção



Reposição

. Adubação de **M**anutenção
\$ \$

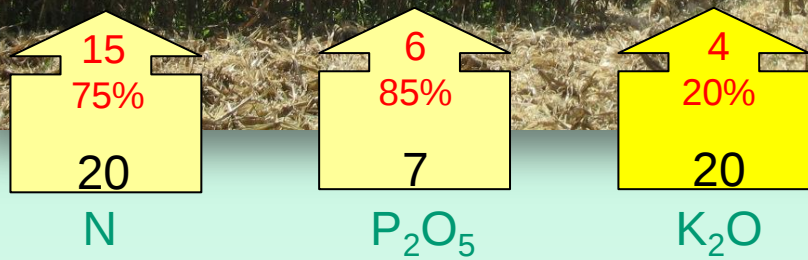
. Adubação de **R**eposição
\$

- ✓ Ao longo do tempo, o manejo pode oscilar entre manutenção e reposição: depende análise de solo, do nutriente, do padrão de demanda pelas culturas e do potencial de ciclagem no sistema.
- ✓ O diagnóstico e a prescrição devem ser trabalhados para cada nutriente.
- ✓ O uso continuado de fórmulas NPK fixas pode levar à perda de eficiência.

Conhecimento das quantidades de nutrientes extraídas e exportadas (kg/t grãos): atualizar dados para as condições locais

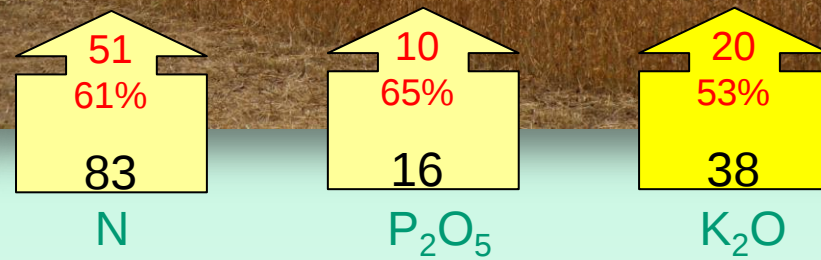
Milho

(Média “nacional”, 8 t/ha)



Soja

(Média “nacional”, 3 t/ha)



Fonte: Adaptado de Fancelli & Tsumanuma (2007);
Oliveira Jr et al. (2010) e Resende et al. (2012)

Fonte: Embrapa (2008)

✓ Área cultivada e produção milho safrinha são maiores que na safra: **adubação do sistema (8 M ha) com lastro na soja**

Exportação (kg ha ⁻¹):	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Safrinha típica (80 sc ha ⁻¹):	75	34	21
Safrinha “boa” (130 sc ha ⁻¹):	122	55	34

→ **≠ 60%
devido
à chuva**

Difícil previsibilidade ←

Exportação (kg ha ⁻¹):	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Safrinha típica (80 sc ha ⁻¹):	75	34	21
Safrinha “boa” (130 sc ha ⁻¹):	122	55	34

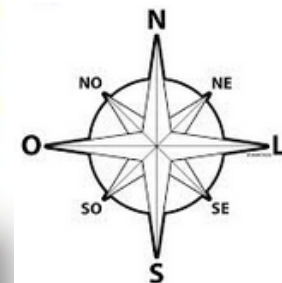
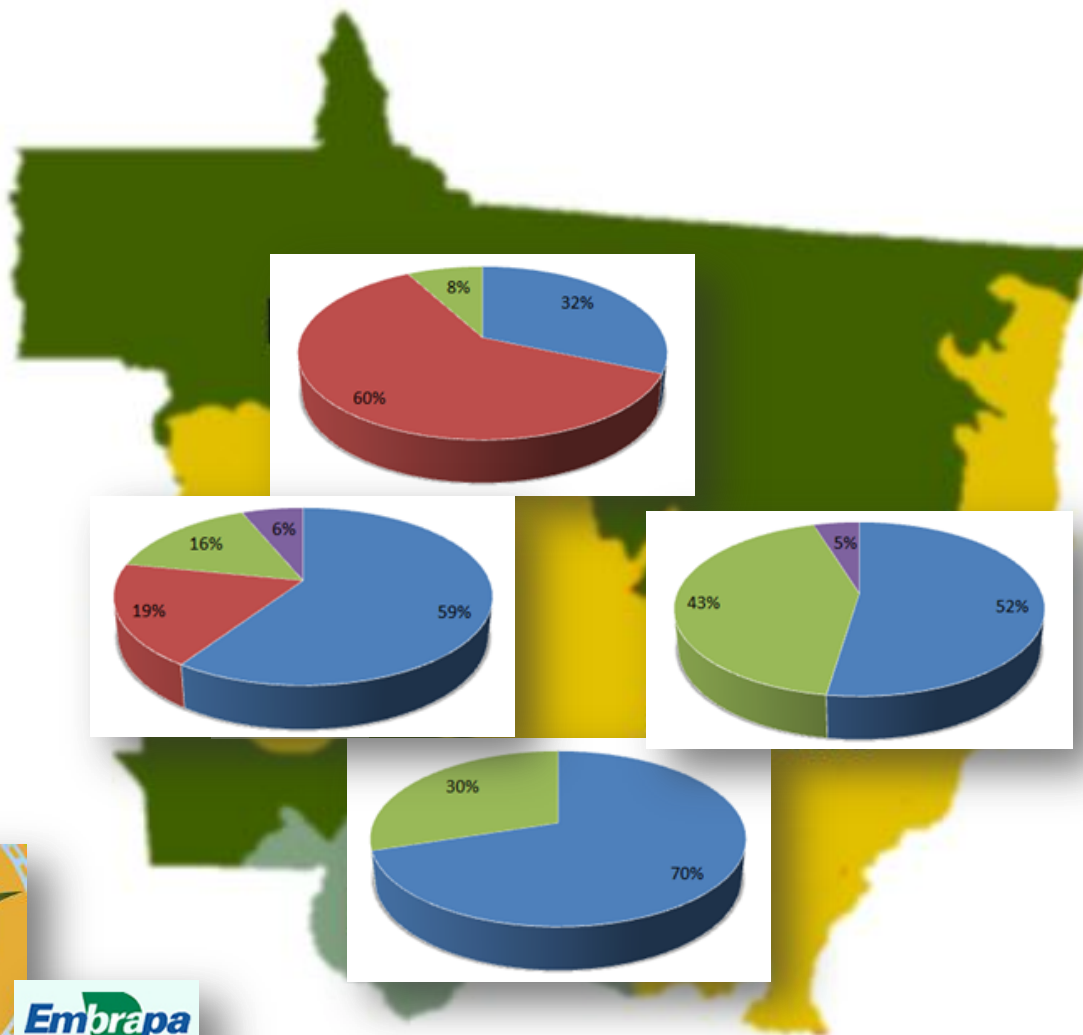
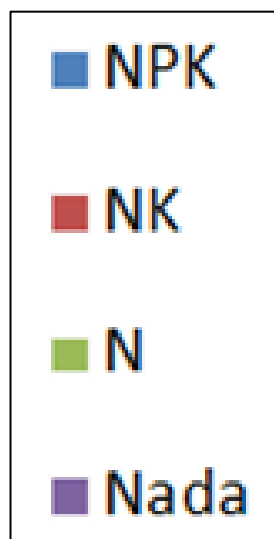
Adubação de safra/safrinha??

Adubação de sistema??

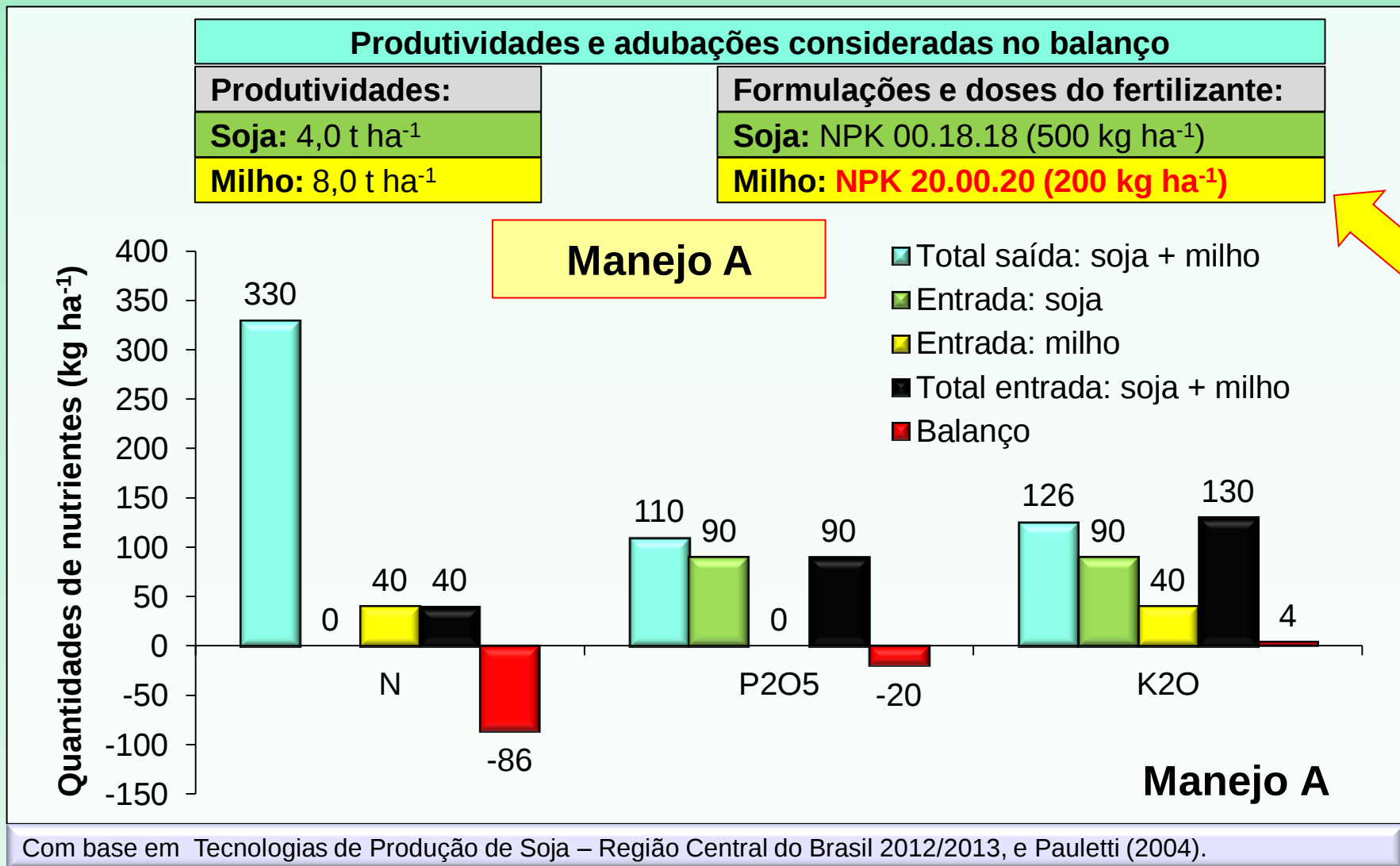


Milho safrinha com diferentes potenciais produtivos. Lucas do Rio Verde - MT

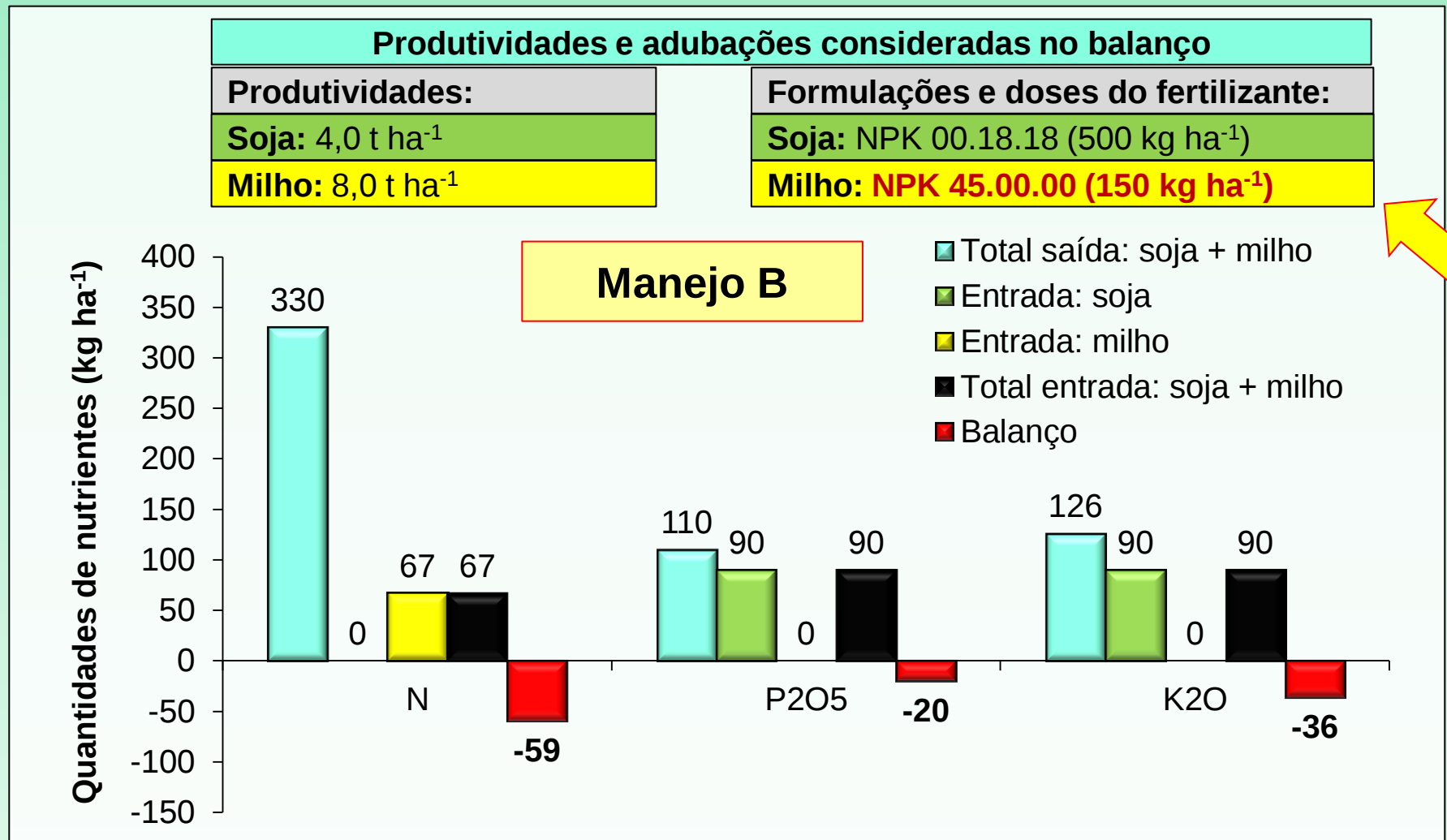
Adubação do milho no Mato Grosso (n=121)



Balanço: tendência de adubações deficitárias (MT)



Balanço: tendência de adubações deficitárias (MT)



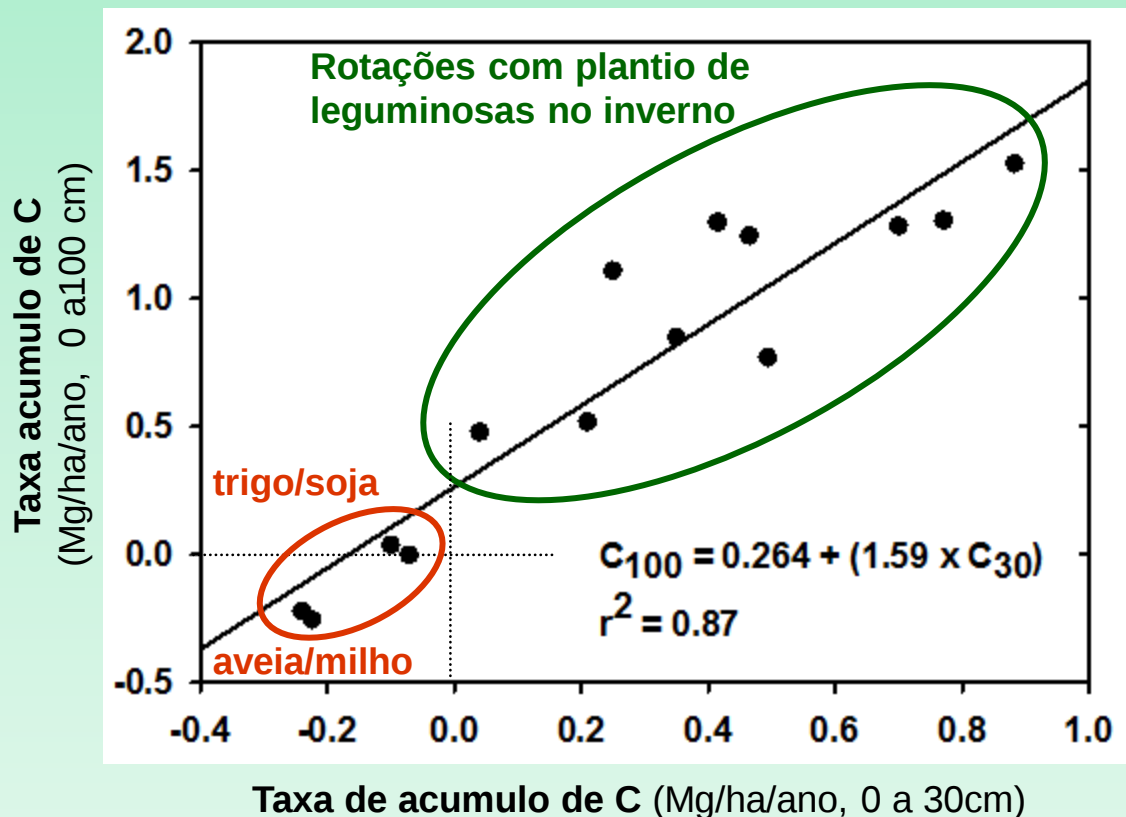
Com base em Tecnologias de Produção de Soja – Região Central do Brasil 2012/2013, e Pauletti (2004).

Balanço de N em culturas de grãos no Brasil – Safra 2012/2013

Cultura	Área (M ha)	Produção (M t)	N exportado (1000 t)	Adubação com N (1000 t)	N da FBN (1000 t)	Ingresso total de N (1000 t)	Balanço de N (1000 t)
Soja	27,7	81,3	4.812	155	4.812	4.967	+ 155
Milho	15,8	78,5	1.240	549	124	673	- 567
Feijão	3,0	2,8	99	42	30	72	- 27
Arroz	2,4	11,9	149	82	15	97	- 52
Trigo	1,9	4,4	88	54	9	63	- 25
Sorgo	0,8	2,1	32	18	3	21	- 12
Total	51,7	181,0	6.420	901	4.993	5.893	- 527

Saldo médio: 5,6 kg ha⁻¹ de N

Acúmulo de C em profundidade no SPD (14 casos em experimentos de longa duração)



* Saldo N na soja = 10 kg/ha,
produtividade 3,2 t/ha
(Alves et al., 2006)

Resposta da soja ao incremento de N no sistema

Produtividade da soja em sucessão, conforme dose de N no trigo.

N no trigo	Safrá 2012/13		Safrá 2013/14	
	MS Trigo	Grãos Soja	MS Trigo	Grãos Soja
----- kg ha ⁻¹ -----				
0	7071 b	2765 b	7658 ns	1816 b
40	7062 b	2763 b	7661	1814 b
80	8545 a	3058 a	7772	1983 b
120	8476 a	2996 a	7465	2178 a

Fonte: Adaptado de Foloni et al. (2014)

Resposta da soja ao incremento de N no sistema

Produtividade da soja em sucessão, conforme dose de N no trigo.

N no trigo	Safr a 2012/13		Safr a 2013/14	
	MS Trigo	Grãos Soja	MS Trigo	Grãos Soja
----- kg ha ⁻¹ -----				
0	7071 b	2765 b	7658 ns	1816 b
40	7062 b	2763 b	7661	1814 b
80	8545 a	3058 a	7772	1983 b
120	8476 a	2996 a	7465	2178 a

Fonte: Adaptado de Foloni et al. (2014)

- * Ausência de resposta à adubação nitrogenada na soja (Embrapa, 2013)
- * Resposta da soja ao N aplicado no sistema (no milho ou trigo)
- * Saldo de N é baixo (ou até negativo) com cultivo de soja (Alves et al., 2006)
- * N é necessário à manutenção/aumento da MOS (Urquiaga et al., 2014)

Constatações frequentes:

- ✓ **Centro-Sul: solos com fertilidade construída (P e K acima dos níveis críticos) e tamponamento pelo SPD**
- ✓ **Intensificação dos cultivos e produtividades crescentes**
- ✓ **Produtores aplicando quantidades fixas de N, P e K (“fórmulas ou receitas regionais padrão”)**
 - Aplicações superdimensionadas ou deficitárias, conforme o nutriente
 - Suprimento de nutrientes desproporcional em relação à demanda das culturas
 - Desequilíbrios nutricionais

Oportunidade:

- ✓ Aprimoramento do diagnóstico do estado de fertilidade nos ambientes de produção e ajuste de critérios para o manejo da adubação
- ✓ Dados de extração e exportação precisam ser atualizados, considerando o âmbito regional ou local
- ✓ Necessidade de monitoramento da dinâmica de nutrientes (fluxos) nos ambientes de produção



Atualização de dados de exportação

Mudanças nos padrões de exportação de nutrientes

Quantidades de nutrientes exportadas pela **cultura da soja** para cada tonelada de grãos produzida.

Exportação			Observações	Referência
N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
..... kg/t grãos				
55 a 65	11,5 a 18,3	20,4 a 22,8	Faixas de valores levantados na literatura brasileira.	Sousa & Lobato (2004)
51	10	20	Valores médios para o Brasil.	Embrapa (2008)
-	7,3	21,6	Médias de 1008 amostras de grãos analisadas na Embrapa Soja.	Oliveira Júnior et al. (2010)

Atualização de dados de exportação

Mudanças nos padrões de exportação de nutrientes

Absorção e exportação de nutrientes por cultivar de **soja TCI**

Parte da planta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	----- kg t ⁻¹ de grãos -----		
Grãos	65 (51)*	13 (10)	24 (20)
Restos culturais	17 (32)	3,4 (5,4)	17 (18)
Total	82 (83)	17 (15)	41 (38)

* Dados entre parêntesis = referência anterior para a soja no Brasil

Fonte: Adaptado de Embrapa (2013) e Oliveira Junior et al. (2014)

Atualização de dados de exportação

Mudanças nos padrões de exportação de nutrientes

Exportação de nutrientes pelo milho conforme a fonte de consulta

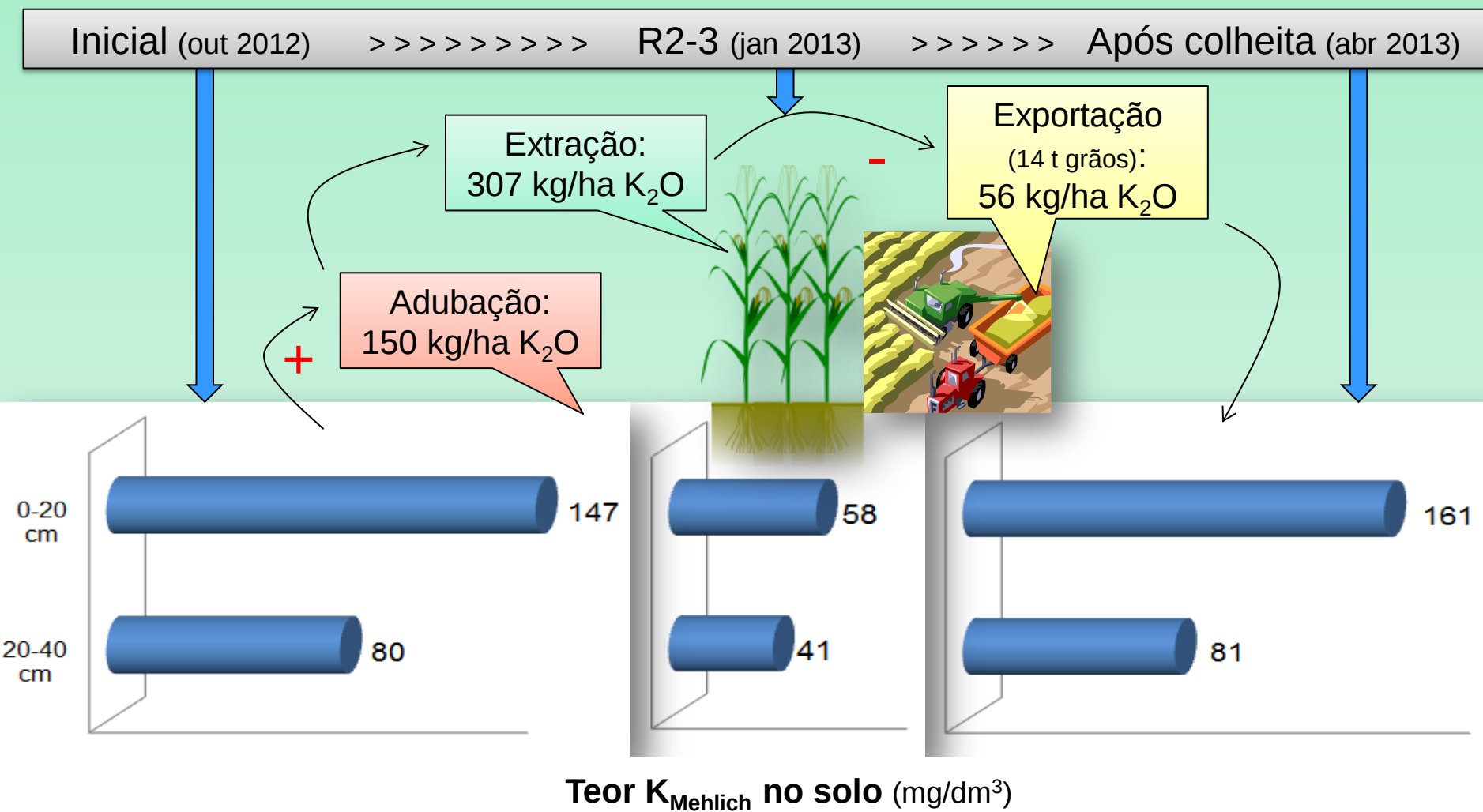
Exportação			Observações	Referência
N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
..... kg/t grãos.....				
17,0 a 23,0	9,2 a 13,7	4,8 a 8,4	Faixas de valores levantados na literatura brasileira.	Sousa & Lobato (2004)
15,0	5,5	8,4	Valores médios para o Brasil.	Fancelli & Tsumanuma (2007)
-	6,2	3,8	Médias de 679 amostras de grãos analisadas na Embrapa Soja.	Oliveira Junior et al. (2010)
15,7	7,1	4,4	Valores médios em trabalhos brasileiros publicados a partir de 1995.	Resende et al. (2012)

Demanda de nutrientes pelo milho conforme a “intensidade” de produção

(Estimativas a partir de dados médios de exportação de várias cultivares, com investimento tecnológico médio a alto)

Sistema de cultivo		Exportação		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		 kg/ha		
	2ª safra (8 t/ha grãos)	112	37	32
	Safra verão (14 t/ha grãos)	196	64	56
	Silagem (15 t/ha massa seca planta, 13 t/ha grãos)	268	65	205

Absorção de K em milho é muito intensa (média de 4 cultivares).
Adubação não deve repor apenas o que é exportado.



Absorção de K em milho é muito intensa (média de 4 cultivares).
Adubação nem sempre deve repor apenas o que é exportado.

Dinâmica de K no solo e planta em dois ambientes de investimento tecnológico

Investimento tecnológico / produtividade	K solo inicial (0-20 cm)	Adubação K ₂ O	K solo R2-3 (0-20 cm)	Extração K em R6	Acúmulo K colmo	Acúmulo relativo colmo	Massa seca colmo	K solo após colheita (0-20 cm)	* Plantas acamadas
	mg/dm ³	kg/ha	mg/dm ³	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	mg/dm ³	plantas ha ⁻¹
Médio (12 t/ha)	109	42	36	114	43	37	6634	93	1563
Alto (14 t/ha)	147	150	58	220	107	49	8863	161	104

* Média de 10 genótipos

Dimensionamento baseado em informação:

. Disponibilidade dos nutrientes no solo



. Créditos de ciclagem no sistema (N)



. Quantidades extraídas e exportadas pelas culturas



. Expectativa de produtividade a cada safra



. Eficiência de aproveitamento dos fertilizantes

Sugestão de adubação para milho grão em solos de fertilidade construída no Brasil Central (1ª aproximação)

Produtividade esperada	Plantio			Cobertura	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	K ₂ O
t/ha	kg/ha				
8	30	80	50	60	30
10	40	100	50	110	60
12	40	120	50	170	90
14	40	140	50	230	120

Adubação a lanço: Manejo sustentável em longo prazo para o fósforo?



Adubação antecipada
← a lanço/superfície

DESAFIO:
Conciliar rendimento operacional e
eficiência agrônômica/ambiental

Ganho operacional nas
janelas de semeadura →

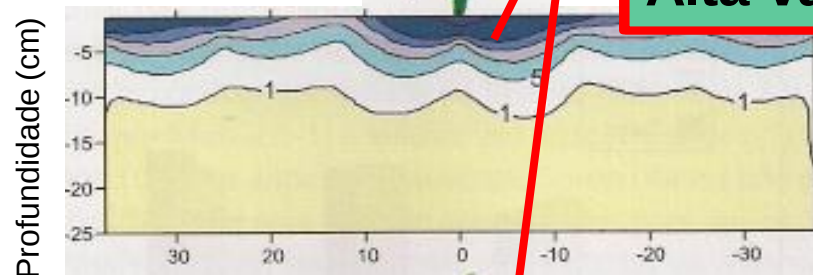


Distribuição de P no perfil conforme o modo de aplicação

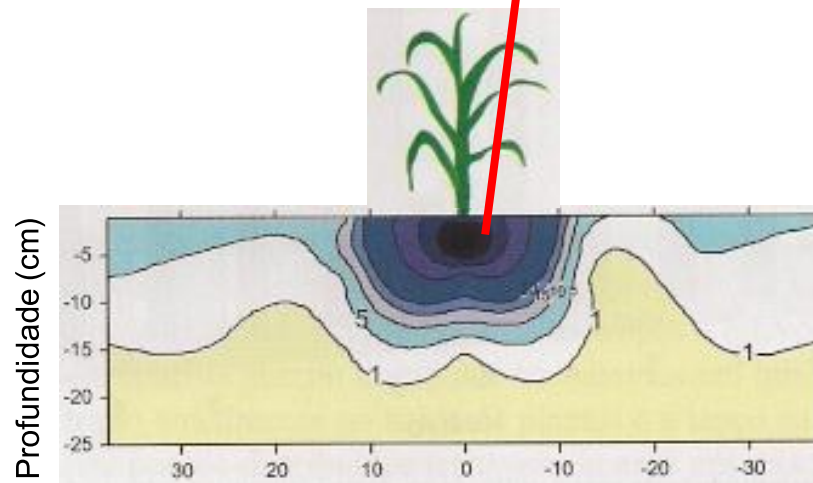
Latossolo argiloso - DF
(8 anos)

Baixa mobilidade
Forte efeito residual
Alta variabilidade espacial

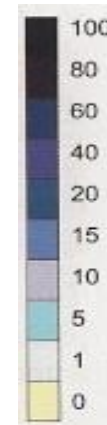
Lanço



Sulco



Teores de P Mehlich (mg/dm³)



Distância em relação à linha de plantio (cm)

Fonte: Santos (2009) adaptado por Sousa et al. (2010)

Manejo sustentável em longo prazo para o fósforo?

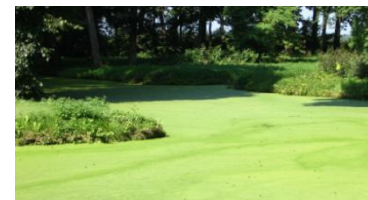
Impactos da aplicação de P a lanço

**Maior risco de eutrofização e
inconformidade ambiental**

- . Áreas com declive
- . Pouca palhada
- . Remoção de terraços



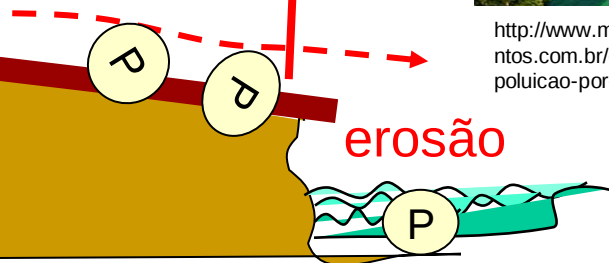
<http://www.ebah.com.br/content/A BAAABEKwAE/poluicao-hidrica-causas-consequencias>



<http://figmento.blogspot.com.br/2006/05/eutrofizacao.html>



<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/5978-poluicao-por-nutrientes/>



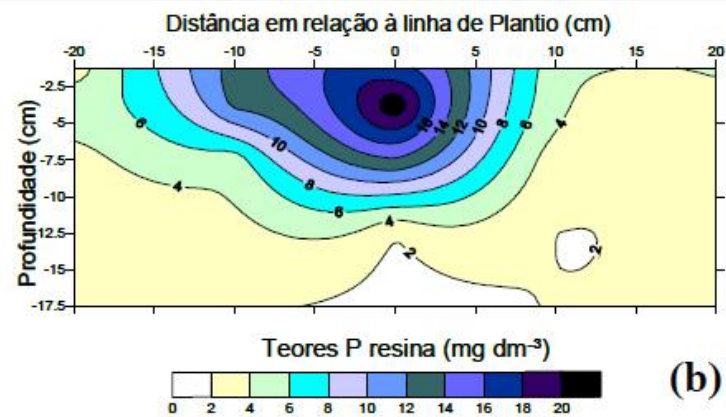
Impactos da forma de adubação com P no potencial produtivo

Crescimento de raízes de soja (a), teores de P (b) e de matéria orgânica (c) em SPD com adubação fosfatada no sulco (6 anos)

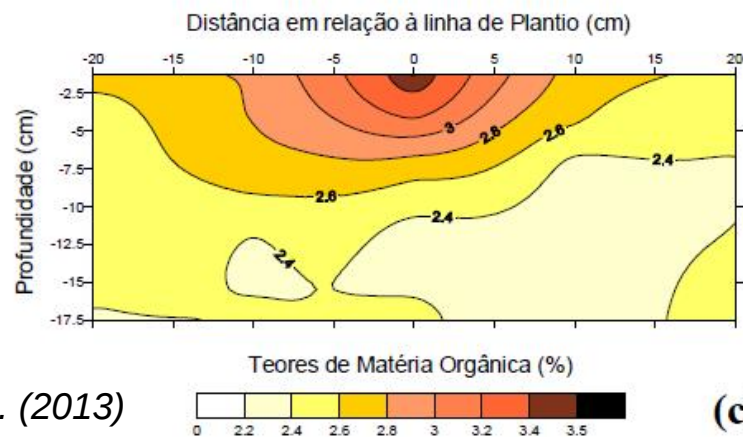
P direciona e modula o crescimento de raízes. Aplicação no sulco induz maior crescimento radicular e aporte de matéria orgânica em profundidade.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Sousa et al. (2013)

Arranque inicial: adubação no sulco (MAP)



Corretiva
+
P sulco

Corretiva
+
P lanço

Solo de Rio Verde – GO

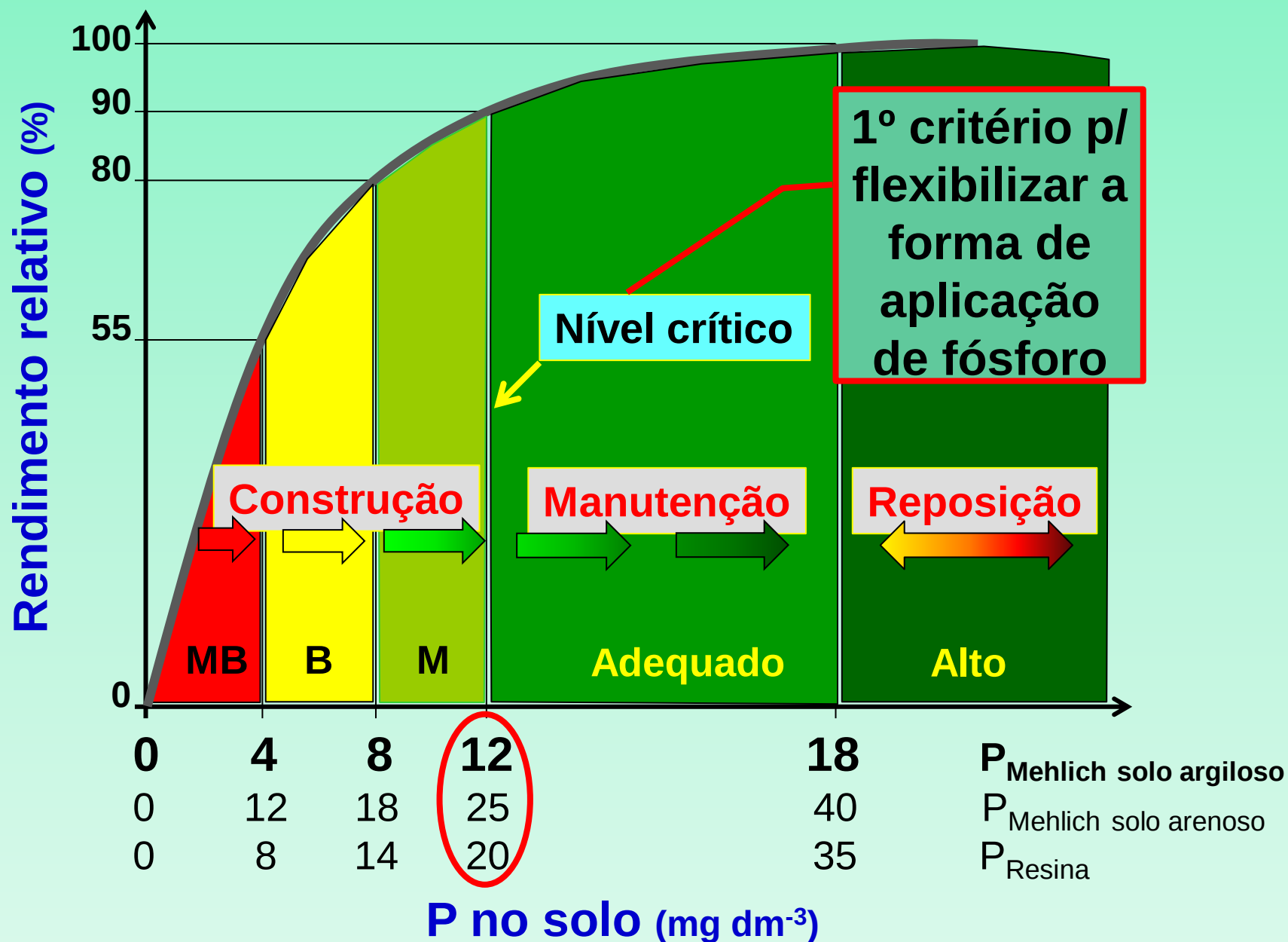
- ✓ 23% de argila
- ✓ Corretiva: 75 mg kg⁻¹ de P
- ✓ Manutenção: 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅



Controle Corretiva Corretiva Corretiva
+ +
P lanço P sulco

Fonte: Embrapa Milho e Sorgo (não publicado)

Manejo de nutrientes em sistemas intensivos



Antes da adubação a lanço: ajustar nível crítico no perfil conforme capacidade tampão (0-20 cm)

Teor de argila	Nível crítico sequeiro*		Capacidade tampão de fosfato (CT)**	
	Mehlich 1	Resina	Mehlich 1	Resina
%	 mg/dm ³		(kg/ha de P ₂ O ₅) / (mg/dm ³ de P no solo)	
≤ 15	18	15	5	6
16 - 35	15	15	9	9
35 - 60	8	15	30	14
> 60	4	15	70	19

* Para sistema irrigado, multiplicar por 1,4

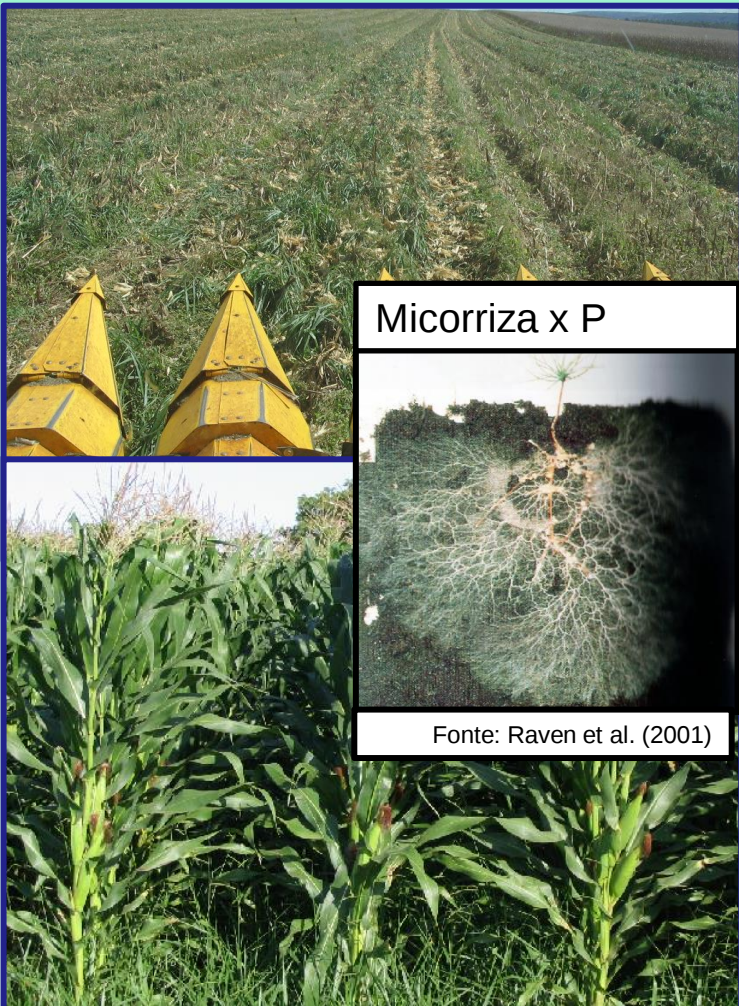
** Dose de P₂O₅ solúvel para elevar o teor de P no solo em 1 mg/dm³ (0-20 cm)

Construção da fertilidade:

$$\text{Dose P (kg/ha de P}_2\text{O}_5) = (\text{Nível crítico} - \text{Teor atual}) \times \text{CT}$$

Intensificação vegetativa – efeitos de fisiologia, arquitetura de raiz e microbiota associada:

Criação de um estoque de “nutrientes circulantes”



Braquiária e milho: sistema radicular robusto.



Eficiente aproveitamento e mobilização de nutrientes no perfil.



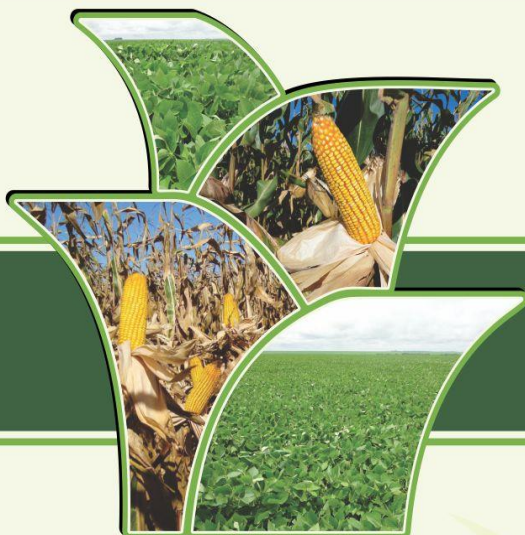
Manejo de nutrientes em sistemas intensivos



Cada ambiente de produção responde de forma diferenciada

- ✓ Cultivos de alta intensidade pressupõem solo de fertilidade construída.
- ✓ Meta: garantir disponibilidade de nutrientes no perfil do solo sempre acima de limites mínimos, definidos para cada ambiente.
- ✓ Manejo de N, P e K deve oscilar entre adubação de manutenção (baseada na extração) e adubação de reposição (baseada na exportação), para condições de disponibilidade adequada ($>$ nível crítico) e alta (2x nível crítico) no sistema, respectivamente.
- ✓ Sistemas intensivos são mais **sensíveis ao fornecimento de N e K** (risco de esgotamento) e **mais flexíveis quanto ao P** (tamponamento solo e menor demanda vegetal).

- ✓ O **somatório dos requerimentos individuais** de nutrientes pelas culturas **deve ser garantido nas adubações**, a fim manter a estabilidade e o potencial produtivo do sistema.
- ✓ **Safras “cheias” implicam na redução dos estoques de nutrientes**, por isso o histórico de produtividade é sempre importante no manejo futuro.
- ✓ **Não existe um “passo a passo”** organizado e com ponderações para nortear técnicos e produtores na busca de maior eficiência de manejo de nutrientes em solos de fertilidade construída.
- ✓ O **avanço nesse sentido deverá ocorrer em âmbito local** e dependerá de profissionais capazes de **integrar informações monitoradas frequentemente** (histórico de fertilidade do solo, produtividade, ciclagem).



VIII Simpósio Regional • IPNI Brasil

BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

Vilhena - RO • 26 e 27/MAIO/2015

OBRIGADO!

Álvaro Resende

alvaro.resende@embrapa.br

