

Efeito da Transgenia na Estabilidade e Adaptabilidade de Híbridos de Milho

Angela Cristina de Oliveira¹, Rafaella Vargas Rossini^{1,2} e João Antonio da Costa Andrade^{1,3}

¹ UNESP – Câmpus de Ilha Solteira, SP. angelagronomia2@hotmail.com.

² rafa_rossini@hotmail.com ³ jandrade@bio.feis.unesp.br

RESUMO – Com o avanço dos híbridos transgênicos de milho no mercado de sementes, torna-se interessante saber se os genes introduzidos tem algum efeito, no comportamento desses híbridos. Neste trabalho o objetivo foi verificar o efeito do gene Bt na estabilidade e adaptabilidade de alguns híbridos comerciais. Foram avaliados 12 híbridos, sendo seis convencionais e as seis versões transgênicas (Bt) dos mesmos, em cinco épocas de semeadura (outubro/2009 a fevereiro/2010). Duas aplicações de inseticida, em cada época, foram realizadas, apenas nas versões convencionais dos híbridos. A análise de adaptabilidade e estabilidade, pelo método da regressão linear simples, indicou que o dano de ataque de *Spodoptera frugiperda* teve uma maior resposta, aos ambientes favoráveis à praga, nos híbridos convencionais, mas a estabilidade foi idêntica em ambos os grupos. Essa diferença no comportamento em relação ao ataque da praga, não refletiu em diferenças de adaptabilidade nem estabilidade para rendimento de grãos. Portanto a tolerância aos danos da praga foi evidente, mesmo com apenas duas aplicações de inseticida nos híbridos convencionais.

Palavras chave: *Zea mays* L., *Spodoptera frugiperda*, Lagarta do cartucho, transgênicos.

Introdução

O conhecimento do comportamento ou adaptabilidade de genótipos a determinados ambientes é de grande importância para a avaliação do valor agrônomo das cultivares, tanto para os produtores de sementes como para os de grãos. Cultivares adaptadas a ambientes específicos são de interesse em algumas espécies, em algumas condições e amplos esforços devem ser feitos no sentido de identificar genótipos que possuam alta estabilidade ou com o comportamento previsível para produção em diversos ambientes (MURAKAMI et al, 2004).

O termo adaptabilidade refere-se à capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, enquanto estabilidade refere-se à capacidade de os genótipos mostrarem um comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente (COSTA et al, 1999). Conforme EBERHART e RUSSEL (1966), o ideal é que uma cultivar apresente adaptabilidade geral e previsibilidade alta, capaz de responder ao estímulo do ambiente e ser estável, mantendo bom desempenho em condições ambientais desfavoráveis. Assim, o estudo de adaptabilidade e estabilidade tem grande importância em qualquer programa de melhoramento vegetal, na caracterização de novas cultivares.

Com a introdução das cultivares transgênicas, e o pacote tecnológico correspondente,

é de especial interesse a informação dos efeitos do gene introduzido, no comportamento das cultivares. Com o aumento significativo da semeadura de cultivares transgênicas, por estas apresentarem facilidade de manejo de pragas, ervas daninhas e provável redução nos custos de produção, necessita-se de estudos mais amplos relacionados com a adaptabilidade e estabilidade desses materiais. Como algumas firmas produtoras de sementes ainda possuem as versões normal e transgênica de diversos híbridos de milho, qualquer alteração de comportamento pode ser atribuída ao gene introduzido e às alterações nas práticas de cultivo, decorrentes desse evento. O objetivo deste trabalho é verificar possíveis alterações na estabilidade de híbridos de milho com a transgenia.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP), localizada no município de Selvíria-MS, situada a aproximadamente 20° 20' S e 51° 24' O, com altitude de 335 m.

Foram avaliados 12 tratamentos em blocos ao acaso com quatro repetições em cinco épocas (26/10/2009, 11/11/2009, 02/12/2009, 05/01/2010 e 08/02/2010). Nesses 12 tratamentos foram colocados seis pares de híbridos, sendo um híbrido convencional e sua versão transgênica (Bt). Os pares de híbridos utilizados foram os seguintes: AGN30A86 e AGN30A86Hx, AGN30A91 e AGN30A91Hx, DOW2B655 e DOW2B655Hx, DOW2B688 e DOW2B688Hx, DOW2B710 e DOW2B710Hx, AG9010 e AG9010YG. As parcelas foram constituídas de quatro linhas de 5 m com espaçamento de 0,85 m entre linhas, sendo coletados dados das duas linhas centrais (8,5 m²).

As práticas culturais foram aplicadas de acordo com o pacote tecnológico de cada híbrido. Para o controle da lagarta do cartucho foram feitas duas aplicações de inseticida em cada época, apenas nos híbridos convencionais, quando se atingiu 20% de plantas com folhas raspadas. Embora a cultura tenha sido instalada para ser conduzida em sequeiro, nos períodos de estiagem mais longa, o fornecimento de água foi feito por aspersão com lâmina de aproximadamente 13 mm por semana, principalmente no ensaio instalado em fevereiro.

O dano de lagarta do cartucho (NS) foi medido atribuindo-se notas de 0 a 9 para cada planta da parcela, conforme metodologia proposta por DAVIS et al. (1992), e calculando-se a média para a parcela. Também foi medido o rendimento de grãos corrigido para 13% de umidade (REND).

Foi efetuada a análise de variância para cada ensaio em separado, objetivando verificar

a homogeneidade da variância residual. Em seguida foram realizadas as análises de variância conjuntas e as análises de estabilidade e adaptabilidade, utilizando-se o método de regressão linear simples, proposto por HEBERHART e RUSSEL (1966), cujo modelo estatístico é $Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$, em que Y_{ij} = rendimento médio do i-ésimo genótipo no j-ésimo ambiente; β_{0i} = média do i-ésimo genótipo; β_{1i} = resposta linear ao ambiente; $I_j = \frac{Y_{.j}}{g} - \frac{Y_{..}}{ag}$ = índice ambiental; δ_{ij} = desvios da regressão; e ε_{ij} = erro experimental médio.

Resultados e discussão

Na análise conjunta (Tabela 1) verifica-se que o efeito de épocas foi significativo para os dois caracteres, mas os híbridos convencionais diferiram dos transgênicos apenas para NS. O efeito linear de épocas foi significativo para ambos os caracteres, indicando a presença de variações ambientais suficientes para proporcionar alterações nas médias dos genótipos. No entanto a fonte híbridos x época linear não foi significativa para REND, indicando que não houve diferença entre os coeficientes de regressão do grupo de genótipos para esse caráter, o que não ocorreu para NS. A interação híbridos x épocas foi significativa apenas para REND no grupo de híbridos transgênicos, justificando a análise de adaptabilidade e estabilidade mais detalhada para os mesmos.

Os quadrados médios dos desvios (Tabela 1) não foram significativos para nenhum genótipo para NS, indicando estabilidade para essa variável em todos, segundo o método tradicional de análise de estabilidade e adaptabilidade. Para REND apenas AG9010Hx e DOW2B655Hx seriam instáveis por esse método. Para NS (Tabela 1), verificou-se que os híbridos convencionais diferiram dos transgênicos, o que não ocorreu para REND.

Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade (Tabela 2), calculados pelo método de HEBERHART e RUSSEL (1996), indicam que os híbridos não transgênicos mostraram coeficientes de regressão superiores à unidade para NS, devido a alta resposta aos ambientes favoráveis ao ataque de *Spodoptera*. As variâncias não significativas dos desvios da regressão e os altos coeficientes de determinação indicam serem genótipos estáveis e previsíveis para esse caráter. Por outro lado os híbridos transgênicos mostraram coeficientes de regressão inferior à unidade (variando de 0,16 a 0,69), evidenciando a pequena sensibilidade, com desempenho menos que proporcional ao benefício do ambiente para danos da praga.

Para REND todos os coeficientes de regressão (Tabela 2 e Figura 1) foram

estatisticamente iguais a unidade, indicando que todos os genótipos apresentaram boa resposta à melhoria do ambiente e não diferiram em adaptabilidade. Quanto à estabilidade apenas DOW2B655Hx e AG9010YG apresentaram significância para a variância dos quadrados médios dos desvios da regressão, podendo ser considerados pouco previsíveis, o que não indica tendência alguma de que os transgênicos comportaram-se de maneira diferente dos convencionais. A maior resposta do ataque de *Spodoptera* nos híbridos convencionais, quando o ambiente favoreceu a praga, não foi suficiente para alterar o REND, em comparação à suas versões transgênicas. Portanto os híbridos toleraram uma razoável perda de área foliar ocorrida. Como apenas duas aplicações de inseticidas foram feitas nesses híbridos, em cada época, questiona-se o relato de alguns agricultores que desejam uma lavoura praticamente limpa de sintomas de ataque da lagarta e, para isso, realizam até oito aplicações de inseticida em certas situações.

Conclusões

- O gene Bt dos híbridos avaliados interferiu na adaptabilidade do dano causado por *Spodoptera frugiperda*, diminuindo sua resposta à medida que os ambientes foram mais propícios para a praga. No entanto isso não se refletiu no rendimento de grãos.
- Os híbridos convencionais foram tolerantes ao maior ataque de *Spodoptera frugiperda*, não reduzindo o rendimento em comparação às suas versões transgênicas.

Literatura Citada

COSTA, J. G.; MARINHO, J. T. de S.; PEREIRA, R. de C. A.; LEDO, F. J. da S.; MORAES, R. N. de S. Adaptabilidade e estabilidade da produção de cultivares de milho recomendadas para o Estado do Acre. **Ciência e Agrotecnologias**, Lavras, v. 23, n.1. p.7-11, jan/mar, 1999.

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. Mississippi: **Agricultural and Forest Experiment Station**, 1992. 9p. (Technical Bulletin, 186).

EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparig varieties. **Crop Science**, Madison, v.6, p.36-40, 1966.

MURAKAMI, D.M.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D.; BIZÃO, N. Considerações Sobre duas metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade. **Ciência Rural**, v. 34. n.1, Santa Maria, jan/fev 2004.

Tabela 1. Quadrados médios da análise de variância conjunta para nota de *Spodoptera* (NS) e rendimento de grãos (REND) de 12 híbridos avaliados em cinco épocas.

Fontes de Variação	GL	NS (nota)	REND (kg/ha)
Blocos/Épocas	15	0,6250	576132,3
Épocas	4	34,6312**	77877553,3**
Híbridos convencionais (HC)	5	1,4283	10358933,8**
Híbridos transgênicos (HT)	5	0,4083	13503680,2**
HC vs HT	1	277,3500**	243716,3
HC x Épocas	20	0,5325	409282,0
HT x Épocas	20	0,1792	840269,2*
(HC vs HT) x Épocas	4	16,7354**	774602,6
Demais fontes pelo modelo de HEBERHART e RUSSEL (1966)			
Épocas/Híbridos	48	3,87**	7074993**
Épocas linear	1	145,75**	311510213**
Híbridos x Épocas linear	11	5,75**	567012
Desvios Combinados	36	0,50	607008
Desvios AGN30A86	3	0,42	207115
Desvios AGN30A86Hx	3	0,26	389858
Desvios AGN30A91	3	0,10	99119
Desvios AGN30A91Hx	3	0,80	278849
Desvios DOW2B655	3	0,80	127302
Desvios DOW2B655Hx	3	0,45	1338178*
Desvios DOW2B688	3	1,06	541960
Desvios DOW2B688Hx	3	0,33	1180963
Desvios DOW2B710	3	0,30	1186438
Desvios DOW2B710Hx	3	0,51	162233
Desvios AG9010	3	1,18	126115
Desvios AG9010YG	3	0,12	1645969**
Erro médio	165	0,6917	479542,6
Coefficiente de Variação (%)	-	38,98	9,19
Médias	-	2,13	7538

*, ** - Significativos a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

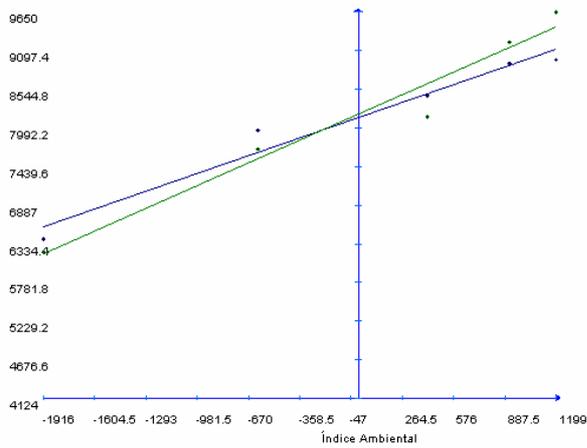
Tabela 2. Coeficiente de regressão (β_1), variância dos desvios da regressão (σ_a^2) e coeficiente de determinação (R^2), para nota de *Spodoptera* (NS) e rendimento de grãos (REND), obtidos pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966).

HÍBRIDOS	NS (nota)				REND (kg/ha)			
	β_{01}^1	β_1	σ_a^2	R^2	β_{01}^1	β_1	σ_a^2	R^2
AGN30A86	3,3 a	1,61	-0,06	94,88	8142 a	0,81	-68107	96,51
AGN30A86Hx	0,8 c	0,16	-0,10	22,89	8187 a	1,04	-22421	96,00
AGN30A91	3,1 b	1,21	-0,14	97,70	8092 a	0,80	-95106	98,23
AGN30A91Hx	0,9 c	0,37	0,03	33,86	7898 a	1,23	-50173	97,90
DOW2B655	3,3 a	1,76	0,03	92,23	7683 a	0,89	-88060	998,17
DOW2B655Hx	0,9 c	0,34	-0,05	43,22	7850 a	0,83	214659*	81,81
DOW2B688	3,6 a	1,83	0,09	90,57	7515 a	0,93	15604	93,29
DOW2B688Hx	0,9 c	0,46	-0,09	65,74	7608 a	1,15	175355	90,69
DOW2B710	2,9 b	1,74	-0,09	96,82	7441 a	1,13	176724	90,34
DOW2B710Hx	0,9 c	0,20	-0,15	71,43	7940 a	0,99	-79327	98,13
AG9010	2,9 b	1,64	0,12	87,38	6162 b	1,03	-88357	98,64
AG9010YG	1,2 c	0,69	-0,13	92,09	5935 b	1,16	291607*	87,63

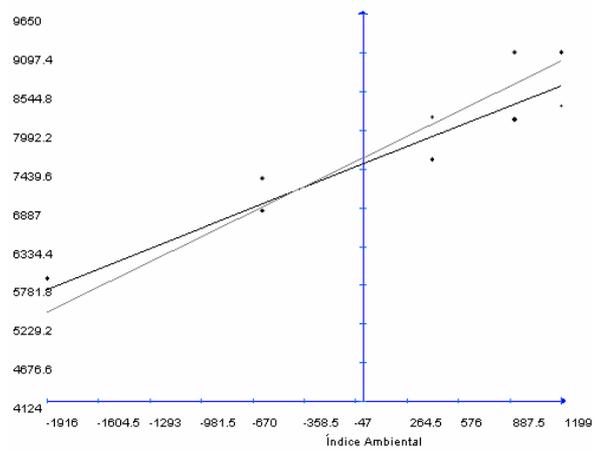
*, ** - Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t ($B_1 = 1$) e teste F ($\sigma_a^2 = 0$);

¹ - Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade

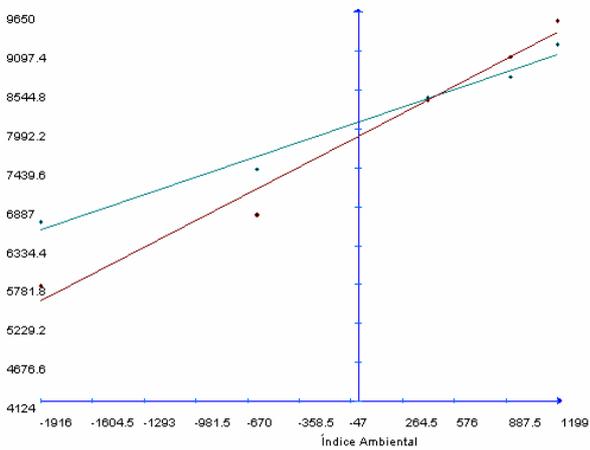
AGN30A86 e AGN30A86Hx



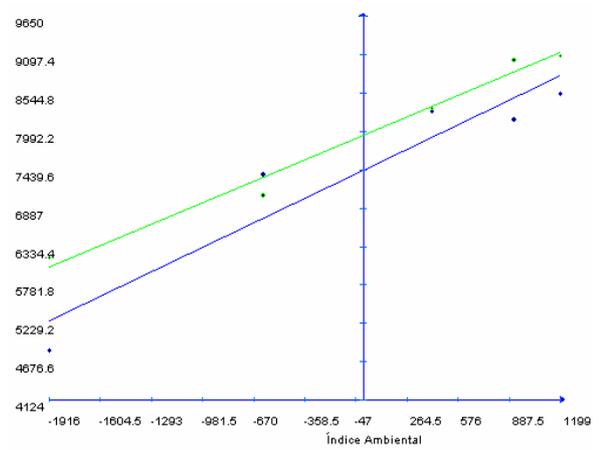
DOW2B688 e DOW2B688Hx



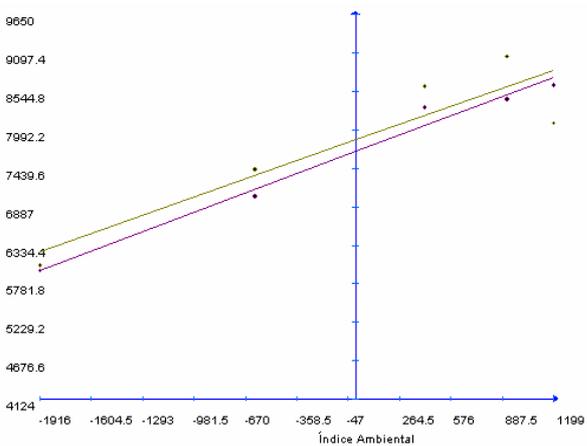
AGN30A91 e AGN30A91Hx



DOW2B710 e DOW2B710Hx



DOW2B655 e DOW2B655Hx



AG9010 e AG9010YG

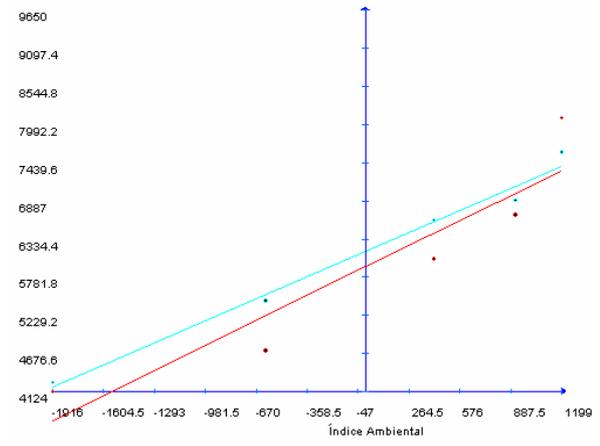


Figura 1 – Regressão linear do Rendimento de Grãos em função do índice ambiental, para híbridos convencionais e suas respectivas versões transgênicas, de acordo com metodologia de HEBERHART & RUSSEL (1966).

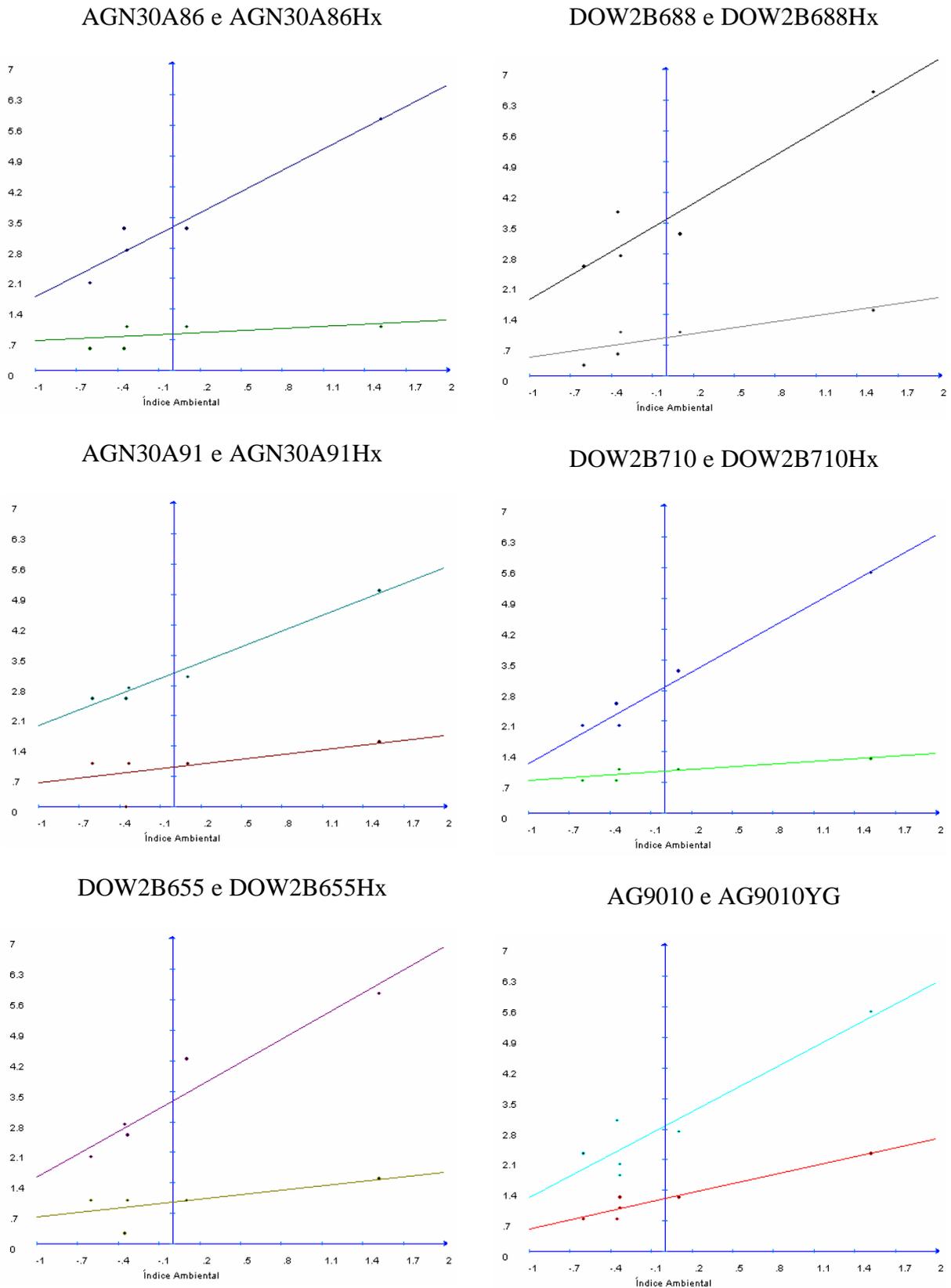


Figura 2 – Regressão linear da nota para danos de *Spodoptera frugiperda* (DAVIS et al., 1992), em função do índice ambiental, para híbridos convencionais e suas respectivas versões transgênicas, de acordo com metodologia de HEBERHART & RUSSEL (1966).