

Alternativas eficientes de cruzamentos em gado de leite nos trópicos

Introdução

A grande diferença genética para produção de leite entre os animais de raças *taurinas* e os de raças *zebuínas* pode sugerir, de imediato, uma substituição dos animais de raças menos produtivas (*Bos indicus*) pelos de raças mais produtivas (*Bos taurus*). Isto tem sido tentado em vários países de clima tropical, sem resultados satisfatórios. Os animais *Bos taurus* geralmente não produzem adequadamente, e, freqüentemente, podem até não sobreviverem, devido às condições de meio ambiente insatisfatórias (clima, doenças, parasitas, nutrição etc.). Isso ocorre porque o desempenho dos animais é função de sua constituição genética e das condições de manejo (alimentação, controle sanitário, ambiência etc.) que são oferecidas a eles. Assim, os animais com alta capacidade genética para produção, selecionados em países de clima temperado, só poderão expressar o seu potencial produtivo, se a eles forem dadas as condições de meio ambiente para que isto ocorra. Caso estas condições não sejam fornecidas, os animais produzirão abaixo de seu potencial genético e, se as condições forem precárias (controle sanitário ruim, alimentação de má qualidade etc.), poderão nem chegar a parir, e conseqüentemente não haverá produção.

O reverso da situação também é verdadeiro, ou seja, se os animais tiverem m baixo potencial genético para produzirem leite, como é o caso das raças zebuínas não- selecionadas para leite, não adianta dar condições de meio ambiente (manejo, alimentação etc.) excelentes, pois também não haverá produção ou se houver ela será pequena. Isto ocorre porque os animais precisam de potencial genético para produzirem.

Assim, o produtor que deseja ser eficiente na produção de leite deve sempre melhorar o potencial genético e as condições de meio ambiente. A melhoria de apenas um destes dois componentes não trará os benefícios esperados. Sempre que melhorar as condições do meio, deverá melhorar também o potencial genético de seus animais e vice-versa.

Todavia, o sucesso ou lucratividade na exploração dos animais depende também de outro fator muito importante, que é a relação entre o preço do produto a ser vendido e o custo da produção. A eficiência econômica, que é o que se busca em qualquer exploração, depende dos preços de produtos e insumos, e do desempenho produtivo. Como os preços dependem do mercado e o produtor tem pouca oportunidade de influenciá-lo, resta a ele procurar ser o mais eficiente no desempenho produtivo. Este desempenho (P) pode ser descrito pela equação:

$$P = G + A,$$

onde G corresponde à genética dos animais e A corresponde às condições do meio ambiente oferecido aos animais. As alterações nas condições ambientais apresentam respostas rápidas, porém não-duradouras, e as genéticas, consideradas como um investimento que o criador deve fazer, só aparecem a médio (3 a 5 anos) ou longo prazo (> 5 anos), porém são cumulativas.

O potencial genético dos animais mestiços, resultantes de cruzamentos, depende das diferenças entre raças, da porcentagem de genes provenientes das raças européias e do grau de heterozigose do cruzamento. Assim, quanto melhores forem as raças paternas e maternas, para leite, melhor será o potencial genético do animal mestiço.

Circular 76 Técnica

Juiz de Fora, MG
Dezembro, 2003

Autores

Mário Luiz Martinez

Engenheiro Agrônomo,
Ph.D.
martinez@cnppl.embrapa.br

Roberto Luiz Teodoro

Médico-Veterinário,
D.Sc.
rteodoro@cnppl.embrapa.br

Rui da Silva Verneque

Zootecnista,
D.Sc.
rsverneq@cnppl.embrapa.br

Alternativas de cruzamentos

O acúmulo de conhecimentos evidenciam que o cruzamento entre animais de raças *Bos taurus* com os de raças *Bos indicus* pode ser uma alternativa satisfatória e econômica para os sistemas produtivos predominantes nas regiões tropicais.

As principais alternativas para manter os rebanhos com boas proporções de genes entre os animais de raças européias (*Bos taurus*) e os animais de raças zebuínas (*Bos indicus*) são:

- ◆ Produção contínua de fêmeas F_1 ou meio-sangue
- ◆ Cruzamento rotativo
- ◆ Cruzamento absorvente
- ◆ Formação de raça sintética

Produção contínua de fêmeas F_1

A produção de fêmeas F_1 pode ser por meio do uso de touros ou sêmen de raças européias com fêmeas zebuínas puras, ou pelo uso de touro ou sêmen de touros de raças zebuínas com fêmeas européias. Em ambos os casos, a heterozigose na F_1 será de 100% e têm-se 50% de genes da raça européia e 50% de genes da raça zebuína. Neste aspecto, em ambas as situações, os indivíduos F_1 serão semelhantes. A diferença no desempenho provável dos animais pode ocorrer em virtude de à intensidade de seleção ter sido maior ou menor em uma das raças. Devido ao período maior em que os animais das raças européias vêm sendo selecionados para leite e a grande intensidade de seleção que ocorre entre touros de raças européias, espera-se que o desempenho das fêmeas F_1 produzidas por intermédio de touros europeus com fêmeas zebuínas possa ser superior ao das fêmeas F_1 produzidas com touros zebuínos em fêmeas européias. Infelizmente não há na literatura resultados que possam mostrar se esta hipótese é correta. Todavia, espera-se também que, embora a seleção para leite de animais zebuínos seja muito recente, o desempenho das fêmeas F_1 , filhas de touros zebus selecionados para leite, com vacas de origem européia de alta produção, possa apresentar bom desempenho.

Em ambas as situações é muito importante que se processe o cruzamento entre animais que tenham sido previamente selecionados para a produção de leite. Espera-se que o desempenho das vacas F_1 filhas de vacas zebuínas selecionadas para leite, com touros de raças européias, sejam muito superiores ao de vacas F_1 filhas de vacas zebuínas que não sofreram seleção para leite. Resultados não-publicados, em alguns rebanhos, têm evidenciado essas diferenças.

Embora os animais produzidos tenham apresentado bom desempenho produtivo e econômico, a manutenção de um rebanho com fêmeas F_1 não é uma alternativa simples de ser executada. Uma forma de se realizar isto pode ser a compra constante de fêmeas F_1 para a reposição no rebanho, sendo necessário que outros criadores façam constantemente o cruzamento visando à obtenção destes animais para a posterior comercialização para os criadores que irão realizar a exploração deles para a produção de leite. Outra alternativa, ainda relativamente cara, é o uso da transferência de embriões F_1 em vacas F_1 . Neste caso as mães F_1 estariam gestando as futuras novilhas F_1 para a reposição no rebanho. No primeiro caso, as F_1 poderiam ser acasaladas com touros de raças de corte, e todos os produtos seriam vendidos para os frigoríficos. A decisão de usar uma ou outra estratégia depende muito do sistema de criação de cada criador e das condições de mercado com relação aos preços dos produtos leite e carne.

Outras alternativas de cruzamento a partir de fêmeas F_1 são discutidas a seguir.

Cruzamento rotativo ou alternado

Nos cruzamentos rotativos, os mais empregados são os com duas ou três raças:

Cruzamento alternado simples (E : Z)

$$\begin{array}{c} Z \times E \\ \downarrow \\ (1/2 E : 1/2 Z) \times E \\ \downarrow \\ (3/4 E : 1/4 Z) \times Z \\ \downarrow \\ (3/8 E : 5/8 Z) \times E \end{array}$$

Neste processo, a cada geração a partir da F_1 , alterna-se a raça do pai. Em uma geração usa-se touro ou sêmen da raça européia (E), e na outra usa-se touro ou sêmen de raça zebuína (Z) e assim sucessivamente. Na prática, quando as fêmeas atingem composição genética 3/4 E : 1/4 Z ou mais, usa-se touro ou sêmen da raça zebuína. Caso contrário, usa-se touro ou sêmen da raça européia. Após quatro ou cinco gerações a partir da F_1 , ter-se-ão no rebanho dois grupos de animais, um com aproximadamente 1/3 (1/3 E : 2/3 Z) e outro com aproximadamente 2/3 de genes da raça européia (2/3 E : 1/3 Z), com cerca de 67% da heterozigose máxima. As variações das porcentagens de genes da raça européia e da heterozigose, a cada geração de cruzamento, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Porcentagem de heterozigose e de genes de raças européias em mestiços de vários cruzamentos.

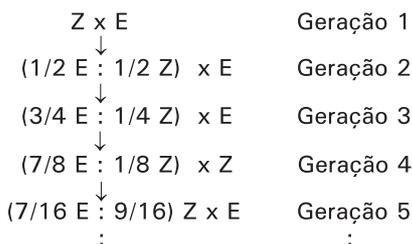
Tipos	Produtos	% Heterozigose	% Europeu
Z x E	F ₁ ou 1/2 E : 1/2 Z	100	50
F ₁ x E	3/4 E : 1/4 Z	50	75
(3/4 E : 1/4 Z) x E	7/8 E : 1/8 Z	25	87,5
(7/8 E : 1/8 Z) x E	15/16 E : 1/16 Z	12,5	93,75
(15/16 E : 1/16 Z) x E	31/32 E : 1/32 Z	6,25	96,87
(E : Z) ¹	1/3 E : 2/3 Z	67,0	33,3
	2/3 E : 1/3 Z		66,7
	3/7 E : 4/7 Z		42,8
(E : E : Z)	5/7 E : 2/7 Z	43,0	57,1
	6/7 E : 1/7 Z		85,7
Raça sintética			
a) Uso de touros puros	5/8 E : 3/8 Z	75,0	62,5
b) Uso de touros puros e mestiços	5/8 E : 3/8 Z	50,0	62,5
c) Uso de touros bimestiços	5/8 E : 3/8 Z	46,87	62,5

¹ Cruzamento alternado simples.

² Cruzamento alternado modificado.

Cruzamento alternado modificado (E : E : Z)

Neste processo, a partir da fêmea F₁, usam-se, por duas gerações seguidas, touros ou sêmen da raça européia, e na geração seguinte, touro ou sêmen da raça zebuína, e assim sucessivamente, conforme é apresentado no esquema abaixo.



Portanto, em fêmea com composição genética 7/8 E : 1/8 Z ou mais, usa-se touro ou sêmen da raça zebuína. Caso contrário, usa-se touro ou sêmen da raça européia. Após a estabilização deste sistema de cruzamento, que ocorre após a quinta geração, ter-se-ão no rebanho três grupos de animais: um com aproximadamente 3/7, outro com 5/7 e o terceiro com 6/7 de genes da raça européia. A heterozigose média será de aproximadamente 43% da máxima. Na Tabela 1 pode-se observar a variação da porcentagem de genes da raça européia e da heterozigose para os produtos em cada geração de cruzamento.

Cruzamento alternado com três raças (E₁ : E₂ : Z)

No cruzamento alternado com três raças, usa-se, a partir da fêmea F₁, por duas gerações, touro ou sêmen de duas raças européias (E₁ e E₂), para, na geração seguinte, usar o touro ou sêmen da raça zebuína (Z).

Este esquema é muito semelhante ao anterior; a diferença é que, ao se repetir a raça européia, usa-se outra raça européia diferente da primeira.

Após cinco gerações, a porcentagem final de genes das raças européias será a mesma da alternativa anterior, em

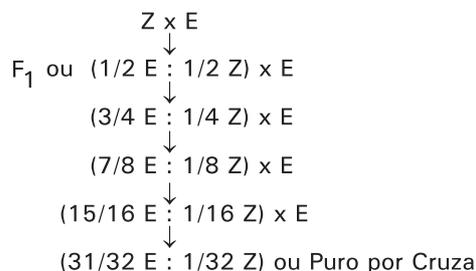
que se repete a mesma raça européia por duas gerações consecutivas (situação cruzamento alternado modificado).

A heterozigose final será também igual, caso a heterozigose entre as duas raças européias seja desprezível, o que, na maioria das vezes, pode ser considerada.

Na prática este sistema é muito difícil de ser executado pois necessita o uso de touro e sêmen de três raças diferentes na propriedade, além de um acompanhamento muito eficiente da reprodução de cada grupo de animais que se está produzindo.

Cruzamento absorvente

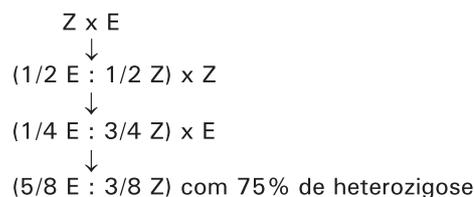
O cruzamento absorvente pode ser empregado como uma forma de melhorar geneticamente uma população zebuína por meio da introdução contínua, por várias gerações, de genes de uma raça européia selecionada para leite.



Formação de raça sintética

Existem inúmeras alternativas para a formação de uma população sintética, independentemente das raças envolvidas e da composição desejada. Para efeito de exemplificação, usar-se-á como modelo a formação de uma população sintética cuja composição genética seja 5/8 E : 3/8 Z, por ser esta a mais empregada e difundida nas regiões tropicais.

Existem basicamente duas alternativas para a formação de animais 5/8 E : 3/8 Z; uma empregando-se apenas touro ou sêmen de raça pura, e a outra fazendo-se uso de touro ou sêmen de animais cruzados. No esquema abaixo é apresentado como se obtêm estes animais quando se usam apenas os touros puros.



Nessa alternativa, iniciando-se com o uso de touros ou sêmen da raça européia, obtêm-se a fêmea F₁ que é então acasalada com touros ou sêmen da raça zebuína produzindo a fêmea 1/4 E : 3/4 Z, que então é novamente acasalada com touro ou sêmen da raça européia. Os produtos são 5/8 E : 3/8 Z, e apresentam 75% de heterozigose e 62,5% de genes da raça européia. Está assim formada a base da nova população

que a partir daí deverá ser acasalada com touros da mesma composição genética. O sucesso da nova população ou raça sintética irá depender da intensidade de seleção que será aplicada na escolha dos touros 5/8 E que serão utilizados nas gerações seguintes, pois haverá uma diminuição da porcentagem da heterozigose (46,87%) que deverá ser compensada pela seleção. Na Tabela 1 é apresentado também o resultado a ser obtido na formação do 5/8 E : 3/8 Z, usando-se touros puros ou mestiços.

A situação, pela qual se usa o touro mestiço para se obter o 5/8, é apresentada no esquema abaixo.

$$\begin{array}{c} Z \times E \\ \downarrow \\ (1/2 E : 1/2 Z) \times E \\ \downarrow \\ (3/4 E : 1/4 Z) \times (1/2 E : 1/2 Z) \\ \downarrow \\ (5/8 E : 3/8 Z) \text{ com } 50\% \text{ de heterozigose} \end{array}$$

Neste caso, usa-se, por duas gerações sucessivas, a partir da população de fêmeas zebrúinas, sêmen ou touro das raças européias, e na geração seguinte usa-se sêmen ou touro 1/2 E : 1/2 Z em fêmeas 3/4 E, chegando-se assim aos animais 5/8 E : 3/8 Z. Alternativamente, se houver sêmen de touros 3/4 E : 1/4 Z, disponível, pode-se realizar o acasalamento destes com fêmeas 1/2 E : 1/2 Z e assim produzir os animais desejados (5/8 E : 3/8 Z).

Em qualquer situação a heterozigose dos animais base da nova população será de 50%, mas terão também 62,5% de genes da raça européia. Neste caso, embora a porcentagem de genes da raça européia seja a mesma, a heterozigose é 25% menor do que quando se usam apenas touros puros na formação da nova raça.

Resultados de estratégias de cruzamentos

A maneira mais objetiva de comparar estratégias de cruzamentos entre duas ou mais raças é certamente considerando o seu desempenho econômico em um determinado sistema de produção. Todavia, para que isto possa ser

realizado, torna-se necessário esperar alguns anos (10 a 15 anos), até que se obtenham todas as informações possíveis em mais de uma lactação. Outra maneira é por meio de simulações, com base em dados experimentais, para se produzir, no tempo que desejar, o que poderia ocorrer se as precondições colocadas ocorressem.

Os resultados apresentados e discutidos a seguir são baseados em estudos com simulação usando-se diferentes estratégias de cruzamentos entre duas raças, extraídos do trabalho de Brockington et al. (1986) e de estudo de desempenho do F_1 *B. taurus* – *B. indicus* extraído do trabalho de Teodoro et al. (1996).

Cruzamento entre duas raças

Para este estudo, tomaram-se como base os dados de desempenho produtivo e de mortalidade entre vários graus de sangue Holandês : Zebu apresentados na Tabela 3, relativos ao peso das vacas ao parto e o intervalo de parto para os diferentes graus de sangue (Tabela 2).

Tabela 2. Intervalo de partos de acordo com o peso ao parto e proporção de sangue Holandês.

Peso corporal ao parto	1/4	1/2	3/4	7/8	1
300	680	615	680	690	700
350	590	545	590	610	630
450	500	405	410	430	435
500	410	325	390	405	410

Fonte: Brockington et al., 1986.

O programa usado simulou um pequeno rebanho com cerca de 25 animais (10 a 12 vacas em lactação), considerando os parâmetros das Tabelas 2 e 3 (provenientes dos resultados de Madalena et al., 1983a,b; Freitas et al., 1980), no qual a alimentação era ajustada diariamente para cada animal, visando atender às exigências de energia e proteína com base no nível de produção estipulado para cada grau de sangue. Os níveis de produção à primeira lactação para cada vaca foi estabelecido ao acaso dentro da variação apresentada para a produção de leite, segundo o grau de sangue.

Tabela 3 Desempenho produtivo e de mortalidade em vários "graus de sangue" Holandês x Zebu.

*Porcentagem de mortalidade no primeiro ano de vida ¹	Proporção de sangue holandês				
	1/4	1/2	3/4	7/8	1
0-7 dias	4,4	0,4	3,6	2,3	1,7
8-60 dias	24,5	16,7	22,3	20,3	25,5
61-120 dias	15,6	10,3	11,0	6,0	10,1
121-365 dias	17,2	11,1	13,2	13,0	19,2
Potencial de produção de leite na primeira lactação (litros)	1443 ± 218	3235 ± 205	3322 ± 267	3076 ± 207	3438 ± 379
Duração da primeira lactação (dias)	225 ± 21	322 ± 20	315 ± 26	318 ± 26	404 ± 37

¹ Valores médios para machos e fêmeas: as taxas aplicadas no modelo são 20% mais altas para os machos e 20% mais baixas para as fêmeas. Acima de um ano, os machos têm uma mortalidade de 4% ao ano, sem considerar o nível de "grau de sangue".

Fonte: Brockington et al., 1986.

Nas lactações seguintes o cálculo do potencial de produção foi obtido segundo os resultados apresentados por Madalena et al. (1980).

As quatro estratégias foram simuladas começando-se por vacas 1/2 Holandês : 1/2 Zebu.

As estratégias foram:

- ◆ Cruzamento absorvente para o Holandês (PC);
- ◆ Cruzamento alternado simples (H : Z);
- ◆ Cruzamento alternado com repetição do Holandês (H : H : Z);
- ◆ Formação de raça sintética com 5/8 Holandês e 3/8 Zebu (5/8).

Para cada uma das estratégias foram realizadas quatro repetições por um período de 40 anos.

Os resultados sobre a porcentagem de "sangue" Holandês em cada uma das alternativas são apresentados na Fig. 1.

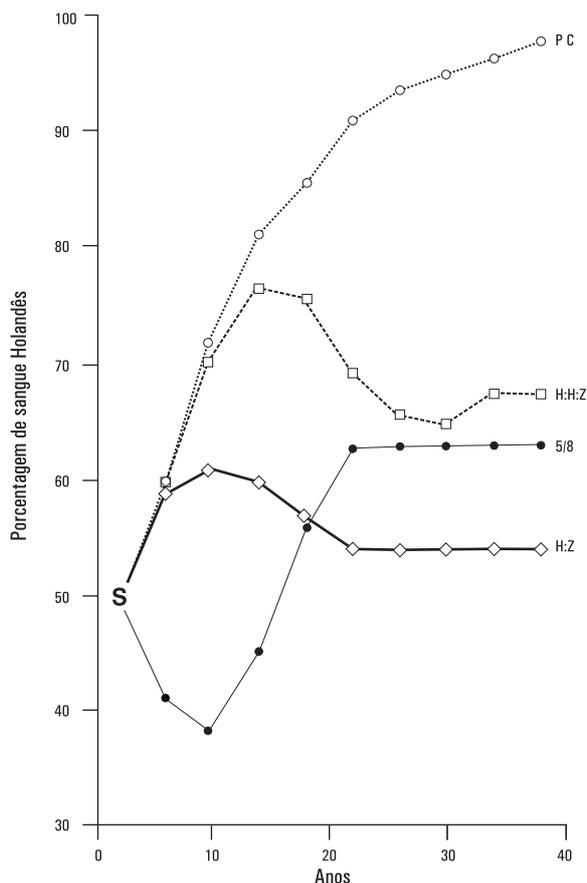


Fig.1. Nível médio de "sangue Holandês" em rebanhos com quatro estratégias de cruzamentos. População inicial de meio-sangue Holandês X Zebu. Quatro repetições de 40 anos cada uma.

Fonte: Brockington et al., 1986.

Pode-se observar que, após 25 anos, a porcentagem de "sangue" Holandês já atinge mais de 90% no caso da estratégia PC. Semelhantemente nas estratégias H : Z, após cerca de 25 anos a porcentagem de "sangue" de Holandês se estabiliza em torno de 54% de Holandês, e metade das vacas

teriam aproximadamente 2/3 de sangue Holandês e a outra metade cerca de 2/3 de sangue Zebu. No caso do 5/8, quando se usou touro Holandês em vacas com 1/4 ou menos de sangue Holandês, um touro Zebu em vacas com mais de 1/4 e até 1/2 sangue Holandês, além de touro 5/8 em vacas com 5/8 de sangue Holandês, verificou-se que a população também se estabiliza após 25 anos, embora ocorra nos primeiros anos uma queda na proporção de sangue Holandês. Na estratégia H : H : Z há também um aumento inicial para posteriormente se estabilizar em torno de 68% de sangue Holandês.

O efeito de diferentes níveis de alimentação sobre a produção de leite para as diferentes estratégias pode ser observado na Fig. 2. Verifica-se que, no pior nível de alimentação, houve uma diferença muito pequena entre as quatro estratégias, todas em torno de 1.000 litros, ao longo de 40 anos; exceto para a estratégia PC que apresentou uma pequena queda de produção nos últimos anos, o que corresponde a um aumento na proporção de sangue de Holandês acima de 7/8. Isto é um indicativo de interação entre o nível de alimentação e o genótipo do animal.

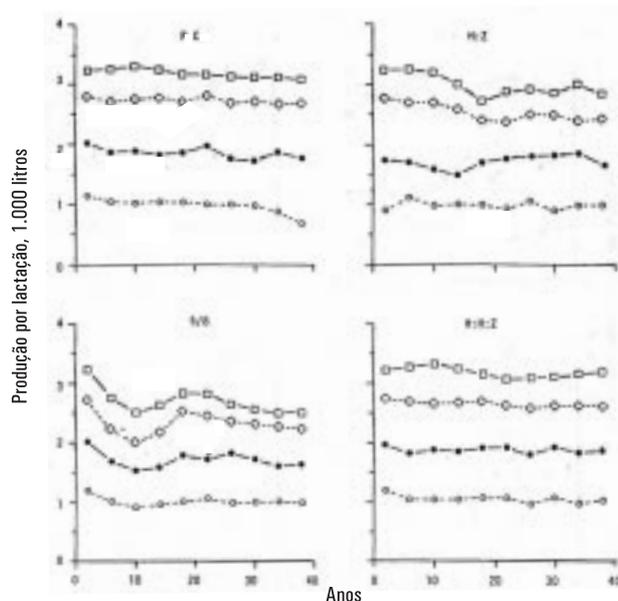


Fig. 2. Produção de leite por lactação com quatro estratégias de cruzamento e quatro níveis de nutrição:

□ capim-elefante 5 ha, 0,5 kg de concentrado/litro de leite produzido;

◇ capim-elefante 5 ha, 0,25 kg de concentrado/litro de leite produzido;

• capim-elefante 4 ha, 0,125 kg de concentrado/litro de leite produzido;

○ capim-elefante 2,5 ha, sem concentrado.

Média de quatro repetições de 40 anos cada uma num rebanho com potencial genético de produção entre 1.350 e 2.700 litros na primeira lactação.

Fonte: Brockington et al., 1986.

Quando o nível de alimentação foi melhor, com mais volumoso (5 ha de capim-elefante) e maior quantidade de concentrado (0,5 kg/litro de leite), as estratégias PC e H : H : Z foram as

que apresentaram produções de leite anuais melhores e mais consistentes durante todo o período de 40 anos. É importante observar que na estratégia 5/8 ocorreu uma queda significativa na produção nos primeiros anos, o que correspondeu a uma maior proporção de vacas com 1/4 de sangue Holandês, que foi resultante do uso de touro Zebu não selecionado para leite em vacas 1/2 sangue Holandês. Posteriormente, ocorreu uma pequena recuperação da produção, que não foi total devido à perda de heterose.

Os resultados sobre a margem bruta para as quatro estratégias são apresentados na Fig. 3.

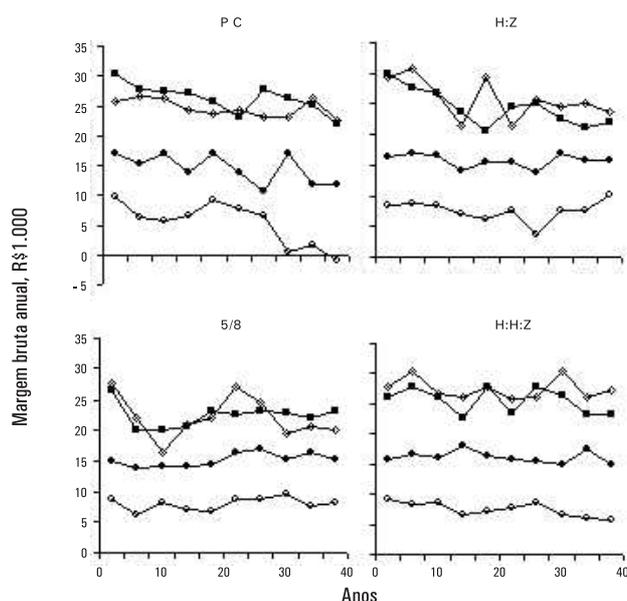


Fig. 3. Produção de leite por lactação com quatro estratégias de cruzamento e quatro níveis de nutrição:

- capim-elefante 5 ha, 0,5 kg de concentrado/litro de leite produzido;
- ◇ capim-elefante 5 ha, 0,25 kg de concentrado/litro de leite produzido;
- capim-elefante 4 ha, 0,125 kg de concentrado/litro de leite produzido;
- capim-elefante 2,5 ha, sem concentrado.

Média de quatro repetições de 40 anos cada uma.

Fonte: Brockington et al., 1986.

Pode-se verificar que a margem bruta, no caso da estratégia PC, diminuiu ao longo dos anos, independentemente do nível de alimentação, sendo a queda muito significativa quando os animais foram alimentados com capim-elefante, sem nenhuma suplementação com concentrados. Nesta situação chegou a ocorrer, nos últimos anos do período simulado, margem bruta negativa.

Um aspecto importante está relacionado à coincidência dos valores das margens brutas para os dois níveis mais altos da alimentação, para todas as estratégias, indicando que ocorreu um ótimo econômico naquela faixa de alimentação. Em geral, a estratégia H : H : Z foi a que apresentou ao longo de todo o período uma margem bruta mais constante, o que foi semelhante à resposta em produção de leite (Fig. 2).

Raças sintéticas ou bimestiças

O estabelecimento ou a formação de uma nova raça tem sido o desejo de muitos criadores há muito tempo. O grande objetivo é combinar características importantes e desejáveis em um tipo de animal, por meio de cruzamentos para, após alguns anos, apenas acasalar entre si machos e fêmeas daquela nova população constituída. Várias têm sido as iniciativas para atender às exigências dos sistemas de produção existentes nas áreas tropicais. Em geral e quase sem base científica, tem-se optado pela composição 5/8 Europeu: 3/8 Zebu. Todavia, o que é mais importante na formação de uma raça, independentemente da composição genética que ela terá, é a seleção dos animais que serão utilizados como pais das gerações seguintes, ou seja, após “formada” a população na composição desejada, deve-se realizar a escolha dos reprodutores com base em seu mérito genético para a característica que se pretende melhorar. Em geral, no caso de animais produtores de leite, a característica escolhida tem sido a produção de leite na lactação. A maioria dos insucessos na manutenção das populações sintéticas tem ocorrido, em grande parte, devido à falta de seleção. Isto pode ocorrer porque, na maioria dos casos, as populações formadas são pequenas e não permitem a realização de testes de progênie que levarão à indicação dos melhores reprodutores a serem utilizados. A seleção dos touros tenderá a compensar a perda de heterozigose que ocorre no acasalamento dos indivíduos mestiços.

Para demonstrar que a proporção de sangue europeu não é o fator mais importante na formação de uma população e que a seleção de touros é um fator essencial neste processo, foi realizado um estudo de simulação, por um período de 28 anos (Brockington et al., 1986).

Este trabalho iniciou-se com base nas vacas das duas populações estabilizadas após 40 anos, das estratégias H : Z e H : H : Z, que foram acasaladas aleatoriamente com touros que tinham 1/2, 5/8, 3/4 ou 7/8 de sangue Holandês (Fig. 4).

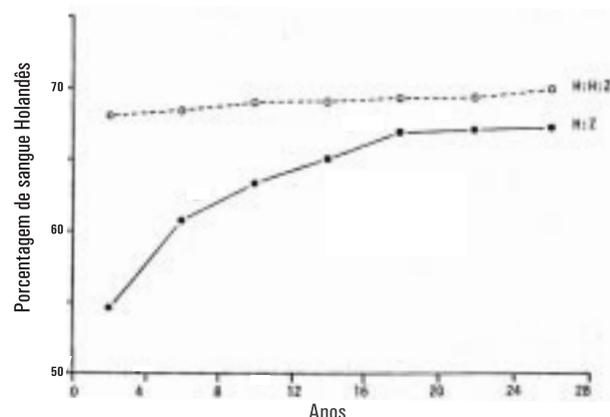


Fig. 4. Nível médio de sangue Holandês em rebanhos mestiços começando com populações estabilizadas de H : Z e H : H : Z.

Fonte: Brockington et al., 1986.

No caso em que a população-base foi proveniente da estratégia H : H : Z, houve pequena variação na média da propor-

ção de sangue pois já se tinha desde o início um valor próximo de 70%. Todavia, quando se iniciou com base na população proveniente da estratégia H : Z , que tinha uma proporção menor (54%de sangue Holandês), ocorreu um aumento ao longo dos anos até se atingir o nível médio de cerca de 67%, após 18 anos de uso ao acaso dos touros com diferentes graus de sangue. O que se notou é que após 18 anos, ambas as populações estavam com uma proporção de sangue de Holandês muito semelhante (67 e 70%) sem ter havido a preocupação de escolher qual o grau de sangue que se desejava para a nova população, e, o que é mais importante, sem a preocupação de selecionar touro de um único grau de sangue para cruzar com as fêmeas mestiças. Devido à diferença de proporção de sangue entre as duas populações, no início (até os primeiros dez anos) houve uma pequena diferença na produção de leite. Todavia, este efeito desapareceu logo após este período inicial, e, assim, os resultados sobre produção de leite (Fig. 5) e margem bruta (Fig. 6) estão baseados na população sintética formada a partir das vacas da estratégia H : H : Z.

Para verificar a importância da seleção dos touros na formação das populações sintéticas, variaram-se os méritos genéticos (PTAs) deles de zero até 1.000 litros por lactação.

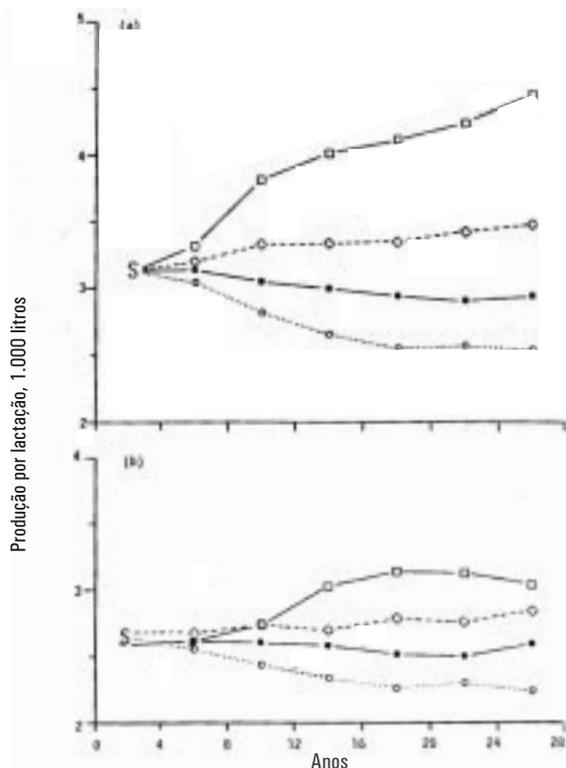


Fig. 5. Produção por lactação no desenvolvimento de um rebanho mestiço usando touros com diferentes valores genéticos:
 ○ touro com mérito genético zero litro/lactação;
 ● touro com mérito genético de 250 litros/lactação;
 ◇ touro com mérito genético de 500 litros/lactação;
 □ touro com mérito genético de 1.000 litros/lactação;
 (a) 0,50 kg concentrado/litro;
 (b) 0,25 kg concentrado/litro.
Fonte: Brockington et al., 1986.

Todavia, para que houvesse a expressão do potencial genético destes touros, as filhas foram submetidas a dois níveis de alimentação, representadas pelo fornecimento de 0,25 kg e 0,50 kg de concentrado/litro de leite.

Observa-se na Fig. 5 o grande efeito da interação entre o mérito genético do touro e o nível de alimentação. Como se previa, não há resposta ao aumento do mérito genético do touro se não houver condições para que ela se expresse (Fig. 5b). Mesmo que os touros tenham um potencial genético que será transmitido às suas filhas, o resultado não aparece porque as condições de meio (nível de alimentação) não permitiram que isto se refletisse na produção de leite das filhas. É interessante notar que quando o potencial genético do touro é igual a zero, há ao longo dos anos uma diminuição da produção, pois a cada geração se perde um pouco da heterozigose, e isto não estaria sendo compensado com o uso de touros positivos.

Na Fig. 5, parte (a), é bem evidente o efeito sobre a produção de leite, quando foram usados touros com alto potencial genético e se permitiu, por meio do nível de alimentação, que este potencial se expressasse.

A resposta na margem bruta das alternativas estudadas (Fig. 6) foi em geral bastante semelhante.

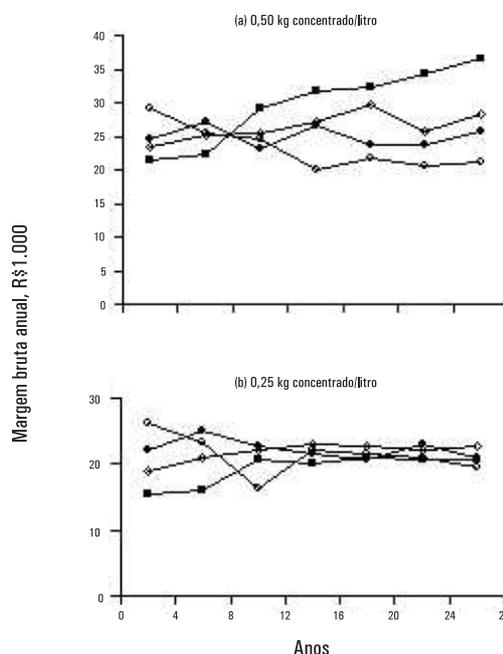


Fig. 6. Margem bruta anual no desenvolvimento de rebanhos mestiços usando touros com vários valores genéticos:
 ○ touro com mérito genético zero litro/lactação;
 ● touro com mérito genético de 250 litros/lactação;
 ◇ touro com mérito genético de 500 litros/lactação;
 □ touro com mérito genético de 1.000 litros/lactação;
 (a) 0,50 kg concentrado/litro;
 (b) 0,25 kg concentrado/litro.
Fonte: Brockington et al., 1986.

Na situação em que o nível de alimentação é pior (Fig. 6, parte b), o uso de touros de alto valor genético não parece ser a melhor opção, pois o aumento do potencial genético foi acompanhado de um aumento no preço do sêmen. Conforme se esperava (Fig. 6, parte a), a maior margem bruta ocorreu quando se combinou o maior potencial genético com um melhor nível de alimentação das filhas dos touros. Todavia, é importante verificar que, independentemente do nível de alimentação, há um período de seis a oito anos em que o retorno ao investimento que se faz com sêmen de melhor qualidade não aparece.

Embora estes trabalhos tenham sido com populações pequenas (cerca de 10 a 12 vacas em lactação), quando se aumentaram duas, três e até quatro vezes o número de vacas, os resultados foram semelhantes, variando apenas com o fator de escala. Assim, eles podem ser considerados válidos dentro dos limites simulados. Detalhes sobre esta metodologia e outros parâmetros podem ser encontrados em Brockington et al. (1986).

Utilização contínua de fêmeas F₁

Teodoro et al. (1996) usaram dados da literatura para estimar o desempenho econômico de cruzas F₁ *B. taurus* – *B. indicus* em ambientes tropicais comparado ao desempenho de animais de outros esquemas de cruzamentos. Consideraram-se para o estudo três fontes de dados obtidos na literatura: do Brasil, da Índia e uma revisão de todo o mundo tropical.

O desempenho foi avaliado considerando-se a produção fixa de leite por ano. Devido às mais altas produções das

vacas F₁, menos vacas são necessárias e também, devido à sua maior vida útil, menos reposição é necessária.

Na Tabela 4 encontram-se os resultados para os dados do Brasil em que se apresenta o custo extrajustificável para se produzir uma novilha F₁ em relação às outras alternativas de cruzamento.

Os resultados nesta tabela mostram que o sistema F₁ foi superior aos demais sistemas, uma vez que todos os valores de custo extrajustificados para produzir um F₁ são positivos. Eles excedem o segundo melhor sistema em \$229 no manejo melhorado e \$617 no manejo comum.

Observa-se na Tabela 5 que o valor adicional do sistema F₁ também foi positivo para todas as estratégias, e os resultados mostram que os cruzados apresentam melhor desempenho em ambientes moderados a pobres, com dados da literatura de diversas áreas tropicais do mundo. O custo extrajustificado para se produzir uma fêmea F₁ excedeu o segundo melhor, que foi o cruzamento alternado, em \$324, e o cruzamento alternado modificado, a seguir, em \$430, e por último as raças européias, em \$1.138.

Na Tabela 6 apresenta-se o custo adicional para se produzir uma novilha por transferência de embriões (TE) para diferentes custos do embrião, taxas de prenhez, de sobrevivência do embrião e sexagem. Se o custo da TE é baixo (abaixo de \$50), os custos adicionais para produzir novilhas F₁ são baixos, em relação aos custos extrajustificados para a produção de fêmeas F₁ mostrados nas Tabelas 4 e 5. À medida que os custos da TE aumentam, os custos adicionais também aumentam substancialmente, proporcionando pouco lucro com este sistema, tornando-o antieconômico.

Tabela 4. Predição do desempenho econômico do F₁ comparado com outros sistemas alternativos de cruzamentos no Brasil (Preços em US\$ Dólares).

Características	Símbolos	Fontes de dados	F ₁	Sistema de cruzamentos			Raça sintética
				Alternado (HC)	Alternado modificado (HHC)	Contínuo (PC)	
Produção anual de leite (kg)	Y	1 ^a	3.040	2.527	2.859	2.937	1.935
Número de vacas por rebanho	N	1 ^a	100	120	106	104	157
		1 ^b	100	127	120	146	148
Lucro por kg de leite (\$)	P	1 ^a	0,044	0,022	0,035	0,034	- 0,012
		1 ^b	0,143	0,107	0,082	- 0,043	0,062
Taxa anual de reposição	R	2 ^a	0,119	0,170	0,153	0,145	0,266
		2 ^b	0,140	0,183	0,190	0,276	0,234
Custo extra justificado para produzir uma fêmea F ₁ (\$)	ΔC	a	...	562 ^c	229	252	1.498
		b	...	617	1.025	3.142	1.362

^a Manejo melhorado; ^b Manejo comum; ^c $\Delta C = \frac{3.040}{0,119} (0,044 - 0,022) = 562$

Adaptado de: 1) Madalena et al. (1989, 1990a, 1990b);

2) Lemos et al. (1996)

Fonte: Teodoro et al. (1996).

Tabela 5. Predição do desempenho econômico do F₁ comparado com outros sistemas alternativos de cruzamentos em áreas tropicais do mundo.

Características	Símbolos	F ₁	Sistema de cruzamentos			Raça sintética
			Alternado (HC)	Alternado modificado (HHC)	Contínuo (PC)	
Produção anual de leite (kg) ¹	Y	1,775	1,567	1,647	1,748	1,282
Número de vacas por rebanho	N	100	113	108	102	138
		0,09	0,07	0,08	0,07	0,06
Lucro por kg de leite (\$)	P	0,13	0,12	0,13	0,12	–
		0,18	0,16	0,17	0,19	–
Taxa anual de reposição	R	0,140	0,078	0,098	0,184	–
Custo extra justificado para produzir uma fêmea F ₁ (\$)	ΔC	–	324	430	1.138	–

¹ Adaptado de Cunningham & Syrstad (1987)

Fonte: Teodoro et al. (1996).

Tabela 6. Custo adicional (US\$) para produzir uma novilha F₁ por TE¹ para diferentes custos por embrião, taxa de prenhez, taxa de sobrevivência do embrião e porcentagem de fêmeas.

% de Fêmeas	% de Sobrevivência	% de Prenhez	Custo do embrião (US\$)			
			25	50	100	200
50	80	50	0	125	375	875
		40	47	203	516	1141
		30	126	334	750	1584
75	80	50	–42	41	208	541
		40	–5	99	308	725
		30	57	195	474	1030

¹ TE – Transferência de embriões.

Fonte: Teodoro et al. (1996).

Conclusões

Estudo de simulação nas regiões de clima tropical ou subtropical, baseado em dados experimentais comparando quatro estratégias de cruzamentos, mostrou um efeito dos diferentes níveis de manejo, principalmente da alimentação, sobre a produção de leite e margem bruta anual.

Em níveis baixos de manejo, com produções de até aproximadamente 3.000 kg de leite por lactação (médias diárias abaixo de 10 kg/ vaca), houve uma pequena diferença entre as estratégias comparadas, sendo desfavorável para os puros por cruza (PC), que apresentaram uma queda na produção ao longo dos anos.

Quando o nível de alimentação foi melhor, acima de 3.000 kg de leite por lactação (médias diárias acima de 10 kg/ vaca), as estratégias PC e HHZ, ou seja, com maior proporção de Holandês, apresentaram melhores produções de leite.

Quanto à margem bruta anual, a estratégia do PC diminuiu ao longo dos anos, independentemente do nível de alimentação. Em geral, a estratégia HHZ foi a que apresentou margem bruta e produção de leite mais constantes ao longo dos anos.

Outro estudo de simulação, acrescentando a alternativa de manter apenas animais meio-sangue (F₁) em um sistema produtivo, mostrou que esta alternativa foi superior a todas as outras, produtiva e economicamente, independentemente do nível de manejo.

Referências bibliográficas

- BROCKINGTON, N.R.; ASSIS, A.G.; MARTINEZ, M.L.; VEIL, J.M. A bio-economic modeling project for small-scale milk production systems in South-east Brazil: Part 2 – Regime and use of the model analyze some short-and-long-term management strategies. **Agricultural Systems**, v.20, p.53-81, 1986.
- CUNNINGHAM, E. P.; SYRSTAD, O. Crossbreeding Bos Indicus and Bos Taurus for milk production in the tropics. **FAO. Anim. Prod. Health Paper**, v. 68, 1987. 90p.
- FREITAS, A.F.; MADALENA, F.E.; MARTINEZ, M.L. Idade ao primeiro parto e intervalo entre partos de vacas HPB e mestiças HPB : Gir. **Pesq.Agropec.Bras.**, v.15, n.1, p.101-105, 1980.
- LEMONS, A.M.; MADALENA, F.E.; TEODORO, R.L. Comparative performance of six Holstein-Friesian x Guzerá crossbred groups in Brazil. 9. Stayability, herd life and reasons for disposal. **Rev. Bras. Genet.**, v.16, n.2, p.259-264, 1996.
- MADALENA, F.E.; FREITAS, A.F.; MARTINEZ, M.L. Comparative evaluation of milk production of Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. **Proceedings of the 4th World Conference of Animal Production**, Buenos Aires, Argentina. V.2, p.650-658, 1980.
- MADALENA, F.E.; VALENTE, J.; TEODORO, R.L.; MONTEIRO, J.B.N. Produção de leite e intervalo entre

partos de vacas HPB e mestiças HPB : Gir num alto nível de manejo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.18, n.2, p.195-200, 1983a.

MADALENA, F.E.; TEODORO, R.L.; LEMOS, A.M.; BARBOSA, R.T. Resultados parciais do projeto "Estratégias de cruzamento entre raças leiteiras, na Região Sudeste". In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE BOVINOS LEITEIROS NOS TRÓPICOS, 1, 1983, Juiz de Fora. **Anais...Juiz de Fora: EMBRAPA, CNPGL,1983.**

MADALENA, F.E. Cattle breed resource utilization for dairy production in Brasil. **Rev. Bras. Genet.**, v.12, p.183-220, 1989.

MADALENA, F.E.; TEODORO, R.L.; LEMOS, A.M. et al. Dairy production and reproduction in Holstein-Friesian and Guzera crosses. **J. Dairy Sci.**, v.73, p.1872-1886, 1990b.

MADALENA, F.E.; TEODORO, R.L.; LEMOS, A.M. et al. Evaluation os strategies for crossbreeding of dairy cattle in Brazil. **J.Dairy Sci.**, v.73, p.1887-1901, 1990a.

TEODORO, R.L.; MADALENA, F.E.; SMITH, C. The value of F1 dairy *Bos taurus-Bos indicus* embryos for milk production in poor environment. **J. Animal Breed. Genet.**, v.113, p.471-481, 1996.

Circular Técnica, 76



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Gado de Leite
Endereço: Rua Eugênio do Nascimento, 610
Fone: (32) 3249-4700
Fax: (32) 3249-4751
E-mail: sac@cnpgl.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2003): 1.000 exemplares

Comitê de publicações

Presidente: Mário Luiz Martínez
Secretário-Executivo: Inês Maria Rodrigues
Membros: Aloísio Torres de Campos, Angela de Fátima A. Oliveira, Antonio Carlos Cóser, Carlos Eugênio Martins, Edna Froeder Arcuri, Jackson Silva e Oliveira, João César de Resende, John Furlong, José Valente, Marlice Teixeira Ribeiro e Wanderlei Ferreira de Sá

Expediente

Supervisor editorial: Angela de Fátima A. Oliveira
Revisão de texto: Newton Luiz de Almeida
Tratamento das ilustrações: Amaro Alves da Silva
Editoração eletrônica: Amaro Alves da Silva