

PERSPECTIVAS PARA O MELHORAMENTO GENÉTICO DE BOVINOS DE CORTE NO BRASIL

Maurício Mello de Alencar¹

1. Introdução

A produção de bovinos de corte no Brasil tem se modernizado nas últimas décadas, resultando em aumentos na produtividade dos sistemas de produção e na melhoria da qualidade do produto. Os avanços científicos e tecnológicos alcançados naqueles componentes ligados ao manejo e à alimentação certamente foram decisivos para o aprimoramento do setor, mas muito do ganho produtivo obtido foi consequência da melhoria constante do potencial genético dos animais. Ultimamente, pressões impostas pela abertura de mercados e pela competição exercida por carnes de outras espécies e por outras atividades agrícolas têm exigido maior eficiência do setor produtivo de carne bovina do País. Nesse contexto, melhorias do potencial genético dos animais e sua adequação ao ambiente e ao manejo continuam sendo pontos importantes para se alcançar maior eficiência dos sistemas. Nesta palestra serão abordados alguns pontos relativos às perspectivas do melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil; entretanto, antes será feita uma retrospectiva das conquistas na área, procurando-se falar resumidamente da introdução dos bovinos no País, da modificação do patrimônio genético pela introdução do Zebu, de seu cruzamento com raças taurinas e dos programas de seleção, para depois dar enfoque ao que se espera no futuro, abordando alguns desafios ligados ao melhoramento genético de bovinos de corte no País.

2. Retrospectiva do melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil

Bovinos de origem européia foram introduzidos no Brasil nas primeiras décadas após o descobrimento. Após o processo de adaptação e da mistura desse gado trazido durante a colonização, surgiram as diferentes raças brasileiras. Dentre essas raças, podem ser citados o gado Curraleiro (Pé-duro), o Franqueiro ou Junqueiro, o Caracu, o Mocho Nacional, o Crioulo Lageano e o Pantaneiro. Esses animais tiveram importância fundamental no desenvolvimento do País. No princípio do século XIX, iniciaram-se as importações de gado Zebu. Entretanto, somente mais tarde, o Zebu foi importado em maior escala, primeiramente em função da necessidade dos bovinos como fonte de energia para os transportes da época (Mariante e Cavalcante, 2000). Mas foi provavelmente no início do século XX que houve a introdução definitiva do Zebu indiano no Brasil (Euclides Filho e Figueiredo, 2003). Em 1963, houve a última grande importação de germoplasma da Índia (Ferraz, 2003). O gado Zebu se adaptou tão bem às condições de criação do País que foi largamente utilizado em cruzamentos absorventes com o gado crioulo e hoje cerca de 80% do rebanho bovino brasileiro é de gado Zebu ou de animais com alguma mestiçagem de Zebu (Silva et al., 2002).

Apesar de sua adaptabilidade às condições das regiões de clima tropical, o gado zebuino é menos produtivo do que o gado das raças européias, britânicas e continentais, sob

¹ Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, Caixa Postal 339, CEP 13560-970, São Carlos, SP. E-mail: maurício@cnpse.embrapa.br

condições favoráveis de ambiente, ou seja, em climas amenos, sob baixa infestação parasitária e boas condições nutricionais. Entretanto, sob condições tropicais onde há presença de parasitas (carrapato e helmintos), o calor é intenso e a alimentação é pobre, tanto em qualidade quanto em quantidade, em boa parte do ano, a utilização de raças européias não é recomendável. Em vista da impossibilidade de se criar gado puro de raças européias em grande parte dos sistemas de produção do País, procurou-se buscar genótipos adaptados às nossas condições de clima, mas com características produtivas semelhantes às dos animais europeus, resultantes de processos de seleção de vários séculos. Dessa maneira, iniciou-se no Brasil a formação de raças sintéticas ou compostas, pelo cruzamento de duas ou mais raças, e a utilização sistemática do cruzamento entre raças das espécies *Bos taurus* e *Bos indicus*, resultando em animais com bom potencial produtivo em ambientes tropicais, como consequência da heterose e da complementaridade entre raças. Assim, surgiram no Brasil várias raças sintéticas com o propósito de produzir carne. Dentre elas, podem ser citadas as raças Indubrasil, Tabapuã, Canchim, Ibagé, hoje denominada Brangus, Caiuá, Pampeana, hoje denominada Braford, Red Norte e Simbrasil. Outros trabalhos de formação de novos grupos continuam sendo conduzidos, como o Montana Tropical e o Purunã. Essas novas raças são utilizadas como raças puras ou em cruzamento com animais azebuados.

Quanto aos cruzamentos sistemáticos, no Brasil, há várias décadas vêm sendo desenvolvidos trabalhos no sentido de estudar os bovinos cruzados para a produção de carne. Alencar (1997) e Borba (1999) fizeram revisões amplas dos trabalhos realizados no Brasil no período de 1934 a 1998, mostrando que os animais cruzados são, em geral, superiores aos puros para várias características de desempenho, entre elas, crescimento em pastagem e em confinamento e eficiência reprodutiva das fêmeas.

Outra estratégia para melhorar a produtividade da população bovina é por meio da seleção do gado existente para características de valor econômico. Essa alternativa tem sido utilizada no Brasil. Apesar de as diferenças de desempenho entre os taurinos e os zebuínos continuarem existindo, verificou-se, por várias razões, entre elas o trabalho de criadores isoladamente, de associações de criadores, de instituições de ensino e de pesquisa e de técnicos da área, importante melhoria genética do gado bovino de corte do Brasil, principalmente das raças zebuínas.

Ferraz (2003) faz excelente apresentação sobre os programas criados e desenvolvidos no País visando ao melhoramento genético animal. Entre esses programas podem ser citados: os testes de avaliação de touros iniciados em 1951 na Estação Experimental de Sertãozinho, SP; a cooperação entre o Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP - USP) e criadores de Nelore, em 1968; os testes de avaliação de touros do Instituto Francisco Osório (IPZFO), RS, em 1970; o controle de desenvolvimento ponderal da Associação Nacional de Criadores (ANC), Herd Book Collares, RS, em 1972; o Programa de Melhoramento de Bovinos (Promebo) da ANC e do Departamento de Zootecnia da UFRGS, em 1974; o teste de progênie Nelore Cipari/ANC-PR, com a Associação Brasileira de Criadores de Zebu, em 1975; o Geneplan, programa de avaliação genética da Agro-Pecuária CFM Ltda, em 1984; o Programa Natura, em 1986; o Programa CEIP do MAPA, em 1989; o Programa de Melhoramento Genético da Raça Nelore (PMGRN) da FMRP – USP, em 1992; e a formação do Grupo de Melhoramento Genético (GMA) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da USP, em 1994.

Deve ser mencionado também o convênio celebrado em 1979 entre a Embrapa Gado de Corte e o Escritório da Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ) no Estado

de Mato Grosso do Sul, para avaliação de parâmetros genéticos em raças zebuínas (Rosa et al., 1979), convênio esse ampliado em 1982 para todo o território nacional, por intermédio do Escritório Central da ABCZ, resultando no lançamento da primeira avaliação nacional de touros em 1984. Nessa ocasião, foi utilizado o conceito de “mérito genético”, que consistia no desvio da média da progênie em relação à média da raça, para cada medida ajustada à idade-padrão do controle de desenvolvimento ponderal, considerando-se o efeito de sexo (Mariante et al., 1984). A metodologia de modelos mistos foi incorporada à rotina das avaliações da Embrapa Gado de Corte a partir de 1987 (Rosa et al., 1987), sendo o modelo animal adotado a partir de 1994 (Brasil, 2002).

De acordo com Ferraz (2003), em 2003 existiam vários programas de avaliação genética de bovinos de corte no Brasil, para várias raças. Em 2002, houve grande esforço para se juntar em um sumário unificado, dados de vários programas de avaliação genética da raça Nelore.

Inicialmente, os programas de seleção eram feitos dentro de rebanho, mas a percepção de grupos de criadores e de pesquisadores brasileiros quanto à necessidade de se realizarem avaliações entre rebanhos, levou à criação dos programas hoje existentes. A evolução nas avaliações pelo procedimento BLUP (melhor predição linear não-viesada) para solução das equações de modelos mistos e nas metodologias estatísticas foi fundamental para os avanços dos programas de avaliação genética, possibilitando a obtenção de BLUP para valores genéticos.

Os critérios de seleção também evoluíram muito nos últimos anos. No início, os critérios eram constituídos por características de crescimento (pesos e ganhos em peso), por serem de mais fácil medição e por apresentarem herdabilidade mais alta. Na última década, características ligadas à eficiência reprodutiva passaram a ser consideradas nos programas de avaliação genética e hoje são estimadas DEPs (diferença esperada na progênie) para perímetro escrotal, idade ao primeiro parto e probabilidade de prenhez da novilha, entre outras características. Alguns programas de avaliação genética estão iniciando avaliações para tamanho do umbigo, resistência ao carrapato e espessura de gordura no lombo.

Os programas de avaliação genética de bovinos de corte no Brasil, além de fornecerem DEPs para várias características de importância econômica, oferecem a possibilidade de o criador juntar as DEPs em índices de acordo com suas necessidades. Os programas estão também possibilitando o planejamento de acasalamentos, visando à maximização da produção futura.

3. Perspectivas do melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil

O melhoramento genético animal consiste na mudança da composição genética das populações, com base em duas estratégias fundamentais, que exploram a variabilidade biológica dos animais dentro das espécies. Com essas duas estratégias, a seleção e os sistemas de acasalamento, procura-se utilizar de maneira criativa as diferenças genéticas existentes entre indivíduos dentro de uma raça e entre raças dentro de uma espécie, organizando acasalamentos visando à obtenção de melhor combinação aditiva e não-aditiva nos animais do sistema. A seguir, são apresentadas perspectivas e desafios ligados a essas duas estratégias e algumas considerações relacionadas à utilização da biotecnologia na produção de bovinos de corte.

3.1. Cruzamentos

Em razão da disponibilidade de grande número de raças de bovinos, biologicamente diferentes, cruzamentos sistemáticos entre raças das espécies *Bos taurus* e *Bos indicus*, resultando em animais com bom potencial produtivo em ambientes tropicais, como consequência da heterose e da complementaridade entre raças, podem ser usados, para adequar tipo de animal e ambiente, com o objetivo de aumentar a produtividade dos sistemas de produção mais rapidamente. Essa estratégia possibilita também maior flexibilidade aos sistemas de produção, permitindo mudanças de direcionamento mais rápidas e menos traumáticas, satisfazendo diferentes exigências de mercado.

Embora haja superioridade dos animais cruzados em relação aos puros para várias características de desempenho, conforme revisado por Alencar (1997) e Borba (1999), segundo Euclides Filho e Figueiredo (2003), o uso do cruzamento como forma de obter melhorias no segmento da pecuária de corte tem sido motivo de controvérsias, em razão da não observância do adequado ajuste do binômio genótipo-ambiente, da falta de objetivos definidos, da mão-de-obra e da infra-estrutura inadequadas, do não atendimento das exigências nutricionais dos animais com maior potencial de desempenho. Além disso, mais recentemente, a modernização das criações de gado puro resultou na melhoria da produtividade do Zebu e da colocação na indústria frigorífica de grande quantidade de animais mestiços provenientes de outra atividade, sem as características desejáveis para corte, causando retração no mercado de mestiços e desestimulando a utilização do cruzamento para a produção de carne. Apesar dessa retração, acredita-se que essa estratégia vai ser utilizada mais intensamente no futuro.

Vários sistemas de cruzamento podem ser utilizados pelo produtor de carne bovina. Esses sistemas resultam em diferentes graus de heterose (vigor híbrido), possuem vantagens e desvantagens e a sua escolha dependerá dos objetivos do programa de cruzamentos, das raças envolvidas, das condições de manejo, ambiente, mercado e comercialização, da propriedade e do próprio produtor.

Existem restrições e oportunidades dos pontos de vista genético e prático para cada sistema de cruzamento. As maiores limitações ao uso do cruzamento entre raças são as restrições de manejo, sendo uma delas, para certos sistemas de cruzamento nas regiões de clima tropical, a utilização da monta natural com touros puros de raças européias. Outra grande restrição diz respeito à produção de animais de diferentes genótipos em diferentes gerações, o que pode comprometer o manejo das vacas ou a venda dos bezerros. Algumas dessas restrições podem ser superadas com o uso de inseminação artificial e de touros cruzados ou de novas raças.

Outro fator importantíssimo na utilização de cruzamentos é a escolha das raças e do “grau de sangue” mais adequado. As raças são diferentes quanto a adaptação ao clima, resistência a parasitos, taxa de crescimento, habilidade materna, eficiência reprodutiva, acabamento de carcaça, peso de abate, gordura na carcaça, exigência nutricional, etc. Portanto, nesse aspecto, o ambiente torna-se fundamental na escolha das raças. É necessário, portanto, caracterização criteriosa das raças e de seus cruzamentos nos vários sistemas de produção do País. Cardoso (2004), avaliando o desempenho de animais de vários “graus de sangue” Hereford x Nelore, para os pesos à desmama e ao sobreano, verificou que as magnitudes de efeitos aditivos e não-aditivos dependiam da latitude em que os animais eram criados, e que o desempenho de vários grupos genéticos depende da latitude; portanto, a escolha do sistema de cruzamento e do “grau de sangue” vai depender

da latitude em que o sistema de produção está localizado. Teixeira (2004) também verificou interação significativa entre grupo genético e região para os pesos à desmama e ao sobreano de animais de diferentes grupos genéticos Hereford x Nelore, sugerindo que a escolha do grupo genético vai depender da região.

Restle et al. (2003), revisando trabalhos de cruzamento realizados no Rio Grande do Sul, mostram que existem tendências de redução na maciez da carne com o aumento do “grau de sangue” Nelore em cruzamentos de Hereford e de Charolês com Nelore. Para determinados sistemas de produção, é possível aumentar, além de 50%, a proporção de *Bos taurus* no animal a ser abatido, para melhorar a maciez da carne a ser fornecida àqueles mercados que exigem carne macia. Porém, para a maioria dos nossos sistemas de produção, que envolvem recria e terminação em pastagens, o aumento na proporção de *Bos taurus* esbarra nos problemas de adaptabilidade desses animais. Isto talvez possa ser feito utilizando-se raças *Bos taurus* adaptadas, como a Caracu, a Romosinuano e algumas raças africanas, entre outras. Portanto, as fêmeas cruzadas, além daqueles aspectos produtivos como boa eficiência reprodutiva e boa habilidade materna, podem contribuir para melhorar a qualidade da carne produzida no Brasil, por meio do aumento da proporção de *Bos taurus* nos animais terminados.

Outro ponto a ser considerado na utilização de cruzamentos está relacionado à eficiência na utilização de nutrientes e ao requerimento nutricional dos animais nas suas várias fases fisiológicas. Ferrel & Jenkins (1985) mostraram que os animais requerem energia para manutenção, crescimento, gestação e lactação, e que os requerimentos para cada uma dessas condições variam com o tipo de gado e parecem ser associados ao potencial genético para medidas de produção (taxa de crescimento e produção de leite). Os resultados obtidos por esses autores indicam que de 70 a 75% do total de requerimentos de energia dos animais são utilizados para manutenção e, ainda, que animais de alto potencial genético para produção podem ter menos vantagens ou apresentar desvantagens em ambiente restritivo. McMorris & Wilton (1986), estudando grupos genéticos biologicamente diferentes, verificaram que vacas mais pesadas apresentam maior exigência nutricional e produzem filhos mais exigentes, mais pesados e com maior rendimento de carcaça. Verificaram, ainda, que as vacas maiores produtoras de leite também são mais exigentes. No Brasil, onde os sistemas de criação são em regime exclusivo de pastagens e essas são formadas, predominantemente, por gramíneas tropicais, os solos são mais pobres e há grande flutuação sazonal na produção de forragens, o tamanho da vaca passa a ser muito importante na determinação da eficiência biológica e econômica dos sistemas. Segundo Lanna & Packer (1998), o aumento do peso da vaca adulta, além do suportável pelo programa nutricional, leva a problemas reprodutivos e rápida depressão nos índices de produtividade da vaca. Apesar de alguns esforços de pesquisa, a falta de mais informações nas condições brasileiras determina a necessidade de se conhecer as exigências nutricionais de animais que representam grupos genéticos e fases fisiológicas diferentes, para que o produtor possa adequar o ambiente ao tipo de animal ou vice-versa.

Um dos problemas do cruzamento em bovinos de corte é que a produtividade dos animais F1 não é mantida em gerações mais avançadas ou quando animais cruzados são acasalados entre si ou mesmo em retrocruzamentos, ou seja, existe perda de heterose. Segundo Euclides Filho e Figueiredo (2003), espera-se que esse decréscimo em heterose seja maior sob condições tropicais. Existem evidências de efeitos epistáticos sobre características de produção em cruzamentos entre *Bos indicus* e *Bos taurus*, conforme verificado por alguns autores, entre eles Arthur et al. (1999), Cardoso (2004) e Teixeira

(2004). O conhecimento dos efeitos aditivos e não-aditivos das características, para as várias raças e tipos de ambiente e de manejo, é essencial para fins preditivos.

Outro ponto importante a ser considerado é a seleção em populações mestiças. Os animais cruzados não são utilizados apenas como produto final. Cada vez mais no Brasil esses animais são utilizados como reprodutores e matrizes, seja em populações compostas (raças sintéticas), seja em sistemas de cruzamento. Em vista disto, cresce em importância a avaliação genética de animais mestiços. Neste aspecto, a avaliação genética de populações multirraciais deve ser uma ferramenta a ser utilizada nos programas de melhoramento do País. Para tanto, é necessário que haja modificações nos procedimentos utilizados atualmente. De acordo com Miller (2002), a aplicação de modelos de avaliação genética tem evoluído para modelos multirraciais para comparar animais de diferentes rebanhos, independentemente da composição racial.

3.2. Seleção

O Brasil é um país com diferenças climáticas, topográficas e de qualidade do solo e de desigualdades sociais muito grandes, o que propicia uma gama de sistemas de produção. A grande variedade de sistemas de produção dificulta a definição de objetivos de seleção. A fragmentação do setor produtivo em produtores de gado puro e produtores comerciais, e estes últimos em cria, recria e engorda, também dificulta a definição clara de objetivos de seleção. Entretanto, estão acontecendo mudanças na direção de maior intensificação dos sistemas de produção, o que deverá facilitar a definição dos objetivos de seleção. Além disso, espera-se que haja evolução para a formação de alianças entre os vários segmentos da cadeia produtiva, o que deverá direcionar a definição de objetivos de seleção visando ao aumento da eficiência de todo o sistema, favorecendo a todos os elos da cadeia. Mudanças de hábito dos consumidores finais, que estão se tornando mais exigentes em termos de qualidade (organoléptica e livre de resíduos) do produto, exigências relacionadas ao ambiente e ao bem-estar animal e competição em razão da abertura dos mercados também estão contribuindo para o redirecionamento dos objetivos de seleção, de maneira que a bovinocultura de corte brasileira se torne uma atividade competitiva. Dessa maneira, alguns objetivos de seleção, considerados pelo autor como desafios para o setor, são apresentados a seguir.

A maioria das características ligadas à eficiência reprodutiva apresenta baixa herdabilidade, indicando a necessidade de muito esforço para se obter progresso genético. O perímetro escrotal é uma característica indicadora de precocidade reprodutiva e do potencial de o touro emprenhar vacas, e a probabilidade de prenhez aos 14 meses de idade surge como opção de critério de seleção que mede diretamente a precocidade reprodutiva das fêmeas. Essas duas características têm herdabilidade de magnitude média e têm sido utilizadas em programas de avaliação genética no País. Entretanto, é necessário definir, para cada raça, o perímetro escrotal mínimo aceitável ou desejável para monta natural, e os efeitos da concepção em idade jovem sobre os desempenhos reprodutivo e produtivo futuros das fêmeas, em diferentes sistemas de produção. Apesar dos esforços da pesquisa, é necessária a busca contínua de critérios de seleção que realmente possibilitem a identificação de machos e fêmeas mais férteis e mais precoces para os sistemas de produção do País.

Mudar a forma da curva de crescimento de bovinos de corte não é tarefa fácil, em virtude do antagonismo genético existente entre parâmetros da curva. As estimativas de

herdabilidade para o peso assintótico e para a taxa de maturação são de magnitude média (Elias, 1998; Silva et al., 2000), indicando ser possível modificá-los pela seleção. Entretanto, a correlação genética entre eles é negativa (Elias, 1998; Silva et al., 2000), indicando que a seleção para aumentar um deles deve resultar em redução no outro, ou vice versa. Portanto, aumentar a taxa de maturação mantendo determinado peso adulto é difícil. Entretanto, esse é um desafio que deve ser encarado. Características como conformação, precocidade e musculabilidade estão sendo utilizadas, mas talvez um critério de seleção do futuro seja tempo para atingir determinado peso de abate com o animal terminado. É possível que o uso da ultra-sonografia possa contribuir para a medição do grau de acabamento dos animais. É necessária, também, a definição do tamanho adulto aceitável ou desejável, para as várias raças nos diferentes sistemas de produção brasileiros, o que contribuirá para o delineamento de objetivos de seleção.

De acordo com Andrade (2001), a eficiência da exploração comercial bovina em regiões tropicais depende, em grande parte, do potencial de produção dos animais, bem como da capacidade de adaptação ao ambiente, e a ocorrência de infestações parasitárias nos trópicos tem acarretado acentuadas quedas nos índices de produção. O grau de infestação por carrapato e por mosca-dos-chifres, avaliado por meio de contagem ou por escore de infestação, apresentou herdabilidade baixa em bovinos Caracu (Andrade, 2001), o que sugere dificuldades na obtenção de progresso por seleção. O estabelecimento de critério de seleção para aumento da resistência a esses e outros parasitas (berne, helmintos) é um desafio para os selecionadores, principalmente para aqueles que trabalham com raças sintéticas ou compostas formadas a partir de raças européias.

Segundo Falconer (1952), elevado crescimento do animal sob nível baixo de nutrição é consequência dos genes para crescimento e de genes relacionados com a eficiência na utilização de alimentos, enquanto maior crescimento sob nível de nutrição alto dependerá dos genes para crescimento e dos genes para maior consumo de alimentos. De acordo com Firsch e Vercoe (1978), citados por Reis e Lôbo (1991), sob nível alto de nutrição, a seleção para taxa de crescimento é resultado de aumento no apetite, enquanto, em nível baixo, o acréscimo na taxa de crescimento é consequência da redução nos requerimentos para manutenção. Dessa maneira, além do crescimento do animal, é necessário que seja medida sua conversão alimentar, pelo monitoramento do consumo de alimentos, pelo menos para uma parcela dos animais selecionados. Em regime de pastagens, essa tarefa é difícil, mas nas provas em confinamento é mais fácil. De qualquer maneira, esse é um desafio para o futuro.

Dentre os fatores organolépticos de qualidade, a maciez é dos mais importantes na aceitação da carne por parte do consumidor. Apesar da existência de métodos não-genéticos (processos químicos e mecânicos), que podem induzir ou preservar a maciez da carne, existem variações de origem genética que poderão ser exploradas pelo setor produtivo no futuro. Existem diferenças genéticas, por exemplo, quanto ao grau de marmoreio e a atividade da calpastatina, características que, entre outras, estão ligadas à maciez da carne. Os custos na obtenção dessas informações, entretanto, limitam sua utilização em programas de melhoramento. A determinação de critérios de seleção diretos ou indiretos para maciez de carne, de aplicação mais fácil, é um desafio a ser vencido pela pesquisa.

O temperamento é característica importante, porque o manejo é mais fácil quando os animais são menos reativos, porém não letárgicos, e porque o estresse pode afetar a qualidade da carne. Encontrar a maneira fácil e segura de avaliar o temperamento dos

animais é essencial para incluir esse tipo de característica nos programas de avaliação de bovinos de corte.

De acordo com Miller (2002), apesar de as pesquisas para melhorar os métodos de predição continuarem, as avaliações genéticas amadureceram ao ponto de não serem mais limitação ao progresso, pelo menos para as características de fácil medição. Além da definição de novos objetivos e de novos critérios de seleção, a unificação das avaliações genéticas e as avaliações genéticas multirraciais serão uma realidade no Brasil. A seleção e os acasalamentos programados poderão ser realizados considerando-se efeitos genéticos aditivos e não-aditivos.

A rastreabilidade, quando implantada em todo o rebanho nacional, deverá contribuir sobremaneira para os programas de melhoramento do País, aumentando a quantidade de dados armazenados, principalmente para algumas características ligadas à carcaça (rendimento e espessura de gordura).

O desenvolvimento de coleta eletrônica de dados facilitará a produção de informações repetidas nos animais, possibilitando o uso de modelos de regressão aleatória, que já vem sendo utilizados em análises de dados de bovinos de corte no Brasil (Albuquerque e Meyer, 2001; Cyrillo et al., 2003).

3.3. Biotecnologias

Segundo Packer e Paz (2001), as perspectivas para o melhoramento genético das diferentes espécies animais têm sido continuamente influenciadas pelos avanços de várias áreas das ciências afins, e a era da biotecnologia tem despertado grandes expectativas quanto aos seus efeitos na teoria e na prática do melhoramento genético animal. Ainda segundo os mesmos autores, a biotecnologia, no sentido de aplicação dos conhecimentos biológicos às necessidades práticas, tem e terá impacto no melhoramento genético animal sob dois grandes enfoques, o primeiro compreendendo as tecnologias da reprodução animal, as quais operam ao nível das células (espermatozóides e óvulos), ovo e embrião, e o segundo, as técnicas moleculares, que podem ser usadas para localizar, identificar, comparar e eventualmente manipular os genes, operando portanto ao nível do DNA. Apresentaremos a seguir alguns aspectos dessas biotecnologias como ferramentas para promover o melhoramento genético animal.

3.3.1. Biotecnologias da reprodução

De acordo com Nicholas (1996), o efeito básico das tecnologias reprodutivas é o aumento do potencial reprodutivo, significando que menos pais são necessários para produzir determinado número de filhos, comparado com a reprodução natural. Geneticamente, isto resulta em maior intensidade de seleção, que por sua vez pode resultar em aumento do mérito genético dos filhos. Infelizmente, existe também a possibilidade de se criarem problemas relacionados à endogamia.

A inseminação artificial (IA) foi a primeira tecnologia reprodutiva de grande impacto no melhoramento genético animal. Do ponto de vista genético, em bovinos de corte no Brasil a IA poderá contribuir para: 1) Facilitar a identificação de touros superiores por meio da ligação genética entre grupos de contemporâneos, e aumentar a acurácia das estimativas das diferenças esperadas na progênie, nos programas de avaliação genética; 2) Promover o melhoramento genético das populações de bovinos de corte por meio do aumento da

intensidade de seleção, resultante da utilização mais intensiva de touros superiores, o que poderá também, a longo prazo, aumentar a taxa de endogamia das populações e, como conseqüência, reduzir a diversidade genética; 3) Viabilizar a utilização de determinados sistemas de cruzamento entre raças para produção de carne bovina ou o desenvolvimento de populações de bovinos compostos (nova população formada pela contribuição de duas ou mais raças).

Apesar de o touro ser a unidade mais importante no processo de seleção, respondendo por grande parte do progresso genético, a vaca também é um importante componente desse processo. Entretanto, uma vez que grande parte das fêmeas produzidas tem de ser mantida para reposição, a intensidade de seleção do lado feminino é muito mais baixa do que do lado dos machos. A transferência de embriões (TE), que compreende a superovulação de doadoras, a coleta de embriões e a transferência destes para as receptoras, a fresco ou congelados (Martinez et al., 2000), tem como principal benefício produzir mais filhos de uma vaca do que seria possível pela reprodução natural, possibilitando o aumento da intensidade de seleção e, conseqüentemente, na taxa de ganho genético. O maior benefício obtido com o aumento da eficiência reprodutiva das vacas selecionadas é que as vacas geneticamente superiores podem contribuir mais para os programas de melhoramento e essa contribuição pode ser maximizada se seus filhos são selecionados para IA.

A seleção do sexo em bovinos de corte é de interesse em determinadas situações. As sexagens de espermatozoides e de embriões são maneiras de se pré-determinar o sexo do animal. Do ponto de vista genético, o controle da proporção sexual afetará a intensidade de seleção e o intervalo de gerações, influenciando, portanto, o progresso genético esperado. Em sistemas comerciais de produção de carne, a determinação do sexo pode agregar valor ao produto e a escolha do sexo do bezerro vai depender do sistema utilizado. Em sistemas de cruzamento, por exemplo, se a fêmea cruzada F_1 é mantida no sistema para acasalamento terminal, maior proporção de fêmeas na primeira fase é desejável, enquanto maior proporção de machos na segunda fase (terminal) é mais vantajoso. A escolha do sexo poderá também contribuir para a especialização dos setores de produção de carne, facilitando o trabalho daqueles produtores especializados na produção de fêmeas cruzadas F_1 s, fornecedores de fêmeas de reposição para o produtor de bezerros de corte que utiliza o sistema terminal.

Mais recentemente, as pesquisas têm se concentrado em novas tecnologias denominadas maturação (MIV) e fertilização (FIV) *in vitro*. Ovócitos imaturos são coletados de vacas vivas ou de ovários de animais abatidos recentemente, são maturados e fertilizados em laboratório, permanecendo em meios de cultura apropriados, até atingir o estágio certo, e são transferidos para vacas receptoras ou são congelados para posterior transferência. Todo o processo é conhecido como produção *in vitro* de embriões (PIV). O potencial dessas técnicas aumentou grandemente com a possibilidade de se recuperar os ovócitos imaturos de vacas vivas (punção folicular) (Packer e Paz, 2001). Dessa maneira, a utilização de ovócitos de vacas de alto potencial genético permite produzir embriões de alta qualidade, em maior quantidade. Do ponto de vista genético, a produção de embriões pela FIV deverá contribuir decisivamente para aumentar a eficiência reprodutiva, multiplicando rapidamente o material genético melhorado, encurtando o intervalo de gerações e intensificando a seleção. Em núcleos MOET (ovulação múltipla e transferência de embriões), a FIV deverá contribuir para aumentar a eficiência da produção de embriões. Do ponto de vista da produção comercial, quando economicamente viável, a FIV poderá contribuir para a produção de determinados genótipos de interesse da pecuária de corte. Em

bovinos de corte, fêmeas F₁s, normalmente mais produtivas mas maiores poderão gestar e criar bezerros de qualquer grupo genético desejado, produzidos por FIV, aumentando a eficiência dos sistemas de produção. Contudo, essa possibilidade deve ser avaliada experimentalmente antes de ser utilizada comercialmente.

A clonagem também é uma biotecnologia que apresenta grande potencial para mudar procedimentos de melhoramento animal (Packer e Paz, 2001). Em bovinos, a clonagem de embriões pode ser uma tecnologia competitiva para alguns propósitos, entre eles o aumento da taxa de ganho genético e a disseminação do ganho genético (Cunningham, 1999).

3.3.2. Biotecnologias moleculares

Os caracteres de interesse econômico são em geral quantitativos, controlados por muitos genes e influenciados pelo ambiente. Diversos estudos têm demonstrado a possibilidade de mapear os genes ou conjuntos de genes que influenciam uma característica quantitativa, denominados QTL (*quantitative trait loci*). Laboratórios de biotecnologia animal vêm utilizando a análise de marcadores RFLP (restriction fragment length polymorphism) e microssatélites (repetições em tandem de 1 a 5 nucleotídeos) com o objetivo de investigar locos gênicos que controlam características de interesse econômico (ETLs). A identificação de ETLs pode ser feita utilizando-se marcadores aleatórios na construção de mapas genéticos saturados, marcadores esses que são correlacionados com características de interesse econômico e utilizados na identificação de regiões cromossômicas que contém locos que afetam caracteres quantitativos ou QTLs. Outra estratégia de identificação de QTLs consiste na detecção de polimorfismo em genes que estão diretamente relacionados com a característica de produção, denominados genes candidatos.

As avaliações genéticas de bovinos de corte no Brasil deverão considerar as informações adicionais disponibilizadas por marcadores genéticos, incorporando-as nos planos de acasalamentos. O interesse principal é para características difíceis de serem medidas ou de baixa herdabilidade, como características de carcaça e da carne, de resistência a parasitas e ligadas à eficiência reprodutiva.

Em bovinos, estudos têm demonstrado a existência de QTLs para características de peso ao nascimento e de ganho de peso até a desmama no cromossomo 5 (Li et al., 2002; Machado et al., 2003), para peso de carcaça quente e área de olho de lombo no cromossomo 6, para marmoreio nos cromossomos 17 e 27 e para força de cizalhamento pelo método de Warner-Bratzler no cromossomo 29 (Casas et al., 2000).

Apesar do sucesso na identificação de QTLs para características de produção de carne, a validação dessas informações para as populações de gado de corte brasileiras é fundamental para sua aplicação nos programas de melhoramento, uma vez que os efeitos de substituição de alelos de um QTL são parâmetros intrínsecos de cada população, podendo, por exemplo, não existir variação para o loco QTL em questão em uma dada população. Além disso, há que se considerar a existência de interações não alélicas com os demais genes que compõem o genoma da espécie, que podem exibir combinações diferentes daquelas em que o QTL foi descrito. Outra questão importante a ser considerada é a interação com o ambiente. Os QTLs mapeados em experimentos conduzidos no hemisfério norte podem não ser importantes para as condições ambientais de criação nos trópicos, principalmente se consideradas as diferenças de manejo nutricional. Portanto, para que a genética molecular possa ser definitivamente incorporada nos programas de melhoramento

de bovinos de corte no Brasil, é essencial que se realizem estudos da associação entre marcadores moleculares e características de produção, de maneira a se definirem estratégias de seleção assistida por marcadores (MAS).

4. Considerações finais

Parte do progresso alcançado pelo setor produtivo de carne bovina do País foi consequência do melhoramento genético dos rebanhos. As pressões de mercado e de competitividade impostas sobre o setor continuam a exigir melhorias do potencial genético dos animais e sua adequação ao ambiente e ao manejo. A caracterização das raças e dos cruzamentos entre raças nos vários tipos de ambiente e de manejo deve fornecer subsídios para que o produtor possa adequar o ambiente ao tipo de animal ou vice-versa. A definição mais clara de objetivos de seleção facilitará o desenvolvimento de critérios de seleção mais adequados aos sistemas de produção e às exigências de mercado. As informações disponibilizadas por marcadores genéticos serão incorporadas aos programas de avaliação genética dentro de raças ou multirraciais e biotecnologias da reprodução poderão contribuir para aumentar a intensidade de seleção.

5. Referências bibliográficas

ALBUQUERQUE, L. G.; MEYER, K. Estimates of covariance functions for growth from birth to 630 days of age in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2776-2789, 2001.

ALENCAR, M. M. Utilização de cruzamentos para produção de carne bovina. In: SEMANA DO ESTUDANTE, 9., 1997, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EMBRAPA-CPPSE, 1997. p.37-46.

ANDRADE, A. B. F. **Análise genética da infestação de fêmeas da raça Caracu por carrapato (*Boophilus microplus*) e mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans*)**. 2001. 104f. (Doutorado em Zootecnia – Área de concentração em Genética e Melhoramento Animal) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

ARTHUR, P. F.; HEARNshaw, H.; STEPHENSON, P. D. Direct and maternal additive and heterosis effects from crossing *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle: cow and calf performance in two environments. **Livestock Production Science**, v. 57, p. 231-241, 1999.

BORBA, L. H. F. **Idade ao primeiro parto e características de crescimento de animais cruzados Blonde D'Aquitaine x Zebu**. Jaboticabal: FCAV, 1999. 82p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/ UNESP, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sumário nacional de touros das raças zebuínas: nelore**, edição 2001. Uberaba: Embrapa Gado de Corte; Uberaba: ABCZ, 2002, 168p. (Embrapa Gado de corte. Documentos, 125)

CARDOSO, V. **Direcionando acasalamentos para maximizar a média do valor genotípico de uma futura safra.** Jaboticabal: FCAV, 2004. 80p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/ UNESP, 2004.

CASAS, E.; SHACKELFORD, S. D.; KEELE J. W.; STONE, R. T.; KAPPES, S. M.; KOOHMARAIE, M. Quantitative trait loci affecting growth and carcass composition of cattle segregating alternate forms of myostatin. **Journal of Animal Science**, v.78, p.560-569, 2000.

CUNNINGHAM, E. P. The application of biotechnologies to enhance animal production in different farming systems. **Livestock Production Science**, v.58, p.1-24, 1999.

CYRILLO, J. N. S. G., ALENCAR, M. M., RAZOOK, A. G., MERCADANTE, M. E. Z., FIGUEIREDO, L. A. Estimates of genetic parameters using random regression models for weights from birth to selection (378 days) of Nelore males. In: WORLD CONGRESS OF ANIMAL PRODUCTION, 9., 2003, Porto Alegre, **Proceedings...** Porto Alegre: WAAP, 2003. 1 CD-ROM

ELIAS, A. M. **Análise de curva de crescimento de vacas das raças Nelore, Guzerá e Gir.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1998. 123p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, 1998

EUCLIDES FILHO, K.; FIGUEIREDO, G.R. Retrospectiva e perspectivas de cruzamentos no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE CRUZAMENTO DE BOVINOS DE CORTE, 1., 2003, Londrina, PR. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2003. 1 CD-ROM.

FALCONER, D. S. The problem of environment and selection. **Amer. Nat.**, v.86, n.830, p.293-298, 1952.

FERRAZ, J. B. S. Programas de avaliação genética de bovinos de corte no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE INTEGRAÇÃO DE DADOS DE AVALIAÇÕES GENÉTICAS DE BOVINOS DE CORTE, 1., 2003, Pirassununga, SP. Disponível em: <http://www.sbmaonline.org.br/event/iwork/jbento.pdf> . (18/05/2004).

FERREL, C. L.; JENKINS, T. G. Cow type and the nutritional environment: nutritional aspects. **Journal of Animal Science**, v.61, n.3, p.725-41, 1985.

FIRSCH, J. E.; VERCOE, J. E. Genotype x environment interaction in growth rate of cattle – their occurrence, explanation and use in genetic improvement of growth. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 4., 1978. v. 2, p.615-622, 1978.

LANNA, D. P.; PACKER, I. U. Eficiência biológica e econômica de bovinos de corte In: WORKSHOP QUALIDADE DA CARNE E MELHORAMENTO GENÉTICO DE BOVINOS DE CORTE, 1., São Carlos. **Anais...** São Carlos: Embrapa-CPPSE; São Paulo: FUNDEPEC; Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 1998. p.172

LI, C.; BASARAB, J.; SNELLING, W.M.; BENKEL, B.; MURDOCH, B.; KNEELAN, J.; HANSEN, C.; MOORE, S. S. Identical by descent haplotype sharing analysis: application in fine mapping of QTLs for birth weight in commercial lines of *Bos taurus*. WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, France. **Papers...** 1 CD-ROM. Session Breeding ruminants for meat production. N. 02-12, 2002.

MACHADO, M. B. B.; ALENCAR, M. M.; PEREIRA A. P.; OLIVEIRA, H. O.; CASAS, E.; COUTINHO, L. L.; REGITANO, L. C. A. QTL affecting body weight in a candidate region of cattle chromosome 5. **Genetic and Molecular Biology**, v.26, p.259-265, 2003.

MARIANTE, A. S.; CAVALCANTE, N. **Animais do descobrimento: Raças domésticas da história do Brasil**. Brasília: Embrapa; Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. 232p.

MARIANTE, A. S.; NOBRE, P. R. C.; SILVA, L. O. C.; ROSA, A. N.; FIGUEIREDO, G. R. **Resultados do controle de desenvolvimento ponderal**. I. Nelore. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1984. 76p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 18).

MARTINEZ, M. L.; FERREIRA, A. M.; MACHADO, M. A. A biotecnologia na pecuária: tecnologias reprodutivas. **Informe Agropecuário**, v.21, n.204, p.79-88, 2000.

McMORRIS, M. R.; WILTON, J. W. Breeding systems, cow weight and milk yield effects on various biological variables in beef production. **Journal of Animal Science**, v.63, n.5, p.1361-72, 1986.

MILLER, S.P. Beef cattle breeding programmes : progress and prospects. World Congress on genetics applied to Livestock Production, 7., 2002, Montpellier, França. **Proceedings...** Montpellier, 2002.

NICHOLAS, F.W. Genetic improvement through reproductive technology. **Animal Reproduction Science**, v.42, p.205-214, 1996.

PACKER, I. U.; PAZ, C. P. Impactos da biotecnologia no melhoramento animal. In: MATTOS, W.R.S. et al. (Ed.). **A Produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.717-727.

REIS, J. C.; LÔBO, R. B. **Interações genótipo-ambiente nos animais domésticos**. Ribeirão Preto: J.C.R./R.B.L., 1991. 183p.

RESTLE, J.; VAZ, F. N.; PACHECO, P. S. Uso de animais zebuínos em cruzamentos de bovinos de corte no Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE CRUZAMENTO DE BOVINOS DE CORTE, 1., 2003, Londrina, PR. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2003.

ROSA, A. N.; EUCLIDES FILHO, K.; FIGUEIREDO, G. R.; MARIANTE, A. S. **Parâmetros genéticos em gado de corte**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1979. 2p. (EMBRAPA-CNPGC.Pesquisa em Andamento, 4).

ROSA, A. N.; NOBRE, P. R. C.; EUCLIDES FILHO, K. **Avaliação nacional de touros das raças zebuínas: gir, gir variedade mocha, guzerá, indubrasil, nelore, nelore variedade mocha, tabapuã.** Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC; Uberaba: ABCZ, 1987. 86p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 35).

SILVA, A. M., ALENCAR, M. M., FREITAS, A. R., BARBOSA, R.T., OLIVEIRA, M. C. S., NOVAES, A. P., TULLIO, R. R., CORRÊA, L. A. Herdabilidade e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, (Supl.2), p.2223-2230, 2000

SILVA, L. O. C.; GONDO, A.; NOBRE, P. R. C.; EUCLIDES FILHO, K.; ROSA, A. N.; JOSAHKIAN, L. A.; FIGUEIREDO, G. R. Genetic trends in Nelore breed in Brazil. In: WORLD CONGRESS OF GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier, França. **Proceedings...** Montpellier, 2002.

TEIXEIRA, R. A. **Fatores genéticos aditivos e não-aditivos que influenciam características reprodutivas e de crescimento em bovinos de corte.** 2004. 82f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/ UNESP, Jaboticabal.