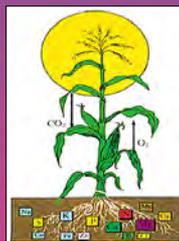


RENDIMENTO DO MILHO NO BRASIL: CHEGAMOS AO MÁXIMO?

ANTÔNIO MARCOS COELHO
JOSÉ C. CRUZ
ISRAEL A. P. FILHO

EMBRAPA-CNPMS, Sete Lagoas - MG
Fone: (31) 3779-1164
E-mail: amcoelho@cnpmc.embrapa.br



3^o SIMPÓSIO ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO
SOBRE
Piracicaba-SP, Julho 10-12, 2002



INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

- **CENÁRIO INTERNACIONAL**
- **POTENCIAL TEÓRICO E RECORDES DE PRODUTIVIDADES DE MILHO**
- **ANÁLISE GERAL DA CULTURA DO MILHO NO BRASIL**
- **FATORES ENVOLVIDOS NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

CENÁRIO INTERNACIONAL - GRÃOS

- **PRODUTIVIDADE MUNDIAL:**
- → **Crescimento linear da produção de grãos entre 1950 e 2000**
- **PROJEÇÕES PARA O SÉCULO XXI**
- → **CRESCIMENTO DA PRODUÇÃO**
– **FAO & BANCO MUNDIAL**
- → **ESTABILIZAÇÃO DA PRODUÇÃO**
– **M.A. JAPÃO & WORLD WATCH INSTITUTE**

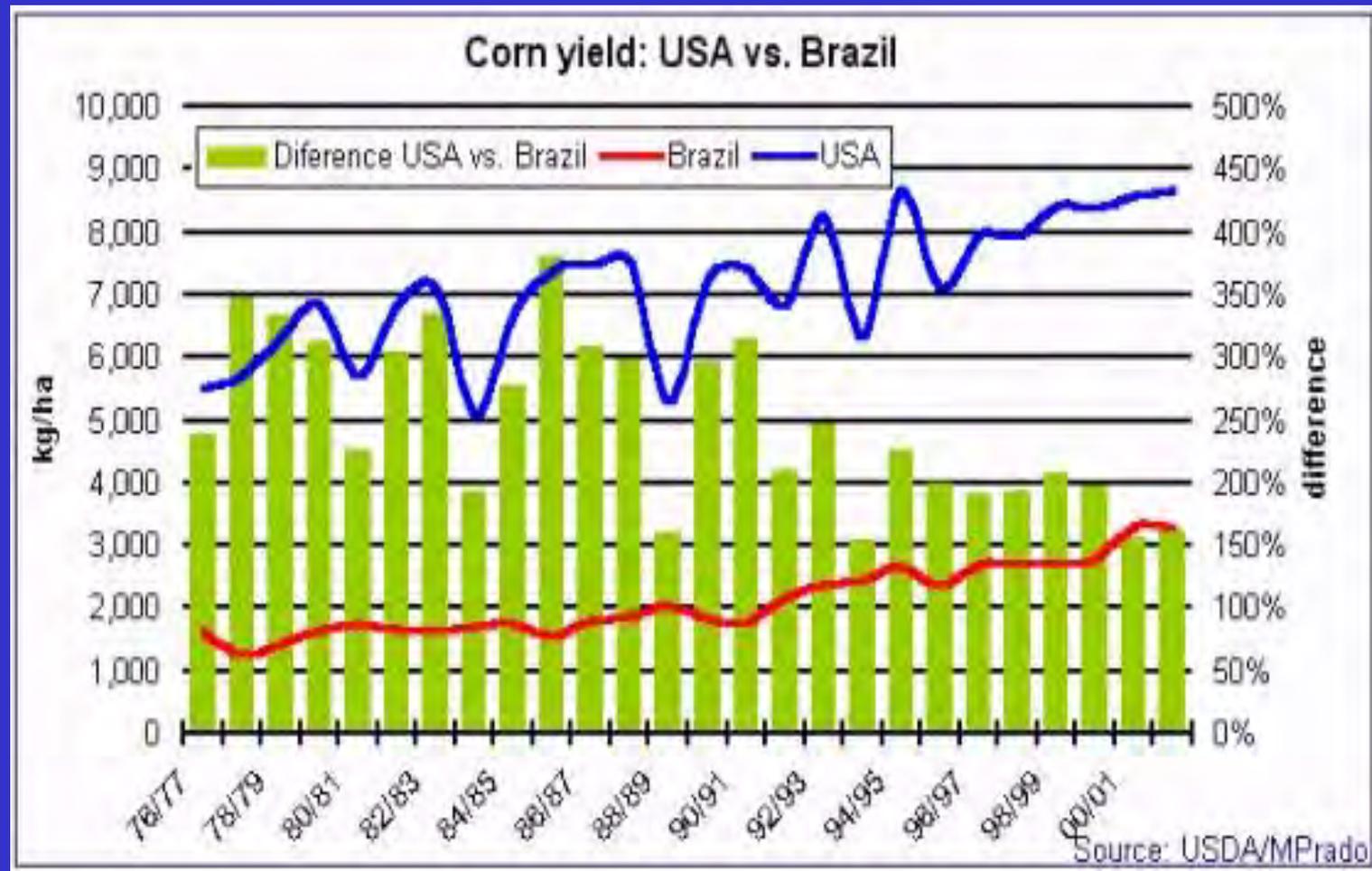
Estimativas dos ganhos em produtividade de milho nos EUA, atribuídas ao melhoramento genético e ambiental ao longo de cinco décadas.

Períodos	Ganho total kg/ha/ano	Fatores		Autores
		Genético ----- % -----	Ambiental ----- % -----	
1930-1970	78	63	37	Russel, 1974
1935-1971	88	28	72	Duvick, 1977
1935-1972	91	31	69	Duvick, 1977
1922-1980	103	56	44	Duvick, 1984
1930-1980	103	56	44	Duvick, 1984
1930-1986	103	47	53	Duvick, 1990
1960-2000	112	**	**	Alley & Roygard, 2001
Média		48	52	

Fonte: adaptada de Duvick (1992).

**** Dados não estimados**

PRODUTIVIDADE MÉDIA DE MILHO NOS EUA & BRASIL



Fonte: USDA/M.Prado

POTENCIAL TEÓRICO E RECORDES DE PRODUTIVIDADES DE MILHO

- **Potencial teórico ----- 31.400 kg/ha**
- **Primeiro híbrido testado (1908) ---- 12.600 kg/ha**
- **Herman Warsaw, Illinois (1985) --- 23.200 kg/ha**
- **Francis Child, Iwoa (1999) ----- 24.700 kg/ha**
- **⇒ Região Clima Temperado vs. Tropical**
- **Brasil - concurso de produtividade de milho a partir de 1970**
- **Geraldo N. Lacerda - Virginópolis, MG, (1994) ----
----- 16.800 kg/ha**

Campeões de produtividade de milho no Brasil, no período de 1977 a 1999.

Ano agrícola	Agricultor	Município	Rendimento (kg/ha)
1979/80 ^{1/}	Estanislau Meurer	Dois Vizinhos, PR	10.685
1983/84 ^{1/}	José A.B. Cardoso	Batatais, SP	15.138
1985/86 ^{1/}	Marcelo C. Madeira	Divinolândia, MG	15.563
1986/87 ^{1/}	Bauke D. Dijkstra	Ponta Grossa, PR	15.077
1987/88 ^{1/}	Lister F. Fernandes	Ituverava, SP	16.058
1991/92 ^{2/}	Romildo F. Dias	Capinópolis, MG	15.740
1992/93 ^{2/}	Antonio P. Marques	Sabinópolis, MG	15.990
1993/94 ^{2/}	Geraldo N. Lacerda	Virginópolis, MG	16.828
1994/95 ^{2/}	David G. Nascimento	P. do Rio Grande, MG	15.389
1995/96 ^{2/}	Ademar B. Melo	Carmo do Cajuru, MG	15.786

Fonte: adaptada de ^{1/}Agrocere, 199...? e ^{2/} Emater – MG, 199...?

MILHO NO BRASIL

- **Área Plantada, Produção e Rendimento**
- **Taxas de Crescimento anual - 1971 a 2001**
- **Distribuição Espacial da Área Plantada, Produção e Rendimento - Unidades da Federação**
- **Estratificação por níveis tecnológicos**
- **Fatores envolvidos nos sistemas de produção**

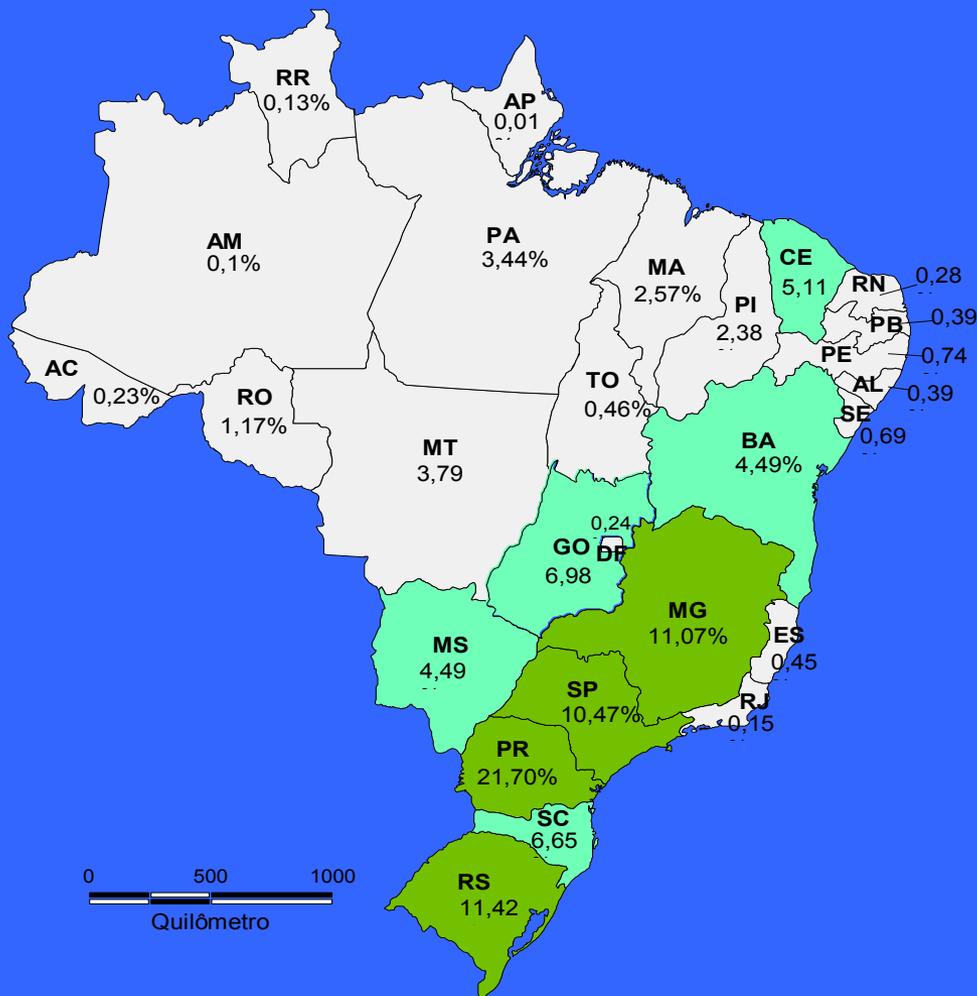


Estimativas^{1/} do aumento ou redução anual da participação, área plantada, produção e rendimento de milho por regiões do Brasil, no período de 1971 a 2001.

Regiões	Participação ^{2/}		Área Produção(1.000 ha)	Produção (1.000 t)	Rendimento (kg há ⁻¹)
	Área (%)	Produção (%)			
Sul	ns	ns	18,71	346,58	63
Sudeste	-0,32	-0,33	-18,46	125,22	59
Centro- Oeste	0,31	0,47	44,67	221,12	81
Norte	0,17	0,09	22,28	36,49	23
Nordeste	ns	ns	ns	32,38	11
Brasil			76,79	761,80	52
^{3/} Taxa anual de crescimento nos EUA de 1960 a 2000					112

^{1/} Coeficientes da regressão linear, significativos ao nível de 5 %, obtidos com base nos dados do IBGE (2001).^{2/} Participação em relação ao total do Brasil. ns = não significativo.^{3/} De acordo com Alley & Roygard (2001).

ÁREA PLANTADA POR ESTADO



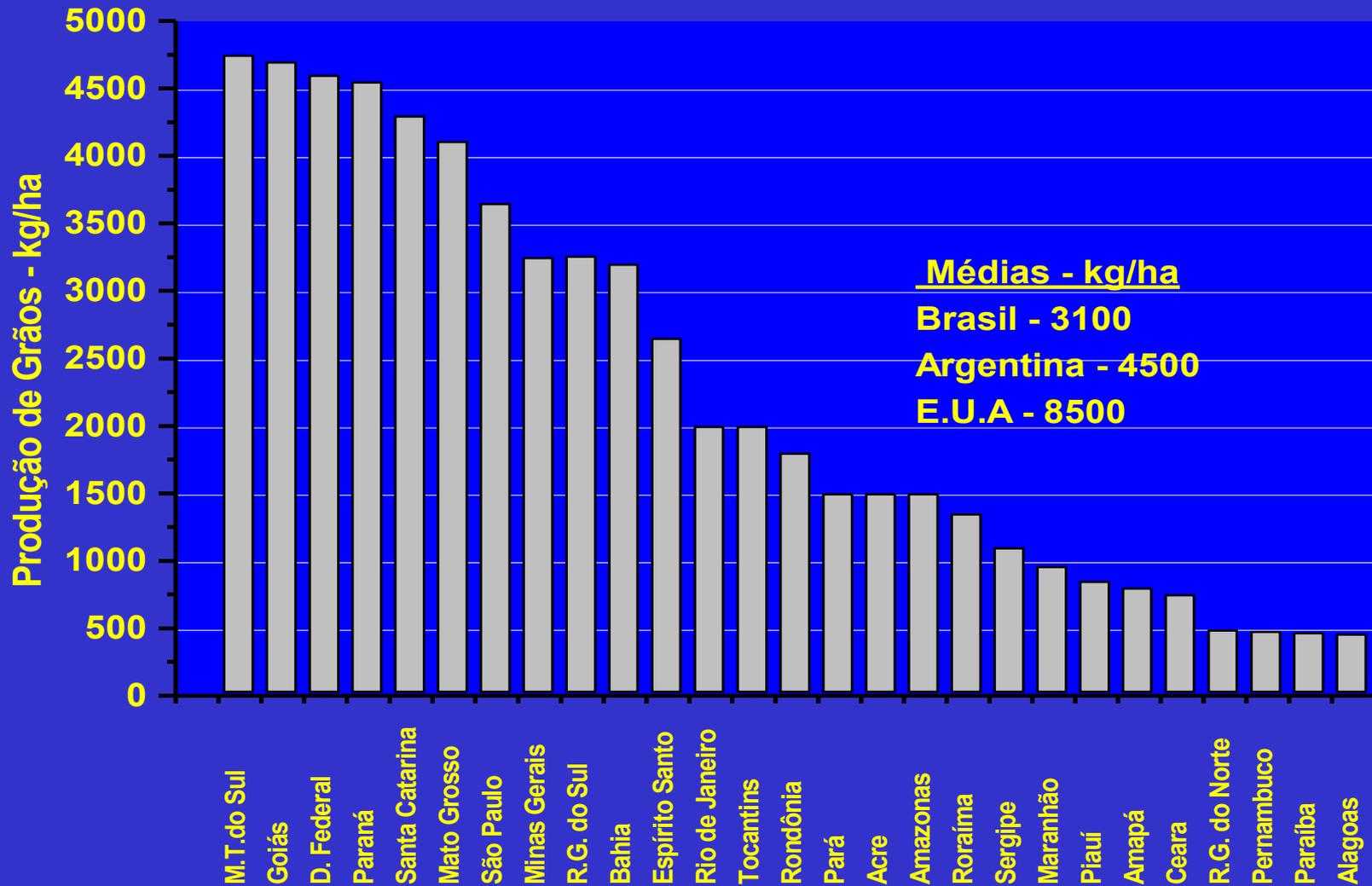
Porcentagem da produção total por estado

Paraná	27
Minas Gerais	12
São Paulo	12
Goiás	11
Rio Grande do Sul	10
Santa Catarina	08
Mato Grosso do Sul	06
Mato Grosso	03
Outros	11

% da área total

- > 9%
- 4% a 9%
- < 4%

PRODUTIVIDADES MÉDIAS NOS ESTADOS 1998 - 2001



Estratificação da cultura do milho no Brasil, por níveis tecnológicos, dados de 1994/95

Nível tecnológico	Área cultivada - %
Marginal	43
Baixo	24
Médio	22
Alto	11

Fonte: Cargill Agrícola S.A, 1995.

Rendimento médio e taxa de crescimento da produtividade de milho de acordo com o tamanho das lavouras dos agricultores.

Área ^{1/} (ha)	Rendimento ^{1/} (kg/ha)	Classe de rendimento (kg/ha) ^{2/}	Rendimento médio ^{2/} (kg/ha)	Taxa de crescimento (%) ^{2/}
(0 – 5]	963	(0 – 2.000]	963	0,93
(5 – 10]	1.599	(2.000 – 3.000]	2.573	2,00
(10 – 20]	1.982	(3.000 – 3.500]	3.308	2,37
(20 – 50]	2.126	(3.500 – 4.000]	3.717	3,47
(50 – 100]	2.274	(4.000 – 4.500]	4.312	4,43
(100 – 200]	2.514	> 4.500	5.164	7,09
(200 – 500]	2.997			
(500 – 1.000]	3.248			
> 1.000	3.637			

Fonte: ^{1/}Censo Agropecuário 1995/96 e ^{2/}Alves et al. (1999).

FATORES ENVOLVIDOS NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

- → ASPECTOS TECNOLÓGICOS
- → ASPECTOS ECONÔMICOS
- → ASPECTOS AMBIENTAIS
- → QUALIDADE DO PRODUTO

FATORES TECNOLÓGICOS

- **CONSTRUÇÃO DA PRODUTIVIDADE**
“Fatores que aumentam a produção em termos de quilogramas por hectare”
- **PROTEÇÃO DA PRODUTIVIDADE**
“Fatores que aumentam a produção que tem sido construída”

FATORES DE CONSTRUÇÃO DA PRODUTIVIDADE

- MELHORAMENTO GENÉTICO -
CULTIVARES
- MANEJO CULTURAL - PRECISÃO NA
SEMEADURA
- FERTILIDADE DO SOLO, NUTRIÇÃO E
ADUBAÇÃO
- CLIMA - PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA

FATORES DE PROTEÇÃO DA PRODUTIVIDADE

→ CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

→ CONTROLE DE PRAGAS

→ CONTROLE DE DOENÇAS

→ MANEJO DA COLHEITA

MELHORAMENTO GENÉTICO DE CULTIVARES

- Insumo moderno de uso mais generalizado na cultura do milho no Brasil
- Sementes melhoradas disponíveis para o plantio de 8 milhões de hectares
- Cultivares de milho disponíveis - 180
- Cultivares precoces de porte baixo - maior densidade, rotação e sucessão de culturas

Porcentagem dos diferentes tipos de sementes de cultivares de milho vendidas no Brasil.

Tipo de cultivar	Anos agrícolas				Média
	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02	
Híbrido simples	20,39	27,94	30,16	33,70	28,05
Híbrido triplo	27,62	25,00	27,20	24,62	26,11
Híbrido duplo	42,81	38,66	34,20	34,21	37,47
Variedade	9,18	8,40	8,44	7,47	8,37

Fonte: Associação Paulista dos Produtores de Sementes – APPS, Circular 005/1999 e 004/2000.

MANEJO CULTURAL - PRECISÃO NA SEMEADURA

- **Manejo do solo**
- ⇒ PD = 12 milhões hectares - Milho = 3 milhões
- **Espaçamento e densidade**
- ⇒ Redução espaçamento: 100 → 70 → 50 cm
- **Épocas de semeadura**
- ⇒ Zoneamento agroclimático
- **Variabilidade espacial**
- 1 agricultor - 1.000 ha - baixa relação olhos/ha
- 10 agricultores - 100 ha - alta relação olhos/ha

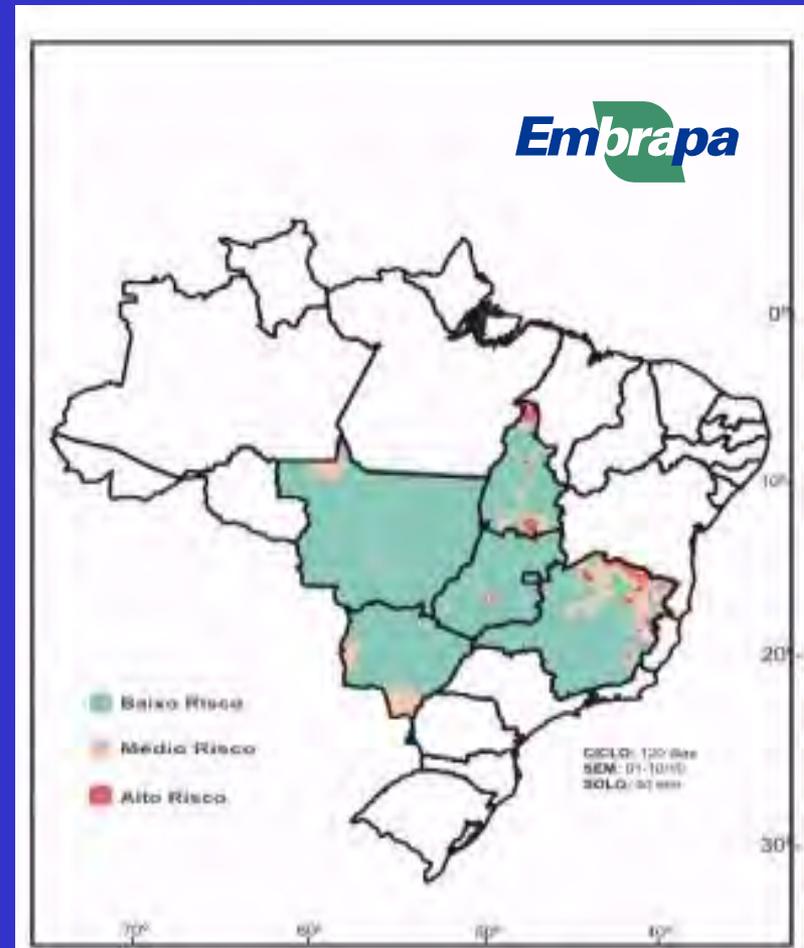
Densidade de plantas recomendadas para os diferentes tipos de cultivares comercializadas na safra 2001/02.

Tipo de cultivares	Freqüência de cultivares	Densidades de plantas recomendadas (número/ha)
Híbrido simples	53	50.000 a 70.000
Híbrido triplo	50	45.000 a 60.000
Híbrido duplo	40	40.000 a 55.000
Variedade	18	40.000 a 50.000

Fonte: adaptada de Cruz et al. (2001).

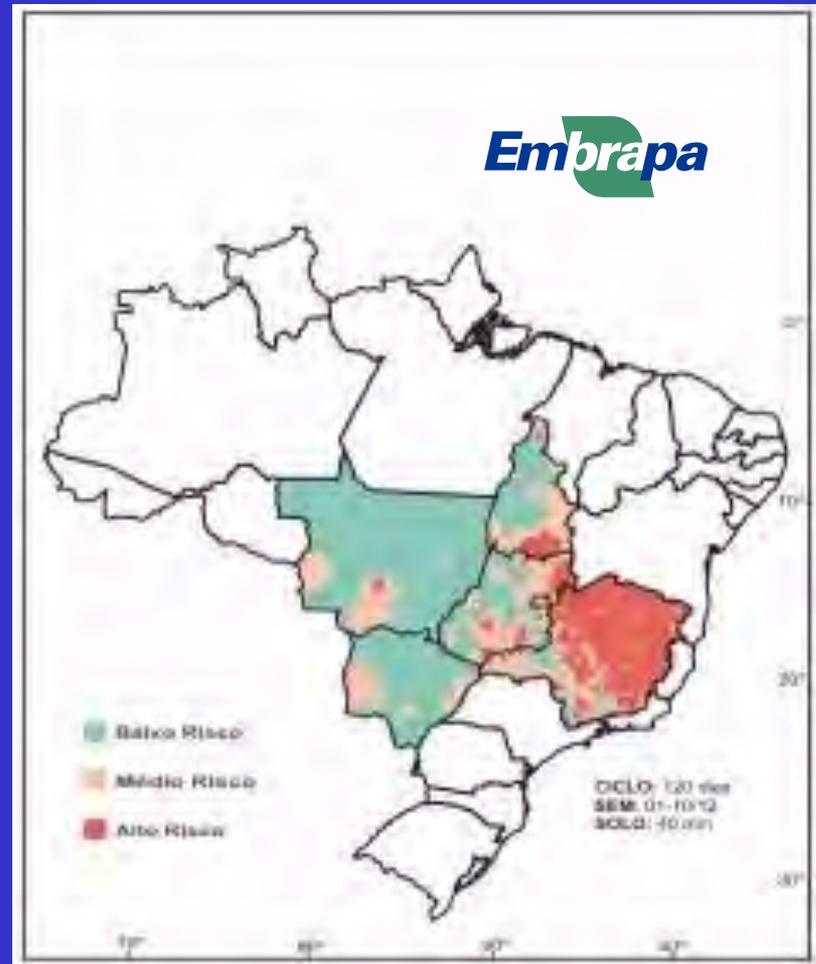
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE RISCOS CLIMÁTICOS

- Semeadura do milho - no período de 1 a 10 de Outubro para uma cultivar de 120 dias de ciclo, em um solo com 40 mm de água disponível na camada de 60 cm.



DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE RISCOS CLIMÁTICOS

- Semeadura do milho - no período de 1 a 10 de Dezembro para uma cultivar de 120 dias de ciclo, em um solo com 40 mm de água disponível na camada de 60 cm.



FERTILIDADE DO SOLO, NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO

- **Diagnose da fertilidade do solo**
- **Requerimento nutricional do milho - grãos e forragem**
- **Padrões de absorção e acumulação de nutrientes**
- **Fontes dos nutrientes**
- **Métodos e épocas de aplicação**

CONSUMO DE FERTILIZANTES - BRASIL - 1998

kg N + P₂O₅ + K₂O/ha



Fonte: Lopes, 2000

ASPECTOS A SEREM CONSIDERADOS NA ADUBAÇÃO DO MILHO

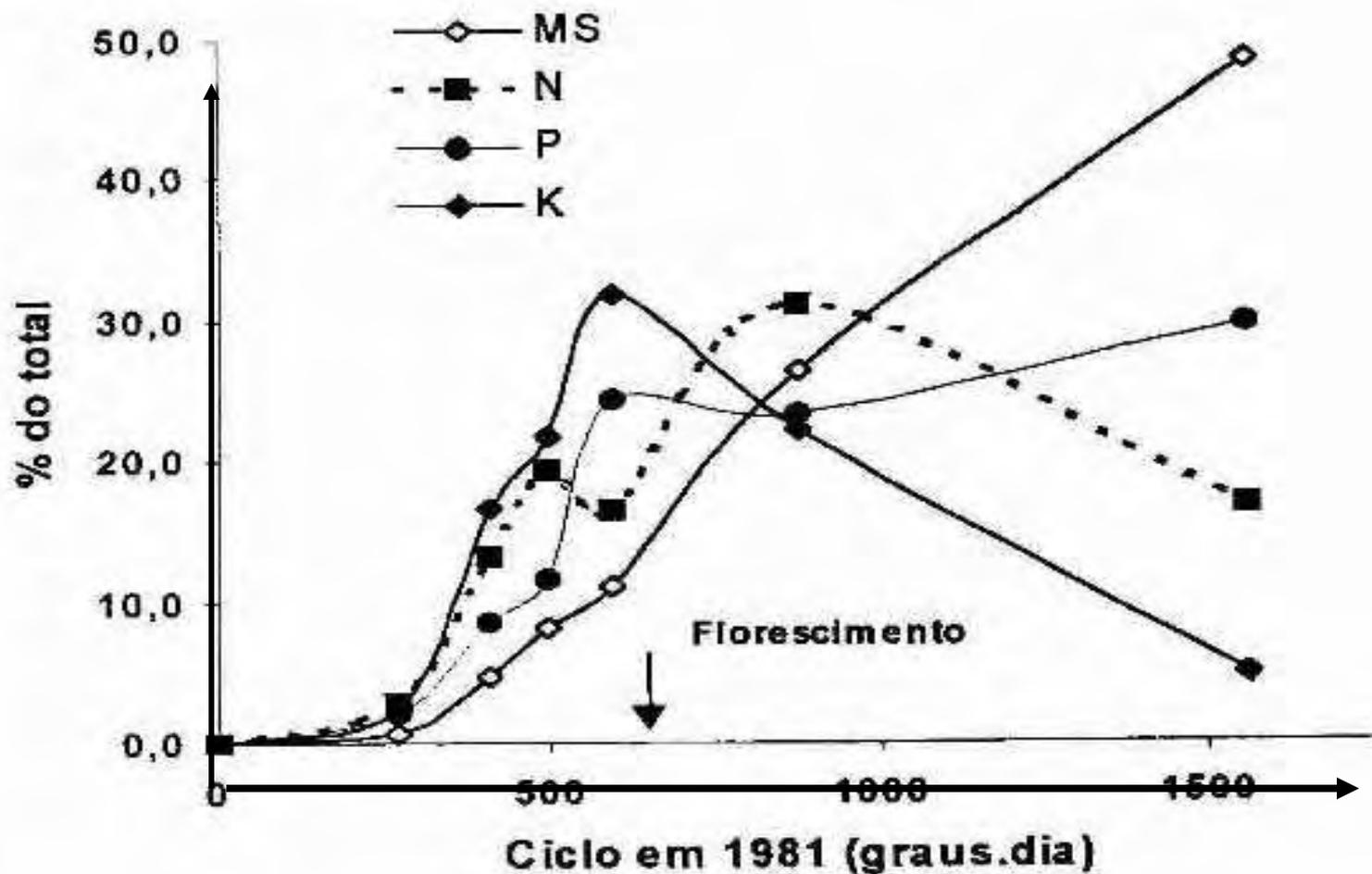
- **Diagnose adequada dos possíveis problemas - análise de solo e histórico de calagem e adubação?**
- **Quais nutrientes devem ser considerados nesse particular caso?**
- **Quais nutrientes não necessitam ser considerados a cada ano?**
- **Quantidades de P e K necessários na semeadura?**
- **Qual a fonte, quantidade e quando aplicar N?**
- **Quais nutrientes podem ter problemas nesse particular solo?**

Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem em diferentes níveis de produtividades.

Tipo de exploração	Produção t/ha	Nutrientes extraídos				
		N	P	K	Ca	Mg
		-----kg/ha -----				
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Exportação nos grãos (%)		70-77	77-86	26-43	3-7	47-69
Silagem (matéria seca)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

Fonte: Coelho & França, 1995.

PADRÕES DE ABSORÇÃO E ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES



Fonte: adaptada de Karlen et al. (1987)

MÉTODOS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES

- **Conceito atual - adubação dos sistemas de produção, o manejo de corretivos e fertilizantes (fosfatados, potássicos e micronutrientes) está bem definido.**
- **No caso do milho, o N e o K merecem algumas considerações com respeito aos métodos e épocas de aplicação.**

MANEJO DO NITROGÊNIO

- **Sistemas de plantio – convencional vs direto**
- **Época de aplicação – antecipada e cobertura**
- **Método de aplicação – lanço, localizada, superfície, incorporada**
- **Fontes de nitrogênio - potencial de perdas por volatilização**



Nitrogênio absorvido e produção de milho, em função do manejo do ¹⁵N –S. Amônio.

Método e época de aplicação	N - absorvido ⁽⁴⁾ (kg/ha)		INSF ⁽⁵⁾ (%)	Produção de grãos (kg/ha)
	Fertilizante	Solo		
Lanço ⁽¹⁾ (100 kg/ha)	43,00	69,20	48,18	5.843
Faixa ⁽²⁾ (100)	57,80	62,00	32,76	7.155
Cobertura ⁽³⁾ (100)	39,50	54,20	16,06	7.154
Lanço + faixa (50 + 50)	42,50	62,20	33,19	7.019
Lanço + cobert. (50 + 50)	44,70	58,50	25,26	6.789
Faixa + cobert. (50 + 50)	53,10	59,90	28,26	7.087
Lanço + f + c (34+33+33)	50,50	47,00	0,64	7.128
Testemunha	0,00	46,70	0,00	3.746

⁽¹⁾Lanço – aplicação na pré-semeadura e incorporada no solo; ⁽²⁾Faixa – aplicação em sulcos na pré-semeadura; ⁽³⁾Cobertura – aplicação aos 40 dias após semeadura; ⁽⁴⁾Nitrogênio absorvido até o florescimento; ⁽⁵⁾Aumento na absorção de N do solo. Fonte: adaptada de Neptune (1977).

Efeito dos métodos e épocas de aplicação de nitrogênio sobre a produção de milho em sistema de plantio direto.

Métodos épocas e de aplicação	Produção de grãos (kg/ha)		
	1997/98	1998/99	1999/00
Pré + Sem + Cob (100 + 0 + 0) ⁽¹⁾	6.404	8.604	7.320
Pré + Sem + Cob (100 + 0 + 0) ⁽²⁾	6.897	9.148	7.383
Pré + Sem + Cob (70 + 30 + 0) ⁽¹⁾	6.170	9.087	7.464
Pré + Sem + Cob (70 + 30 + 0) ⁽²⁾	6.653	9.313	7.708
Pré + Sem + Cob (0 + 100 + 0) ⁽¹⁾	6.538	9.106	*****
Pré + Sem + Cob (0 + 30 + 70) ⁽³⁾	8.128	8.880	7.872
Pré + Sem + Cob (0 + 30 + 70) ⁽⁴⁾	8.534	9.133	7.192
Testemunha	*****	6.556	4.736

⁽¹⁾aplicação a lanço; ⁽²⁾aplicação em linhas espaçadas de 45 cm; ⁽³⁾ adubação de cobertura a lanço; ⁽⁴⁾adubação de cobertura incorporada a 20 cm ao lado das linhas. Fonte: adaptada de Pöttker & Wiethölter (2000).

MANEJO DO NITROGÊNIO EM MILHO EM PLANTIO DIRETO - Carambeí - PR

N no sulco de semeadura	N em cobertura (kg/ha)			
	0	60	120	Média
kg/ha	-----t/ha-----			
0	8.180	8.490	8.060	8.240
30	9.150	9.410	9.300	9.250
60	8.780	8.740	8.500	8.670
Média	8.700	8.880	8.590	8.720

~~Resposta a 30 kg de N/ha no plantio > 120 kg de N/ha em cobertura.~~

Rotação adotada: pastagem / aveia preta / milho.

Fonte: Sá, 1993

MANEJO DO POTÁSSIO

- O parcelamento da adubação potássica na cultura do milho tem-se tornado prática rotineira.
 - ⇒ Efeito salino do K - germinação
 - ⇒ Lixiviação
 - ⇒ Cultivo do milho para forragem
- A recomendação atual é aplicar no máximo 60 kg de K_2O no sulco de semeadura.
- Adubação de cobertura realizada no máximo até 30 dias após a germinação.

Produção de grãos e características agronômicas do milho em função das doses e épocas de aplicação de fertilizante potássico (dados médios de 3 anos).

Doses de K₂O (kg ha⁻¹)	Épocas de aplicação ^{1/}	Produção grãos (t ha⁻¹)	Peso de 1.000 Grãos (gramas)	Estande x1.000 (pl. ha⁻¹)	Acamamento (%)
90	S	5.980	219	61,68	12,33
	S + 1C	6.310	226	60,75	15,23
	S + 2C	5.930	201	63,52	25,88
	S + 2C +N	5.800	224	61,42	14,99
120	S	6.240	221	61,34	17,66
	S + 1C	6.560	242	61,28	15,12
	S + 2C	5.990	219	60,94	12,73
	S + 2C +N	5.810	243	62,92	12,57
Testemunha		3.095	151	61,31	51,00

^{1/} S = aplicação no sulco de semeadura; 1C = aplicação em uma cobertura no estágio de 8 folhas; 2C = aplicação em duas coberturas, nos estádios de 8 e 16 folhas. Fonte: Coelho et al., 1996.

FATORES CLIMÁTICOS - CONDIÇÕES HÍDRICAS E ZONEAMENTO

- Maximizar a eficiência da água na produção de grãos. Fatores a serem considerados:
 - ⇒ Disponibilidade de água
 - ⇒ Capacidade de armazenamento de água nos diferentes tipos de solo
 - ⇒ Requerimento de água pelo milho
- Com base nos dados de precipitação, aspectos relevantes podem ser levantados.

Capacidade de armazenamento de água disponível em diferentes tipos de solos e seu efeito na produção de milho.

Tipos de solo	Água disponível (mm) ⁽¹⁾	Produção de grãos – kg/ha	
		1999 ⁽²⁾	2000 ⁽³⁾
A	180	7.776	14.172
B	130	2.508	12.354
C	90	2.132	9.595

⁽¹⁾Água disponível até a profundidade de 120 cm; ⁽²⁾ano com acentuado déficit hídrico; ⁽³⁾ano sem déficit hídrico. Adaptada de Alley & Roygard (2001).

Produtividade média de grãos, em kg/ha, de cultivares de milho dos ensaios nacionais, em função da altitude dos locais onde foram conduzidos.

Ano	Tipo de ensaio	Número de locais	Altitude	
			> 700 m	< 700 m
1997/98	S. precoce	15/23 ⁽¹⁾	7.975	6.545
	Precoce	12/27	8.159	6.663
	Normal	9/27	8.140	6.361
1998/99	S. precoce	16/21	8.186	6.023
	Precoce	17/24	8.225	6.286
	Normal	14/25	7.544	6.016
1999/00	S. precoce	13/15	7.645	6.831
	Precoce	13/20	7.568	6.616
	Normal	15/19	7.421	6.739
Média (kg/ha)			7.874 (122%)	6.453 (100%)
Floresc. masculino –(dag)			67	63

⁽¹⁾ Referem-se ao número de experimentos instalados acima e abaixo de 700 m de altitude, respectivamente. Fonte : adaptada de relatórios da EMBRAPA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- **Nos últimos 31 anos - aumentos de 193% na produção e 144% na produtividade**
- **Taxa anual de crescimento - 4,5% e 6,0%**
- **Agricultores com produtividades > 4.500 kg/ha com taxa de crescimento anual de 7%**
- **É possível produzir 16.000 kg de grãos/ha?**
- **Existe uma grande amplitude de variação nas produtividades entre as diferentes regiões**
 - ⇒ **Aumentos nas produtividades variando de 11 a 81 kg/ha/ano**

CONSIDERAÇÕES FINAIS - Cont.

- **Para aumento da produtividade é necessário que:**
- ⇒ em algumas propriedades sejam adotadas tecnologias básicas - cultivares melhoradas, práticas de manejo, calagem e adubação, etc.
- ⇒ noutras, o aprimoramento de todas as tecnologias para suplantarem os atuais 6.000 kg/ha
- **Utilizar o conceito da agricultura de precisão para o delineamento de zonas de produtividade**

MAPA DE COLHEITA

