

*I Simpósio Paulista Sobre Nutrição de Plantas
Jaboticabal - SP, 15 a 17 de Abril de 2008*

DIAGNOSE FOLIAR EM MILHO E SORGO



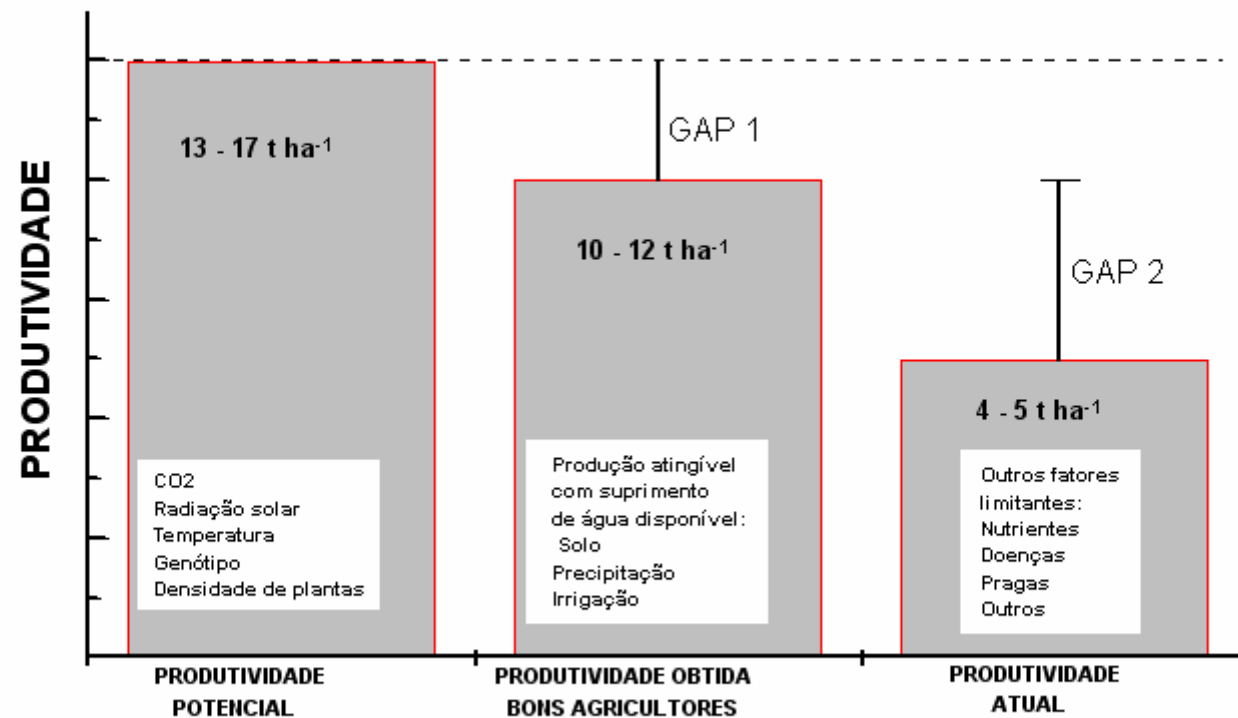
**ANTÔNIO MARCOS
COELHO**

The Embrapa logo, consisting of the word "Embrapa" in blue with a green leaf-like shape behind the "r".

Milho e Sorgo



ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA ALTA PRODUTIVIDADE



FATORES TECNOLÓGICOS QUE AFETAM O POTENCIAL DE PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS:



PLANEJAMENTO E ADMINISTRAÇÃO

Sistema Plantio Direto

Conceito atual: adubação dos sistemas de produção

SOJA



MILHO



ARROZ



TRIGO



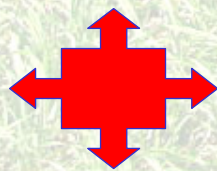
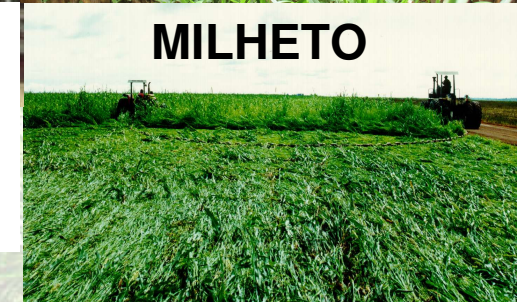
SORGO



**MILHO +
BRAQUIÁRIA**

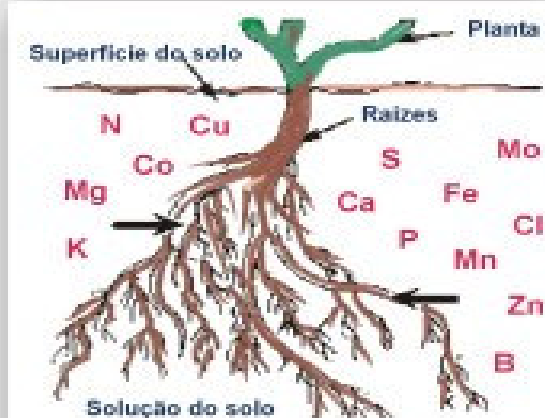


MILHETO



- EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS
- EXPORTAÇÃO
- RECICLAGEM

TECNOLOGIAS EFICIENTES



Feeding the crops....

.....that feed people

Aumentar a eficiência de uso de nutrientes dos solos e fertilizantes para **altas produtividades** de milho e sorgo através de:

- Melhorar a predição da capacidade dos solos em suprir nutrientes;
- Fontes de fertilizantes mais eficientes;
- Estratégias de manejo mais eficientes;
- Genótipos mais eficientes na absorção e utilização dos nutrientes.

NÍVEIS DE FERTILIDADE DOS SOLOS

Resultados analíticos de solo											
M.O. Mat.Org.	pH pH	P Fósforo	K Potássio	Ca Cálcio	Mg Magnésio	S.B. Soma Bases	H+Al Ac. Potencial	CTC Cap. Troca. Cat.	V Sat. Bases	B Boro	Cu Cobre
g/dm ³		mg/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	%	mg/dm ³	mg/dm ³
23	5,5	30	3,4	12	23	38,4	29	67,4	57	0,19	0,5

CLASSES INTERPRETAÇÃO	FONTES RELATIVAS DE NUTRIENTES EM DIFERENTES NÍVEIS DE FERTILIDADE DOS SOLOS		NÍVEL DE SUFICIÊNCIA
MUITO ALTA	SOLO		100%
ALTA	SOLO	FERT*	90 - 100 %
MÉDIA	SOLO	FERTILIZANTE	70 - 90 %
BAIXA	SOLO	FERT	50 - 70 %
MUITO BAIXA	SOLO	FERT	< 50 %
	NUTRIENTES DISPONÍVEIS NO SOLO	NECESSIDADE DE ADUBAÇÃO	

Adubação Manutenção
Adubação Correção + Manutenção

*Solos com níveis de fertilidade nas classes alta e muito alta: adubação de manutenção

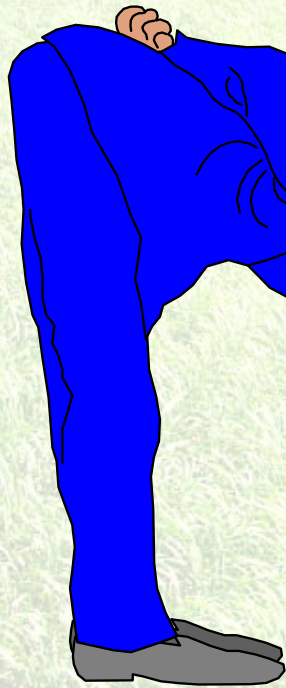
DESAFIO - MELHORAR A PREDIÇÃO DA CAPACIDADE DOS SOLOS EM SUPRIR NUTRIENTES

MONITORAMENTO NUTRICIONAL

- **O monitoramento do nível de suficiência nutricional através da diagnose foliar (visual, análises químicas das folhas e sensores) constituí-se em uma ferramenta auxiliar para o uso eficiente dos fertilizantes.**



DIAGNOSE VISUAL





PRECISÃO NA AGRICULTURA ?

Estabelecimento da cultura



Qualidade de sementes



Tratamento de sementes



Regulagem de máquinas



Distribuição fertilizantes



Excesso ou falta de plantas

Plantas Dominadas





**Aplicação de 35 kg N/ha
em cobertura.**

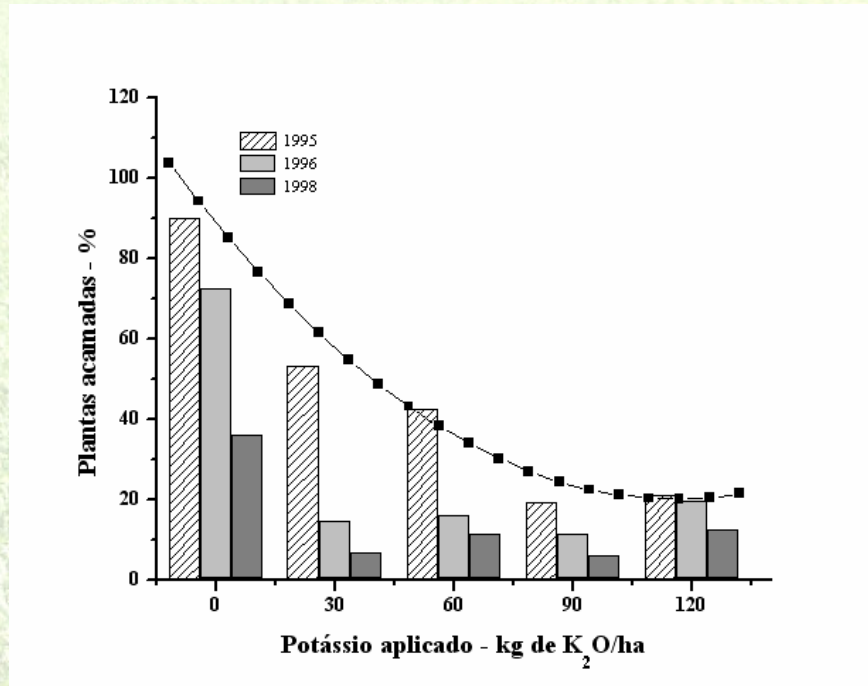
Cultura de milho em plantio direto, com acentuada deficiência de nitrogênio. Ituiutaba, MG.



DEFICIÊNCIA DE POTÁSSIO



MANEJO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA SORGO FORRAGEIRO

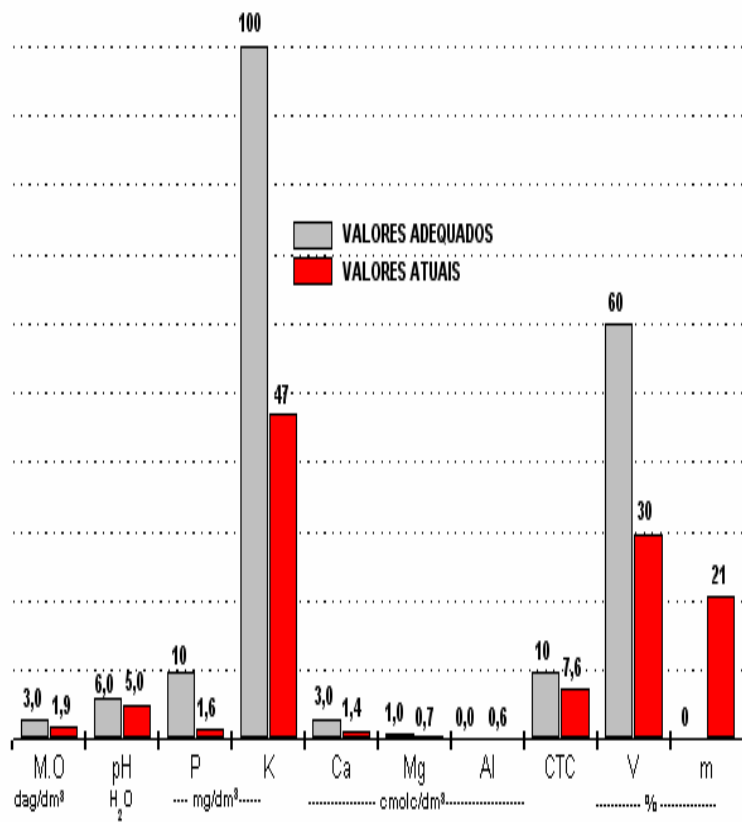


Efeito de doses de potássio sobre o acamamento do sorgo forrageiro

Fonte: Coelho (2005)



Área de pastagem degradada: Cascavel -PR



Tibagi, PR: Deficiência de Zinco ???



TRATAMENTO DE SEMENTES



DIAGNOSE FOLIAR

Análises químicas



PARTE AMOSTRADA

- **A parte amostrada deve ser representativa da planta toda e o órgão preferencialmente escolhido é a folha pois a mesma é a sede do metabolismo e reflete bem as mudanças na nutrição**

MILHO: Época de amostragem?



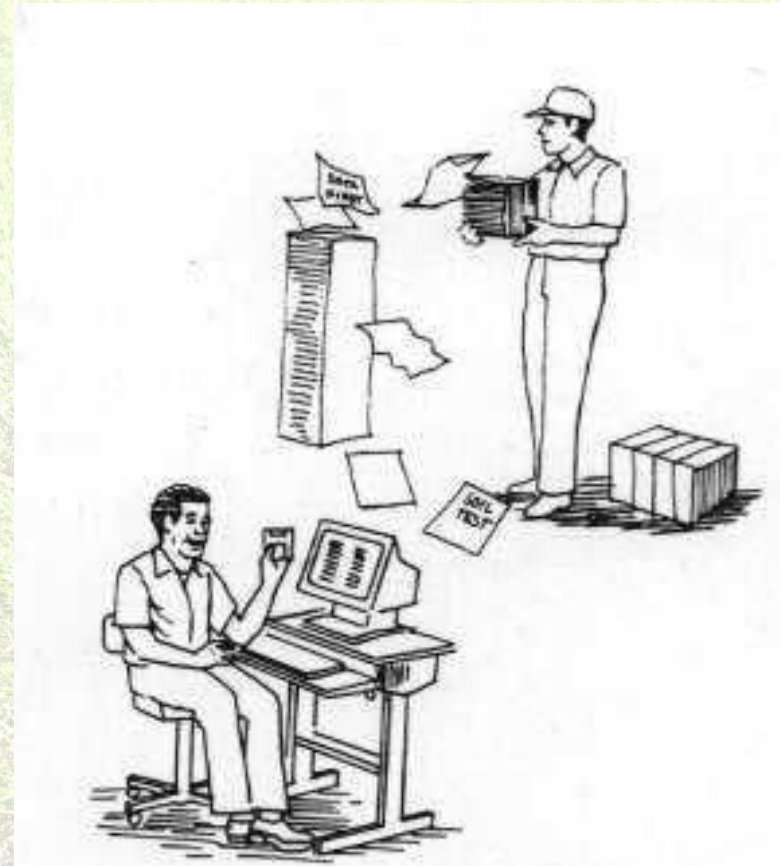
SORGO - época de amostragem

- E
- (t
- C
- p
- d



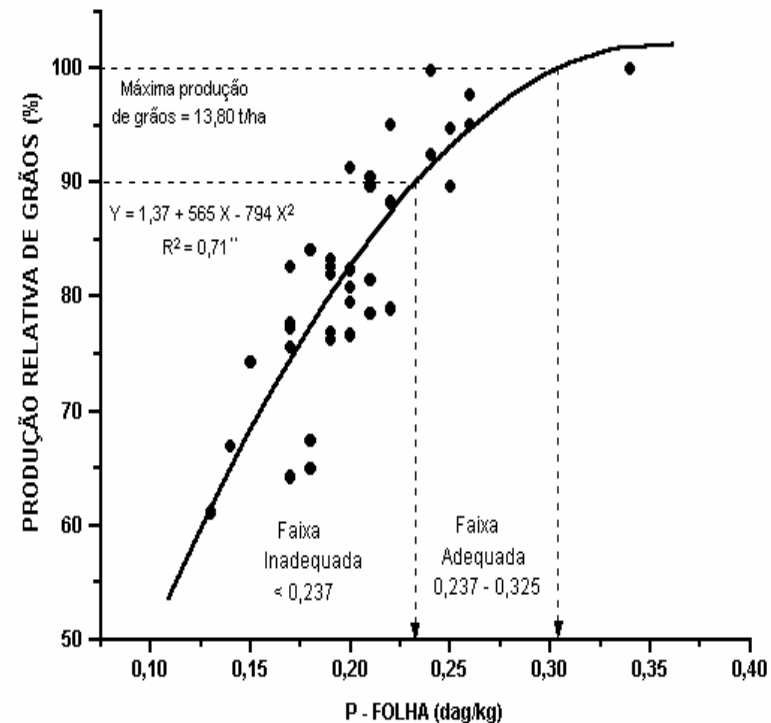
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS - critérios

- **Nível crítico**
- **Faixa de suficiência**
- **DRIS**



INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- **Nível crítico - teor na folha - redução produção de 10 %**
- **Faixa de suficiência - teor observado na amostra em teste é comparado com faixas de teores: insuficientes, adequados ou tóxicas**



Valores de referência para interpretação dos resultados de análises foliares para as culturas de milho e sorgo.

Macro	Teores (dag/kg)		Micro	Teores (mg/kg)	
	Milho	Sorgo		Milho	Sorgo
Nitrogênio	2,75-3,25	2,31-2,90	Boro	4-20	-
Enxofre	0,10-0,20	0,16-0,60	Cobre	6-20	10-30
Fósforo	0,25-0,35	0,44	Ferro	20-250	68-84
Potássio	1,75-2,25	1,30-3,00	Manganês	20-150	34-72
Cálcio	0,25-0,40	0,21-0,86	Molibdênio	0,20	-
Magnésio	0,25-0,40	0,26-0,38	Zinco	20-70	12-22

Fonte: modificada de Martinez et al., (1999).

Resultados das análises foliares e respectivas faixas de suficiência de macro e micronutrientes em milho

Nutrientes	Doses do produto Master (Kg/ha)				Faixa de suficiência (Bull 1993)
	1,0	1,5	2,0	0,0	
N (g/kg)	37,79	38,24	37,13	36,44	27,50 - 32,50
P (g/kg)	2,83	3,03	3,01	3,31	1,90 - 3,50
K (g/kg)	28,55	30,41	27,10	23,48	17,50 - 29,70
S (g/kg)	3,15	2,60	2,26	2,22	1,50 - 2,10
B (mg/kg)	15,66	15,88	18,07	11,66	15,00 - 20,00
Cu (mg/kg)	12,90	12,91	11,87	12,89	6,00 - 20,00
Fe (mg/kg)	100	98	97	104	50 - 250
Mn (mg/kg)	58	61	49	48	42 - 250
Zn (mg/kg)	27,78	27,80	26,72	33,72	15 - 50

Master: Zn = 20 %, Mn = 3,0 %, B = 2,0 %, Fe = 1,0 %, Cu = 0,1 %, Mg = 1,0 %.

Fonte: Coelho & Amélio Filho (2006).

Análise de solo: Boro = 0,20 a 0,30 mg/dm³

Rendimento de milho (massa seca de plantas, espigas e total) visando a produção de forragem.

Tratamentos (produtos)	Doses	Massa seca plantas (t/ha)	Massa seca espigas (t/ha)	Massa seca total (t/ha)
1-Master	1,0 kg/ha	9,38a ^{1/}	10,38a	19,75a
2-Master	1,5 kg/ha	9,52a	9,98a	19,50a
3-Master	2,0 kg/ha	10,06a	9,78a	19,84a
6-Controle	*****	9,05a	6,49b	15,54b
Média		9,68	8,67	18,36
CV (%)		10,67	9,79	7,39

^{1/}Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5 % Fonte: Coelho & Amélio Filho (2006).

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

- **DRIS**
- *É um sistema que utiliza o princípio das relações entre nutrientes para determinar a ordem em que eles são mais limitantes.*

KOP		DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL					KOP	
POAFOS		DRIS para MILHO					POAFOS	
Versão Beta 1.1 - Experimental								
Nome: Rogério								
Variedade: 0			Propriedade: Emater			Tamanho: amostra 01		
Produtividade: ND Kg/ha			Laboratório: 0			Análise No. 0		
Data: 10-out-06								
RESULTADOS EM GRAMAS POR QUILOGRAMA (g/kg)								
Nutrientes:	N	P	K	Ca	Mg	S		
Teor Foliar	23,0	2,4	15,5	5,8	3,5	1,70		
Classificação	Deficiente	Deficiente	Deficiente	ADEQUADO	ADEQUADO	Deficiente		
Índice DRIS	-13	-7	-10	2	10	-15		
Classificação	Def Provável	ADEQUADO	Def Provável	ADEQUADO	Provável Exc.	Deficiente		
RESULTADOS EM PARTES POR MILHÃO ppm ou mg/kg								
Nutrientes:	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo		
Teor Foliar:	17,0	13,0	136,0	89,0	28,0	ND		
Classificação	ADEQUADO	ADEQUADO	ADEQUADO	ADEQUADO	Deficiente	nd		
Índice DRIS	20	5	-2	11	-1	nd		
Classificação	Excesso	ADEQUADO	ADEQUADO	Provável Exc.	ADEQUADO	nd		
Índice de Balanço Nutricional:				95,0		nd - inexistente ou não realizada		
Índice de Balanço Nutricional médio:				8,6		Ex - excluída da célula da DRIS		

Relações médias das concentrações de N, P e K em amostras de folhas de milho coletadas na região do noroeste do Rio Grande do Sul e do padrão internacional.

Parâmetros	Noroeste do RS ^{2/}			Padrão Internacional ^{3/}		
	Amostras (n.º)	Relação média	Desvio padrão	Amostras (n.º)	Relação média	Desvio padrão
N/P ^{1/}	77	9,936	2,320	1.909	9,035	2,136
N/K	77	1,232	0,368	1.908	1,463	0,426
P/K	77	0,122	0,032	1.909	0,169	0,054

^{1/}Teores de nutrientes expressos em g kg⁻¹. ^{2/}Valores obtidos para produtividades de grãos de 8.7 t ha⁻¹. ^{3/}Valores obtidos para produtividades de grãos acima de 10 t ha⁻¹. Fonte: modificada de Acosta et al., (2002) e Elwali et al., (1985).

Diagnose do balanço nutricional do milho, destinado a produção de espigas verdes, com base nos dados das análises foliar e dos índices DRIS.

Talhão	Adubação ^{1/}		Análise foliar			Índice DRIS ^{2/}			Produção
	N	K ₂ O	N	P	K	N	P	K	Espigas
	----kg ha ⁻¹ ----		----- g kg ⁻¹ -----						---- t ha ⁻¹ ----
1A	90	60	30,8	3,8	12,9	0	+14	-22	11,35
1B	90	60	31,5	3,5	11,4	0	+13	-28	11,33
2B	90	60	32,7	3,7	15,7	0	+7	-13	10,52
6A	150	100	33,2	3,6	20,0	0	0	0	16,80
6B	150	100	35,1	3,6	20,0	0	0	0	17,05
7B	150	100	34,7	3,6	18,6	0	0	0	16,77

^{1/}Doses de N e K₂O aplicadas em cobertura. Na adubação de semeadura foram aplicados: 30, 95 e 50 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. ^{2/}Índice positivo indica excesso, índice negativo indica deficiência e índice igual ou próximo de zero indica equilíbrio nutricional da planta. Fonte: Coelho, (2005).

Interpretação dos resultados de análises foliar para o milho com base nos critérios da faixa de suficiência (F.S.) e DRIS.

Teor - Critério	Macronutrientes (g/kg)					
	N	P	K	S	Ca	Mg
Teor médio	26,7	2,2	17,8	1,6	5,2	3,6
Interp. F. S. ^{1/}	Def.	Ad.	Ad.	Ad.	Alto	Ad.
Índice DRIS	-1,04	-5,7	-2,3	-11,0	2,4	13,9
Interp. DRIS ^{2/}	Eq.	Eq.	Eq.	Pd.	Eq.	Exc.

Teor - Critério	Micronutrientes (mg/kg)				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Teor médio	8,0	9,0	136,0	89,0	16,0
Interp. F. S.	Def.	Ad.	Ad.	Ad.	Ad.
Índice DRIS	1,8	-0,7	2,0	12,7	-12,3
Interp. DRIS	Eq.	Eq.	Eq.	Exc.	Def.

^{1/}; ^{2/}Def. = deficiente; Ad. = adequado; Eq. = equilibrado; Pd. = provável deficiência; Exc. = excesso. Fonte: modificada de Cunha, (2002).

USO DE SENSORES

- ***Explorar as características espectrais dos pigmentos foliares (clorofila) para utilizar as plantas como indicadores da disponibilidade de nutrientes (medidores de clorofila, reflectância da cultura)***





APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO



ANÁLISE DE SOLO

Resultados analíticos de solo

Resultados analíticos de solo											
M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	S.B.	H+Al	CTC	V	B	Cu

N - INDICADORES DE DISPONIBILIDADE

Fe	Mn	Zn	K/CTC	Mg/CTC							
Ferro	Manganês	Zinco	K na CTC	Mg na CTC							
mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³									
23	1,2	0,4	⇒ MATÉRIA ORGÂNICA								

Métodos de extração: M.O.: S. Sulfurosa; pH: Sol.CaCl₂; P, K, Ca, Mg: Resina; H+Al: Tampão SMP; B: Água Quente; Cu, Fe, Mn, Zn: DTPA-TEA.

Cultura	⇒ N - MINERAL (NO ₃ + NH ₄)
Milho (Plantio)	9,9 x 0,2 m 8 a 10 t/ha média

t/ha = tonelada(s) por hectare

Recomendação de adubação e calagem					
Calcário	N	P2O5	⇒ USO DE SENSORES		
t/ha	kg/ha	kg/ha			
1	120	60	40	4	

Calcário com PRNT 100%

Balanço nutricional											
N (kg/ha)			P2O5 (kg/ha)			K2O (kg/ha)			S (kg/ha)		
Adubação	Exportação	Balanço	Adubação	Exportação	Balanço	Adubação	Exportação	Balanço	Adubação	Exportação	Balanço
120	150	-30	60	82	-22	40	54	-14	40	11	+29

DESAFIO - MELHORAR A PREDIÇÃO DA CAPACIDADE DOS SOLOS EM SUPRIR NITROGÊNIO

EQUIPAMENTOS

Sensor - N



SPAD 502

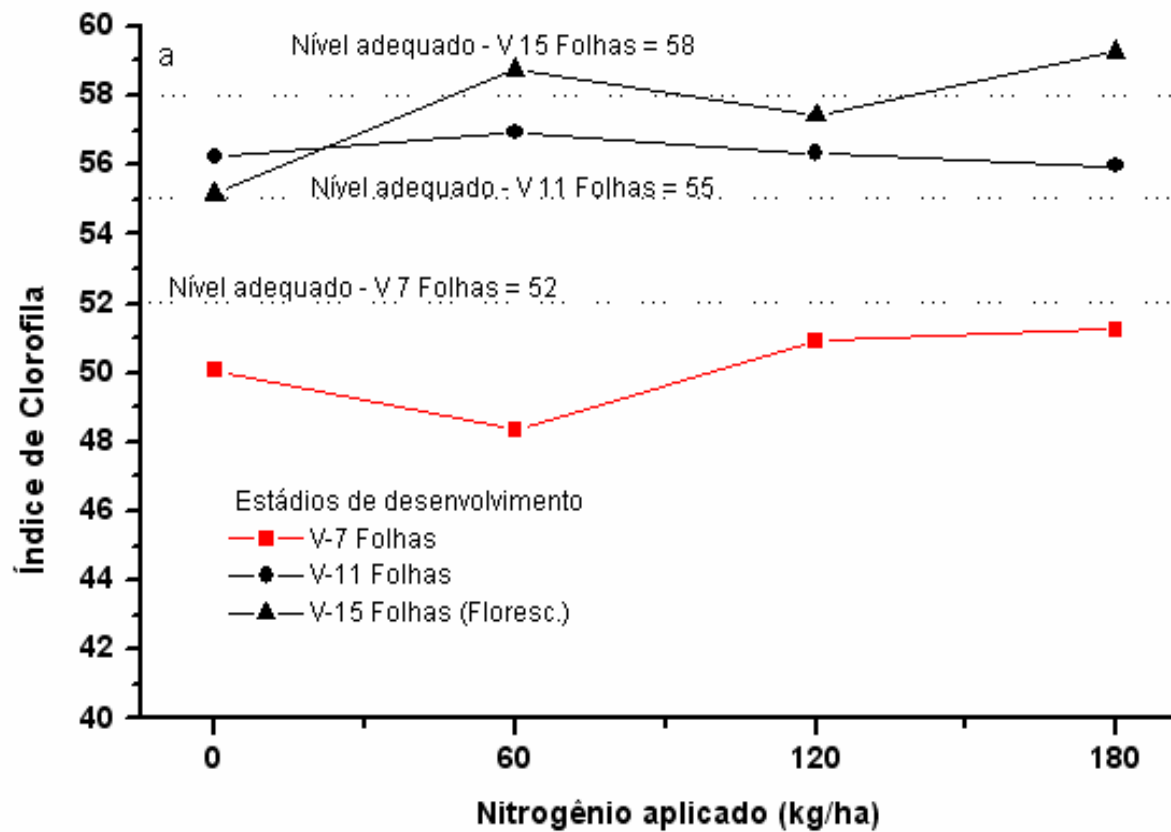


Sensor de Índice Verde e Biomassa

ACS210



Relação entre os índices de clorofila nas folhas em diferentes estádios de desenvolvimento do milho e doses de nitrogênio aplicadas em cobertura



Fonte: COELHO et al. (2005)



Nitrogênio mineral no solo ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) e índices de clorofila determinados no estágio V7-folhas e rendimento do milho.

Doses de nitrogênio (kg/ha)	N-mineral no solo (kg/ha)		Índice de clorofila	Produção de grãos (t/ha)
	0 – 0,10 m	0,10 – 0,30 m		
0	19,22	31,32	50,07	9,08
120 ^{1/}	20,89	38,47	49,37	9,10
60 ^{2/}	21,88	50,18	48,35	9,11
120 ^{2/}	42,12	55,82	50,90	9,42
180 ^{2/}	90,92	139,00	51,25	8,99
Média	39,00	63,76	50,00	9,14
C.V.	****	****	4,20	8,23

^{1/}Dose de N aplicada no estágio V7-folhas. ^{2/}Doses de N aplicadas no estágio de V3-folhas. Fonte: COELHO et al. (2005).

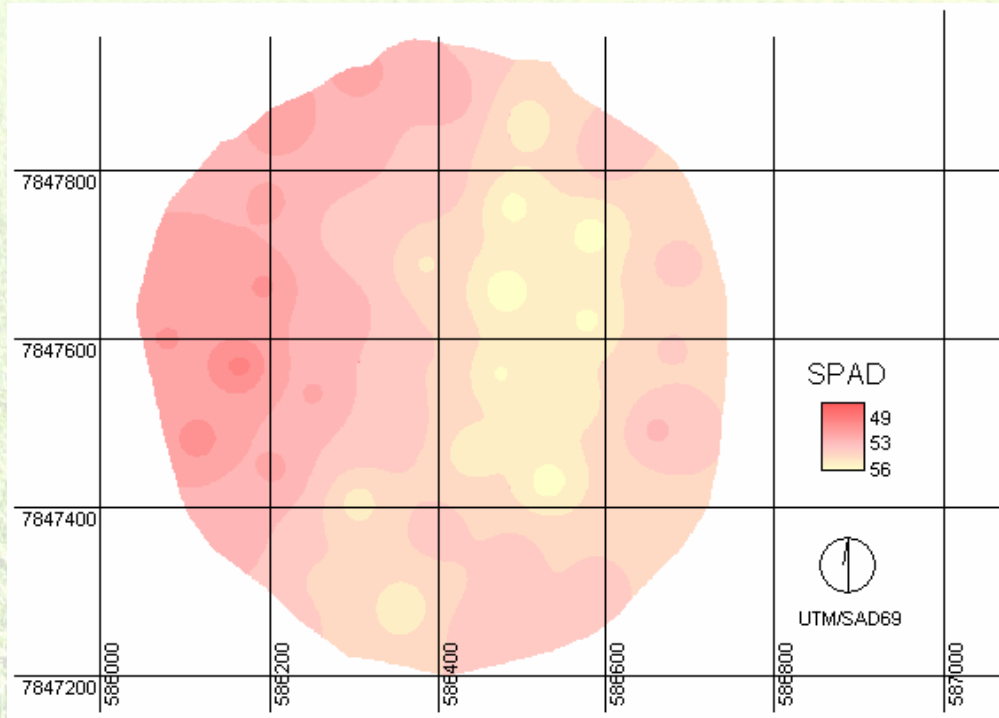


**Fotografia aérea - início da
germinação do milho**



**Fotografia aérea - milho
com 7- 8 folhas**

Mapa do Índice de Clorofila nas Folhas de Milho



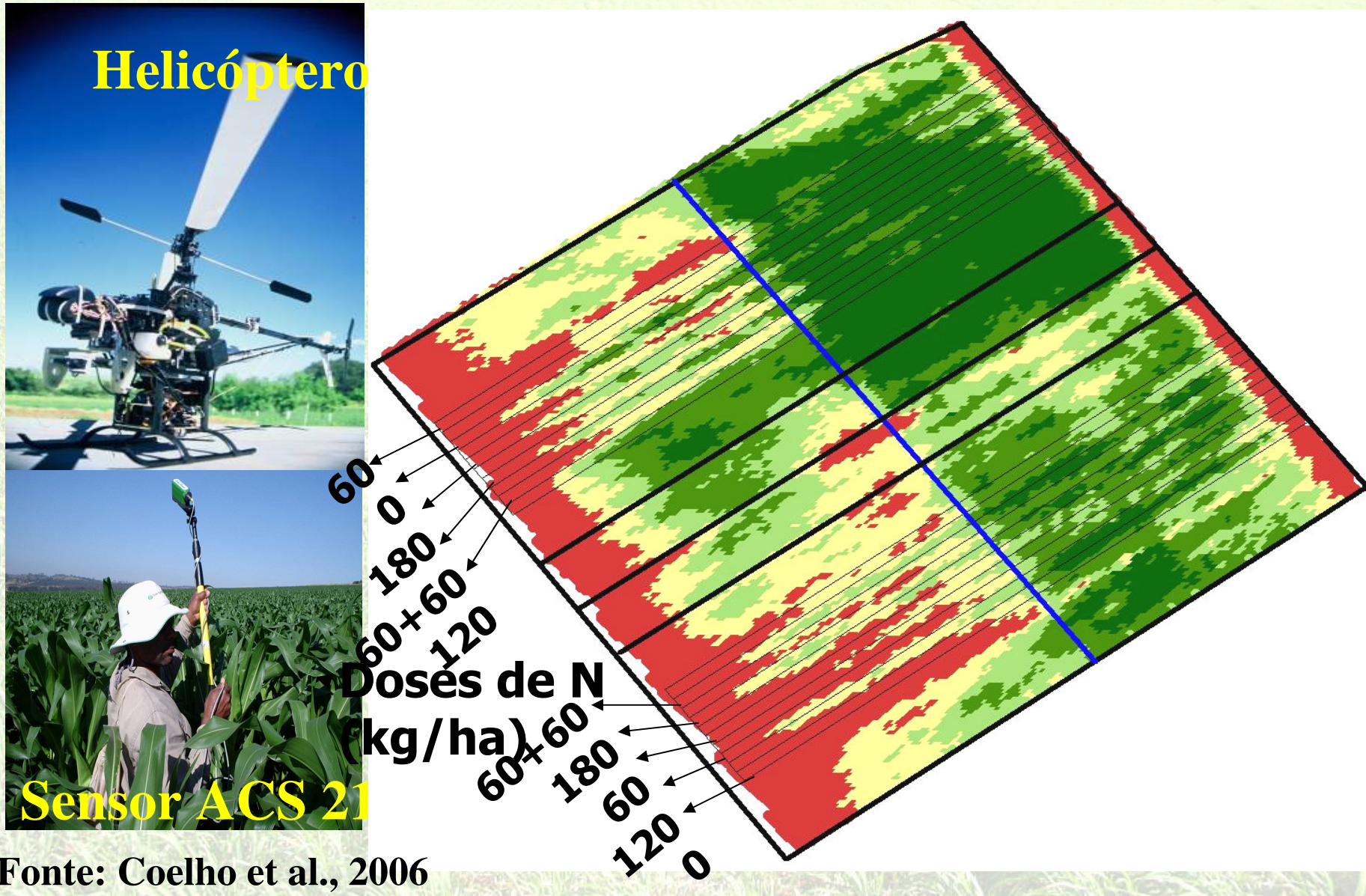
SPAD 502



Milho - V6-7 Folhas

Fonte: Coelho et al. 2006

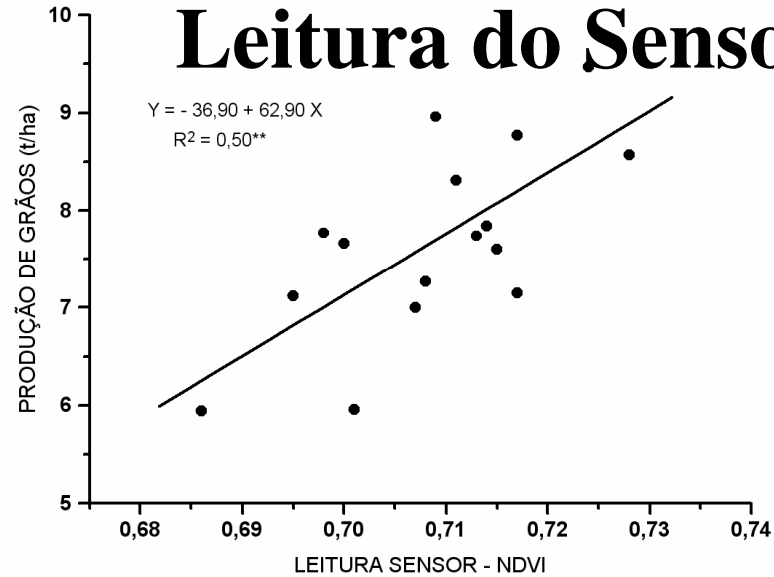
Experimento: Calibração do Sensor (NDVI).



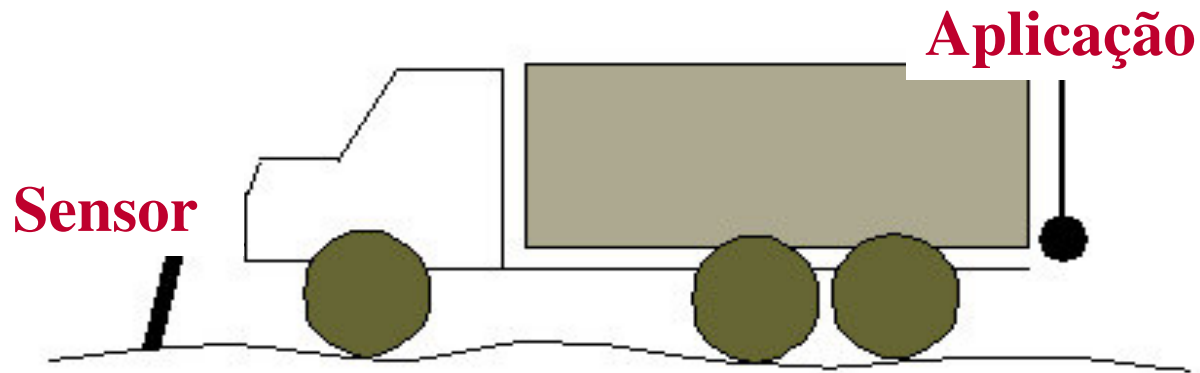
Fonte: Coelho et al., 2006



Relação Produtividade Leitura do Sensor

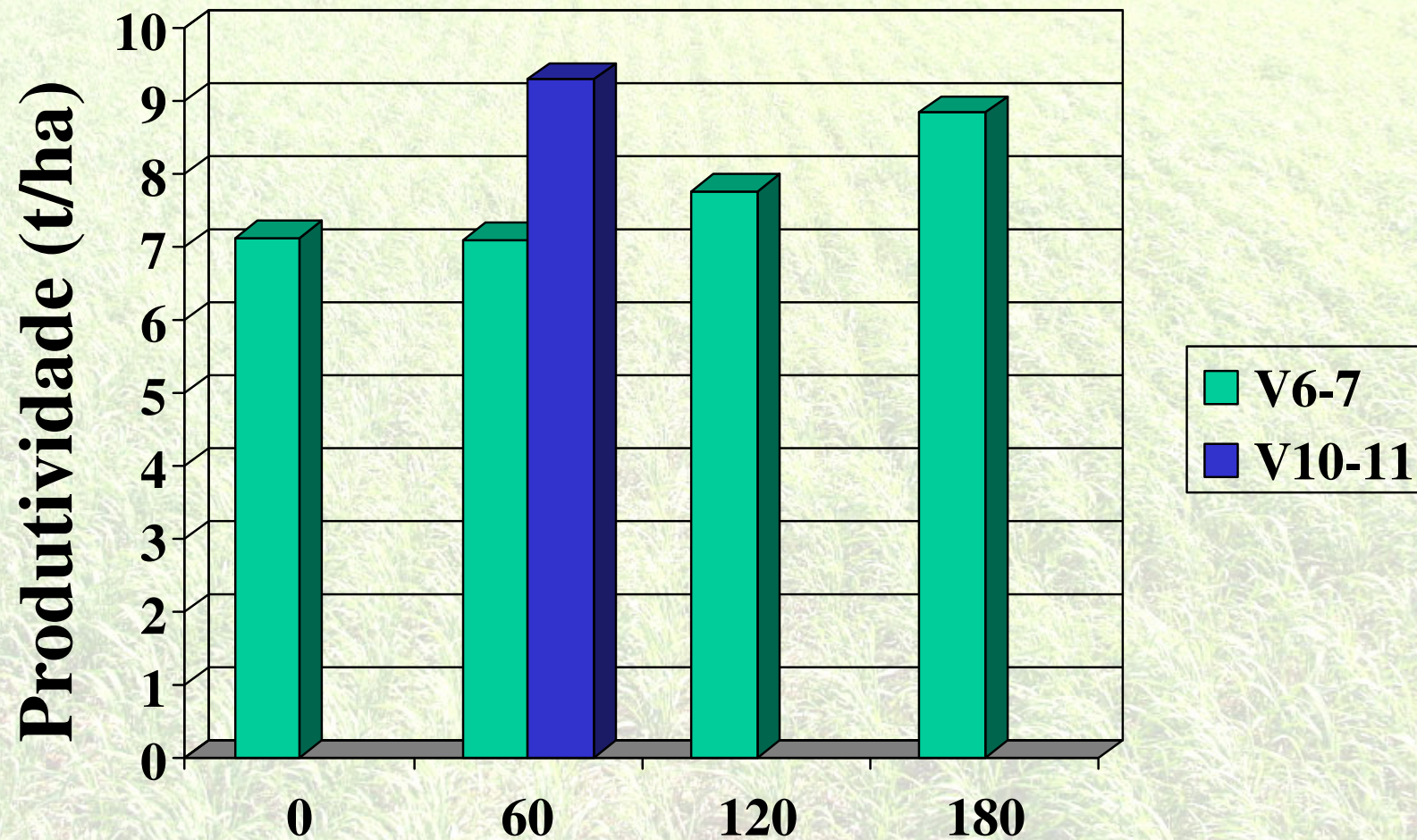


Aplicação com base em sensor em tempo real



MANEJO DE N EM MILHO IRRIGADO

Semeadura: outono-inverno de 2006



CONSIDERAÇÕES FINAIS

- **Diagnose visual - exige experiência;**
- **Diagnose foliar - ferramenta auxiliar extremamente útil - pouco utilizada pelo produtores - amplamente empregada na pesquisa e experimentação;**
- **Necessidade de aprimoramento dos critérios de interpretação;**

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- **O diagnóstico nutricional através da análise foliar não deve ser considerado como uma avaliação definitiva, sendo necessário sua integração com outros métodos;**
- **O uso de sensores para o conhecimento de padrões do estado nutricional do milho e sorgo têm-se mostrado promissor principalmente para o diagnóstico da necessidade da adubação nitrogenada.**



PERGUNTAS.....?

**OBRIGADO PELA
ATENÇÃO**

Antônio Marcos Coelho

amcoelho@cnpms.embrapa.br