

**Reciclagem de Duas Linhagens Elites de Milho para Resistência  
ao *Colletotrichum graminicola* –  
II: Fase Intermediária de Avaliação de Híbridos.**

Cleso Antônio P. Pacheco<sup>1</sup>, Alexandre F. da Silva<sup>1</sup>, Carlos Roberto Casela<sup>1</sup>, Lauro José M. Guimarães<sup>1</sup>,  
Paulo Evaristo de O. Guimarães<sup>1</sup>, Walter F. Meirelles<sup>1</sup>, Adelmo R. da Silva<sup>1</sup> e Sidney N. Parentoni<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, CP. 151, CEP 35701-970, Sete Lagoas-MG.  
[cleso@cpatc.embrapa.br](mailto:cleso@cpatc.embrapa.br)

Palavras chave: melhoramento de linhagens, reciclagem, geração F2, retrocruzamentos.

Grande parte das conquistas obtidas com o aumento da produtividade das culturas pode ser atribuída à resposta do melhoramento genético aos anseios de produtores e consumidores por alimentos mais baratos e de melhor qualidade. Isso vem sendo logrado pelo somatório de pequenos, mas constantes, ganhos com a seleção, realizados com o lançamento de novas cultivares. De fato, num mercado de sementes extremamente competitivo e sintonizado com as necessidades da sociedade, para cada safra será lançada pelo menos uma nova cultivar significativamente mais produtiva que as disponíveis, sem perder as boas características agronômicas e comerciais.

Mesmo que não seja panacéia para a solução dos problemas que o planeta vem enfrentando com a redução das áreas de preservação natural, o aumento dos problemas climáticos, o aquecimento global, a redução dos estoques mundiais e o aumento da pressão da sociedade para o incremento da produção de alimentos e biocombustíveis, como forma de reduzir os custos da alimentação e da energia e afastar os riscos do desabastecimento, não existe solução sustentável que não passe pelo aumento da produtividade agrícola.

Por outro lado, a crescente valorização do milho no mercado nacional e internacional tem feito com que essa cultura experimente avanços nos padrões tecnológicos de cultivo nunca vistos antes entre os pequenos e os médios agricultores brasileiros. Com a demanda superando a oferta a indústria de sementes vive um dos melhores momentos de sua história.

Em 2002, na Embrapa Milho e Sorgo, foi iniciado um trabalho de reciclagem, ou obtenção de linhagens de segunda geração a partir das linhas genitoras do híbrido simples BRS 1010, visando a obtenção de linhagens recicladas resistentes à antracnose. Na primeira fase do programa foram obtidas progênies endogâmicas a partir das gerações F2, RC1, RC2 e RC3 em condições de inoculação artificial no campo. Na segunda fase, dos 153 híbridos simples, resultantes dos topcrosses entre as linhagens recorrentes e as linhagens recicladas do grupo heterótico complementar, foram selecionadas 15 (Pacheco, et ali, 2007) para compor a fase intermediária de avaliação em maior número de ambientes, representada pelo Ensaio Intermediário de Híbridos do CNPMS, na safra 2006/2007.

Objetivo desse trabalho foi de avaliar o potencial desse esquema de obtenção de linhagens para a geração de híbridos simples superiores para alimentar a fase avançada ou elite do programa de desenvolvimento de cultivares do CNPMS.

Os Ensaios de Híbridos Intermediários 2006/2007, montados em látice simples 10 x 10 com parcelas de duas fileiras de 4,0 m de comprimento, foram instalados em 9 ambientes: Sete Lagoas - MG (safra), Londrina - PR (safra e safrinha), Goiânia - GO (safra), Campo Mourão - PR (Safra e

safrinha) e Sinop - MT (safrinha). Entre os 100 tratamentos foram incluídos os híbridos DKB 390, CMS 2C17EC 2, CMS 2C18EC 2 e a variedade BRS 4103, como testemunhas. Os demais tratamentos foram híbridos novos gerados pelo Programa de melhoramento, dos quais 15 foram os híbridos resultantes do cruzamento das linhagens recicladas para antracnose com as linhagens recorrentes complementares. Cerca de 30 dias após o florescimento masculino os híbridos foram avaliados fenotipicamente para aspecto geral das parcelas e para incidência das doenças: Ferrugem branca (Goiânia), Mancha branca (Campo Mourão, Londrina e Goiânia), Cercosporiose (Campo Mourão), Ferrugem polissora (Londrina e Goiânia), Antracnose (Campo Mourão e Goianésia) e Mancha de diplódia (Goiânia). Foram avaliadas as características agrônômicas: Produção de grãos (ton/ha) Florescimento masculino (dias), altura de planta e de espiga (cm), % de plantas acamadas+quebradas e % de umidade dos grãos na colheita.

A produção relativa dos 15 híbridos de linhagens recicladas para antracnose variou de cerca de 6% acima até 11% abaixo da média da testemunha mais produtiva, o DKB 390 (Tabela 2). A seleção de seis híbridos simples (nomes em negrito) para a próxima fase, Ensaios de Híbridos Avançados do CNPMS, correspondeu a um aproveitamento de 40% dos materiais avaliados, o que pode ser considerado excelente. Nesses seis híbridos selecionados, quatro linhagens foram recicladas na geração RC1, uma na geração F2 e uma na geração RC3, correspondendo a uma proporção de 66,66%, 16,66% e 16,66% dos tipos selecionados. Essa proporção difere da obtida na fase anterior principalmente pela ausência de representantes da geração RC2 que era a segunda classe mais numerosa de indivíduos avaliados (Tabela 1). Nessa fase o desequilíbrio na participação de progenitores doadores (PD) e progenitores recorrentes (PR) dentro do grupo de híbridos selecionados foi acentuado. O PD 2 contribuiu com apenas um híbrido selecionado (16,66%) enquanto que o PD 1 esteve presente nos outros cinco híbridos (83,33%). A dificuldade de reciclagem do PR B se acentuou ainda mais com a participação do PR A em 100,00% das linhagens recicladas selecionadas (Tabela 1).

É importante mencionar que 50% dos híbridos selecionados nessa fase e na anterior, foram pré-selecionados fenotipicamente quanto ao aspecto geral e sanidade foliar, indicando que além de produtivos esses híbridos também se destacaram quanto ao aspecto visual. Com isso, a influência da avaliação fenotípica na seleção pode ser notada tanto pela ocorrência de híbridos produtivos que foram eliminados por seu aspecto visual (1F585 4), quanto de híbridos que se destacaram quanto ao aspecto visual mas que foram eliminados posteriormente por sua baixa produtividade (1F561 4) (Tabela 2). Embora o ideal seja que além de produtivo o híbrido seja bonito, híbridos com aspecto visual mediano ou ligeiramente abaixo da média, que não chamaram a atenção no campo, podem ser selecionados com base na produção. Esse é o caso do híbrido 1F557 4 que não chamou a atenção pelo aspecto visual na fase de topcross e nem na avaliação de híbridos intermediários. Além disso, os resultados das avaliações para doenças mostraram que embora não tenha sido possível eleger um híbrido resistente à todas as principais doenças, principalmente para a antracnose, foram raros os híbridos que deveriam ser descontinuados com base somente nesse critério.

Pela literatura consultada ( Lamkey et ali, 1995 e Melchinger et ali, 1988) a escolha da geração de cruzamento é complexa porque depende de muitos fatores como: a divergência genética entre os progenitores, a importância dos efeitos epistáticos no valor genético dos progenitores, da herdabilidade do caráter que é dependente do número de genes envolvidos na expressão do caráter e do objetivo do melhorista. No entanto, quando o objetivo do melhorista é a obtenção de linhagens recicladas e estão envolvidas duas linhagens elites com alta pressão de seleção, parece não haver dúvidas a respeito da maior vantagem da utilização da geração F2, apesar de o trabalho e o tempo

gastos para obtenção da F2 e da RC1 serem os mesmos. Assim é provável que a superioridade dos RC1 nesse trabalho possa ser explicada pela divergência genética entre os PR e os PD.

Não há dúvida no caso do PR A, cuja capacidade geral de combinação (CGC) já foi atestada experimentalmente em vários dialelos e topcrosses, e comercialmente, pela sua utilização em vários híbridos simples, duplos e triplos lançados pela Embrapa. Já a escolha do PR B se deveu sobretudo à sua alta capacidade específica de combinação (CEC) com o PR A, explorada em um híbrido simples, um duplo e um triplo comerciais. Uma das hipóteses que se pode levantar para ajudar a compreender a dificuldade encontrada na reciclagem do PR B é baseada em sua constituição genética. É provável que no PR B haja à uma alta frequência de alelos favoráveis recessivos em homozigose nos locos complementares dominantes no PR A, implicando em alta CEC mas baixa CGC. Essa hipótese também ajuda entender as qualidades do PR B ao ser usado como testador do grupo heterótico A.

Outro ponto que merece discussão é o fato de o maior valor genético dos PD estar em sua resistência a um fator biótico de herança simples e o objetivo do trabalho ser a introgressão desses poucos genes visando melhorar uma linhagem elite para essa característica. Nesses casos, cujos genes são doados por um PD em que esses genes estejam fixados ou em altas frequências, seja ele elite ou não, a discussão passa a ser sobre qual a melhor geração de retrocruzamento, uma vez que os efeitos da característica que está sendo incorporada serão diluídos a cada geração de retrocruzamento Hallauer (1990).

Pela constituição e frequência dos híbridos selecionados para a fase avançada de testes, estes resultados permitiram concluir que, na reciclagem dessas duas linhagens elites, a geração RC1 se mostrou mais apropriada que a geração F2, e qualquer outra geração de retrocruzamento para a extração de linhagens e que a seleção pode ser fortemente influenciada pelos progenitores doadores e recorrentes. Como nos 15 híbridos simples avaliados nesse trabalho um dos progenitores era invariavelmente o PR do grupo heterótico complementar, pode-se concluir ainda que a substituição de apenas um dos genitores de um híbrido elite por uma linhagem reciclada não foi suficiente para alterar a reação do híbrido elite à antracnose ou às principais doenças.

### **Agradecimentos**

Ao CNPq pelo auxílio e estímulo da bolsa em Produtividade em Pesquisa.

### **Referências**

- HALLAUER, A.R. Methods used in developing maize inbreds. *Maydica*, v.35, p.1-16, 1990
- LAMKEY, K.R.; SCHNICKER, B.J.; MELCHINGER, A.E. Epistasis in the elite maize hybrid and choice of generation for inbred line development. *Crop Science*, v. 35, p.1272-1281, 1995.
- MELCHINGER, A.E.; SCHMIDT, W.; GEIGER, H.H. Comparison of testcrosses produced from F2 and first backcross populations in maize. *Crop Science*, v.28, p.743-749, 1988.
- PACHECO, C.A.P.; FERREIRA, A.S.; CASELA, C.R.; GUIMARÃES, P.E.O.; GAMA, E.E.G.; MEIRELLES, W.F.; PARENTONI, S.N. Reciclagem de duas linhagens elites para resistência ao *Colletotrichum graminicola*. In: IV Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 2007, São Lourenço. Anais do IV Congresso Nacional de Melhoramento de Plantas. Lavras : UFLA, 2007.

**Tabela 1.** Composição genotípica das 153 progênies recicladas de duas linhagens (A e B) recorrentes elites, a partir de duas linhagens (1 e 2) doadoras de genes para resistência a antracnose, avaliadas na safra 2004/2005, das 15 progênies selecionadas e avaliadas no Ensaio Intermediário de Híbridos 2006/2007 e das 6 progênies superiores, selecionadas para compor o Ensaio Avançado de Híbridos 2007/2008.

<b>Progênies avaliadas</b>										
<b>Geração – Ensaio de topcrosses 2004/05</b>										
<b>Progenitor</b>	<b>S3(F2)</b>		<b>S2(RC1)</b>		<b>S1(RC2)</b>		<b>RC3</b>		<b>Total</b>	
<b>Doador</b>	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<b>1</b>	16	10,46	50	32,68	14	9,15	10	6,54	90	<b>58,82</b>
<b>2</b>	15	9,80	27	17,65	13	8,50	8	5,23	63	<b>41,18</b>
<b>Total</b>	31	20,26	77	50,33	27	17,65	18	11,76	153	<b>100,00</b>
<b>Progênies avaliadas</b>										
<b>Geração - Ensaio Intermediário 2005/06</b>										
<b>Progenitor</b>	<b>S3(F2)</b>		<b>S2(RC1)</b>		<b>S1(RC2)</b>		<b>RC3</b>		<b>Total</b>	
<b>Doador</b>	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<b>1</b>	1	6,67	4	26,67	2	13,33	1	6,67	8	<b>53,33</b>
<b>2</b>	0	0,00	3	20,00	3	20,00	1	6,67	7	<b>46,67</b>
<b>Total</b>	1	6,67	7	46,67	5	33,33	2	13,33	15	<b>100,00</b>
<b>Progênies avaliadas</b>										
<b>Geração - Ensaio Avançado 2007/08</b>										
<b>Progenitor</b>	<b>S3(F2)</b>		<b>S2(RC1)</b>		<b>S1(RC2)</b>		<b>RC3</b>		<b>Total</b>	
<b>Doador</b>	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<b>1</b>	1	16,67	3	50,00	0	0,00	1	6,67	5	<b>83,33</b>
<b>2</b>	0	0,00	1	16,67	0	0,00	0	0,00	1	<b>16,67</b>
<b>Total</b>	1	16,67	4	66,67	0	0,00	1	6,67	6	<b>100,00</b>
<b>Progênies avaliadas</b>										
<b>Recorrente</b>	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<b>A</b>	1	16,67	4	66,67	0	0,00	1	16,67	6	<b>100,00</b>
<b>B</b>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	<b>0,00</b>
<b>Total</b>	1	<b>16,67</b>	4	<b>66,67</b>	0	<b>0,00</b>	1	<b>16,67</b>	6	<b>100,00</b>

**Tabela 2.** Médias para produção em kg/ha, características agronômicas e reação às principais doenças, de 15 híbridos de linhagens recicladas para resistência a antracnose e 4 testemunhas avaliados no Ensaio Intermediário de Híbridos do CNPMS em nove ambientes na safra 2006/2007.

Trat	Nome	Pedigree	Tipo	PROD	% rel 4103	%rel DKB390		FF	AP	AE	AQ (%)	U (%)	FB	MB	Ce	FP	An	MD
10	<b>1F565 4</b>	(2xA)x(A)-3)-2-1 S2 x B	RC1	8,28	144,0	105,9	a	66,3	220	112	11	19,3						
8	<b>1F563 4</b>	(1xA)x(A)-3)-7)x(A)-1)x(A) RC3 2 x B	RC3	8,23	143,1	105,2	a	66,9	210	107	10	20,0						
3	<b>1F558 4</b>	(1xA)x(A)-1)-2-1 S2 x B	RC1	8,16	141,9	104,4	a	65,1	223	118	10	18,8						
5	<b>1F560 4</b>	(1xA)x(A)-2)-1-2 S2 x B	RC1	8,04	139,8	102,8	a	66,0	213	110	9	18,5						
30	1F585 4	(2xB)x(B)-4)-3)x(B)-1)-2 S1 x A	RC2	7,95	138,3	101,7	a	65,1	210	109	12	19,6						
7	<b>1F562 4</b>	(1xA)x(A)-3)-6-2 S2 x B	RC1	7,89	137,2	100,9	a	63,4	210	105	11	18,5						
2	<b>1F557 4</b>	(1xA)-5-2-1 S3 x B	F2	7,87	136,9	100,6	a	66,0	225	113	8	19,1						
93	DKB390	TESTEMUNHA		7,82	136,0	100,0	a	65,8	212	115	10	17,3						
9	1F564 4	(2xA)x(A)-1)-2-1 S2 x B	RC1	7,81	135,8	99,9	a	65,4	216	107	11	19,2						
92	2C18EC2	TESTEMUNHA		7,70	133,9	98,5	b	65,6	209	105	10	19,0						
13	1F568 4	(2xA)x(A)-3)-4)x(A)-1)x(A) RC3 2 x B	RC3	7,57	131,7	96,8	b	65,1	216	109	8	19,6						
91	2C17EC2	TESTEMUNHA		7,56	131,5	96,7	b	65,5	208	108	7	19,4						
11	1F566 4	(2xA)x(A)-3)-3-2 S2 x B	RC1	7,43	129,2	95,0	b	64,8	217	113	8	18,2						
	<b>Média</b>			<b>7,37</b>	<b>128,2</b>	<b>94,3</b>		<b>64</b>	<b>213</b>	<b>108</b>	<b>15</b>	<b>18</b>						
14	1F569 4	(2xA)x(A)-3)-5)x(A)-2)-1 S1 x B	RC2	7,29	126,8	93,2	b	65,0	214	110	12	19,4						
6	1F561 4	(1xA)x(A)-3)-3-2 S2 x B	RC1	7,28	126,6	93,1	b	67,0	210	106	13	19,1						
12	1F567 4	(2xA)x(A)-3)-4)x(A)-1)-1 S1 x B	RC2	7,20	125,2	92,1	b	65,4	214	105	14	18,4						
29	1F584 4	(1xB)x(B)-3)-5)x(B)-1)-2 S1 x A	RC2	7,13	124,0	91,2	b	62,9	206	109	11	18,9						
4	1F559 4	(1xA)x(A)-1)-4)x(A)-1)-2 S1 x B	RC2	6,95	120,9	88,9	b	63,3	206	107	12	18,9						
90	BRS4103	TESTEMUNHA		5,75	100,0	73,5	b	65,4	202	97	10	17,3						

Onde: os nomes em negrito identificam os híbridos selecionados para a próxima fase de avaliação; as cores verde, amarelo e vermelho identificam reação crescente em suscetibilidade dos híbridos às seguintes doenças: Ferrugem Branca (FB), Mancha Branca (MB), Cercosporiose (Ce), Ferrugem Polissora (FP), Antracnose (An) e Mancha de Diplódia (MD). Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.