

# O MELHORAMENTO GENÉTICO DO MILHO NO BRASIL - SITUAÇÃO E PERSPECTIVAS

Ricardo Magnavaca\*

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria brasileira de sementes tem colocado à disposição do agricultor brasileiro vários tipos de cultivares, de diferentes ciclos, porte e outras características. Os agricultores têm sempre que tomar decisões sobre o que plantar e, portanto, vamos discutir alguns aspectos que são importantes neste processo de tomada de decisão e quais as tendências de mercado.

### a) Híbridos ou variedades melhoradas:

A maioria das sementes ofertadas no mercado são de híbridos. No entanto estão sendo vendidas sementes de variedades melhoradas que podem atender a algumas situações. Existem variedades melhoradas, principalmente em regiões mais tropicais, onde são estabelecidos programas mais avançados de melhoramento de populações, que produzem na média dos híbridos. No entanto pode-se esperar em média uma produção de 10-20% a menos do que os híbridos mais produtivos. No entanto, esta diferença só faz muito sen

---

\* Engº Agrº. Ph.D. Pesquisador do Centro Nacional de Milho e Sorgo - EMBRAPA.

tido em um nível tecnológico mais elevado. Caso o agricultor não possa utilizar alta tecnologia pode pensar em variedade melhorada pelos aspectos de preço mais barato de sementes e possibilidade de reutilizar os grãos colhidos como semente para o próximo plantio. Na Tabela 1 são mostrados dados do CNPMS onde se compara dados de produção de variedades e híbridos.

TABELA 1. Produção de espigas despalhadas em 3 locais (kg/ha)

VARIETADES	GOIANIA	S.LAGOAS	LONDRINA	MÉDIA
BR 105	11321	9782	5234	8779
BR 106	11787	10824	6169	9593
BR 107	10496	8464	4259	7739
BR 111	9369	9870	7046	8762
BR 112	10441	8834	5436	8237
<b>HÍBRIDOS</b>				
BR 201	14787	10823	10604	12071
AG 303	12407	10702	7263	10124
C 525	11523	10196	8040	9919
DINA 46	14482	10813	8324	11206
P 6875	12355	10410	8130	10298

FONTE: CNPMS (não publicado).

Verifica-se que em Sete Lagoas e Goiânia, localidades dos trópicos, variedade como BR 106 compete com híbridos. Já em Londrina, adaptação subtropical, os híbridos mostram nítidas vantagens. Espera-se que no futuro os híbridos continuem predominando no mercado em função da melhoria do nível tecnológico dos agricultores. Atualmente está se fazendo mais esforços no melhoramento de variedades para regiões subtropicais.

b) Tipo de híbrido:

Predomina no mercado brasileiro os híbridos do tipo duplo, mais a tendência de mercado é para os triplos e simples. Existem razões genéticas e de custo envolvidas nesta tendência. Do ponto de vista genético, a probabilidade de se obter simples superiores é maior do que triplo e duplos, partindo-se de um mesmo grupo de linhagens. Portanto, existe mais probabilidade de se selecionar, simples superiores, depois triplos e duplos. No entanto, quando se verifica a interação do tipo de híbrido com ambiente a situação é inversa, sendo simples os mais instáveis com o ambiente. No entanto, isto não quer dizer que não se pode selecionar simples estáveis, apenas que a probabilidade de se obter duplos mais estáveis é maior.

A tendência para simples e triplos obriga as empresas de sementes e melhoramento a trabalharem com um maior número de híbridos, adaptados a condições mais específicas, tornando o processo de melhoramento e produção mais caros. A produção de sementes é mais cara também para os simples em função da produtividade "per se" de uma linhagem ser bem inferior do que um simples. Para os simples, a semente é produzida em uma linhagem ou híbrido simples modificado ao invés de um híbrido simples produtivo como no caso de triplos e duplos. A partir do momento em que se estabelecer uma lei de proteção de cultivares no Brasil, facilita também a produção do simples, por proteger os direitos da firma produtora, permitindo-se fazer campo de produção de simples com cooperadores. Por tudo isto, pode-se prever que o custo de sementes será bem mais caro para os simples e triplos. No entanto, desde que o produtor saiba usar o potencial genético deste tipo de híbrido, ele poderá obter produtividades superiores, maior uniformidade de lavoura e ter híbridos mais específicos para o seu ambiente.

Os dados da Tabela 2 mostram o potencial de híbridos simples experimentais do CNPMS em relação a um híbrido duplo (BR 201) em Londrina, quanto a produtividade e porte da planta.

TABELA 2. Produção de espigas (kg/ha) de híbridos simples experimentais precoces e de porte baixo em Londrina (PR), 1988.

HÍBRIDO	ALTURA DE PLANTA (cm)	ALTURA DE ESPIGA (cm)	PRODUÇÃO (kg/ha)
HS 1	197	77	11.806
HS 2	211	92	11.726
HS 3	216	116	11.312
HS 4	215	116	11.227
HS 5	221	121	10.807
BR 201 (HD)	234	137	10.410

FONTE: CNPMS (dados não publicados).

c) Ciclo:

Dentro dos conceitos de fisiologia da produção pode-se definir produtividade da seguinte forma:

**Produtividade = f(nº de grãos x peso específico dos grãos)**

Dentro desta função de produção, só tem sido dividir os estágios de crescimento da planta de milho em 3 estados:

EC1 - germinação ao início de formação dos primórdios florais

EC2 - primórdios florais ao florescimento feminino

EC3 - florescimento feminino à formação da camada preta

O EC1 não tem muito a ver com a função de produtividade. Mas, o EC2 é estreitamente vinculado à formação do número de grãos, que é o principal componente da função de produtividade. Já o EC3 é vinculado à segunda parte da função que diz respeito ao enchimento de grãos, determinando a densidade dos mesmos. Após a formação da camada preta, os grãos apenas perdem umidade, não afetando a produtividade.

O número de dias que a planta permanece nos estádios EC2 e EC3 afetam diretamente a produtividade. Poucos dias em EC2 significa poucos grãos e tamanho de espiga menor. Poucos dias em EC3

significa enchimento de grãos incompleto e perda de densidade. O fator do ambiente que mais afeta o número de dias em cada estágio é a temperatura noturna e diurna. Temperaturas muito altas significa ciclos mais precoces e produção por planta menor. Ciclos excessivamente prolongados nem sempre significam mais produção, além de expor a planta a outros estresses. Portanto, para cada ambiente há um ciclo ideal em função principalmente da temperatura e suprimento de água. Mas pode-se dizer que excesso de precocidade sempre leva à diminuição da produção por planta que só pode ser compensada pelo aumento do número de plantas por área. Em geral, plantas mais precoces têm porte de plantas menor que as tornam mais aptas a plantios densos. Esta relação de precocidade, porte e produção pode ser observada nos dados da Tabela 3 para híbridos de diversos ciclos.

TABELA 3. Comparação entre híbridos de diferentes ciclos. Dados de 5 locais do ano de 1987 (Ponta Grossa, Londrina, Goiânia, Sete Lagoas e São Gotardo).

Híbridos	Média de 5 locais			Peso Cap. (kg/ha)
	Florescimento (dias)	Altura Planta (cm)	Altura Espiga (cm)	
CMS 350	63	200	105	6875 (100)
C 606	67	219	111	8251 (118)
C 525	73	224	123	9265 (133)
DINA 46	73	247	143	9707 (139)

FONTE: CNPMS (dados não publicados).

Hoje no Brasil há disponibilidade de sementes de híbridos tardios, precoces e superprecoces. Os tardios são de porte alto. Hoje, os precoces que praticamente podem ser considerados os tipos intermediários, são os mais produtivos e mais vendidos no mercado brasileiro. Aumenta gradativamente a oferta de superprecoces. Na Tabela 4, pode-se observar dados dos Ensaios Nacionais de Milho Precoce e Normal (tardios) para 3 anos quando se compa-

ra produtividade de 11 híbridos tardios e 11 precoces, de diversas empresas, entre os mais comercializados no Brasil.

TABELA 4. Ensaio Nacional de Milho de 3 anos, comparando peso de espigas despalhadas (kg/ha) e altura de espiga (cm) para a média de 11 híbridos comerciais de cada grupo, precoces outardios.

Grupo	86/87 (35 locais)	87/88 (42 locais)	88/89 (51 locais)
	<u>Peso de espigas (kg/ha)</u>		
Precoces	7913	7005	7977
Normal (tardios)	7403	6841	7823
	<u>Altura de espiga (cm)</u>		
Precoces	126	126	127
Normal (tardios)	145	139	141

FONTE: Relatórios Ensaio Nacional de Milho-CNPMS.

Nota-se a maior produtividade média dos precoces nos 03 anos e um decréscimo médio de 16 cm na altura de espiga.

Os híbridos precoces devem continuar dominando o mercado brasileiro, com tendência à diminuição dos tardios. Deve-se aumentar a participação dos superprecoces, mas a médio prazo continuará o predomínio dos precoces. Os superprecoces tendem a ser mais exigentes do ponto de vista nutricional e um stress ambiental no EC2 pode comprometer muito a produtividade. Seria mais recomendados para alto nível tecnológico e sistemas pouco sujeito a stress ambiental.

#### d) Acamamento e quebramento:

Um dos grandes problemas que os melhoristas de milho sempre enfrentam é relativo à associação de alta produtividade com resistência a acamamento e quebramento. Uma planta mais produtiva tem uma espiga mais pesada para o colmo sustentar e a própria espiga é um dreno forte de carboidratos, que muitas vezes se deslocam do colmo para a espiga mais no final do ciclo. Por outro lado, para se ter boa resistência a acamamento é preciso ter um sistema radicular bem desenvolvido o que também custa muito à planta em termos de energia. Portanto, a associação de produtividade com resistência ao acamamento e quebramento tem sido tarefa difícil.

Pode-se prever avanços muito grande nestes aspectos de resistência ao acamamento e quebramento nos próximos anos, facilitada inclusive pela diminuição no porte das plantas. Mas, a tendência a densidades de plantios muito altas pode tornar mais difícil esta tarefa.

#### e) Adaptação tropical e subtropical:

Do ponto de vista de adaptação de plantas há basicamente uma região tropical, da metade do Estado do Paraná para cima, que pode ser seca em parte do nordeste ou úmida na Amazônia, e outra região que é subtropical e engloba a parte sul do Paraná, mais Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Em função destas variações climáticas, há diferenças das cultivares de milho quanto a adaptação e os melhoristas utilizam, às vezes, da combinação de linhagens de adaptação temperada com tropical principalmente para regiões subtropicais. Isto permite aliar os progressos do melhoramento feito em regiões temperadas com o que se obtém no Brasil de adaptação mais tropical.

No entanto, ao se utilizar destas combinações tropicais x temperadas na síntese de híbridos para regiões tropicais, pode ser que acarrete em alguns casos problemas em alguns componentes, como mal empalhamento, muita produção de espiga e até maior incidência de doenças foliares. Estes problemas são acentuados em anos muito quentes e úmidos. Existe muita variabilidade para es-

tes aspectos entre os híbridos comercializados e os produtores de vem prestar atenção na compra de sementes.

f) Qualidade protéica dos grãos:

O milho sempre foi usado como alimento energético e apesar de ter cerca de 10% de proteína, a mesma é de baixo valor biológico devido à deficiência de dois aminoácidos essenciais: lisina e triptofano. Mas já existe no mercado brasileiro uma variedade de cor branca BR 451 que tem altos teores destes aminoácidos e esta proteína do milho passa a ter alto valor biológico, mantendo intacto o seu valor energético. Isto foi conseguido por modificação para endosperma duro de tipos contendo o gene opaco-2.

Ainda que este milho de alto valor protéico tenha muitas vantagens, a sua difusão nos próximos anos deve ser lenta mas gradual. Apesar de existir outras fontes de proteína, ou mesmo a possibilidade de se produzir lisina artificial, a partir do momento que esta característica genética é introduzida nas cultivares de milho, o agricultor passa a ter esta vantagem praticamente a custo zero. Hoje já existe a possibilidade de se produzir híbridos ou variedades de alto valor protéico com aspecto de milho normal. Basta continuar investindo em melhoramento para que a produtividade de deste tipo de milho alcance as produtividades do milho normal.

g) Tolerância a stress ambiental:

A semente de milho do futuro teria maior ou menor valor em função da carga genética da cultivar, não somente nos aspectos de produtividade e arquitetura ou resistência a doenças e pragas, ou qualidade, mas também nos aspectos de tolerância a stress ambiental. Hoje já dispomos no mercado brasileiro de algumas cultivares com tolerância ao alumínio tóxico do solo. Mas já está em fase adiantada de desenvolvimento milho com maior eficiência na utilização de fósforo, nitrogênio e mais tolerantes ao encharcamento do solo.



Com relação a tolerância a alumínio tóxico do solo, podemos verificar os progressos alcançados com a seleção de híbridos mais tolerantes e de alta produtividade (Tabela 5).

TABELA 5. Produtividade (kg/ha) de 5 locais, parâmetro de estabilidade (b) e crescimento relativo de raiz seminal (CRRS) em solução nutritiva com alumínio de híbridos selecionados para solos ácidos.

Híbrido	Produção (kg/ha)	$\hat{b}$	b	CRRS (%)
HD 7	6616	0,79	0,08	130
HD 9	7081	0,91	0,09	107
HD 14	8712	1,16	0,04	92
HD 15	8870	1,17	0,10	76
-----				
Cargill 111S	7817	1,17	0,03	48
DINA 3030	7969	1,09	0,11	61
Ag 401	7245	0,98	0,06	47
Pioneer 6875	8050	1,25	0,14	15

FONTE: Magnavaca et al. (1988)

Verifica-se que os híbridos HD 7 e HD 9 seriam materiais extremamente tolerantes mas de baixa produtividade. Já os HD 14 e HD 15 seriam tolerantes mas com produtividade elevada, superiores às testemunhas nos dois aspectos. O HD 14 é comercializado como BR 201. O mercado brasileiro tende a apresentar no futuro um maior número de opções deste tipo.

Com relação à eficiência na utilização de fósforo, há possibilidade de se associar produtividade com eficiência na utilização de fósforo e tolerância a alumínio, conforme mostrado na Tabela 6.

TABELA 6. Produção de grãos (kg/ha) de 16 híbridos duplos de milho na dose de 100 kg/ha  $P_2O_5$ .

Híbrido	Produção (kg/ha)	Classificação
HD 14 (BR 201)	6740	E
HD 15	6134	E
HD 20	6126	E
HD 16	5906	E
Pioneer 6875	5490	ME
Cargill 111s	5390	ME
CMS 353	5140	ME
Ag 303	5120	ME
Dina 10	5114	ME
CMS 354	4994	ME
CMS 355	4826	ME
CMS 352	4806	ME
HD 9	4780	ME
HD 3	4614	ME
CMS 350	4520	I
C 601	4366	I

I - ineficiente      ME - medianamente eficiente      E - eficiente

FONTE: V.C. Alves et al. (1990)

Verifica-se que os híbridos HD 14 e 15 da Tabela 5 também foram os mais eficientes na utilização de fósforo.

Com relação à eficiência na utilização de nitrogênio, estão se intensificando estudos bioquímicos na procura de cultivares que utilizem melhor o nitrogênio aplicado ou fixado simbioticamente. Exemplo disto são os dados apresentados na Tabela 7.

TABELA 7. Valores da glutamina sintetase (GS) em n moles/g MF/min. Peso de grãos em kg/ha, Nitrato Redutase (NR) em n moles NO/g MG/hora, nitrogenase em n moles etileno/hora/g Raiz e % micorrizas, de seis cultivares de milho avaliadas na EMBRAPA/CNPBS, Rio de Janeiro, 1990.

	GS	PG	NR	NASE	% NR
Nitrodente	86,41 a	3759	0,391 b	47,25 b	52,25
Nitroflint	91,40 a	4327	0,319 b	56,75 b	56,75
MS 20 x 22	71,42 bc	3003	0,933 a	75,75 b	51,50
HS fêmea BR 201	67,02 bc	3200	0,375 b	326 a	51,50
Sintético Elite	64,09 c	3024	0,439 b	116 b	54,50
P 3230	77,92 b	4209	0,381 b	20 b	45,25
$\bar{x}$	75,97	3588	0,42	104	51,95
CV (%)	4,23	21,93	98,75	114	22,50

Contraste: Teste de Duncan (5%)

FONTE: A. Machado et al. (1991)

Já foi detectado variabilidade entre cultivares de milho para a atividade de várias enzimas mas ainda são necessários alguns anos para se ter cultivares comerciais.

Já existem estudos avançados no CNPMS e uma variedade em pré-lançamento para tolerância ao encharcamento do solo. Os dados da Tabela 8 mostram os ganhos na seleção da variedade CMS 54 em condições de encharcamento.

Os dados são promissores e caberá aos melhoristas associarem este tipo de características com outros fatores.

É interessante observar os resultados obtidos por DONALD DUVICK estudando híbridos da Pioneer da década de 30 a 90, representando 70 anos de melhoramento. Ainda que a produção por planta não tenha realmente modificado, os melhoristas foram capazes de continuamente melhorar a capacidade das plantas de produzirem mais

sob condição de stress ambiental, como alta densidade e resistência à seca, permitindo ganhos crescentes na produção por área. Isto mostra a importância de se considerar os stresses ambientais nos programas de melhoramento.

TABELA 8. Comparação entre ciclos de seleção na variedade CMS 54 feita em condições de encharcamento do solo para os parâmetros produção de grãos e porosidade de raiz.

Ciclos de Seleção	Porosidade de raiz(%)		Produção de grãos (kg/ha)	
	Normal	Encharcado	Normal	Encharcado
C1	10,81	10,05 b	6580	4518 b
C2	11,26	10,79 ab	7307	5216 ab
C3	9,31	13,23 ab	6993	5334 a
C4	11,09	16,87 a	7328	5541 a
$\bar{x}$	10,61	12,73	6923 a	5066 b
F	n.s.	*	n.s.	*