

# Estrutura populacional do rebanho Indubrasil registrado no Brasil

A. E. Vercesi Filho, F. J. Carvalho Faria, F. E. Madalena\* e L. A. Josahkian<sup>1</sup>

Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Av. Antônio Carlos 6627, Cx. P. 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte - MG. Brasil

---

## Population structure of the registered Indubrasil cattle in Brazil

**ABSTRACT:** The aim of this study was to describe the population structure of the registered Indubrasil cattle in Brazil. Descriptive statistics of the distribution of the number of progeny, the generation interval, F-statistics, effective number of founders, ancestors, reminiscent genomes and effective population size were estimated using pedigree records from animals registered between 1938-1998. In the last period studied (1994-1998) 3.673 animals, 1.753 males and 1.920 females belonging to 84 breeders were registered. The generations intervals calculated in each of the four periods 1979-1983, 1984-1988, 1989-1993 and 1994-1998 were, respectively, 7,27; 7,57; 7,83 and 7,45 yr. The effective size of the population, founders, ancestors and reminiscent genomes in each of these periods were respectively: 63, 40, 35 e 42; 458, 417, 278 e 181; 349, 284, 176 e 107; 240, 189, 114 e 65.

Key words: Indubrasil, population structure, generation interval, effective size, inbreeding coefficient

---

©2002 ALPA. Todos los derechos reservados

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2002. 10(2): 86-92

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi descrever a estrutura da população do rebanho Indubrasil registrado no Brasil. Foram geradas estatísticas descritivas da distribuição do número de progênes e, estimados os intervalos de gerações, estatísticas de F, números efetivos de fundadores, ancestrais e de genomas remanescentes, além do tamanho efetivo da população, usando o registro genealógico de animais nascidos entre 1938-1998. No último período estudado (1994-1998), foram registrados 3.673 animais dos quais 1.753 machos e 1.920 fêmeas pertencentes a 84 criadores. Os intervalos de gerações médios estimados para os períodos de 1979-1983, 1984-1988, 1989-1993 e 1994-1998 foram, respectivamente, 7,27; 7,57; 7,83 e 7,45 anos. O tamanho efetivo da população, de fundadores, de ancestrais e de genoma remanescente em cada um dos períodos foi, respectivamente: 63, 40, 35 e 42; 458, 417, 278 e 181; 349, 284, 176 e 107; 240, 189, 114 e 65.

Palavras-chave: Indubrasil, estrutura populacional, intervalo de gerações, tamanho efetivo, coeficiente de endogamia.

## Introdução

A primeira raça zebuína a ser desenvolvida no Brasil foi a Indubrasil. Surgiu na Região do Triângulo Mineiro nas primeiras décadas deste século, resultando principalmente do cruzamento entre as raças Gir e Guzerá, mas também com participação de outras raças importadas da Índia como o Ongole (Nelore), Hissar, Mewati e Sindi. O decênio 1920-1930 foi a era do Indubrasil (Santiago, 1986). Posteriormente, outras raças zebuínas ganharam maior popularidade.

Os animais da raça caracterizam-se por ter cabeça de largura e tamanho médios, perfil sub-convexo, chifres simétricos de secção elíptica e normalmente escuros, orelhas longas, pendentes, de pontas arredondadas e com a face interna do pavilhão voltado para dentro, pelagem uniforme, branca, cinza, amarelo ou vermelho (Santiago, 1986).

O serviço de registro genealógico para as raças zebuínas foi criado em 1936 ficando a cargo da Sociedade Rural do Triângulo Mineiro, que em 1938 se tornou a atual Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ). Em 1971 o livro de registro foi “fechado” e todos os animais que rece-

---

Recibido Mayo 18, 2001. Aceptado Febrero 27, 2002

\*E-mail: fermadal@dedalus.lcc.ufm

<sup>1</sup>Associação Brasileira de Criadores de Zebu, Praça Vicente Rodrigues da Cunha, 110 Bl 1, CEP 38022-330, Uberaba-MG. Faculdade de Agronomia e Zootecnia de Uberaba-FAZU.

beram o registro genealógico definitivo, seus descendentes, e os animais com três gerações de pais registrados se tornaram puros de origem (PO) e registrados no “Livro Fechado”. Após esta data, um técnico de registro da ABCZ poderia avaliar animais sem ascendência conhecida e segundo os critérios adotados pela associação, registrá-los no “Livro Aberto” (LA).

O objetivo deste trabalho foi estimar o tamanho da família, os intervalos de gerações, estatísticas de F, números efetivos de fundadores, ancestrais e de genomas remanescentes, além do tamanho efetivo da população dos animais da raça Indubrasil registrados no Brasil, parâmetros de interesse para o melhoramento e conservação da raça.

## Material e Métodos

Foram utilizados os dados do registro genealógico da raça Indubrasil, disponíveis sob processamento eletrônico, da Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ). O arquivo de dados consistiu de 46.238 observações entre os anos de 1938 a 1998, referentes a amostragem de 209.224 registros (<http://www.abcz.org.br>). As informações referentes a cada animal consistiam de: pai, mãe, sexo, categoria de registro (puro de origem ou livro aberto), dia, mês e ano de nascimento, criador e proprietário.

Inicialmente foram geradas estatísticas descritivas sobre esta amostra. O banco de dados foi separado em períodos, compreendendo os anos de 1938-1978, 1979-1983, 1984-1988, 1989-1993 e 1994-1998. Em cada período foram calculados o número de machos e fêmeas em reprodução, a média, variância e covariância do número de progênie (filhos e filhas por reprodutor/matriz), e o intervalo de gerações médio. O intervalo médio de gerações ( $\bar{L}$ ) para cada período foi calculado de acordo a seguinte fórmula:

$$\bar{L} = \frac{1}{4} (L_{PM} + L_{PF} + L_{MM} + L_{MF})$$

em que:

$L_{PM}$  = intervalo médio entre pais e filhos;

$L_{PF}$  = intervalo médio entre pais e filhas;

$L_{MM}$  = intervalo médio entre mães e filhos;

$L_{MF}$  = intervalo médio entre mães e filhas.

Estimou-se também o intervalo médio de gerações de pais de pais de todos os períodos como: pai de pai, pai de mãe, mãe de mãe e mãe de pai.

O tamanho efetivo da população ( $N_e$ ) foi estimado por meio da variação dos coeficientes médios de endogamia entre gerações, conforme Falconer e Mackay (1996):

$$F = \frac{F_t - F_{t-1}}{1 - F_{t-1}}; \text{ com rearranjos}$$

$$N_e = \frac{1}{2F}; \text{ em que:}$$

$F_t$  = coeficiente médio de endogamia estimado na geração,

$F_{t-1}$  = coeficiente médio de endogamia estimado na geração anterior.

A estimação dos parâmetros baseados na probabilidade de origem do gene, o coeficiente de endogamia e a quantificação da qualidade do arquivo de genealogia foram obtidos por meio da utilização do pacote PEDIG<sup>®</sup>, o qual apresenta vários programas escritos em linguagem Fortran, gentilmente cedido pelo Dr. Didier Boichard (INRA-Station de Génétique Quantitative et Appliquée). O programa usado para determinar o coeficiente de endogamia dos indivíduos utiliza a metodologia descrita por Meuwissen e Luo (1992). Com outros três programas que estimam a probabilidade de origem do gene, pode-se determinar o número efetivo de fundadores, número efetivo de ancestrais e número efetivo de genomas remanescentes para a população referência.

O número efetivo de fundadores representa o número de animais com igual contribuição que produziriam a mesma variabilidade genética encontrada na população estudada. A aproximação clássica na determinação do número efetivo de fundadores foi dada por:

$$f_e = \frac{1}{\sum_{k=1}^f q_k^2}; \text{ em que:}$$

$f_e$  = número efetivo de fundadores,  
 $q_k^2$  = somatório da contribuição esperada ( $q_k$ ) do  $k^{\text{ésimo}}$  fundador na população.

O número efetivo de ancestrais representa o número mínimo de animais (fundadores ou não) necessários para se explicar a total diversidade genética da população estudada. A determinação do número efetivo de ancestrais foi então determinada computando-se a contribuição marginal de cada ancestral por:

$$f_a = \frac{1}{\sum_{k=1}^f p_k^2}; \text{ em que:}$$

$f_a$  = número efetivo de ancestrais,  
 $p_k^2$  = contribuição marginal do  $k^{\text{ésimo}}$  ancestral na população.

O número efetivo de genomas remanescentes representa o número de fundadores com igual contribuição que não teriam perda de alelos fundadores por deriva na progênie e que produziriam a mesma diversidade genética da encontrada na população estudada. O programa simulou segregações para cada progênie, gerando genótipos em função da amostragem aleatória de um alelo em cada progenitor. As frequências  $f_k$  foram determinadas por contagem na população referência:

$$N_g = \frac{N_a}{2} \frac{1}{\sum_{k=1}^{2f} f_k^2}; \text{ em que:}$$

$N_g$  = número efetivo de genomas remanescentes,

$N_a$  = número efetivo de alelos (Crow e Kimura, 1970).

As estatísticas de F de Wright (1965)  $F_{IT}$ ,  $F_{ST}$  e  $F_{IS}$ , também foram calculadas.  $F_{IT}$  é o coeficiente médio de endogamia da população;  $F_{ST}$  é estimado como o coeficiente médio de endogamia esperado se os reprodutores de cada período

fossem acasalados ao acaso e o  $F_{IS}$  é o coeficiente de endogamia devido a existência de subdivisão na população calculado como:

$$F_{is} = \frac{F_{it} + F_{st}}{1 + F_{st}}$$

## Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta o número de criadores juntamente com o número de animais registrados, separados por sexo, no período de 1994 a 1998. A escolha deste período teve o intuito de retratar com maior fidelidade o número de criadores efetivos da raça. Foram registrados 3.673 animais dos quais 1.753 machos e 1.920 fêmeas. Existiram neste período 84 criadores, dos quais 10 registraram 57,71% dos animais, evidenciando a concentração de animais com poucos criadores. Fato que deve ser mencionado é a existência de registro seletivo, onde o número de fêmeas registradas no período estudado foi 29.485 contra 16.753 de machos.

Do total de 16.753 machos registrados entre 1938 e 1998, 2.156 foram identificados como pais (reprodutores), representando 12,87%. O número médio de filhos e filhas por reprodutor foi 10,41 e 12,14 respectivamente; sendo a média de crias de ambos os sexos de 18,2 animais. Dentre os reprodutores, 3,8% contribuíram com 28,57% das filhas, e 2,5% foram pais de 27,39% dos machos nascidos no período estudado. A idade média do pai quando do registro da primeira cria foi de 4,8 anos. Na Tabela 2 estão expostos os números de reprodutores separados por classe de acordo com o sexo da progênie. Verificou-se que do total de 2.156 reprodutores somente 1.548 (72,0%) contribuíram com o registro de machos, ao passo que houve maior proporção de pais de fêmeas 1.908 (88,0%) evidenciando uma seleção mais intensa com base ao pai para o registro de machos.

Das 29.485 fêmeas registradas entre 1938 e 1998, 61,35% foram identificadas como mães, sendo o número médio de filhos e filhas 1,5 e 1,6 respectivamente e a média de crias de ambos os sexos de 2,04 animais. Dentre as mães, 63,0% tiveram até duas filhas e 51,0% até dois filhos. A distribuição do número de filhos por mãe, separados por sexo, pode ser visualizada na Tabela 3. A idade média das mães ao registro da primeira e da última cria foi 6,19 e 9,74 anos, respectivamente, o que refletiu uma “vida útil” para fins de registro de 3,55 anos. O intervalo médio de registros da mesma vaca foi de 2,00 anos. Ressalva-se que a idade média ao primeiro registro pode não corresponder à idade média ao primeiro parto, assim como o intervalo médio entre registros pode não corresponder ao intervalo médio de partos, visto que algumas crias podem não ter sido registradas. Do total de 18.089 mães, 57,19% contribuíram com o registro de machos, ao passo que 73,84% contribuíram para o registro de fêmeas, demonstrando maior seleção para mães de machos que para mães de fêmeas.

Levando-se em conta o intervalo médio de registros de 2,0 anos, uma vaca média produziria 0,5 bezerras registra-

Tabela 1. Distribuição do número de animais registrados por criador entre 1994 a 1998.

Número de animais	Número de criadores		
	Machos	Fêmeas	Ambos os sexos
1-25	55	59	52
26-50	5	4	12
51-75	8	5	6
76-100	2	6	-
101-200	4	3	11
>201	-	-	3
Total	74	77	84

Tabela 2. Distribuição do número de filhos por reprodutor no período 1938-1998.

Número de filhos	Número de reprodutores		
	Machos	Fêmeas	Ambos os sexos
1-50	1.497	1.829	1.957
51-100	43	66	135
101-150	4	9	43
151-200	2	2	12
201-250	1	1	2
> 251	1	1	7
Total	1.548	1.908	2.156

Tabela 3. Distribuição do número de filhos por matriz separados por sexo.

Número de filhos	Número de matrizes		
	Machos	Fêmeas	Ambos os sexos
1-2	9.153	11.410	13.356
3-4	1.038	1.701	3.410
5-6	138	218	963
7-8	15	26	270
> 9	1	2	90
Total	10.345	13.357	18.089

dos/ ano. O número de animais com registro de nascimento entre 1995 e 2000 foi 6.930 (<http://www.abcz.org.br>), resultando numa média de 1.155 registros/ano. Com o valor de 0,50 cria/vaca/ano estimou-se uma população média de 2.310 vacas registradas em reprodução no Brasil (1.155/0,50). Segundo os critérios da FAO (1994), este número de vacas coloca a raça na categoria de “perigo” de extinção, porque apesar do número de fêmeas estar entre 1.000 e 5.000 animais, a população registrada apresenta tendência a diminuir, talvez pela pequena porcentagem de vacas utilizadas em acasalamento para reposição dos ani-

mais “puros”. Vale ressaltar que estes dados dizem respeito aos animais registrados, que constituem os estratos núcleo e multiplicador de uma raça, onde é feito o melhoramento genético e sua difusão.

Segundo estimativas da FAO (1998) a população total da raça no ano de 1991 estava entre 20.000 e 200.000 animais, com 80.000 fêmeas em reprodução. Embora a acurácia desta estimativa possa ser questionável, a população se apresentava estável e sem risco de extinção, o que, como visto não parece aplicar-se à população registrada. Um dado preocupante levantado pelo referido trabalho foi de que apenas 10% das fêmeas estavam sendo acasaladas com touros da mesma raça para reposição da população pura, o que a médio e longo prazo pode trazer problemas de erosão genética. Silvestre *et al.* (1997), relataram a utilização de animais Indubrasil em cruzamentos para obtenção de fêmeas leiteiras F1 com Holandês e outras raças de *Bos taurus*, apesar da principal função econômica da raça ser a produção de carne.

Nota-se também, a falta de touros Indubrasil em regime de coleta de sêmen nas centrais comerciais consultadas. De acordo a Associação Brasileira de Inseminação Artificial (<http://www.asbia.org.br>), houve uma queda de 86% na venda de sêmen desta raça entre os anos de 1999 (24.717 doses) e 2000 (3.445 doses).

No triênio 1998 a 2000 o número médio de registros por ano na raça foi de 753 animais, representando apenas 48% dos 1557 animais registrados por ano no triênio anterior, de 1995 a 1997 (<http://www.abcz.org>), o que, junto com a não coleta de sêmen, sugere uma situação de declínio para a raça.

Na Tabela 4, estão apresentadas as estimativas dos intervalos de gerações pais de pais e pais-filhos para as quatro passagens gaméticas de cada período analisado. Para o perí-

odo total estudado (1938-1998), o intervalo de gerações médio foi de 7,46 anos. O intervalo de gerações estimado para os passos gaméticos pai-filho e pai-filha dos reprodutores com mais de 250 filhos foi de 10,71 anos. A passagem pai-filho aumentou quase quatro anos e a pai-filha pouco mais de três em comparação com o período de 1994-1998, refletindo a utilização destes touros por um tempo prolongado. Estes sete touros representam apenas 0,3% do total de pais, o que juntamente com a proporção de 12,87% de machos que se tornaram pais pode indicar a pouca utilização da inseminação artificial nesta raça. Como na raça estudada apenas um número reduzido de touros tiveram muitos filhos, o aumento proporcionado por estes no intervalo de gerações não foi muito pronunciado. Porém quando um determinado número de animais é utilizado por mais tempo e deixando um número maior de filhos, como acontece com a raça Nelore (Faria *et al.*, 2001b), além da influência no intervalo de gerações, ocorre um aumento na variância de tamanho de família, que é uma das principais causas da diminuição do tamanho efetivo da população.

Para os demais rebanhos zebuínos registrados criados no Brasil estes intervalos são similares, estando entre 6,56 anos no Gir Mocho (Faria *et al.*, 2001c) e 8,34 anos na raça Gir (Faria *et al.*, 2001a). A otimização do intervalo médio entre gerações é de fundamental importância dentro de um programa de melhoramento genético, pois intervalos muito grandes diminuem o ganho genético anual para as características selecionadas, o que leva a um menor retorno econômico do programa. Vale salientar o reduzido intervalo de gerações descrito por Razook *et al.* (1993), nos rebanhos de seleção da Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho-SP, onde os machos iniciam a vida reprodutiva com dois anos de idade e permanecem em serviço por duas estações de monta, resultando num intervalo médio de pai para

Tabela 4. Intervalos de gerações das quatro passagens gaméticas e intervalos médios.

Períodos	Passagens gaméticas				Média <sup>(a)</sup>
	Pai-filho	Pai-filha	Mãe-filho	Mãe-filha	
	Anos				
1979-1983	6,68	7,68	6,85	7,78	7,25
1984-1988	7,41	7,65	7,59	7,69	7,59
1989-1993	7,69	7,86	7,90	7,86	7,83
1994-1998	7,48	7,38	7,39	7,54	7,45
Média <sup>(b)</sup>	7,32	7,64	7,43	7,72	7,53
Períodos					Média
	Pai-pai	Pai-mãe	Mãe-pai	Mãe-mãe	
	Anos				
1979-1983	6,38	7,31	6,27	7,13	6,77
1984-1988	6,84	7,46	6,94	7,37	7,15
1989-1993	6,96	7,58	7,00	7,38	7,23
1994-1998	7,16	7,65	7,28	7,50	7,40
Média <sup>(b)</sup>	6,84	7,50	6,87	7,35	7,14

<sup>(a)</sup> Média obtida dentro de períodos; <sup>(b)</sup> Média obtida entre períodos.

filhos de 3,66 e 3,74 anos para os rebanhos Nelore e Guzerá, respectivamente. Para a raça Sahiwal na Austrália, Herron (1978) relatou um intervalo médio de gerações de 6,12 anos, menor do que os das raças zebuínas utilizadas no Brasil.

A evolução dos  $F_s$  (%) entre os quatro períodos estudados está reproduzida na Figura 1. O coeficiente médio de endogamia da população ( $F_{IT}$ ), apresentou crescimento da ordem de 300,0% entre o primeiro e o quarto período, passando de 1,00% para 3,40%. Apesar da magnitude de aumento, este nível de endogamia na população está num nível considerado satisfatório. Resultado semelhante foi relatado por Queiroz e Lôbo (1993) para a raça Gir no Brasil onde os coeficientes de endogamia encontrados foram de 3,25% para machos e 3,62% para fêmeas. O acréscimo da taxa de endogamia entre gerações ( $\Delta F$ ), passou de 0,80% no primeiro período para 1,19% no quarto, resultado semelhante aos valores encontrados no segundo e terceiro períodos. O  $F_{ST}$ , que é o coeficiente médio de endogamia da população, resultante do acasalamento ao acaso dos pais dentro de cada período, apresentou um ligeiro crescimento, porém se mantém quase constante. Como este está diretamente relacionado ao tamanho efetivo da população

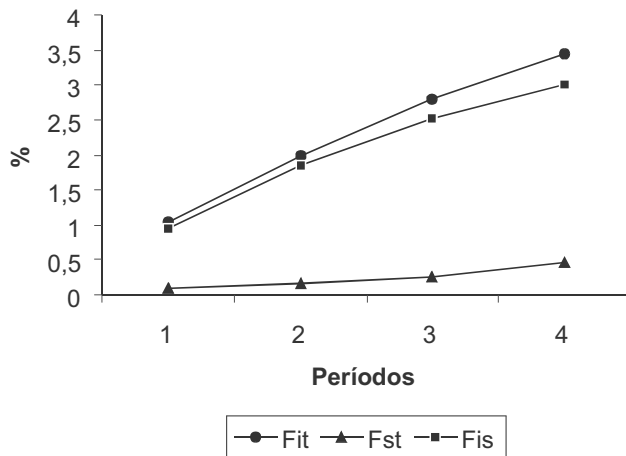


Figura 1. Evolução das estatísticas dos  $F_s$  para os quatro períodos estudados na raça Indubrasil.

(Wright, 1977; Caballero e Hill, 1992) não houveram mudanças de grande magnitude neste parâmetro nos últimos períodos analisados. O  $F_{IS}$  é o coeficiente de endogamia que expressa o grau de sub-divisão da população. Assim, quando este coeficiente é maior que zero o nível de endogamia atual excede o nível esperado se os acasalamentos fossem ao acaso, o que estaria levando a população a um processo de subdivisão. Quando este coeficiente é menor que zero, estaria ocorrendo um processo onde se procura evitar a endogamia ou o acasalamento entre sub-populações. O resultado obtido neste estudo nos leva a crer que a raça Indubrasil está em processo de sub-divisão, ocasionado pela baixa utilização de inseminação artificial aliada à baixa intensidade de seleção. Postula-se que as sub-populações estejam sendo formadas regionalmente. Resultado oposto foi descrito por Nomura *et al.* (2001) na raça Japanese Black no Japão. Na referida raça, após o início das avaliações genéticas a utilização intensa de poucos animais resultou num decréscimo do  $F_{IS}$  de aproximadamente 2,0% em 1985 para 0,5% em 1997, resultado este que significa que atualmente a população praticamente não mais se encontra sub-dividida.

As estimativas dos tamanhos efetivos da população ( $N_e$ ), variâncias de tamanho de famílias ( $V_f$ ), números de fundadores ( $N_{fun}$ ), números efetivos de fundadores ( $N_{efun}$ ), ancestrais ( $N_{anc}$ ) e de genomas remanescentes ( $N_{gre}$ ), para cada período estão na Tabela 5. Os fatores que mais influenciaram as estimativas do tamanho efetivo ( $N_e$ ) são relacionados a seguir. O número de reprodutores foi similar nos primeiros períodos, diminuindo acentuadamente no último. A relação fêmea:macho variou de 8,6:1 a 10,8:1 entre os períodos. Apesar da diminuição da variância do número de progênes de pai verificada nos dois últimos períodos, esta foi acompanhada por uma diminuição superior a 50% no número de animais em reprodução, o que manteve o  $N_e$  praticamente no mesmo nível, já que a diminuição da variância do tamanho de família aumenta o tamanho efetivo e a diminuição no tamanho da população provoca uma diminuição do mesmo. O  $N_e$  de 42 animais para a raça Indubrasil, pode ser considerado perigoso. A relação entre o número efetivo ( $N_e$ ) e o número de animais registrados ( $N$ ) para o último período foi de apenas 0,011; o que pode ser considerado baixo. Frankham (1995), em sua revisão de 192 estimativas de 102 espécies de plantas e animais selvagens relatou uma razão média de  $N_e/N$  entre 0,10-0,11 quando os cálculos le-

Tabela 5. Tamanho efetivo da população ( $N_e$ ), variância de tamanho de famílias, número de fundadores ( $N_{fun}$ ), número efetivo de fundadores ( $N_{efun}$ ), ancestrais ( $N_{anc}$ ) e de genoma remanescente ( $N_{gre}$ ) para os quatro períodos estudados.

Períodos	$N_e$	$V_f$	$N_{fun}$	$N_{efun}$	$N_{anc}$	$N_{gre}$
1979-1983	63	467,20	3918	458	349	240
1984-1988	40	668,85	4271	417	284	189
1989-1993	38	760,96	3034	278	176	114
1994-1998	42	417,24	1693	181	107	65

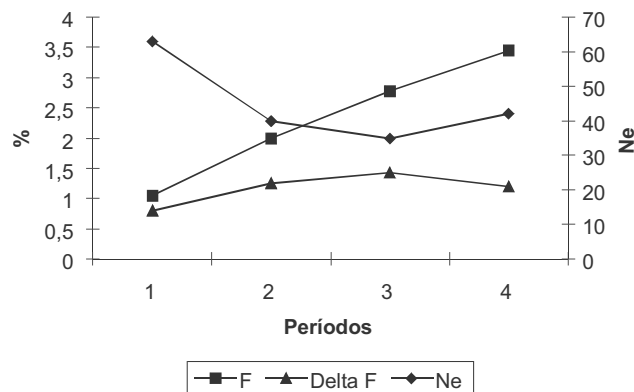


Figura 2. Evolução do tamanho efetivo ( $N_e$ ), do coeficiente de endogamia (F) com as taxas de variação (Delta F).

Tabela 6. Descrição da contribuição dos principais ancestrais para a população referência do quarto período (1994-1998).

Ancestral	Contribuição Marginal	Contribuição Acumulada
Ancestral 1	0,0472	0,0472
Ancestral 2	0,0367	0,0838
Ancestral 3	0,0281	0,1120
Primeiros 10 ancestrais	-	0,2347
Primeiros 50 ancestrais	-	0,5058

varam em consideração os efeitos da flutuação no tamanho da população, variância no tamanho de família e desvio na razão macho/fêmea. Para Goddard e Smith (1990) um  $N_e$  mínimo de 40 se faz necessário por geração para maximizar o retorno econômico em população selecionada, com estrutura de inseminação artificial. Meuwissen e Woolliams (1994) recomendam valores entre 30 a 250 para prevenir decréscimo no valor adaptativo. Os tamanhos efetivos encontrados para as raças Abondance e Normanda na França foram respectivamente, 106 e 47 (Boichard *et al.*, 1997). Solkner *et al.* (1998) relataram tamanhos efetivos entre 73 e 258 para raças bovinas na Áustria e Nomura *et al.* (2001) relataram tamanho efetivo de apenas 17,2 animais para a raça Japanese Black no Japão, resultado do aumento na variância do tamanho de família após o início dos testes de avaliação genética. A relação entre o tamanho efetivo, o coeficiente médio de endogamia e o acréscimo da taxa de endogamia entre os períodos estudados para a raça Indubrasil, podem ser vistos na Figura 2.

Os valores encontrados para número efetivo de fundadores, ancestrais e de genomas remanescentes apresentaram

decréscimo com o passar dos períodos, evidenciando uma perda de variabilidade genética da raça. A razão  $N_{efun}/N_{anc}$  representa o efeito “gargalo” que resulta da diminuição do número de reprodutores entre os períodos. Para a raça Indubrasil, este valor esteve entre 1,3 e 1,7 no primeiro e último período. Este aumento está relacionado à diminuição do tamanho da população como um todo. Boichard *et al.* (1997) relataram uma razão igual a 3,0 para a raça Normanda na França, porém o efeito “gargalo” nesta raça está relacionado à intensa utilização de poucos animais por meio de inseminação artificial.

O número efetivo de ancestrais para a raça Indubrasil de 107 animais no último período, pode ser considerado alto se comparado aos valores obtidos por Boichard *et al.* (1997) para as raças Abondance (25) e Normanda (40) na França. Solkner *et al.* (1998) citaram um valor de 113,7 animais para a raça Simental na Áustria. O procedimento de cálculo do número efetivo de ancestrais permite uma individualização da contribuição de cada animal para a população referência. Para o último período, podemos verificar estes dados na Tabela 6. Pela referida tabela, nota-se que 50 animais respondem por 50,58% dos genes no último período. Solkner *et al.* (1998) encontraram resultado semelhante para a raça Simental (55 animais), porém apenas (16 animais) para a raça Grauvieh na Áustria.

A proporção entre  $N_{gen}/N_{efun}$  indica a extensão do processo de deriva genética. Para a raça Indubrasil no último período, este valor foi de 0,36. Este valor pode estar relacionado à idade dos ancestrais que tem maior contribuição para a população referência.

O decréscimo no número de animais registrados, pouca venda de sêmen, pequeno número de vacas em reprodução, aliados ao pequeno tamanho efetivo da população e perda de variabilidade genética, comprovada pela tendência apresentada pelos parâmetros de probabilidade de origem do gene ( $N_{efun}$ ,  $N_{anc}$ ,  $N_{gen}$ ) sugerem que a manutenção da população registrada de Indubrasil será difícil sem medidas especiais ao efeito.

## Literatura Citada

- ABCZ. “Estatísticas”, <http://www.abcz.org.br> 10/04/2001.
- ASBIA. “Evolução da Inseminação Artificial no Brasil de 1979-1999”, <http://www.asbia.org.br> 20/01/2001.
- Boichard, D., Maignel, L., Verrier, E. 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genet. Sel. Evol.* 29:5.
- Caballero, A., Hill, W. G. 1992. Effective size of nonrandom mating populations. *Genetics.* 130:909.
- Crow, J. F. And Kimura, M. 1970. An introduction to population genetics theory. Harper and Row. New York. USA.
- Falconer, D. S., Mackay, T. F. C. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. (4th Ed.) Longman. New York.
- FAO, 1998. Domestic Animal Diversity Information System [s.l.]: (CD-Rom).
- FAO. 1994. The management of global animal genetic resources. Animal Production and Health Paper 104, [Rome, Italy].
- Faria, F. J. C., Vercesi Filho, A. E., Madalena, F. E. *et al.* 2001a. Intervalo de gerações e tamanho efetivo da população da raça Gir In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 38:484 (resumo).

- Faria, F. J. C., Vercesi Filho, A. E., Madalena, F. E. *et al.* 2001b. Intervalo de gerações e tamanho efetivo da população da raça Nelore In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 38:486. (resumo).
- Faria, F. J. C., Vercesi Filho, A. E., Madalena, F. E. *et al.* 2001c. Parâmetros populacionais do rebanho Gir Mocho registrado no Brasil. *Rev. Bras. Zootec.* 30(6s): 1984.
- Frankham, R. 1995. Effective population size/adult population ratios in wildlife: a review. *Genet. Res.*, 66:95-107.
- Goddard, M. G., Smith, C. 1990. Optimum number of bull sires in dairy cattle breeding. *J. Dairy Sci.*, 73:1113-1122.
- Herron, N. D. 1978. The breed structure and genetic analysis of the pedigree Sahiwal breed in Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 29:381.
- Meuwissen, T. H. E., Luo, Z. 1992. Computing inbreeding coefficients in large populations. *Genet. Sel. Evol.* 28:305.
- Meuwissen, T. H. E., Woolliams, J. 1994. Effective sizes of livestock populations to prevent a decline in fitness. *Theor. Appl. Genet.* 89:1019.
- Nomura, T., Honda, T., Mukai, F. 2001. Inbreeding and effective population size of Japanese Black cattle. *J. Anim. Sci.* 79:366.
- Queiroz, S. A., Lôbo, R. B. 1993. Genetic relationship, inbreeding and generation interval in registered Gir cattle in Brazil. 110(3):228.
- Razook, A. G., Figueiredo, L. A., Bonilha Neto, L. M. *et al.* 1993. Intensidades de seleção e repostas diretas e correlacionadas em 10 anos de progênes de bovinos das raças Nelore e Guzerá selecionadas para peso pós desmame. *B. Indústria. Anim.*, 50(2):147.
- Santiago, A. A. 1986. O Zebu na Índia, no Brasil e no mundo. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola.
- Silvestre, J.R.A.; Madalena, F.E.; Madureira, A. P. 1997. Fazendeiros de Minas Gerais fazem cruzamento “meio sangue” F1 para produção de leite. *Cad. Tec. Esc. Vet. UFMG*, 18:37.
- Solkner, J., Filipic, L., Hampsire, N. 1998. Genetic variability of populations and similarity of subpopulations in Austrian cattle breeds determined by analysis of pedigrees. *Anim. Sci.* 67:249.
- Wright, S. 1965. The interpretation of population structure by F-statistics with special regards to systems of mating. *Evolution.* 19:395.
- Wright, S. 1977. *Evolution and the Genetics of Populations. Vol. 3. Experimental Results and Evolutionary Deductions.* University of Chicago Press, Chicago.