

I SEMANA DE ZOOTECNIA

PALESTRA: CONSANGUINIDADE E HETEROSE EM BO-  
VINOS.

DATA : 07/12/1976

ORADOR : PEDRO FRANKLIN BARBOSA  
Empresa Brasileira de Pesquisa A-  
gropecuária (EMBRAPA) - São Carlos  
SP.

## I - Introdução

A produção animal, em uma determinada região ou país, é feita mediante a utilização de recursos genéticos sob três alternativas principais:

- a) utilização da raça pura melhor adaptada;
- b) desenvolvimento de novas raças;
- c) cruzamentos sistemáticos entre raças.

As três alternativas acima expostas comportam problemas referentes à consanguinidade e à heterose. Nesta exposição, procurar-se-á mostrar, de maneira simples e objetiva, os efeitos dos dois processos genéticos em cada uma das alternativas de utilização de recursos genéticos.

Em uma população grande, reproduzindo-se ao acaso, as frequências gênicas e as frequências genotípicas não se alteram de geração a geração desde que não ocorram mutação, migração e seleção. Nesta mesma população, se praticarmos qualquer força seletiva por apenas uma geração, as frequências gênicas e as frequências genotípicas não se alterarão nas gerações seguintes. Entretanto, esta propriedade de estabilidade, não se mantém sempre em uma população pequena e as frequências gênicas estão sujeitas a flutuações ao acaso provenientes de amostragem dos gametas. Os gametas que transmitem os genes à geração seguinte levam uma amostra dos genes presentes na geração paternal e, se a amostra não é grande, as frequên-

cias gênicas estão sujeitas a mudança entre uma geração e a seguinte. Esta mudança ao acaso das frequências gênicas constituem o processo dispersivo, cujas consequências mais importantes são as seguintes:

a) diferenciação entre subpopulações : as populações naturais estão subdivididas em grupos locais e o processo de amostragem tende a causar diferenças genéticas entre estes, se o número de indivíduos nos grupos é pequeno;

b) redução da variação genética: os indivíduos dentro de uma subpopulação são cada vez mais semelhantes quanto ao genótipo. Esta uniformidade genética é a razão do extenso uso de estirpes endogâmicas de animais de laboratório em experimentos, principalmente em fisiologia;

c) aumento da frequência de homozigotos e redução da frequência de heterozigotos.

As frequências genotípicas nas populações pequenas seguem as mudanças ocorridas nas frequências gênicas resultantes do processo dispersivo. Os heterozigotos são mais frequentes em populações com frequências gênicas intermediárias, de modo que o afastamento das frequências gênicas até os extremos conduz, em média, a uma diminuição da frequência dos heterozigotos. A instabilidade das frequências gênicas e das frequências genotípicas em uma população pequena, mesmo que esta se reproduza ao acaso, tem particular importância em bovinos uma vez que estas populações possuem tamanho e estrutura conhecidos, principalmente nas regiões mais evoluídas em termos de produção animal.

## II - Endogamia ou consanguinidade ou endocruzamento

### 2.1 - Generalidades

Endogamia significa o acasalamento de indivíduos que estão aparentados entre si por ascendência. Em uma população de bovinos cada indivíduo tem 2 pais, 4 avós, 8 bisavós ,

etc. e em t gerações anteriores tem  $2^t$  ascendentes. Em um número não muito elevado de gerações anteriores o número de indivíduos existentes chega a ser maior que uma população real pode conter. Assim, por exemplo, o número de ascendentes de um indivíduo em 10 gerações anteriores é de 1.024, ou seja,  $2^{10}$ . Quanto menor o tamanho da população nas gerações anteriores menos distantes estarão os ascendentes comuns ou muito maior seu número. Desta forma, os indivíduos que se acasalam ao acaso em uma população pequena são mais aparentados entre si que os indivíduos de uma população grande. Esta é a razão pela qual as propriedades das populações pequenas podem ser tratadas como uma das consequências da endogamia.

Por outro lado, há que se considerar ainda, a existência de duas classes de identidade entre genes alélicos e duas classes de homozigotos. Quanto aos genes alélicos temos aqueles que são iguais em estado (CROW, 1954) e aqueles que são idênticos por ascendência (FALCONER, 1964) e, da mesma forma, quanto aos genótipos temos os homozigotos independentes, e os homozigotos idênticos. A identidade por descendência proporciona a base para a medida do processo dispersivo através do grau de parentesco entre os progenitores. A medida utilizada é o coeficiente de endogamia, que é a probabilidade de que dois genes em qualquer locus em um indivíduo sejam idênticos por descendência (MALÉCOT, 1948; CROW, 1954). O coeficiente de endogamia, simbolizado geralmente por F, foi definido primeiramente por S. WRIGHT em 1922, como sendo a correlação entre gametas que se unem. Há, entretanto, necessidade de um ponto de referência, pois o coeficiente de endogamia é, essencialmente, uma medida comparativa entre a população em estudo e alguma outra população base.

O coeficiente de endogamia, em populações pequenas, pode ser deduzido do tamanho da população e da estrutura reprodutiva vigente na população. Contudo, frequentemente, necessita-se do coeficiente de endogamia de indivíduos e não de uma geração inteira. Em animais domésticos, quando as genealogias são conhecidas, o coeficiente de endogamia pode ser de-

dogamia são aqueles em que os acasalamentos se realizam entre indivíduos semelhantes quanto ao parentesco, tendo duração de terminada e os indivíduos contemporâneos têm o mesmo coeficiente de endogamia e a mesma coascendência. Contudo, em bovinos, o pequeno número de irmãos germanos não permite o uso continuado de sistemas de acasalamento tão regular como aquele entre irmãos germanos de outras espécies, como aves por exemplo (LUSH, 1945). Em bovinos, a forma mais intensa de endogamia que pode ser seguida por algum tempo é o uso do pai com suas filhas enquanto ele viver; o sistema prosseguirá, se desejável, mediante a utilização de um ou mais de seus filhos consanguíneos e assim por diante. Os sistemas regulares de endogamis mais comuns são: acasalamento entre irmãos germanos, acasalamento entre meio-irmãos, acasalamento entre progenitor-descendente e os retrocruzamentos repetidos.

### 2.3 - Taxa de endogamia

É o incremento do coeficiente de endogamia em uma geração. Proporcional uma maneira bastante conveniente de comparar os efeitos da endogamia promovidos pelos diferentes sistemas de reprodução. A taxa de endogamia é dada pela seguinte expressão (FALCONER, 1964):

$$\Delta F = \frac{F_t - F_{t-1}}{1 - F_{t-1}}, \quad \text{onde:}$$

$\Delta F$  = taxa de endogamia

$F_t$  = coeficiente de endogamia na geração  $t$

$F_{t-1}$  = coeficiente de endogamia na geração  $t-1$

A taxa de endogamia é tanto mais intensa quanto maior for o parentesco entre os indivíduos que se reproduzem. Para retrocruzamentos repetidos a taxa de endogamia é igual a 0,5 em qualquer geração; para os acasalamentos entre irmãos germanos a taxa de endogamia estabiliza-se a partir da quarta

terminado com vantagens, mesmo que alguns indivíduos apareçam como pais de duas ou mais gerações, pois a sobreposição de gerações não causa problemas. O coeficiente de endogamia de um indivíduo é dado pela seguinte expressão (WRIGHT, 1922):

$$F^X = \sum (1/2)^{n_1 + n_2 + 1} (1 + FA), \text{ onde:}$$

$F^X$  = coeficiente de consanguinidade do indivíduo

$n_1$  = nº de gerações de um pai até o ascendente comum

$n_2$  = nº de gerações de outro pai até o mesmo as-cendente comum

$(1 + FA)$  = fator de correção quando o ascendente comum é consanguíneo

Ao calcular o coeficiente de endogamia segundo a expressão anterior, é necessário definir a população base à qual se refere a presente endogamia. A população base, por exemplo, pode ser constituída pelos indivíduos com os quais foi fundado um rebanho.

Existe um outro método para calcular o coeficiente de endogamia, que se adapta a uma grande variedade de problemas, sendo mais conveniente para muitos propósitos (CRUDEN, 1949; EMIK & TERRIL, 1949). O método é chamado coascendência, e não difere, em princípio, do método anterior. Em vez de trabalhar-se partindo da situação atual até os ascendentes comunis, calcula-se a endogamia que resultará dos acasalamentos, que estão sendo realizados no momento, mantendo-se um regis-tro contínuo de geração em geração.

## 2.2 - Sistemas de endogamia

Quanto aos sistemas de endogamia tem-se aqueles que são regulares e aqueles que, na falta de melhor denominação, são chamados de irregulares. Os sistemas regulares de en

geração em 0,19 , enquanto que para os acasalamentos entre meio-irmãos estabiliza-se em 0,11 a partir da terceira geração.

#### 2.4 - Índice panmítico

É o complemento do coeficiente de endogamia, isto é,  $1-F$ . A população base é definida como tendo um coeficiente de endogamia nulo e, portanto, um índice panmítico igual à unidade. O índice panmítico indica a redução da frequência dos heterozigotos em relação à população base.

#### 2.5 - Efeitos da endogamia

O critério usual para se estabelecer até quando há endogamia varia de acordo com os diferentes autores (PEIXOTO et al, 1972). Os europeus admitem endogamia quando o coeficiente de parentesco dos animais que se acasalam é de aproximadamente 0,1%, ou seja, os pais são parentes separados por 10 gerações. Autores americanos admitem a endogamia quando o coeficiente de parentesco dos animais que se acasalam é de aproximadamente 1%, em que os pais estão separados por 6 gerações.

O principal efeito da endogamia é o aumento no grau de homozigose (McDOWELL, 1972; HARGROVE, 1974).

#### 2.6 - Razões para o uso da endogamia

a) o endocruzamento é necessário para manter o parentesco de algum ascendente desejado em nível elevado ( consanguinidade dirigida );

b) o endocruzamento auxilia na descoberta de genes recessivos indesejáveis;

c) o endocruzamento é necessário para estabelecer algumas características desejadas;

d) o endocruzamento deve ser usado no desenvolvi-

mento de linhagens consanguíneas para posterior uso em programas de exocruzamento.

## 2.7 - Depressão da consanguinidade

A maioria dos caracteres métricos mostra um declínio de produção quando a taxa de endocruzamento é rápida e a intensidade de seleção não pode ser elevada. A este fenômeno dá-se o nome de depressão da consanguinidade (FALCONER, 1964; McDOWELL, 1972; HARGROVE, 1974).

As bases genéticas da depressão da consanguinidade são as seguintes:

a) dominância direcional - se os genes que aumentam o valor do caráter forem dominantes sobre seus alelos que reduzem o valor, o endocruzamento resultará na diminuição da média da população; isto acontece porque os alelos recessivos são expressos somente em condição homozigota;

b) superdominância - neste caso o heterozigoto tem valor maior que qualquer um dos homozigotos e um aumento no grau de homozigose diminuirá o valor fenotípico médio da população (FALCONER, 1964);

c) interação gênica não alélica - embora haja evidência de que pequena variação epistática ocorre nas populações de bovinos, o seu efeito não deve ser ignorado (HARGROVE, 1974);

d) homeostase dos heterozigotos - é provável que o poder homeostático seja um aspecto importante de aptidão, sendo esperado que reduza com o endocruzamento; a heterozigose nos "loci" específicos dá aos híbridos maior "versatilidade bioquímica", ou seja, os heterozigotos estão melhor preparados para se adaptarem às várias condições ambientais devido a sua diversidade alélica (LERNER, 1954);

e) retardamento dos processos fisiológicos - as diferenças decrescentes encontradas entre animais consanguíneos e não consanguíneos de acordo com o avançar da idade sugerem que a consanguinidade reduz o desenvolvimento dos processos fisiológicos.

lógicos (YOUNG et al., 1969).

## 2.8 - Depressão da consanguinidade em bovinos

Há poucas investigações sistemáticas sobre as possibilidades da consanguinidade normal e em linha para alcançar progressos entre os bovinos das regiões tropicais (Mc DOWELL, 1972).

As características associadas em maior grau com a aptidão estão mais sujeitas à depressão da consanguinidade ; isto pode ser comprovado pela mortalidade mais elevada dos animais consanguíneos em relação aos não consanguíneos, principalmente durante as primeiras fases da vida. Entretanto, a amplitude e a duração dos efeitos da consanguinidade variam com a raça, linhagem, sexo e nível ambiental.

Os resultados da consanguinidade nas raças bovinas produtoras de carne demonstram que há uma diminuição da taxa de crescimento e qualidade dos animais ao aumentar o parentesco dentro de um grupo, embora os efeitos prejudiciais tendem a reduzir-se quando os animais consanguíneos se aproximam da idade adulta.

CUNDIFF & GREGORY (1968) e WARWICK (1968) demonstraram que o efeito da consanguinidade é maior nas vacas do que nos bezerros, reduzindo o peso pré-desmama destes.

Nos experimentos em que são desenvolvidas linhagens consanguíneas a redução média tem sido estabelecida em 0,6kg no peso à desmama de bezerros para cada 1% de consanguinidade na descendência e valores de 0,5 a 1,0kg de redução de peso à desmama para cada 1% de consanguinidade na vaca. O ganho em peso após a desmama tem sido reduzido em 0,002kg/dia, para cada 1% de consanguinidade do bezerro. Quando a consanguinidade das vacas é de 20% e a dos bezerros é de 30% a fertilidade e a viabilidade do bezerro são reduzidas em 10-12%. Estes resultados, contudo, podem variar amplamente de acordo com a raça, linhagem, sexo e nível ambiental, conforme já mencionado anteriormente.

Os resultados das pesquisas sobre consanguinidade e cruzamentos entre linhagens consanguíneas ("linecrossing") mostram, em geral, uma queda de produtividade nos animais consanguíneos e uma recuperação das perdas quando realizam-se cruzamentos entre linhagens. A heterose calculada para os cruzamentos entre linhagens oscila entre 3 e 5%, embora em nenhum caso os cruzamentos tenham superado significativamente a linhagem superior (BRINKS et al, 1967).

GRAPEVINE e colaboradores (1975), trabalhando com 8 linhagens consanguíneas de bovinos da raça Hereford obtiveram os resultados apresentados nas tabelas I e II. O coeficiente de endogamia médio para os bezerros consanguíneos foi de 38%, com variação entre as linhagens de 31 a 44%.

Tabela I - Peso à desmama e porcentagem de heterose em linhagens consanguíneas e "cruzadas" de bovinos da raça Hereford.

	Machos	Fêmeas
Média das linhagens "cruzadas" (kg)	210,7	197,0
Média das linhagens consanguíneas(kg)	191,1	178,3
Diferença (kg)	19,6	18,7
Heterose (%)	10,3	10,5

GRAPEVINE et al., 1975.

Tabela II- Ganho em peso após a desmama e porcentagem de heterose em linhagens consanguíneas e "cruzadas" de bovinos da raça Hereford (machos).

	Peso Inicial	Peso Final	Consumo alimento	Efic. alim.	Efic. Alim. ajustada	Ganho diário
Média linhagens "cruzadas"(kg)	216,9	370,7	1.019	6,652	6,618	1,188
Média linhagens consang. (kg)	197,9	343,6	960	6,602	6,651	1,129
Diferença (kg)	19,0	27,1	59	0,050	-0,033	0,059
Heterose (%)	9,6	7,9	6,1	-0,8	0,5	5,2

GRAPEVINE et al., 1975.

Em bovinos leiteiros a produção de leite dos animais consanguíneos sofre uma redução de 0,32% para cada 1% de aumento da consanguinidade, relativamente aos animais não consanguíneos (ROBERTSON, 1954).

Em bovinos da raça Holandesa os animais provenientes de cruzamentos entre linhagens foram 15% superiores aos consanguíneos quanto à produção de leite, de sólidos não gordurosos e de gordura (YOUNG et al., 1969). Entretanto, segundo os mesmos pesquisadores, os animais "cruzados" possuíam médias ligeiramente inferiores para estas características quando comparados com os animais não consanguíneos.

O desenvolvimento de linhagens consanguíneas destinadas a programas de "linecrossing" parece não ser recomendável em bovinos devido aos custos de formação e manutenção destas linhagens (YOUNG et al., 1969; CUNDIFF & GREGORY, 1968). Embora o "linecrossing", de acordo com os resultados obtidos possa estabelecer a heterose de modo tão profundo quanto o cruzamento inter-racial (PEIXOTO et al., 1972), deve-se considerar ainda que algumas linhagens proporcionam melhores respostas do que outras ao serem cruzadas.

⇒ 8/10/86 III - Heterose

3.1 - Generalidades

Ao acasalamento entre indivíduos menos aparentados entre si do que a média do rebanho a que pertencem, chamamos zootecnicamente exogamia. É justamente o tipo de acasalamento oposto à endogamia e, conseqüentemente, produz resultados diferentes. Os produtos deste tipo de acasalamento são mais heterozigotos e fenotipicamente mais uniformes que os animais do rebanho original. A exogamia continuada do rebanho produz as seguintes conseqüências: mantém a uniformidade da raça, mantém a heterose individual, aumenta o valor fenotípico do indivíduo e diminui o mérito genético (PEIXOTO et al., 1972). A heterose é muito utilizada nos vegetais através de cruzamen

tos entre linhagens altamente endogâmicas, sendo realizados testes de habilidade combinatória relativamente às características econômicas, comprovando-se o fato de que a heterose não se manifesta em todo e qualquer tipo de cruzamento. A ocorrência da heterose é devida à interação de diferentes genes dominantes e à superdominância segundo as teorias propostas para explicar o fenômeno. Para a ocorrência da heterose é necessário que os indivíduos apresentem um alto grau de heterozigose.

### 3.2 - Utilização da heterose em bovinos

Os cruzamentos objetivam, fundamentalmente, a consecução da heterose, para melhorar os benefícios econômicos da produção animal. Têm sido realizados nas regiões tropicais, com as seguintes metas: promover mudanças nas características raciais dos bovinos existentes, desenvolvimento de novas raças e exploração da heterose em grau o mais elevado possível. Um dos fatores importantes para a apreciação do nível de heterose é a idade em que ela é determinada nos bovinos. A heterose geralmente é máxima nas primeiras fases da vida do animal, diminuindo de acordo com a idade até um ponto em que praticamente não pode ser observada ou detectada. Geralmente se expressa a heterose em forma de desvio da média dos animais cruzados em relação à média das raças paternas.

PEARSON & McDOWELL (1967), em pesquisas realizadas nos Estados Unidos e Inglaterra com raças leiteiras e mistas (Jersey, Guernsey, Holandesa, Suiça Parda, Ayrshire, Dinamarquesa Vermelha, Red Poll e Shorthorn Leiteiro) demonstraram a existência de heterose para a maioria das características, conforme se observa nas tabelas III e IV.

Tabela III - Heterose, em porcentagem, para várias características leiteiras em cruzamentos com 2 e 3 raças.

Características	2 raças	3 raças
Produção de leite	-1 a 3	0 a 16
Gordura do leite	3 a 11	1 a 17
Porcentagem de gordura do leite	-4 a 1	0 a 26
Persistência da lactação	0 a 3	-6 a 5
Eficiência alimentar (1ª lactação)	0 a 5	7 a 9
Porcentagem de sólidos não graxos	-	0 a 1

PEARSON et al., 1967

Tabela IV - Heterose, em porcentagem, para características de sanidade, reprodução e crescimento, expressa como média de todos os cruzamentos.

Características	Heterose, em %
Viabilidade dos bezerros	2 a 9
Eficiência reprodutiva das fêmeas	0 a 15
Número de natimortos	2
Número de vacas eliminadas por esterilidade	0 a 10
Duração da gestação	0
Taxa de crescimento	0 a 10
Tamanho corporal	até 3

PEARSON et al., 1967

Trabalhos realizados nos Estados Unidos com Red-Sindi e Brahman mostraram evidências de heterose quanto à taxa de crescimento, produção de leite e tolerância ao "stress" originado por temperaturas elevadas, sendo a taxa de crescimento dos mestiços Red-Sindi-Jersey especialmente elevada.

(BRANTON et al., 1966).

O cruzamento entre raças das sub-espécies *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus* produz modificações no tamanho e na conformação corporal. A garupa caída e o comprimento da cabeça parecem ser dominantes, uma vez que aparecem em todos os indivíduos com diversos graus de sangue, ao contrário da giba que é bastante escassa no meio-sangue Europeu-Zebu e quase inexistente nos animais 1/4 Zebu. Por outro lado, o tamanho das orelhas e as características do úbere guardam uma relação direta com a proporção de Zebu, observando-se, ainda, que o pelo curto do Zebu é dominante nos cruzamentos com Jersey (McDOWELL, 1972).

Diversos pesquisadores, entre os quais AMBLE e JAIN (1967), demonstraram um decréscimo na produção de leite quando a proporção de Europeu desvia de 1/2 ou 5/8 em qualquer sentido. Isto é válido também para o número de partos durante a vida, como pode ser observado na tabela V, segundo WEBSTER et al. (1966).

Tabela V - Número médio de partos durante a vida de acordo com o grau de sangue.

Grau de sangue	Nº médio de partos
1/2 e 5/8 Europeu	5,0
3/4 Europeu	3,0
7/8 Europeu	2,5
15/16 Europeu	2,0
Europeu puro	1,5

Nos trópicos, o melhoramento da produção de leite utilizando-se a técnica de cruzamentos parece ser a forma mais rápida, racional e menos dispendiosa para se obter animais dotados de alta capacidade produtiva e reprodutiva (MIRANDA et al., 1974). Segundo os mesmos autores, a substituição de um

grupo de animais por outro mais produtivo e, por isso mais exigente, implica na melhoria das condições de meio, especialmente do manejo e da alimentação.

No Brasil, como exemplo de formação de nova raça para produção de leite, tem-se a Pitangueiras (5/8 Red Poll - 3/8 Zebu), desenvolvida na Fazenda Três Barras do S.A. Frigorífico Anglo, localizada no município de Pitangueiras, Estado de São Paulo (LOBO, 1976). A tabela VI mostra a produção comparativa de leite, no período de 1964-1972, entre a raça Pitangueiras e raças bovinas das sub-espécies Bos taurus indicus (Guzerá, Gir, Sindi e Tabapuã) e Bos taurus taurus (Red Poll e Holandesa Preta e Branca). (ver tabela página seguinte).

Observa-se que a média do Pitangueiras é superior às produções médias das raças zebuínas e, embora com dois anos de observações apenas, superior à produção média de leite da raça Red Poll. A raça Holandesa Preta e Branca foi incluída para termos de comparação, uma vez que é a raça que apresenta a maior média de produção de leite no Serviço de Controle Leiteiro da Associação Brasileira de Criadores.

Os resultados obtidos com os cruzamentos entre raças zebuínas e raças européias têm sido diferentes daqueles obtidos com os cruzamentos entre raças européias, especialmente quanto ao nível de heterose (McDOWELL, 1972). Nos cruzamentos entre Hereford, Angus e Shorthorn, a heterose média para velocidade de ganho e peso à desmama é de 3 a 5%, ao passo que cruzamentos de Charolês, holandês ou Schwyz com aquelas raças usualmente proporcionam cerca de 10% de heterose (McDOWELL, 1967). As estimativas de heterose para cruzamentos entre raças européias e raças zebuínas têm sido mais altas do que para os cruzamentos entre raças européias (KOGER et al, 1973 ; CROCKETT et al, 1973 e CUNDIFF et al, 1974).

Experimentos realizados no Sul dos Estados Unidos com raças produtoras de carne, formam a base dos cálculos de heterose para os cruzamentos entre Bos taurus indicus (Zebu) e Bos taurus taurus (Europeu). A partir de 13 tipos de touros

Tabela VI - Produção média de leite, em kg, observada na raça Pitangueiras e em outras raças bovinas no período de 1964-1972.

Ano	Pitangueiras	Red Poll	Guzerá	Gir	Sindi	Tabapuã	H.P.B.
1964	1.797	-	1.643	1.654	2.462	-	3.513
1965	2.829	-	1.758	2.270	2.057	-	3.604
1966	2.831	-	1.877	2.116	1.959	498	3.665
1967	2.796	-	1.863	2.019	1.921	1.594	3.794
1968	2.850	-	2.440	2.194	1.985	1.871	3.867
1969	2.837	-	2.425	2.152	1.768	1.751	4.061
1970	2.903	-	2.134	2.348	2.311	1.925	4.267
1971	3.104	2.793	2.358	2.402	2.069	1.837	4.300
1972	2.828	2.571	2.640	2.408	1.897	1.766	4.042
Média	2.752,8	2.682	2.126,4	2.173,7	2.047,7	1.606	3.901,4

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES, 1973 e 1974 .

e 15 tipos de vacas foram produzidas 60 combinações raciais, diferentes, sendo o tipo Zebu representado por Brahman, Mestiços Santa Gertrudis e Mestiços Brahman (KINCAID, 1962). O resultado destas investigações pode ser resumido da seguinte forma: a habilidade materna, medida pela taxa de crescimento do bezerro do nascimento à desmama, das vacas cruzadas Brahman - Europeu foi ligeiramente superior à raça Brahman pura e muito superior à média das vacas européias; o primeiro cruzamento entre Brahman e Europeu exibiu 11% de heterose para taxa de crescimento do nascimento aos 15 meses de idade, sendo 7% superior à melhor raça européia; os bezerros europeus puros crescem uns 7% mais rápido que os bezerros Brahman puros; os retrocruzamentos com tipos europeus foram mais eficientes que os retrocruzamentos com Brahman para manter a taxa de crescimento próxima ao nível alcançado na primeira geração.

Através de cruzamento alternativo com Charolês e Zebu, VIANNA et al. (1962), em São Carlos, Estado de São Paulo, desenvolveram a raça Canchim, representada por bimestiços 5/8 Charolês-3/8 Zebu. O peso aos 24 meses de idade, para machos e fêmeas da raça Charolêsa e produtos resultantes do cruzamento Charolês-Zebu, pode ser observado na tabela VII.

Tabela VII - Peso aos 24 meses de idade de machos e fêmeas da raça Charolêsa e produtos resultantes do cruzamento Charolês-Zebu.

Raça ou Grau de sangue	Peso aos 24 meses de idade (kg)	
	Machos	Fêmeas
Charolês	489	409
1/2 Charolês-Zebu	366	377
3/4 Charolês-Zebu	473	333
3/4 Zebu-Charolês	433	369
5/8 Charolês-Zebu	434	385
5/8 Zebu-Charolês	419	363
Bimestiços 5/8 Charolês-3/8 Zebu	445	376

Nos Estados Unidos foi desenvolvida uma nova raça denominada Charbray (3/4 Charolês-1/4 Brahman), que vem alcançando bastante popularidade no Sul daquele País (McDOWELL, 1972).

KOGER et al. (1975) estudaram os efeitos da heterose sobre o peso à desmama de bezerros pertencentes a 10 grupos raciais diferentes quanto à proporção de Brahman e Shorthorn. As características estudadas foram: idade à desmama, condição do bezerro à desmama, peso aos 205 dias de idade, peso à desmama e taxa de desmama. A produção anual por vaca, computada através da taxa de desmama e peso do bezerro à desmama, apresentou 52% de heterose para os bezerros 3/8 - 5/8 filhos de vacas 3/4 - 1/4 e 50% para os bezerros 3/4 - 1/4 filhos de vacas  $F_1$ . A heterose média, nas características estudadas, para os produtos  $F_1$  e produtos de todos os cruzamentos realizados é apresentada na tabela VIII.

Tabela VIII - Porcentagem de heterose (média) para várias características em cruzamentos com Brahman e Shorthorn.

Características	Heterose (%)	
	$F_1$	Todos os grupos
Idade à desmama (dias)	4	1
Condição do bezerro (score)	17	9
Peso aos 205 dias de idade (kg)	36	20
Peso à desmama (kg)	42	23
Taxa de desmama (%)	21	10
Produção anual por vaca (kg)	69	35

KOGER et al., 1975

Segundo os autores, os valores encontrados para os produtos  $F_1$ , especialmente quanto à produção anual por vaca, excedem as expectativas realistas na aplicação de sistemas de cruzamento, sendo o valor atribuído a todos os grupos (35%),

mais representativo do nível de heterose que pode ser obtido.

Segundo McDOWELL (1967), o maior grau de heterose dos cruzamentos entre raças de corte e leiteiras parece resultar do acasalamento entre 2 raças, havendo possibilidade de algum aumento com a inclusão de até 5 raças. Geralmente, admite-se que 3 raças é o número que pode ser usado em um sistema de cruzamento rotativo, para manter, aproximadamente, o nível de heterose obtido na primeira geração.

KOGER et al.(1975), baseados nos resultados apresentados na tabela VIII, sugerem a utilização de um sistema de cruzamento alternativo com 2 raças, sendo uma zebuína e outra européia.

Considerando que o rebanho predominante no Brasil Central é Zebu ou "azebuado", um sistema rotacional com 2 raças oferece vantagens sob o ponto de vista prático e pode resultar em maiores níveis de heterose, A necessidade de investimento estaria restrita, neste caso, à compra de touros de raças européias que melhor se comportassem na região ou utilização da inseminação artificial, que é uma alternativa recomendável nas propriedades com estrutura suficiente.

A composição genética teórica dos animais obtidos mediante a utilização de cruzamentos com 2 e 3 raças pode ser observada na tabela IX.

Tabela IX - Composição genética teórica de animais obtidos mediante utilização de cruzamento com 2 e 3 raças.

Geração	Porcentagem por raça	
	2 raças	3 raças
1	50 A	50 A
	50 B	50 B
2	75 A	25 A
	25 B	25 B
		50 C
3	37,5 A	12,5 A
	62,5 B	62,5 B
		25,0 C
4	68,7 A	56,2 A
	31,3 B	31,3 B
		12,5 C
5	34,4 A	28,1 A
	65,6 B	15,7 B
		56,2 C

O nível de heterose obtido em vários cruzamentos entre raças das sub-espécies Bos taurus indicus e Bos taurus taurus é resumido na tabela X.

Tabela X - Nível de heterose para cruzamentos entre raças zebrúinas e europeias.

Características	Heterose (%)
Eficiência reprodutiva	10 - 20
Crescimento até desmama	8 - 10
Crescimento após desmama	10 - 20
Produtividade por vaca	20 - 30

## IV - Referências Bibliográficas

- AMBLE, V.N. and J. P. JAIN, 1967 - Comparative performance of different grades of crossbred cows on military farms in India. *J. Dairy Sci.* - 50:1695
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES, 1973 - Anuário dos Criadores, Ano XIV, nº 14, São Paulo, pp. 187-219.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES, 1974 - Anuário dos Criadores, Ano XV, nº 15, São Paulo, pp. 165-199.
- BRANTON, C., R. E. McDOWELL and M. A. BROWN, 1966. Zebu-European crossbreds as a basis of dairy cattle improvement in the U.S.A. *Sou. Coop. Ser. Bull.* nº 114, Louisiana Agri. Exp. Sta., Baton Rouge.
- BRINKS, J. S., J. J. URICK, O. F. PAHNISH, B. W. KNAPP and T. J. RILEY, 1967. Heterosis in preweaning and weaning traits lines among of Hereford cattle. *J. Anim. Sci.* - 26:278.
- CROCKETT, J. R., R. W. KIDDER, M. KOGER and D. W. BEARDSLEY , 1973. Beef production in a crisscross breeding system involving Angus, Brahman and Hereford. *Fla. Agri. Exp. Sta. Bull.* 759.
- CROW, J. F., 1954. Breeding structure of population. II. - Effective population number. *Statistics and Mathematics in Biology*, ed. O. Kempthorne, T. A. Bancroft, J. W. Gowen e J. L. Lush. Ames, Iowa State College Press. , pp 543-556.
- CRUDEN, D., 1949. The computation of inbreeding coefficients in closed populations. *J. Hered.*, 40:248-251.
- CUNDIFF, L. V. and K. E. GREGORY, 1968. Improvement of beef cattle through breeding methods. *North Central Reg. Public.*, 120. Univ. Nebraska, Lincoln.
- CUNDIFF, L. V., K. E. GREGORY and R. M. KOCH, 1974. Effects of heterosis on reproduction in Hereford, Angus and Shorthorn Cattle. *J. Anim. Sci.*, 38:711.

- EMIK, L. O. and C. E. TERRIL, 1949. Systematic procedures for calculating inbreeding coefficients. J. Hered., 40:51-55.
- FALCONER, D. S., 1964. Introduction to Quantitative Genetics. Oliver & Boyd Ltd., 430 p.
- GRAPEVINE, P. W., J. S. BRINKS and G. V. RICHARDSON, 1975. General and Specific Combining Abilities of Inbred Lines of Hereford Cattle. J. Anim. Sci., 41:527-533.
- HARGROVE, D. D., 1974. Seleção de gado de corte. Secretaria - da Agricultura do Estado de Mato Grosso, 46 p.
- KINCAID, C. M., 1962. Breed crosses with beef cattle in the South. Sou. Coop. Series Bull. nº 81, U. S. Dept. Agric. Washington, D.C.
- KOGER, M., T. J. CUNHA and A. C. WARNICK, 1973. Crossbreeding Beef Cattle, Series II. University of Fla. Press., Gainesville.
- KOGER, M., F. M. PEACOCK, W. G. KIRK and J. R. CROCKETT, 1975. Heterosis Effects on Weaning Performance of Brahman - Shorthorn Calves. J. Ani. Sci., 40:826-833.
- LERNER, I. M., 1954. Genetic Homeostasis. Edinburgh, Oliver and Boyd, 134 p.
- LÔBO, R. B., 1976. Estudo genético da performance reprodutiva e produtiva de bovinos Pitangueiras. Tese de doutoramento. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto- USP , 171 p.
- LUSH, J. L., 1945. Animal Breeding Plans. Ames, Iowa State College Press., 3rd. ed., 443 p.
- MALÉCOT, G., 1948. Les Mathématiques de l'Herédité. Paris, Masson et Cie., 63 p.
- McDOWELL, R. E., 1967. Potencial de melhoramento do gado por consanguinidade dirigida, consanguinidade, cruzamentos de absorção e outras modalidades de cruzamentos nos climas quentes. Trad. de L. P. Jordão. Zootecnia, vol. VI nº 1, pp. 17-26.
- McDOWELL, R. E., 1972. Improvement of Livestock Production in Warm Climates. W. H. Freeman and Company, San Francis-

co, 692 p.

- MIRANDA, J. J. F. de, J. C. C. PEREIRA, J. R. TORRES e G. G. CARNEIRO, 1974. Cruzamentos dos Animais nos Trópicos e Formação de Ecótipos. I<sup>o</sup> Simpósio Nacional de Reprodução Animal, Colégio Brasileiro de Reprodução Animal, 2<sup>a</sup> ed., pp. 178-194.
- PEARSON, L. and R. E. McDOWELL, 1967. Crossbreeding of dairy cattle in temperate zones: A review of recent studies. Anim. Breed. Abstr. 36:1.
- PEIXOTO, A. M., E. PATERNIANI, A. LAVORENTI e R. S. CUSTODIO, 1972. Métodos de Melhoramento em Animais Domésticos. Depto. Editorial do Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 137 p.
- PLASSE, D., 1975. Sistemas genéticos para el mejoramiento de la producción pecuária en él trópico. In: El potencial para la producción del ganado de carne em América Tropical. Serie CS-10, CIAT, Colômbia.
- ROBERTSON, A., 1954. Inbreeding and performance in British Friesian Cattle. Proc. Brit. Soc. Anim. Prod., 1954 : 87-92.
- VIANNA, A. T., M. SANTIAGO e F. PIMENTEL GOMES, 1962. Formação do Gado Canchim pelo Cruzamento Charolês-Zebu. Publicação nº 19, Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 176 p.
- YOUNG, C. W., W. J. TYLER, A. E. FREEMAN, H. H. VOLLMER, L.D. MCGILLIARD and T. M. LUDWICK, 1969. Inbreeding investigations with dairy cattle in the north central region of the United States. Univ. Min. Agric. Sta. Tec. Bull. 266, St. Paul.
- WARWICK, E. J., 1968. Crossbreeding and line crossing beef cattle experimental results. World Rev. Ani. Prod. 4: 37.
- WEBSTER, C. C. and P. N. WILSON, 1966. Agriculture in the tropics. Longmans.