

EPISTAZIGOSE E EFEITOS EPISTÁTICOS

L. A. Fries^{1,2,3}, F. S. Schenkel⁴, V. M. Roso¹, F. V. Brito¹, J. L. P. Severo¹ e M. L. Piccoli¹

¹GenSys Consultores Associados S/C Ltda;
Rua Guilherme Alves, 170/304 - 90680-000 Porto Alegre RS.

²Lagoa da Serra Ltda.

³DZ-FCAV-UNESP-Jaboticabal.

⁴University of Guelph.

Introdução

Os efeitos epistáticos são entendidos como a interação que ocorre entre genes de diferentes locus. Quando se realiza cruzamento entre raças, os genes vêm-se obrigados a cooperar com outros genes, para cujas funções eles não têm afinidade. Assim, pode-se esperar que animais cruzados estejam em desarmonia consigo próprio e que a epistasia, quando importante, seja um efeito negativo (Kinghorn, 1993). Os efeitos aditivo negativo/oposto, de dominância e de epistasia, juntos, podem reduzir a significância de seus resultados, produzindo um fenômeno chamado “nulificação epistática”. A seleção dentro de uma raça, ao longo do tempo, pode aumentar as frequências de genes não alélicos que, em conjunto, produzem efeitos favoráveis extra. Em gametas de animais cruzados, a recombinação destas ligações ou genes associados, devido ao *crossing over* que ocorre, caracteristicamente, na primeira divisão da meiose, reduz a frequência conjunta destes conglomerados parentais. A razão para o reduzido uso de cruzamento entre raças leiteiras *Bos taurus* pode estar, então, na ocorrência de efeitos epistáticos. Quando consideramos apenas dois locus, nove tipos de efeitos epistáticos podem ocorrer, sendo que os mais simples são: dois genes em dois locus (aditivo por aditivo) e um único gene em um locus e um par de genes em outro locus (aditivo por dominante). Se estas considerações são estendidas para três ou mais locus, os números e os tipos de efeitos epistáticos possíveis aumentam rapidamente e os modelos genéticos passam a ser de interesse puramente teórico. Perdas epistáticas em F₂, retrocruzamento e populações sintéticas levam a uma performance esperada menor do que a que deveria ser predita somente pelo modelo aditivo-dominante (Cunningham, 1987). Dickerson (1973) introduziu o termo “perda por recombinação” para medir os desvios da associação linear da heterose com o grau de heterozigose e descrever “a fração média de pares de locus segregando, independentemente, nos gametas de ambos os pais, dos quais espera-se combinações não parentais”. Kinghorn (1980) definiu “perdas epistáticas” como sendo “proporcional à probabilidade de que dois genes não alélicos no indivíduo diplóide sejam de raças diferentes”. Resultados de Arthur *et al.* (1999), Fries *et al.* (2000) e Piccoli *et al.* (2002) têm mostrado que quando comparamos os modelos genotípico e padrão (efeitos aditivo e de heterose), existe uma falta de ajuste/*lack-of-fit* significativa no último. Os efeitos epistáticos, quando adicionados ao modelo padrão, permitem uma explicação suficiente e detalhada das médias genotípicas. Considerando que os indivíduos F₁ são produzidos por gametas de tipos parentais, estes indivíduos possuem probabilidade máxima de produzir gametas do tipo não parental e os F₂ têm 50% de probabilidade de produzirem gametas dos tipos parentais e criar efeitos epistáticos. A heterozigose (H) representa a probabilidade de que os genes de um determinado par sejam originados de raças diferentes. Esta

probabilidade é válida para quaisquer dois genes, alelos ou não. Assim, H também informa a fração esperada de gametas recombinantes produzidos por um indivíduo cruzado, para qualquer número de locus, tipos e configurações espaciais, com respeito às raças originais. Esta interpretação de H é muito próxima à perda epistática de Kinghorn (1980) e complementa a definição de perda por recombinação de Dickerson (1973). Quanto maior for a heterozigose de um touro (H^T), mais gametas de tipos recombinantes ele produzirá. O mesmo ocorre com respeito aos gametas produzidos pelas vacas (H^V). Como consequência, perdas epistáticas ou por recombinação serão proporcionais à epistazigose (E^I), ou a heterozigose média observada nos pais, ou $E^I=0.5(H^T+H^V)$. E^I expressa "máxima perda epistática ou por recombinação relativa" e terá valor máximo ($E^I=1.0$) quando ambos os pais forem F1's. A epistazigose materna (E^M) é dada pela E^I da vaca no momento de seu nascimento, ou $E^M=0.5(H^{PV}+H^{MV})$, em que H^{PV} é a heterozigose do pai da vaca e H^{MV} é a heterozigose da mãe da vaca. E^I poderia ser entendida como uma interpretação numérica das definições de Dickerson (1973) e de Kinghorn (1980). A epistazigose deveria ser considerada como uma interpretação numérica das definições de perda por recombinação/epistática e como uma possível candidata para estimar epistasia. Ela é de fácil expressão/codificação por ser uma simples função da heterozigose dos pais, que deveria ser registrada de qualquer forma. Mas, talvez a melhor vantagem da epistazigose seja que ela pode ser obtida, facilmente, como consequência de regras simples e rigorosas, sem qualquer margem para interpretação. As mesmas regras utilizadas para decompor a heterozigose podem ser empregadas para decompor a epistazigose. Resta, então, um único problema: perdas por interações entre gametas que se unem são confundidas com efeitos de heterose.

Implicações para os modelos de avaliação genética de populações multiraciais/cruzadas

A identificação de animais geneticamente superiores através do tempo, continentes e raças/rebanhos pode ser o objetivo final dos programas de avaliação e das associações. O *interbull* está bem adiantado com este objetivo para raças importantes de bovinos leiteiros. Existe necessidade e proposta para a realização de avaliações através de rebanhos de corte, baseadas na combinação de dados de experimentos de cruzamentos e de populações comerciais, de animais de raças puras e compostas contemporâneas. Uma forma de manipular este tipo de dados é preajustar para heterozigoses. É possível decompor as heterozigoses para estimar melhor a heterose, de acordo com os grupos genéticos e as distâncias. O próximo passo é obter estimativas de efeitos epistáticos, de acordo com as epistazigoses. Estes coeficientes de efeitos epistáticos podem ser decompostos para grupos grandes (e.g.: britânico, continental, duplo propósito, leiteiro, sanga, crioulo e indicus) de uma maneira similar à utilizada para decompor as heterozigoses. Esta decomposição trará benefícios quanto à acurácia das avaliações genéticas.

Referências Bibliográficas:

- Arthur, P.F., Hearnshaw, H., Stephenson, P.D. (1999) *Lives Prod. Sc.* 57: 231-241.
- Cunningham, E.P. (1987) *J. Anim. Breed. Genet.* 104: 2-11
- Dickerson, G.E.(1973) In <<Proc An Breed Gen Symp Honor Dr. J.L.Lush>>, p54-77, ASAS.
- Fries, L.A., Johnston, D.J., Hearnshaw, H., Graser, H.U. (2000) *Asian-Aust J. Anim. Sci.*13 B:242.
- Kinghorn, B.P. (1980) *Z. Tierzuchtg.Zuchtgsbiol.* 97:138-143.
- Kinghorn, B.P. (1993) << Design of Livest Breeding Programs.>> AGBU-UNE, pp. 187-203.
- Piccoli, M.L., Roso, V.M., Brito, F.V.,Severo, J.L.P, Schenkel, F.S., Fries, L.A. (2002). Proc 7th WCGALP (submetido).