UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE GENÉTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA

Marco Aurélio Prata

Índices Econômicos de Seleção para Rebanhos Gir Leiteiro

Ribeirão Preto – SP

2016

MARCO AURÉLIO PRATA

Índices Econômicos de Seleção para Rebanhos Gir Leiteiro
Economic Selection Index for Gir Dairy Cattle

Tese apresentada ao Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Genética.

Orientadora: Profa. Dra. Vera Lucia Cardoso

Ribeirão Preto – SP

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Versão corrigida. A versão corrigida encontra-se disponível tanto na Biblioteca da Unidade que aloja o programa, quanto na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD).

Prata, Marco Aurélio

Índices econômicos de seleção para rebanhos Gir Leiteiro. Ribeirão Preto, 2016.

68 p. : il. ; 30 cm

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Genética.

Orientador: Lucia Cardoso, Vera.

1. Índices econômicos de seleção. 2. Gir Leiteiro. 3. Melhoramento genético. 4. Características produtivas e reprodutivas.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Prata, Marco Aurélio

Índices Econômicos de Seleção para Rebanhos Gir Leiteiro

Tese apresentada ao Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Genética.

Aprovado em: 08/08/2016

Banca examinadora

Profa. Dra: Vera Lucia Cardoso

Instituição: FMRP-USP

Assinatura: _____

Profa. Dra: Lúcia Regina Martelli

Instituição: FMRP-USP

Assinatura: _____

Profa. Dra: Lenira El Faro Zadra

Instituição: Instituto de Zootecnia (IZ)

Assinatura: _____

Profa. Dra: Maria Gabriela Campolina Diniz Peixoto

Instituição: Embrapa Gado de Leite

Assinatura: _____

Prof. Dr: Marcos Eli Buzanskas

Instituição: Unesp-Jaboticabal

Assinatura: _____

**Aos meus pais Fegurson Prata e Maria Magdala,
Meus irmãos Fegurson e Eduardo,
Minha noiva Lúdia Santos,
Minha sobrinha Vitória,
Minha avó “Zizica” (Nair de Abreu).**

Dedico...

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por sempre se fazer presente em minha vida e me amparar com sábias palavras em momentos difíceis e agradáveis. Agradeço também pela ajudada nas minhas conquistas e por iluminar toda minha caminhada até aqui.

À Universidade de São Paulo pela oportunidade de realização deste doutorado com especial atenção à minha professora e orientadora Dra. Vera Lucia Cardoso por todo aprendizado e por ter me apoiado em todas as decisões acadêmicas. Agradeço também a todos os docentes na qual não hesitaram em compartilhar sua sabedoria e ensinamentos durante estes quatro anos.

Agradeço à Universidade de Guelph, em especial ao Centre for Genetic Improvement of Livestock e ao Prof. Dr. Filippo Miglior por me receberem por um período de um ano para realização do meu Doutorado “Sanduíche”. Agradeço também à grandiosa colaboração da Dra. Francesca Malchiodi, pós-doutoranda da Universidade de Guelph, pela ajuda e empenho na elaboração deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado e pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

À Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL), em especial ao coordenador operacional do Programa Nacional de Melhoramento Genético do Gir Leiteiro (PNMGL), André Rabelo Fernandes, pela disposição e empenho referente as questões relacionadas a base de dados.

Aos pesquisadores Dra. Lenira El Faro e Dr. Aníbal Eugênio Vercesi Filho pelos conselhos e colaboração com este trabalho e a toda família de melhoristas envolvidas neste projeto.

À toda minha família, na qual fico impossibilitado de citar nomes devido ao seu grande tamanho, mas que sempre estiveram presentes e tenho compartilhado bons momentos.

Aos meus amigos de pós-graduação Érico, Everton, Igor, Murilo e Rômulo que tornaram esse tempo de estudo muito mais agradável e divertido, dando sentido às palavras companheirismo e amizade.

Aos membros da banca pelas críticas construtivas e pelas sugestões, fundamentais para meu crescimento profissional.

Agradeço também a ajuda e apoio de todos os amigos e funcionários do Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto pelo convívio e amizade ao longo desses quatro anos.

Muito obrigado a todos!!!!!!

**Um pouco de ciência nos afasta de Deus,
Muito, nos aproxima.**

Louis Pasteur

SUPORTE FINANCEIRO

**COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE
NÍVEL SUPERIOR - CAPES**

Bolsa de estudos no Brasil

Processo: Proex

**COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE
NÍVEL SUPERIOR - CAPES**

Bolsa de Estudos no Exterior

Processo: BEX 6101/14-3

APOIO INSTITUCIONAL

DEPARTAMENTO DE GENÉTICA
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE GIR LEITEIRO
Uberaba, Minas Gerais, Brasil

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
EMBRAPA GADO DE LEITE
Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

UNIVERSITY OF GUELPH
DEPARTMENT OF ANIMAL AND POULTRY SCIENCE
CENTRE FOR GENETIC IMPROVEMENT OF LIVESTOCK
Guelph, Ontario, Canada

RESUMO

PRATA, M. A. **Índices econômicos de seleção para rebanhos Gir Leiteiro**. 2016. 65 f. Tese (Doutorado em Genética) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2016.

A produção de leite em geral é a característica mais importante em programa de melhoramento animal de rebanhos leiteiros. Vários estudos tem sido conduzidos para no Gir Leiteiro envolvendo a estimação de parâmetros genéticos para características produtivas nos últimos anos, mas pequena atenção foi dada a saúde do úbere e características reprodutivas. Os índices de seleção são utilizados em vários países para selecionar animais mais lucrativos e para quantificar a resposta correlacionada entre as características a serem incluídas como objetivos de seleção. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um estudo visando a construção de índices de seleção para posterior utilização na classificação e seleção dos animais avaliados no programa de teste de progênie de bovinos Gir Leiteiro no Brasil. Componentes de (co) variância para a produção de leite (PL), gordura (G), proteína (P), porcentagem de gordura (G%), porcentagem de proteína (P%), escore de células somáticas (ECS), intervalo de partos (IDP) e idade ao primeiro parto (IPP) foram estimados usando informações de desempenho fornecidas pela Associação Brasileira de Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL). Os dados incluíram registros de 10.146 vacas, filhas de 1005 touros, com partos ocorridos entre 1989 e 2013, distribuídas em 289 rebanhos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando modelo animal, em análises bivariadas pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML). Sete diferentes índices foram propostos (chamados GPI = Gir Performance Index), com alternativos objetivos de seleção e fatores de ponderação. GPI-1: $PL + G + P$, incluindo os respectivos valores econômicos (VE\$) das características. GPI-2: $PL + P + IDP + IPP$, incluindo os respectivos valores econômicos (VE\$) para as características reprodutivas e ponderação zero para IDP e IPP; GPI-3: $PL + P + IDP + IPP$, incluindo os respectivos valores econômicos (VE\$) para as características produtivas e para IDP, e ponderação zero para IPP. Baseados nas possíveis respostas esperadas obtidas nos índices anteriores, diferentes fatores de ponderação foram atribuídos para as características do GPI-4 ao GPI-7. GPI-4: $0.20*PL + 0.40*P - 0.30*IPP - 0.10*IDP$; GPI-5: $0.10*PL + 0.50*P - 0.10*IPP - 0.30*IDP$; GPI-6: $0.10*PL + 0.60*P - 0.10*IPP - 0.20*IDP$ e GPI-7: $0.10*PL + 0.30*P - 0.20*IPP - 0.40*IDP$. O GPI-1, GPI-2, GPI-3 e GPI-4 apresentaram maiores respostas para a produção de leite. Pequenas diferenças nas respostas para P foram observadas entre os índices. A resposta para IDP diminuiu do GPI-1 ao GPI-7 o que pode ser favorável, pois diminuiria o IDP. Entretanto, não foram observadas grandes diferenças entre as respostas econômicas, indicando que é possível a seleção para características reprodutivas sem diminuir o lucro. Os resultados sugerem que a seleção somente para produção de leite poderia levar a um declínio no desempenho reprodutivo. A inclusão da PL, P, IDP e IPP como objetivos de seleção no programa desenvolvido pela ABCGIL poderia promover um equilíbrio entre o melhoramento das características produtivas e reprodutivas. No entanto, espera-se lenta resposta à seleção devido às baixas estimativas de herdabilidade das características.

Palavras-chave: Índices econômicos de seleção, Gir leiteiro, melhoramento genético, características produtivas e reprodutivas.

ABSTRACT

PRATA, M. A. **Economic selection index for Gir dairy cattle**. 2016. 65 f. Tese (Doutorado em Genética) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2016.

Milk production traits in general are the most important trait in dairy cattle breeding program. Several studies have been conducted on Gir cattle involving the estimation of genetic parameters for milk production traits over last years, but small attention was given to udder health and reproductive traits. Selection indexes have been used around the world to select more profitable animals and to quantify the correlated response among all traits included in the breeding goal. Thus, the main goal of the present study was to develop a selection indexes for future use in the classification and selection of animals evaluated in a breeding program of Gir dairy cattle in Brazil. The estimate genetic parameters for 305d milk yield (MILK); fat yield (F), fat content (F%), protein yield (P), protein content (P%), lactation somatic cell score (LSCS), calving interval (CI) and age at first calving (AFC), were calculated using information on milk and reproduction traits provided by the Brazilian Association of Gir Dairy Breeders (ABCGIL). Dataset included records of 10,146 cows, daughters of 1,005 sires, who calved between 1989 and 2013, reared in 289 herds. The statistical analyses were carried out by an animal model, in bivariate analyses using the restricted maximum likelihood method. Seven different situations were created in the present study to define the breeding goals for Gir Dairy cattle (named GPI = Gir Performance Index). GPI-1; MILK + F + P, including the respective economic values (EV\$) of traits; GPI-2: Milk + P + AFC + CI, including the respective economic values (EV\$) for milk traits and zero for CI and AFC; GPI-3: M + P + AFC + CI, considering EV (\$) for MILK, P, CI and zero for AFC. Based on possible expected responses obtained from previous indexes, different weighting factors were attributed to traits in GPI-4 to GPI-7. GPI-4: $0.20 \times \text{MILK} + 0.40 \times \text{P} - 0.30 \times \text{AFC} - 0.10 \times \text{CI}$; GPI-5: $0.10 \times \text{MILK} + 0.50 \times \text{P} - 0.10 \times \text{AFC} - 0.30 \times \text{CI}$; GPI-6: $0.10 \times \text{MILK} + 0.60 \times \text{P} - 0.10 \times \text{AFC} - 0.20 \times \text{CI}$ and GPI-7: $0.10 \times \text{MILK} + 0.30 \times \text{P} - 0.20 \times \text{AFC} - 0.40 \times \text{CI}$. GPI-1, GPI-2, GPI-3 and GPI-4 provided higher genetic responses for MILK. Small differences on responses were observed for P across all indexes. Responses for CI decreased from GPI-1 to GPI-7, which could be favorable, however no differences among the economic selection response were observed, indicating that is possible include reproduction traits in the index without decrease the profit. These results suggest that the selection based only on the improvement of milk yield could lead to a decrease in reproduction performance. These results suggest that inclusion of MILK, P, CI and AFC traits in the breeding goals in the breeding program developed by ABCGIL could generate a balanced improvement of production and reproduction traits. However, is expected small response to selection due to low heritability estimates for these traits.

Keywords: Economic selection index, Gir dairy cattle, animal breeding, productive and reproductive traits.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Relação entre escore de células somáticas (ECS) e contagem de células somáticas no leite (CCS)_____	23
Tabela 2.	Mudanças na ênfase relativa (%) à seleção para produção em quatro países para bovinos Holstein_____	30
Tabela 3.	Número de vacas avaliadas em cada parto (N) e frequência (%) em relação ao número total de vacas para as características produção de leite aos 305 dias (PL), produção de gordura (G), produção de proteína (P), porcentagem de gordura (G%), porcentagem de proteína (P%), escore médio de células somáticas na lactação (ECS), intervalo de partos (IDP) e idade ao primeiro parto (IPP)_____	36
Tabela 4.	Estatística descritiva dos dados utilizados neste estudo para as características produção de leite aos 305 dias (PL), produção de gordura (G), produção de proteína (P), porcentagem de gordura (G%), porcentagem de proteína (P%), escore médio de células somáticas na lactação (ECS), intervalo de partos (IDP) e idade ao primeiro parto (IPP)_____	37
Tabela 5.	Ponderadores utilizados para construção dos diferentes índices de seleção_____	39
Tabela 6.	Médias das estimativas de herdabilidade obtidas pelas análises bivariadas (diagonal em negrito), correlações genéticas (acima da diagonal) e correlação residual (abaixo da diagonal) com respectivo erro-padrão (em parênteses) para produção de leite aos 305 dias (PL), produção de gordura (G), produção de proteína (P), porcentagem de gordura (G%), porcentagem de proteína (P%), escore de células somáticas (ECS), intervalo de partos (IDP) e idade ao primeiro parto (IPP)._____	42

Tabela 7.	Resposta genética esperada por geração de seleção para cada característica, resposta econômica, acurácia e ponderadores (em parenteses) utilizados para cada índice de seleção_____	51
Tabela 8.	Correlação dos valores genéticos das diferentes características com os valores de índices_____	53
Tabela 9.	Correlação de Spearman entre os valores de índices dos touros com no mínimo 3 filhas_____	53
Tabela 10.	Classificação dos animais baseado em seu valores de índices em relação ao GPI-1_____	55

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Ênfase relativa (%) nas várias características incluídas em 18 diferentes índices de seleção de países membros do “*International Bull Evaluation Service*” (Interbull) para bovinos Holstein (Adaptado de Miglior et al., 2012). TPI = Type Production Index; NM = Net Merit Index; ICO = Spanish Total Merit; BVI= Breeding Value Index; TMI = Total Merit Index; BW = Breeding Worth Index; NVI = Total Merit Index; NTP = Nippon Total Profit Index; PFT = Production, Functionality and Type Index; PD11 = Israeli Breeding Index; EBI = Economic Breeding Index; PLI = Profitable Lifetime Index; RZG = Total Merit Index; ISU = Global Merit Index; LPI = Lifetime Profit Index; V€G = Global Economic Index; APR = Australia Profit Ranking_____ 31
- Figura 2.** Valores genéticos estimados (VG) para produção de leite (kg) versus intervalo de partos (dias) para touros com no mínimo 3 filhas (271 touros)_____ 46
- Figura 3.** Tendências genéticas com respectivos erros-padrão para produção de leite (3A), produção de gordura (3B), produção de proteína (3C), escore de células somáticas na lactação (ECS, 3D), intervalo de partos (IDP, 3E) e idade ao primeiro parto (IPP, 3F)_____ 48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 Relação entre produção de leite, gordura e proteína	20
2.2 Relação entre características produtivas e de saúde do úbere	21
2.3 Relação entre características produtivas e intervalo de partos	24
2.4 Índices de seleção: equações e métodos	25
2.5 Índices de seleção e seu uso no melhoramento animal	29
3. OBJETIVOS GERAIS	32
3.1 Objetivos específicos	32
4. USO DE ÍNDICES DE SELEÇÃO PARA REBANHOS GIR LEITEIRO	33
4.1 INTRODUÇÃO	33
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	34
4.2.1 Origem dos dados	34
4.2.2 Estimação dos parâmetros genéticos	37
4.2.3 Cálculo das tendências genéticas	38
4.2.4 Construção dos índices de seleção	38
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.3.1 Herdabilidades	41
4.3.2 Correlações genéticas	45
4.3.3 Tendências genéticas	47
4.3.4 Índices de seleção	50
4.4 CONCLUSÃO	58
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
APÊNDICE 1 Artigo a ser submetido para revista Qualis A1-A2	68

1. INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária leiteira no Brasil desempenha um papel relevante no suprimento de alimentos e na geração de empregos. De acordo com dados do último censo agropecuário (IBGE, 2006), existem no Brasil aproximadamente 5,2 milhões de estabelecimentos rurais, dos quais 25% (aproximadamente 1,35 milhões) são dedicados a produção de leite e envolvem cerca de cinco milhões de pessoas. O valor bruto da produção de leite em 2014, por exemplo, foi de R\$ 28,5 bilhões, movimentando principalmente a economia das pequenas e médias cidades brasileiras (Brasil, 2014). Pesquisas realizadas pela Embrapa Gado de Leite (2015), mostram que este setor vem crescendo cerca de 4,0% ao ano. Já o consumo deve crescer a uma taxa anual de 1,9%, acompanhando, portanto a tendência de produção do país. No entanto, a produção ainda não será capaz de suprimir a demanda interna de consumo, o que exigirá certo volume de importações, previsto para próximo a 1,0 bilhão de litros em 2023, a menos que políticas públicas específicas de incentivo ao setor sejam implantadas (BRASIL, 2013).

Segundo Madalena (2012), cerca de aproximadamente 70% da produção leiteira nacional, vêm de sistemas de produção que exploram animais mestiços de dupla aptidão em regime de pastagens. O rebanho mestiço brasileiro é composto por aproximadamente 16 milhões de vacas, resultantes de cruzamentos alternados entre raças taurinas, principalmente a Holandesa, e zebuínas, em especial, o Gir selecionado para leite. O cruzamento entre estas duas raças tem sido preconizado há anos e representa uma ferramenta importante para aumentar a eficiência produtiva, reprodutiva e adaptativa dos animais em condições de clima tropical, por meio da expressão da heterose e da complementariedade.

Entre as raças zebuínas utilizadas em cruzamentos, assume destaque a Gir, por apresentar animais de boa aptidão para produção leiteira e por serem mais resistentes a climas tropicais quando comparadas a animais de origem taurina. Devido a sua grande adaptação e por estar presente na maioria dos rebanhos leiteiros brasileiros, o Gir Leiteiro destaca-se por ser a primeira raça zebuína do mundo a participar de um programa delineado de melhoramento genético, e cujos touros são provados para leite pelo teste de progênie, além de realizar a avaliação genética das vacas. Os touros participantes do Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro (PNMGL) são avaliados anualmente e possuem valores genéticos estimados para várias características produtivas, tais como leite, gordura e proteína, bem como suas porcentagens. Para touros com valores genéticos positivos para produção de leite, são publicadas também as STA's (capacidade prevista padronizada) das características de tipo funcional e temperamento, baseando-se em medidas realizadas nas suas progênies (PANETTO

et al., 2015). O grande desempenho produtivo do gado Gir Leiteiro pode ser observado na literatura a partir de trabalhos nacionais (LEDIC et al., 2002; Verneque et al., 2010), indicando a raça como alternativa para incrementar a pecuária leiteira em condições tropicais, seja como raça pura ou utilizada como base em diversos sistemas de cruzamento.

De acordo com Ponzoni e Newman (1989), um programa delineado de melhoramento genético deve definir, em primeiro lugar, em que circunstâncias de produção os animais serão utilizados, para então escolher quais seriam as características de importância econômica a serem selecionadas (objetivos de seleção) e quais as características a serem mensuradas para alcançar os objetivos de seleção (critérios de seleção).

Posteriormente, deve-se atribuir valores econômicos às características, que serão utilizados para avaliar a importância econômica de possíveis características que irão compor o objetivo final de seleção. A sua obtenção tem como base a diferença marginal entre o lucro anual de um sistema de produção, decorrente do melhoramento genético, supondo-se um aumento padrão no desempenho original médio de cada característica, mantendo-se os valores originais das demais constantes (GROEN, et al. 1997). Já as características incluídas como critérios de seleção devem apresentar variabilidade genética, serem de fácil mensuração, baixo custo e estarem relacionadas com as características nos objetivos de seleção (QUEIROZ et al., 2005).

Em geral, os objetivos de seleção incluem diferentes grupos de características, classificadas como: 1) produção, 2) qualidade e 3) funcionais. As características do primeiro e segundo grupo, como por exemplo, produções de leite, gordura e proteína e contagem de células somáticas, aumentam o lucro anual do sistema de produção por aumentarem a sua receita. Já as características do terceiro grupo promovem o aumento no lucro em decorrência da redução dos custos de produção, tendo um impacto positivo na sustentabilidade dos sistemas de produção. Em geral, são características relacionadas à adaptabilidade, fertilidade, resistência às doenças, longevidade, etc. (GROEN et al., 1997; NIELSEN et al., 2005). Em países desenvolvidos, os objetivos de seleção já incluem características dos três grupos combinadas dentro de índices de seleção usados para classificação dos touros e vacas (INTERBULL, 2015).

De acordo com Hazel (1943), a classificação dos touros deve ser realizada com base no seu valor de índice (ou mérito genético agregado), pois estes proporcionam um equilíbrio adequado entre a ênfase dada a seleção às diversas características (produtivas, saúde, fertilidade e etc.), maximizando o retorno econômico do melhoramento animal. Entretanto, no Brasil a classificação de touros e vacas pela metodologia de índices de seleção ainda não tem sido empregada.

Poucos trabalhos para bovinos leiteiros envolvendo índices de seleção no Brasil foram encontrados na literatura consultada (MADALENA, 2000; PRATA et al., 2015), em função da dificuldade de obtenção de informações de desempenho de um grande número de características, em especial, daquelas relacionadas à qualidade do leite e fertilidade. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um estudo visando a construção de índices de seleção para posterior utilização na classificação e seleção dos animais avaliados no programa de teste de progênie do Gir Leiteiro, executado pela Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL) em parceria com a Embrapa Gado de Leite.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Relação entre produção de leite, gordura e proteína

Estudos realizados com bovinos Gir têm mostrado correlações genéticas positivas ($r_g > 0,90$) entre características produtivas aos 305 dias de lactação, tais como produção de leite, gordura e proteína (BALIEIRO et al., 2000; PEREIRA et al., 2013; PRATA et al., 2015), o que indica que a seleção para uma delas poderia levar, neste caso, a uma resposta correlacionada favorável e positiva na outra. Para raças mais especializadas na produção leiteira, tais como Holandesa, Jersey e Pardo-Suíça, estimativas de correlações genéticas de moderadas a altas e favoráveis também foram encontradas na literatura (0,46 a 0,94) (ROMAN e WILCOX et al., 2000; MIGLIOR et al., 2007; DECHOW et al., 2007; PRITCHARD et al., 2013). Já as correlações genéticas entre características produtivas e a porcentagem de gordura encontradas para a raça Gir e seus mestiços foram negativas, variando entre -0,11 e -0,24 (BALIEIRO et al., 2000; PANETTO et al., 2015) e bem próxima de zero ($r_g = -0,01$) (VERNEQUE et al., 2013). Estudos com estimativas de correlações genéticas de produção de leite com a porcentagem de proteína utilizando somente animais Gir puros não foram encontrados literatura. Entretanto, Verneque e colaboradores (2013) e Panetto e colaboradores (2015), avaliando a primeira lactação de animais Gir puros e mestiços participantes do Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro (PNMGL) estimaram correlações genéticas entre produção de leite e porcentagem de proteína de -0,05 e -0,46, respectivamente.

Em geral, há um consenso na literatura de que as correlações genéticas entre características produtivas (leite, gordura e proteína) são altas e favoráveis, enquanto as correlações entre características produtivas com as porcentagens de gordura e proteína no leite são negativas e desfavoráveis. Isto indica que, a seleção para uma característica produtiva,

poderia levar a uma resposta correlacionada positiva na outra. Porém, no longo prazo ocorreria uma diminuição das porcentagens de gordura e proteína no leite, o que pode não ser desejável.

2.2 Relação entre características produtivas e de saúde do úbere

Nos últimos anos, muita atenção tem sido dada às características de saúde do úbere nos programas de seleção de vários países (MIGLIOR et al., 2005), com forte impacto nas fontes de receitas e despesas dentro de um sistema de produção (VERCESI FILHO et al., 2000; MARTINS et al., 2003). Em países como Estados Unidos (HADLEY et al., 2006), e Canadá (VAN DOORMAL, 2009), mais de 15% das causas de descarte involuntário têm sido por problemas de saúde do úbere, tais como mastite e conformação do úbere. Já na Suécia, estes problemas ultrapassam os 25% das causas totais de descarte involuntário (AHLMAN et al., 2011).

Mastite, embora seja um problema de saúde animal, também é um problema de segurança alimentar. Essa doença causa mudanças físicas, químicas e bacteriológicas na composição do leite, além de causar alterações patológicas nos tecidos da glândula mamária (SHARMA et al., 2007). A contaminação bacteriana do leite de vacas afetadas torna-o impróprio para o consumo. O leite também pode proporcionar um mecanismo de propagação de doenças como a tuberculose, febre-Q, brucelose, leptospirose e etc. (SHARIF et al., 2009).

A contagem de células somáticas (CCS) tem sido um indicador de resistência e susceptibilidade de vacas à mastite (BRITO e BRITO, 2004; SHARMA et al., 2011). Basicamente, células somáticas são células epiteliais secretoras de leite compostas principalmente por leucócitos, também chamados de células brancas do sangue, que estão presentes no leite devido a uma resposta inflamatória ou lesão na glândula mamária (SCHUKKEN et al., 2003).

De acordo com Lansbergen e colaboradores (1994), podem ser considerados casos de mastite subclínica se: a) a amostra do leite de um dos quartos afetados tem cultura bacteriológica positiva (acima de 500 UFC/ml para bactérias Gram Positivas ou acima de 100 UFC/ml para bactérias Gram Negativas) e quando a CCS está acima de 500.000 cel./ml, ou b) quando a amostra do leite tem CCS acima de 1.000.000 cel./ml. Já para Le Roux e colaboradores (1995), CCS acima de 250.000 cel./ml já indicam casos de mastite subclínica e devem ser tratados. Outros autores porém, consideram casos de mastite subclínica quando a CCS ultrapassa 100.000 cel./ml, e casos de mastite clínica quando a CCS está acima de 1.000.000 cel./ml (Kehrli e Shuster, 1994). Para Nielsen colaboradores (2005), CCS abaixo de 200.000 cel./ml

podem ser indicadores de boa saúde do úbere, enquanto CCS entre 500.000 e 1.000.000 são considerados casos moderados de mastite subclínica.

Em 2002 foi criada a Instrução Normativa n° 51 pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2002) a qual dispõe sobre a qualidade do leite produzido no Brasil. Nesta ocasião, ficou definido que o limite máximo de células somáticas no leite não deveria ultrapassar as 500.000 cél./ml até o ano 2012. No entanto, a IN n° 51 foi revogada pela Instrução Normativa n° 62 (BRASIL, 2011), a qual ampliou o prazo para ano de 2017 para atingir o valor de 500.000 cél./ml.

Perdas na produção de leite e o impacto econômico causado pela CCS no leite são bem documentados pela literatura. Coldebella e colaboradores (2003) identificaram perdas de 1,45 kg de leite/dia com 25.000 cel./mL para vacas primíparas e 4,83 kg/dia com 200.000 cel./ml para vacas multíparas. Já Magalhães e colaboradores (2006) verificaram perdas para vacas multíparas acima de 90 kg/lactação para cada aumento de 1 escore de células somáticas. Quanto ao impacto econômico, Guimarães e colaboradores (2013), verificaram perdas econômicas de aproximadamente R\$956,30 para cada caso de mastite clínica no rebanho.

Países desenvolvidos como Canadá e Estados Unidos mantém uma taxa de mais de 60% das vacas monitoradas para características relacionadas a qualidade do leite e saúde do úbere, enquanto na Suíça, este valor chega a atingir 100% das vacas (MONARDES, 2008). Em relação ao Brasil, não foram encontrados dados como este na literatura consultada.

Como a CCS não apresenta uma distribuição normal dos valores, Ali e Shook (1980) propuseram uma metodologia de transformar a CCS para escores de células somáticas (ECS), através de uma função logarítmica, fazendo com que o ECS assumisse uma distribuição normal dos valores. Na Tabela 1, são apresentadas as relações entre CCS e ECS. Cada aumento de um ECS está relacionado ao dobro de aumento da CCS.

Tabela 1. Relação entre escore de células somáticas (ECS) e contagem de células somáticas no leite (CCS).

ECS (unidades)	Escore de Células Somáticas (décimos)									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Contagem de Células Somáticas (x1000 cel./ml)									
0	12	13	14	15	16	18	19	20	22	23
1	25	27	29	31	33	35	38	41	44	47
2	50	54	57	62	66	71	76	81	87	93
3	100	107	115	123	132	141	152	162	174	187
4	200	214	230	246	264	283	303	325	348	373
5	400	429	459	492	528	566	606	650	696	746
6	800	857	919	985	1056	1131	1213	1300	1393	1493
7	1600	1715	1838	1970	2111	2263	2425	2599	2786	2986
8	3200	3430	3676	3940	4222	4525	4850	5198	5572	5971
9	6400	6859	7352	7849	8445	9051	9701	10397	11143	11943

Fonte: adaptado de Philpot e Nickerson (1991).

Alguns trabalhos na literatura têm apresentado estimativas de herdabilidade para ECS entre 0,10 e 0,14 para raças leiteiras especializadas (KADARMIDEEN et al., 2004; ANDRADE et al., 2007; DECHOW et al., 2007). Porém, não foram encontrados trabalhos avaliando esta característica em zebu leiteiro. Cárlen e colaboradores (2004) verificaram que as correlações genéticas entre ECS e as produções aos 305 dias de leite (PL), gordura (G) e proteína (P) de vacas Holstein nas três primeiras lactações variaram de 0,11 a 0,87. Já Miglior e colaboradores (2007) estimaram correlações genéticas próximas de zero de ECS com PL e P, enquanto que a correlação entre ECS e G foi negativa (-0,04). Pritchard e colaboradores (2013) também estimaram correlações negativas de -0,11 a -0,12 entre ECS e PL, G e P. Rupp e Boichard (1999) e Miglior e colaboradores (2007) estimaram correlações genéticas negativas entre ECS e G% (-0,02 e -0,10, respectivamente). A correlação genética entre ECS e P% estimada por Rupp e Boichard (1999) foi igual a 0,20, enquanto que a estimada por Miglior e colaboradores (2007) foi próxima de zero (0,009).

No geral, correlações genéticas positivas entre características produtivas e ECS são desfavoráveis, pois a seleção para características produtivas poderia aumentar a CCS no leite e, conseqüentemente, aumentar também a incidência de mastite clínica e subclínica, o que não é favorável. De acordo com Kehrli e Shuster (1994), a seleção para reduzir a CCS pressupõe que

vacas com menores CCS são menos susceptíveis a ter infecção intramamária, e com isto, podem ser mais resistentes a mastite.

2.3 Relação entre as características produtivas e intervalo de partos

A seleção para altas produções de leite ao longo dos anos tem levado ao declínio na fertilidade dos rebanhos de muitos países, devido a existência de correlação genética desfavorável observada por diversos autores (VEERKAMP et al., 2001; LUCY et al., 2001; WALL et al., 2003; VanRADEN et al., 2004; PRYCE et al., 2014). Várias medidas de fertilidade podem ser avaliadas na vida do animal. Dentre elas podemos citar a taxa de não-retorno e o intervalo de partos (PRYCE et al., 2004; VanRADEN et al., 2004). De acordo com Pryce e colaboradores (2000) e Pryce e colaboradores (2004), o intervalo de partos (IDP) é uma característica mais susceptível a decisões de manejo e nutrição e pode estar relacionada com o balanço energético do animal no início da lactação, em especial de vacas de alta produção, o que pode viesar as suas estimativas de herdabilidade. Geralmente, a herdabilidade para esta característica é baixa para todas as raças, variando de 0,02 a 0,08 (BALIEIRO et al., 1999; VEERKAMP et al., 2001; WALL et al., 2003; DAL ZOTTO et al., 2007; SILVA et al., 2012; HAILE-MARIM et al., 2013). Em princípio, essa menor estimativa de herdabilidade faz com que ocorra uma menor resposta a seleção para esta característica em um programa de melhoramento animal.

Quanto às correlação genéticas, Balieiro e colaboradores (2003) utilizando dados do PNMGL estimaram correlação de 0,52 entre PL na primeira lactação e o primeiro IDP. Haile-Mariam e colaboradores (2013), estimaram correlações genéticas entre PL e IDP de 0,40 para Holstein e de 0,42 para Jersey na Austrália. Pritchard e colaboradores (2013), em estudo com as três primeiras lactações de bovinos Holstein-Friesian no Reino Unido observaram correlações entre PL, G, e P com IDP variando de 0,17 a 0,20. De Jong (2005), para bovinos Holstein na Holanda encontraram maiores estimativas de correlações entre PL, G, e P com IDP variando de 0,56 a 0,61. Correlações genéticas positivas entre estas características mostram que a seleção para produção resultaria em aumento do intervalo de partos, o que não é desejado. De acordo com Pryce e colaboradores (2004) esta correlação genética seria mais desfavorável em rebanhos de alta produção, pois quanto maior a correlação genética entre produção e fertilidade, maior será o declínio na fertilidade, fazendo que esta última característica mereça maior atenção em um programa de melhoramento animal.

2.4 Índices de seleção: equações e métodos

Hazel (1943), desenvolveu a metodologia dos índices de seleção para características múltiplas em bovinos. Basicamente, a ideia de Hazel (1943) era que a seleção simultânea para várias características, ponderadas por sua importância econômica seria mais eficiente que a seleção para uma característica individual. No mesmo ano, Hazel e Lush (1943) compararam a eficiência dos três métodos de seleção: índice de seleção, método de *tanden* e dos níveis independentes de eliminação. Os autores concluíram que o índice de seleção foi o método mais eficiente para seleção de características múltiplas, por apresentar maior ganho genético.

Assim, Hazel (1943) definiu o agregado genotípico ou objetivo de seleção (H), como sendo uma função de valores genéticos aditivos das características de interesse econômico ponderadas pelos seus respectivos valores econômicos. Essa função não necessariamente deve ser linear, mas em muitos casos, uma relação aproximadamente linear pode ser encontrada. Se a função é linear, então o objetivo de seleção (H) pode ser descrito como:

$$H = v_1g_1 + v_2g_2 \dots v_ng_n = v'g$$

em que v_n é o valor econômico da característica e g_n é o valor genético aditivo daquela mesma característica. É importante notar que, v_n é o ponderador da característica, ou seja, é o lucro genético obtido por unidade de característica quando as demais permanecem nos seus valores constantes.

Como os valores genéticos aditivos das várias características não eram conhecidos, as informações de cada indivíduo para cada característica poderiam ser combinadas dentro de um índice de seleção (I), de forma que:

$$I = b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_mX_m = b'X$$

em que X_m seria a fonte de informação de cada indivíduo (registro fenotípico ou média de registros) e/ou seus parentes e b_m seria o ponderador (ou coeficiente de índice) para aquela mesma característica. Podemos notar que as características contidas em H e I podem ser as mesmas, mas na prática, em muitos casos não são, pois nem sempre é possível estabelecer um peso econômico para uma característica.

Para maximizar a resposta no objetivo de seleção (H), com a seleção praticada em I , os ponderadores (b) poderiam ser derivados como:

$$b = P_X^{-1} G_X v$$

em que $P_X = \text{var}(X)$, que é a matriz $m \times m$ de variância e covariância fenotípica das características em I , e $G_X = \text{var}(X, g)$, é a matriz $m \times n$ com as covariâncias entre as fontes de informação contidas em I e H .

Assim, a acurácia do índice (r_{HI}) poderia ser definida como a correlação entre H e I :

$$r_{HI} = \frac{\sigma_{HY}}{\sqrt{\sigma_I^2 \sigma_H^2}} = \frac{b_X' G_X v}{\sqrt{\sigma_I^2 \sigma_H^2}}$$

com:

$$\sigma_I^2 = \text{var}(I) = b_X' P_X b_X$$

$$\sigma_H^2 = \text{var}(H) = v' C v$$

em que σ_I^2 que é a variância do índice de seleção, σ_H^2 é a variância das características no objetivo de seleção, e $C = \text{var}(g)$ que é a matriz $n \times n$ de variância e covariância genética entre as características contidas em H .

A resposta genética esperada à seleção (S_g) para cada característica contida em H , com a seleção feita em I , poderia ser assim descrita:

$$S_g = [S_{g1}, \dots, S_{gn}] = \frac{b_X' G_X}{\sqrt{\sigma_I^2}}$$

Assim, a resposta econômica à seleção (S_H) pode ser considerada como a soma de resposta esperada a seleção (S_g) para todas as características componentes do objetivo de seleção (H), ponderadas pelo seu respectivo valor econômico (v):

$$S_H = S_g v$$

É importante notar que, todas as equações descritas acima não somente podem ser utilizadas para um índice ideal (“optimum index”), onde se derivam os ponderadores (b) usando

a equação $b = P_X^{-1} G_X v$, mas para qualquer qualquer um outro ponderador arbitrário (“any index”).

No entanto, até agora falou-se de índices econômicos de seleção baseados em desempenhos fenotípicos. Contudo, os programas de melhoramento modernos utilizam informações baseadas em valores genéticos preditos (VG) por BLUP (“*Best Linear Umbiased Prediction*”), que são derivados por meio de equações de modelos mistos propostas por Henderson (1975). Com esta metodologia, o principal interesse foi de avaliar o mérito genético agregado (H) de cada indivíduo com base nos seus valores genéticos preditos. Assim, as fontes de informações utilizadas para prever o mérito genético agregado de cada indivíduo, não seria mais o fenótipo, e sim o seu valor genético, onde:

$$I = b_1 \hat{g}_1 + b_2 \hat{g}_2 + \dots + b_m \hat{g}_m = b_{VG}' \hat{g}$$

Em que $\hat{g}$ é valor genético predito por BLUP, baseado em análises uni ou multicaracterísticas.

Essa última equação nos mostra que, a primeira etapa para o desenvolvimento de um índice de seleção seria a predição dos VG's de cada indivíduo para cada característica e como segunda etapa combinar todas estas características dentro de um índice.

Quando os VG's são preditos usando análises multicaracterísticas e as características em H e I são as mesmas, então as propriedades do índice podem ser descritas como:

$$P_{VG} = G_{VG} = \text{var}(\hat{g})$$

em que a matriz de variância e covariância dos VG's e ponderadores do índice seriam iguais aos seus valores econômicos (SCHNEEBERGER et al., 1992):

$$b_{VG} = P_{VG}^{-1} G_{VG} v = v$$

Nota-se com isto que, os ponderadores dos índices que contêm os VG's dependem somente dos valores econômicos e dos parâmetros genéticos. Como eles não dependem das acurácias das estimativas de cada VG, conclui-se que o mesmo índice pode ser usado para todos os animais.

Neste caso, a acurácia do índice poderia ser calculada como:

$$r_{HI} = \frac{\sigma_{HI}}{\sqrt{\sigma_H^2 \sigma_I^2}} = \frac{b_{VG}' G_{VG} v}{\sqrt{\sigma_H^2 \sigma_I^2}}$$

A resposta genética esperada à seleção (S_g) seria:

$$S_g = \frac{b_{VG}' G_{VG}}{\sqrt{\sigma_I^2}}$$

com variância do índice (σ_I^2):

$$\sigma_I^2 = b_{VG}' G_{VG} b_{VG}$$

De acordo com Schneeberger e colaboradores (1992), quando as características presentes em H e I não são as mesmas, o valor econômico das características em H pode ser reparametrizado para valores econômicos no I , pela simples regressão de I em H :

$$v_I = b_{gHI}' v$$

com:

$$b_{gHI}' = C_I^{-1} C_{HI}$$

em que C_I é a matriz de variância e covariância genética entre as características em I , e C_{HI} é a matriz de covariância genética entre as características em H e I . A acurácia do índice (r_{HI}) e a resposta genética esperada a seleção (S_{gI}) em I podem ser calculadas como:

$$r_{HI} = \frac{\sigma_{HI}}{\sqrt{\sigma_H^2 \sigma_I^2}} = \frac{b_{VG}' G_{VG} v}{\sqrt{\sigma_H^2 \sigma_I^2}}$$

e:

$$S_{gI} = \frac{b_{VG}' G_{VG}}{\sqrt{\sigma_I^2}}$$

A resposta genética a seleção (S_{gH}) esperada em H :

$$S_{gH} = \frac{b_{gHgl}' G_{VG}}{\sqrt{\sigma_I^2}}$$

A resposta econômica esperada à seleção poderia ser estimada pelo somatório de todas as respostas esperadas para cada característica multiplicada pelo seu respectivo valor econômico (v).

Com base nas equações de índices descrita acima, é possível a comparação de diferentes critérios de seleção em vários países, bem como avaliar o impacto de diferentes fontes de informação na resposta genética e econômica esperada para diferentes características.

2.5 Índices de seleção e seu uso em programas de melhoramento animal

De acordo com Coffey e colaboradores (2013), o melhoramento genético para apenas uma característica é relativamente fácil de ser feita, desde que a característica esteja bem definida, fácil de ser medida em um grande número de animais e que a diferença causada entre o desempenho dos animais seja de origem genética. Entretanto, programas de seleção modernos em bovinos leiteiros têm incluído várias características como objetivos de seleção ao longo dos anos, tais como produção de gordura e proteína, fertilidade, saúde do úbere e características de parto (MIGLIOR et al., 2005; MIGLIOR et al., 2012). Mais recentemente, características relacionadas a resistência à doenças tal como mastite clínica e cetose vem sendo rotineiramente avaliadas no Canadá (JAMROZIK et al., 2013) e Holanda (VOSMAN et al., 2015), respectivamente.

De acordo com VanVleck (1993), há três razões para se considerar mais que uma característica em um programa de seleção:

- 1) Informações de outras características podem ser utilizadas para selecionar para aquela característica individual, o que pode aumentar a acurácia;
- 2) Seleção para várias características economicamente importantes podem ser melhoradas conjuntamente, a fim de se obter um ganho genético e econômico desejável;
- 3) Em todos os casos, o conhecimento das respostas correlacionadas para todas as características podem ser de interesse, mesmo a seleção não sendo feita para todo o conjunto de características.

No Brasil, a seleção no Gir Leiteiro tem sido feita com o objetivo de aumentar a produção de leite, e isso tem feito com que ganhos genéticos desejáveis para esta característica sejam alcançados ao longo dos anos. Verneque (2013, comunicação pessoal) verificou que a

tendência genética para leite de bovinos Gir Leiteiro participantes do teste de progênie nascidos à partir de 1993 foi de 49,8 kg/ano, enquanto a produção de gordura foi 2,2 kg/ano. Entretanto, efeitos negativos da produção sobre a saúde e fertilidade têm sido observados nas últimas décadas em vários países (LUCY, 2001; VanRADEN et al., 2004; SEWALEM et al., 2010; HAILE-MARIAM et al., 2013; PRYCE et al., 2014). Entre os efeitos negativos, destacam-se o aumento na taxa de descarte involuntário, a diminuição da produção de leite por vaca por dia de vida útil, a diminuição do ganho genético por ano, o menor número de bezerros desmamados, o aumento do intervalo de partos, o número de serviços por concepção, e consequentemente, aumento dos custos de produção (VEERKAMP et al., 2002; GONZÁLES-RECIO et al., 2004; EVANS et al., 2006; HADLEY et al., 2006; AHLMAN et al., 2011; PRATA et al., 2014). Em decorrência dos efeitos negativos da produção sobre as características reprodutivas, muitos países têm diminuído a ênfase na seleção de características produtivas, dando assim, maior importância às características de saúde e fertilidade, com o objetivo de minimizar os efeitos da seleção direcionada para produção sobre as características reprodutivas (MIGLIOR et al., 2012).

Miglior e colaboradores (2012), avaliaram a ênfase à seleção em diferentes índices de vários países e verificaram que, primeiramente, o objetivo de seleção era no sentido de melhorar as características produtivas e que, em países como Holanda e Irlanda, 100% da seleção era dada para estas características produtivas, enquanto que Canadá e Estados Unidos, a ênfase era de 71% e 67%, respectivamente. As mudanças na ênfase à seleção nestes quatro países (Canadá, Irlanda, Holanda e Estados Unidos) são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Mudanças na ênfase relativa (%) à seleção para produção em quatro países para bovinos Holstein.

Ano	Canadá	Irlanda	Holanda	Estados Unidos*
1995 ¹	71	100	100	67
2000 ¹	60	71	82	57
2005 ¹	57	69	58	54
2012 ¹	51	35	26	43
2015	40 ²	33 ³	26 ⁴	46 ⁵

Fonte: ¹Adaptado de Miglior e colaboradores, 2012. ²Canadian Dairy Network, 2015; ³Ireland Genetics UK, 2015; ⁴Global CRV, 2015; ⁵Holstein Association USA, 2015. *TPI index.

Na Figura 1, é apresentada a ênfase relativa (%) dada a proteína, gordura, leite, tipo, longevidade, saúde do úbere, fertilidade e outras características incluídas em 18 diferentes índices de seleção de 17 países membros do “*International Bull Evaluation Service*” (Interbull) (MIGLIOR et al., 2012). No índice geral, a ênfase dada à proteína, gordura e leite foram de aproximadamente 31%, 12% e 5%, respectivamente. Dos 17 países avaliados, 9 deles deram ponderação negativa à produção de leite, enquanto que os outros 8 restantes a ponderação foi nula. Para saúde do úbere e fertilidade, a ênfase foi de 8% e 11%, respectivamente. Para as características de tipo a ênfase foi 17%, enquanto para longevidade foi de 11%. Já outras características somaram os 5% restantes.

Figura 1. Ênfase relativa (%) dada às várias características incluídas em 18 diferentes índices de seleção de países membros do “*International Bull Evaluation Service*” (Interbull) para bovinos Holstein (Adaptado de Miglior et al., 2012). TPI = Type Production Index; NM = Net Merit Index; ICO = Spanish Total Merit; BVI= Breeding Value Index; TMI = Total Merit Indices; BW = Breeding Worth Index; NVI = Total Merit Index; NTP = Nippon Total Profit

Index; PFT = Production, Functionality and Type Index; PD11 = Israeli Breeding Index; EBI = Economic Breeding Index; PLI = Profitable Lifetime Index; RZG = Total Merit Index; ISU = Global Merit Index; LPI = Lifetime Profit Index; V€G = Global Economic Index; APR = Australia Profit Ranking.

3. OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho tem como objetivo desenvolver diferentes índices de seleção para classificação e seleção de animais envolvidos no programa de teste de progênie de bovinos Gir Leiteiro, executado pela Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL) em parceria com a Embrapa Gado de Leite.

3.1 Objetivos específicos

- 1) Estimar parâmetros genéticos (correlações genéticas, herdabilidades e covariâncias genéticas) das características a serem utilizadas como fontes de informação de desempenho na população Gir Leiteiro;
- 2) Construção e comparação de diferentes índices de seleção;
- 3) Calcular a resposta genética esperada a seleção para cada característica individual para os diferentes índices;
- 4) Calcular a resposta econômica esperada (em R\$) para os diferentes índices.
- 5) Discutir a possível utilização dos índices de seleção como critérios de seleção de vacas e touros participantes do teste de progênie anual do Gir Leiteiro.

4. USO DE ÍNDICES DE SELEÇÃO PARA REBANHOS GIR LEITEIRO

4.1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o rebanho Gir Leiteiro tem sido selecionado para produção de leite nos últimos anos e, com isto, considerável ganho genético para esta característica foi relatado na literatura (BALIEIRO et al., 2000; VERNEQUE et al., 2010). Vários estudos foram conduzidos no Gir Leiteiro no Brasil, avaliando a produção de leite, mas pouca atenção foi dada às características de saúde do úbere e fertilidade, embora estas afetem diretamente a produção de leite da vaca. Assim, o conhecimento das correlações genéticas entre características produtivas, de saúde do úbere e fertilidade tornam-se fundamentais para a elaboração de um programa de melhoramento animal.

Saúde do úbere e fertilidade são características afetadas por diversos fatores ambientais, além de possuírem baixas estimativas de herdabilidade e correlações genéticas desfavoráveis com produção em vacas de leite (KOECK et al., 2014; PRYCE et al., 2014). De acordo com Moore e Thatcher (2006), “o continuado progresso genético para produção de leite acoplado com o manejo nutricional de vacas leiteiras com alta produção têm levado a um antagonismo entre alta produção e fertilidade, em que a eficiência reprodutiva dos rebanhos tem despencado”. O efeito negativo da produção sobre a fertilidade foi reportado na literatura em vários países (LUCY, 2001; WALL et al., 2003; BALIEIRO et al., 2003; VanRADEN et al., 2004; De JONG, 2005; DAL ZOTTO et al., 2007; PRYCE et al., 2014).

Uma característica utilizada como indicador de qualidade do leite é a contagem de células somáticas no leite (CCS). A CCS é usada como um indicador para medir a prevalência e até mesmo a incidência de infecções intramamárias no úbere e se sinais clínicos de mastites estão presentes ou não (DOHOO e LESLIE, 1991; SCHUKKEN et al., 2003). Altas CCS também afetam negativamente a qualidade, tempo de prateleira, características organolépticas do leite e derivados e o preço final do leite em muitos sistemas de pagamento baseados na qualidade do leite. A CCS é geralmente log-transformada, para fins de análise, obtendo-se escores de células somáticas (ECS).

Como existe uma correlação genética positiva entre mastite e CCS (variando de 0,14 a 0,59) (CARLÉN et al., 2004; KOECK et al., 2014), a CCS é utilizada com sucesso nas avaliações genéticas de vários países com o objetivo de melhorar a saúde do úbere (MIGLIOR et al., 2012). De acordo com Miglior e colaboradores (2012), após a inclusão da CCS nos índices de seleção de 10 diferentes países, o valor genético dos touros (**VG**) para CCS tem

diminuído ao invés de aumentar ou estabilizar. Contudo, a CCS ainda não é rotineiramente utilizado em avaliações genéticas no Brasil, dado o reduzido número de informações das vacas avaliadas para esta característica. Ademais, estudos que envolvem a estimação de parâmetros genéticos para CCS na raça Gir Leiteiro no Brasil não foram encontrados na literatura consultada.

A fertilidade é uma das muitas características que afetam a rentabilidade de uma propriedade leiteira pois está relacionada diretamente com o número de animais produzidos e o número de bezerros desmamados por ano. Duas características indicativas de fertilidade disponíveis no PNMGL são a idade ao primeiro parto (**IPP**) e o intervalo de partos (**IDP**). A IPP determina o início da vida produtiva da vaca e influencia seu tempo de vida produtiva no rebanho (ZAVADILOVÁ e ŠTÍPKOVÁ, 2013; CURRAN et al., 2013). Adicionalmente, estratégias de seleção para redução da IPP poderia diminuir os custos relacionados à criação, alimentação e reposição de animais (PIRLO et al., 2000; BEAVERS e VanDOORMAL, 2015). Por outro lado, menores IDP poderiam levar ao aumento da produção de leite durante a vida útil, bezerros desmamados por ano e, conseqüentemente, aumentar as receitas da propriedade (PRATA et al., 2014). De acordo com Pryce e colaboradores (2000), o IDP é considerado como um bom indicador de fertilidade durante a vida produtiva da vaca, sendo mais fácil e preciso de ser medido, quando comparado com outras medidas de fertilidade. Entretanto, uma desvantagem é que registros de IDP estão disponíveis somente para animais que tiveram um segundo parto. Países como Reino Unido, Holanda e Irlanda já incluem o IDP como uma medida de fertilidade em seus índices de seleção (INTERBULL, 2015).

Até agora, poucos estudos têm investigado a correlação entre desempenho produtivo com características de saúde do úbere e fertilidade para bovinos Gir Leiteiro, e avaliações genéticas para estas características não foram conduzidas. Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver diferentes índices econômicos de seleção para classificação de touros e vacas envolvidos no teste de progênie anual de bovinos Gir Leiteiro.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 Descrição dos Dados

Neste estudo foram utilizadas 16.669 informações de desempenho produtivo e reprodutivo de 10.146 vacas múltiparas Gir Leiteiro, filhas de 1.005 touros, com partos ocorridos entre o período de 1989 e 2013, distribuídas em 289 rebanhos participantes do

Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro (PNMGL). Os dados foram fornecidos pela Associação Brasileira de Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL). As características analisadas foram:

- 1) Produção de leite (kg) aos 305 dias (PL);
- 2) Produção de gordura (kg) (G);
- 3) Produção de proteína (kg) (P);
- 4) Porcentagem de gordura (G%);
- 5) Porcentagem de Proteína (P%);
- 6) Escore médio de células somáticas na lactação (ECS);
- 7) Intervalo de partos (dias) (IDP);
- 8) Idade ao primeiro parto (dias) (IPP).

O critério para inclusão de uma vaca neste estudo foi:

- 1) Produção no primeiro parto aferida;
- 2) Idade ao primeiro parto entre 24 e 52 meses;
- 3) Produção de leite entre 200 e 12.000 kg: foram realizados teste de normalidade utilizando o procedimento PROC UNIVARIATE disponível no pacote estatístico SAS (SAS, 2015). Informações cujos resíduos apresentaram valores <-4 e >4 vezes o desvio padrão foram deletados após ajuste dos dados para os fatores ambientais.
- 4) Porcentagem de gordura e proteína entre 1,5% e 7%;
- 5) Ser filha de touro conhecido.

Rebanhos com menos de 5 observações em um período de 5 anos foram excluídos das análises. Vacas que mudaram de rebanho também foram excluídas. Foram utilizados todos os partos consecutivos, desde que a vaca possuísse o primeiro parto avaliado. Partos maiores que 3 foram considerados como igual 3. O intervalo de partos foi calculado como a diferença entre dois partos consecutivos, sendo que intervalos menores que 310 dias foram considerados anormais e intervalos maiores que 730 dias considerados como 730. O número de vacas avaliadas em cada parto (N) e a frequência (%) em relação ao número total de vacas são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Número de vacas avaliadas em cada ordem de parto (N) e frequência (%) em relação ao número total de vacas para as características produção de leite aos 305 dias (PL), produção de gordura (G), produção de proteína (P), porcentagem de gordura (G%), porcentagem de proteína (P%), escore médio de células somáticas (ECS), intervalo de partos (IDP) e idade ao primeiro parto (IPP).

Variável	Ordem de parto					
	1		2		≥3	
	N	%	N	%	N	%
PL (kg)	10.146	100	3.022	29,80	1.515	14,90
G (kg)	2.505	100	847	33,80	440	17,50
P (kg)	848	100	249	29,30	120	14,20
G% (%)	2.505	100	847	33,80	440	17,50
P% (%)	848	100	249	29,30	120	14,20
ECS (ecore)	1.055	100	380	36,00	200	18,90
IDP (dias)	3.460	100	1.361	39,30	725	20,90
IPP (dias)	10.086	100	-	-	-	-

Na Tabela 4 são apresentadas as estatísticas descritivas dos dados utilizados neste estudo para cada característica avaliada.

Tabela 4. Estatística descritiva dos dados utilizados neste estudo para a produção de leite aos 305 dias (PL), produção de gordura (G), produção de proteína (P), porcentagem de gordura (G%), porcentagem de proteína (P%), escore médio de células somáticas na lactação (ECS), intervalo de partos (IDP) e idade ao primeiro parto (IPP), número de touros (pais de vacas) e número de rebanhos.

Variável	Lactações	Animais	Touros	Rebanhos	Médias $\pm$ DP*
PL (kg)	16.669	10.146	1.005	289	3.057,00 $\pm$ 1.822,4
G (kg)	41.92	2.505	446	60	145,80 $\pm$ 90,1
P (kg)	1.325	848	190	16	123,80 $\pm$ 74,2
G% (%)	4.192	2.505	446	60	4,30 $\pm$ 0,8
P% (%)	1.325	848	190	16	3,30 $\pm$ 0,4
ECS (ecore)	1.796	1.055	201	18	4,20 $\pm$ 1,9
IDP (dias)	6.558	3.460	595	110	514 $\pm$ 118
IPP (dias)	10.086	10.086	988	286	1.186 $\pm$ 190

*DP = desvio – padrão.

O arquivo de pedigree final continha informações de 22.246 animais. Três gerações foram utilizadas no arquivo de pedigree final.

4.2.2 Estimação dos parâmetros genéticos

As estimativas dos componentes de variância foram realizadas pelo método de máxima verossimilhança (REML) utilizando o software DMU (MADSEN e JENSEN, 2008) em análises bivariadas. O seguinte modelo estatístico foi aplicado para as características PL, G, P, G%, P%, ECS e IDP:

$$Y_{ijklm} = \mu + HY_i + IDADE_j + HYSP_k + a_l + \rho e_m + e_{ijklm}$$

onde Y_{ijklm} é o vetor de observações para cada característica, μ é a média geral, HY_i é o efeito fixo do grupo de manejo em um período de tempo (formado pela interação entre rebanho x ano de parto, por um período de 5 anos), $IDADE_j$ é o efeito fixo de idade da vaca ao parto em classes (36 classes), $HYSP_k$ é o efeito aleatório do grupo de contemporâneo (formado pela interação do rebanho x ano de parto x estação de parto x ordem de parto), a_l é o efeito genético aditivo de animal, ρe_m é o efeito de ambiente permanente, e e_{ijklm} é o efeito residual. Duas

estações de parto foram formadas para inclusão no HYSP, combinando um período de 6 meses cada (1= Abril-Setembro e 2=Outubro-Março).

O modelo utilizado, em notação matricial pode ser descrito como:

$$y = Xb + Z_1HYSP + Z_2a + Z_3pe + e$$

em que y é o vetor de observações, b é o vetor de efeitos fixos (HY e $IDADE$), $HYSP$ é o vetor de efeitos aleatórios genéticos dos grupos de contemporâneos, a é o vetor de efeitos aleatórios genéticos aditivos dos animais, pe é o vetor dos efeitos aleatórios de ambiente permanente e e é o vetor de efeitos aleatórios residuais. X , Z_1 , Z_2 e Z_3 são matrizes de incidência que relacionam os efeitos b , $HYSP$, a e pe ao vetor de observações y . Neste estudo, assumiu-se que $E[y] = Xb$, $E[HYSP] = 0$, $E[a] = 0$ e $E[e] = 0$; $Var(HYSP) = A \otimes S_{HYSP}$; $Var(a) = A \otimes S_a$; $Var(pe) = I \otimes S_{pe}$ e $Var(e) = I \otimes S_e$, em que S_{HYSP} é a matriz de covariância genética do grupo de contemporâneo, S_a é a matriz de covariância genética aditiva, S_{pe} é a matriz de covariância de ambiente permanente, S_e é a matriz de covariância residual, A é o numerador da matriz de parentesco, I é matriz identidade e $\otimes$ é produto direto entre as matrizes.

4.2.3 Cálculo das Tendências Genéticas

Valores genéticos (VG) para cada vaca com informação fenotípica na base de dados foram obtidas após a estimação dos componentes de variância. Regressão linear dos valores genéticos para cada característica em função do ano de nascimento foi realizada e o resultado foi graficamente apresentado para cada característica analisada. O procedimento PROC REG do programa estatístico SAS (SAS, 2015) foi utilizado para realizar esta regressão.

4.2.4 Construção dos índices de seleção

Após estimação dos componentes de variância (herdabilidades, correlações genéticas e covariâncias genéticas), os valores genéticos foram preditos para cada característica avaliada. Posteriormente, os parâmetros genéticos foram utilizados para a construção dos diferentes índices de seleção. Neste estudo, sete diferentes índices de seleção (**GPI**) foram propostos. Os valores econômicos e os ponderadores utilizados para construção dos diferentes índices de seleção são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Ponderadores utilizados para construção dos diferentes índices de seleção.

Índices	Características componentes do objetivo de seleção				
	Características Produtivas			Características Reprodutivas	
	Leite	Gordura	Proteína	IDP ²	IPP ²
GPI-1	0,51 ¹	1,94 ¹	6,41 ¹	-	-
GPI-2	0,51 ¹	-	6,41 ¹	0	0
GPI-3	0,51 ¹	-	6,41 ¹	-0,83 ²	0
GPI-4	0,20	-	0,40	-0,30	-0,10
GPI-5	0,10	-	0,50	-0,10	-0,30
GPI-6	0,10	-	0,60	-0,10	-0,20
GPI-7	0,10	-	0,30	-0,20	-0,40

¹Valores econômicos (R\$). Fonte: Cardoso et al. (2014).

² Valor econômico (R\$). Fonte: Cardoso (2016, comunicação pessoal), com base nos preços de insumos obtidos por Cardoso et al. (2014).

Nota-se que três dos índices de seleção foram construídos levando-se em consideração os valores econômicos (**GPI-1**, **GPI-2** e o **GPI-3**). Valores econômicos podem ser definidos como a diferença marginal entre receitas e despesas por unidade de melhoramento, mantendo as demais os seus valores constantes. O **GPI-1** incluiu como objetivos de seleção leite, gordura e proteína, utilizando valores econômicos. O **GPI-2** considerou leite, proteína, intervalo de partos e idade ao primeiro parto como objetivos, porém ponderações nulas foram dadas para estas duas últimas características. O **GPI-3** foi construído levando-se em consideração os valores econômicos de leite, proteína e intervalo de partos. Como não havia valores econômicos disponíveis para idade ao primeiro parto, ponderação zero foi atribuído para estas características nos **GPI-2** e **GPI-3**. Ponderação zero foi dado para idade ao primeiro parto e para intervalo de partos pois foram incluídas nos índices como objetivos de seleção. Os demais índices foram criados atribuindo-se ponderações empíricas visando à obtenção de um balanço desejável das respostas esperadas (**GPI-4**, **GPI-5**, **GPI-6** e **GPI-7**). É possível observar que as características utilizadas como critérios e como objetivos de seleção foram as mesmas em todos os índices.

Na construção dos diferentes índices de seleção foram levadas em consideração as metodologias propostas por Scheneberger e colaboradores (1992) e Dekkers e Gibson (1998). Os ponderadores dos índices (b_{VG}) foram encontrados usando a seguinte equação:

$$b_{VG} = P_{VG}^{-1} G_{VG} v$$

em que: P_{VG}^{-1} é a inversa da matriz $m \times m$ de variâncias e covariâncias genéticas entre as características do índice de seleção (I); G_{VG} é a matriz $m \times n$ de covariância genética entre as características em I e H ; e v é vetor de valores econômicos das características no objetivo de seleção (H). Neste caso, como as características componentes dos objetivos de seleção foram as mesmas utilizadas como critério, os b 's, são os próprios valores econômicos.

A variância do índice:

$$\sigma_I^2 = b_{VG}' P_{VG} b_{VG}$$

A variância do objetivo de seleção (σ_H^2):

$$\sigma_H^2 = v' C v$$

em que C é a matriz $n \times n$ de covariância genética entre as características componentes do objetivo de seleção (H).

A covariância entre I e H (COV_{IH}):

$$COV_{IH} = b_{VG}' G_{VG} v$$

A acurácia do índice (r_{HI}):

$$r_{HI} = \frac{COV_{IH}}{\sqrt{\sigma_H^2 \sigma_I^2}}$$

A resposta econômica total (em R\$) à seleção (S_H):

$$S_H = i r_{HI} \sigma_H$$

em que i , é a intensidade de seleção (assumida como 1 neste estudo) e σ_H é o desvio-padrão do objetivo de seleção.

A resposta genética a seleção (S_{gH}) esperada em H (por unidade de característica):

$$S_{gH} = i b_{VG}' G_{VG} (1/\sigma_I)$$

Os pacotes “Matrix” e “Matrixcalc” disponíveis no software R (R CORE TEAM, 2015) foram utilizados para a construção das equações dos índices de seleção desenvolvidos neste trabalho.

Após a construção dos diferentes índices de seleção, os animais foram classificados para cada índice proposto. A correlação de Pearson foi utilizada para verificar correlação dos valores genéticos com os valores de índices para os diferentes índices de seleção.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Herdabilidades

As médias das estimativas de herdabilidade obtidas pelas análises bivariadas (diagonal em negrito), correlações genéticas (acima da diagonal) e correlação residual (abaixo da diagonal com respectivo erro-padrão (em parênteses) para produção de leite aos 305 dias (PL), produção de gordura (G), produção de proteína (P), porcentagem de gordura (G%), porcentagem de proteína (P%), escore de células somáticas (ECS), intervalo de partos (IDP) e idade ao primeiro parto (IPP) são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Médias das estimativas de herdabilidade obtidas pelas análises bivariadas (diagonal em negrito), correlações genéticas (acima da diagonal) e correlação residual (abaixo da diagonal com respectivo erro-padrão (em parênteses) para produção de leite aos 305 dias (PL), produção de gordura (G), produção de proteína (P), porcentagem de gordura (G%), porcentagem de proteína (P%), escore de células somáticas (ECS), intervalo de partos (IDP) e idade ao primeiro parto (IPP).

Variável	PL	G	P	G%	P%	ECS	IDP	IPP
	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(%)	(escore)	(dias)	(dias)
PL (kg)	0,14 (0,02)	0,95 (0,01)	0,95 (0,01)	-0,02 (0,13)	-0,46 (0,18)	0,72 (0,26)	0,75 (0,10)	-0,53 (0,06)
G (kg)	0,92 (0,00)	0,10 (0,03)	0,93 (0,06)	0,24 (0,17)	-0,39 (0,22)	0,78 (0,28)	0,72 (0,14)	-0,68 (0,08)
P (kg)	0,97 (0,00)	0,89 (0,00)	0,09 (0,04)	-0,06 (0,29)	-0,47 (0,33)	0,57 (0,49)	0,78 (0,22)	-0,65 (0,14)
G% (%)	0,06 (0,02)	0,36 (0,02)	0,15 (0,04)	0,16 (0,04)	0,83 (0,21)	0,18 (0,26)	-0,16 (0,18)	-0,05 (0,12)
P% (%)	0,03 (0,04)	0,15 (0,04)	0,21 (0,05)	0,41 (0,04)	0,15 (0,07)	-0,08 (0,38)	-0,27 (0,28)	-0,13 (0,19)
ECS (escore)	0,00 (0,03)	-0,39 (0,00)	-0,15 (0,05)	0,12 (0,04)	0,14 (0,06)	0,09 (0,05)	0,24 (0,30)	-0,70 (0,18)
IDP (dias)	0,22 (0,02)	0,22 (0,03)	0,20 (0,04)	0,04 (0,03)	0,00 (0,06)	0,08 (0,04)	0,08 (0,02)	-0,17 (0,12)
IPP (dias)	-0,36 (0,02)	-0,53 (0,3)	-0,51 (0,05)	-0,11 (0,04)	0,08 (0,07)	0,07 (0,05)	-0,11 (0,03)	0,17 (0,02)

A herdabilidade para PL e G foram iguais a $0,14 \pm 0,02$ e $0,10 \pm 0,03$, respectivamente (Tabela 6). Estas estimativas foram menores que as reportadas para Gir leiteiro na literatura, que variaram de 0,19 a 0,29 para PL e de 0,19 a 0,31 para G (BALIEIRO et al., 2000; WENCESLAU et al., 2000, LEDIC et al., 2002; HERRERA et al., 2008; JUNQUEIRA et al., 2013; PANETTO et al., 2015). Esta menor estimativa de herdabilidade pode ser devido a diferenças no controle de qualidade dos dados, bem como no modelo ou método estatístico utilizado para a estimativa destes parâmetros. Como o grupo de contemporâneo foi utilizado como efeito aleatório no modelo, isto pode ter contribuído para aumentar a variância aresidual e consequentemente diminuir a variância genética aditiva.

A herdabilidade estimada para P foi igual a $0,09 \pm 0,04$ (Tabela 6). Este valor foi menor que àsquelas observadas em outras raças que variaram de 0,26 a 0,37 (KADARMIDEEN; 2004; BERRY et al., 2012; PRITCHARD et al., 2013). Entretanto, Panetto e colaboradores (2015) utilizando modelo animal e Junqueira e colaboradores (2013) utilizando modelos de regressão aleatória estimaram valores de herdabilidade de 0,21 e 0,20 para P, respectivamente. Vale salientar que, ambos os autores incluíram em suas análises vacas Gir e mestiças, o que pode causar aumento da variância genética aditiva. Trabalhos envolvendo estimativas de herdabilidade para P incluindo somente vacas Gir não foram encontrados na literatura consultada.

As estimativas de herdabilidade encontradas para G% e P% foram $0,16 \pm 0,04$ e $0,15 \pm 0,07$, respectivamente (Tabela 6). Estes resultados foram semelhantes aos encontrados na literatura para bovinos Gir leiteiro e para outras raças (BALIEIRO et al., 2000; ZADEH, 2011; PANETTO et al., 2015).

A herdabilidade para ECS foi de $0,09 \pm 0,05$ (Tabela 6). Acredita-se que seja o primeiro estudo que estima parâmetro genético para esta característica em bovinos Gir leiteiro no Brasil, o que torna difícil uma comparação direta dentro da raça. Entretanto, VanRaden e colaboradores (2014), avaliando várias raças e cruzamentos nos EUA e Andrade e colaboradores (2007) com vacas da raça Holandesa no Brasil reportaram herdabilidade de 0,12 e 0,13 para ECS, respectivamente. Como a estimativa de herdabilidade foi baixa, isso indica que grande parte da variação nesta característica é devido a fatores ambientais e não genéticos, indicando que, melhorias no ambiente, tal como higiene da ordenha, limpeza de tetos e nutrição poderia causar um efeito imediato na redução do valor desta característica. No entanto, a seleção para ECS deveria ser incluída como objetivo de seleção para rebanhos Gir no Brasil, com o objetivo de se obter ganhos genéticos favoráveis para esta característica ao longo do tempo.

Baixa estimativa de herdabilidade foi observada para intervalo de partos ($0,08 \pm 0,02$) (Tabela 6). Estes resultados estão próximos aos encontrados em outros estudos para rebanhos Gir Leiteiro no Brasil que variaram de 0,05 a 0,08 (BALIEIRO et al. 2003; SILVA, 2012). Como esta característica é afetada por muitos fatores ambientais, tais como alimentação, manejo e uso de tecnologias da reprodução que podem adiantar ou retardar o IDP, uma variação pode ser causada na estimativa da herdabilidade desta característica. De acordo Baruselli e colaboradores (2007), geralmente fêmeas zebuínas apresentam estro de duração mais curta (aproximadamente 10-12 horas), o que dificulta sua detecção. Somado a este fator, cerca de aproximadamente 30% dos animais iniciam e encerram o estro no período noturno, o que pode dificultar ainda mais sua detecção (PINHEIRO et al., 1998), causando assim aumento no IDP.

Outro fator importante relacionado ao intervalo de partos é que, os dados estariam disponíveis somente para vacas que tiveram dois partos ou mais, o que poderia fazer seu uso limitado em um programa de teste de progênie, onde a decisão de escolha de touros e vacas deveriam ser feitas o mais cedo possível na vida do animal (PRYCE et al., 2000). Para resolver este problemas, outras características medidas durante a lactação poderiam ser utilizadas como um indicador de fertilidade. Pryce e colaboradores (2000) trabalhando com bovinos da raça Holandesa, investigaram a associação entre IDP com escore de condição corporal (ECC) e características do sistema linear. Os autores verificaram que vacas mais magras (menor ECC), altas e angulosas tiveram maiores intervalos de partos e sugeriram que o ECC poderia ser utilizado como bom preditor do IDP.

De acordo com Pryce e colaboradores (2000) e Dal Zotto e colaboradores (2007), o uso do ECC e características do sistema linear como seleção indireta para reduzir o IDP poderia ser mais eficiente que a seleção direta para IDP, pois apresentam maior estimativa de herdabilidade (variando de 0,15 e 0,28) e correlação genética favorável. Assim, resposta correlacionada à seleção poderia ser esperada no IDP, além de possibilitar a avaliação genética de touros cujas filhas ainda não tiveram partos consecutivos e/ou que ainda não encerraram a lactação. Entretanto, informações de ECC não estão disponíveis para rebanhos Gir no Brasil e as características do sistema linear ainda medidas em um pequeno número de vacas, o que ainda impossibilita seu uso nas avaliações genéticas. Assim, produtores e associações de criadores deveriam ser motivados a coletar estes dados para possível uso em avaliações genéticas futuras.

A herdabilidade estimada para idade ao primeiro parto foi de $(0,17 \pm 0,02)$ (Tabela 6). Resultados semelhantes foram observados para rebanhos Gir leiteiro que variaram de 0,17 a 0,22 (BALIEIRO et al., 1999; SANTANA JÚNIOR et al., 2010). Já Wenceslau e colaboradores (2000), estimaram herdabilidade para IPP muito superior ($h^2 = 0,56$) que a encontrada neste trabalho, mas com um número reduzido de animais na base de dados (≈ 573 vacas), o que pode explicar esta diferença nas estimativas. Como a IPP é conhecida por ser elevada no Gir Leiteiro (40-43 meses) (SANTANA JÚNIOR et al., 2010; SILVA, 2012), a redução para diminuir a IPP poderia ser interessante, pois diminuiria o tempo que o animal passa sem produzir dentro do rebanho, além de reduzir despesas relacionadas à criação e reposição de animais (VERCESI FILHO et al., 2000). De acordo com Heinrichs e colaboradores (2005) e Brickell e colaboradores (2009), melhores condições de manejo e crescimento durante os seis primeiros meses de vida do animal tem sido crucial para reduzir a IPP. Assim, os criadores de Gir Leiteiro deveriam monitorar o peso e a taxa de crescimento das bezerras neste período e utilizá-las como indicadores para redução da IPP.

4.3.2 Correlações genéticas

As correlações genéticas (correlação genética pode ser definida como a capacidade de um gene afetar dois ou mais caracteres) para todas as características analisadas são apresentadas na Tabela 6. Como esperado, as correlações genéticas (r_g) entre PL, G e P foram altas ($r_g > 0,90$), indicando que a seleção direta para leite resultará em ganhos genéticos para G e P. Junqueira e colaboradores (2013), usando animais Gir e mestiços também encontraram correlações genéticas superiores a 0,90 entre PL, G e P. A correlação genética entre PL e P% foi negativa ($-0,46 \pm 0,18$). Como a seleção no Gir leiteiro é realizada somente para PL, um declínio na P% poderia ser esperado ao longo do tempo, o que pode não ser desejável. A correlação genética entre PL e G% foi próxima de zero ($-0,02 \pm 0,13$), indicando que a seleção para PL poderia causar pouco ou nenhum efeito na G% ao longo do tempo.

As correlações genéticas entre ECS com PL, G e P variaram de $0,57 \pm 0,49$ a $0,78 \pm 0,28$. Como a seleção para o Gir tem sido conduzida somente para aumentar a PL, espera-se que a seleção para PL aumentem o ECS. Correlações genéticas positivas entre características produtivas e ECS foram encontradas na literatura (RUPP e BOICHARD, 1999; KADARMIDEEN, 2004; DECHOW et al., 2007). Entretanto, Miglior e colaboradores (2012) reportaram que após a inclusão da ECS no índice de seleção do Canadá em 2001 (Lifetime Profit Index - LPI), os valores genéticos para ECS de vacas e touros tem diminuído naquele país, e conseqüentemente, maiores ganhos genéticos para G e P foram observados em relação aos anos posteriores, pois no Canadá a seleção é feita com base em índices de seleção. Assim, a inclusão da ECS como objetivo de seleção no Brasil poderia ser interessante para os produtores e para a indústria, com o objetivo de reduzir os custos e perdas econômicas com esta característica, além de melhorar a qualidade do leite vendido.

A correlação genética entre PL, G e P com IDP foi positiva ($0,75 \pm 0,10$, $0,72 \pm 0,14$ e $0,78 \pm 0,22$, respectivamente), indicando que a seleção para PL poderia causar uma resposta negativa à seleção para IDP. Na Figura 2 estão apresentados os valores genéticos (VG's) da PL versus IDP para touros com no mínimo três filhas avaliadas para cada característica. A relação entre os VG's para PL e IDP parece ser linear. Nota-se que, à seleção de touros com elevados VG's para PL tende a levar a seleção de touros com altos VG's para IDP, o que não é desejável, pois poderia aumentar o IDP das vacas. Os VG's dos touros para PL variaram entre $-897,2$ a $+2052,9$ kg, enquanto os VG's para IDP variaram de $-42,1$ a $+96,0$ dias. Como reportado por Prata et al. (2014), especial atenção deve ser dada ao IDP em um programa de melhoramento animal, por que o aumento do desempenho nessa característica pode aumentar os custos com

alimentação e reposição de vacas, além de diminuir a vida útil do animal, o que pode não ser economicamente desejável. Assim, tentativas de reduzir o IDP deveriam ser tomadas pelos produtores nos programenas de melhoramento genético animal. No curto tempo, melhorando o manejo nutricional das vacas e, em um maior espaço de tempo, pela seleção de touros e vacas com valores genéticos negativos para esta característica.

Figura 2. Valores genéticos estimados (VG) para touros com no mínimo 3 filhas (271 touros) para produção de leite (kg) versus intervalo de partos (dias).

A correlação genética entre IDP e ECS foi baixa ($0,24 \pm 0,30$). Correlação genética positiva entre estas duas características são desejáveis, o que significa que, a seleção para uma destas características causaria efeitos na outra por meio de resposta correlacionada. Não foi encontrada estimativas acerca destes parâmetros para o zebu leiteiro na literatura consultada. Entretanto, estimativas encontradas na literatura para outras raças variaram de 0,13 a 0,46 (HAILE-MARIAN et al., 2003; DAL ZOTTO et al., 2007).

Ao contrário, correlações genéticas negativas foram estimadas entre PL, G e P com a IPP ($-0,53 \pm 0,06$ a $-0,68 \pm 0,08$). Isto indica que a seleção baseada em características produtivas poderia resultar na diminuição da IPP. Correlação genética semelhante (0,52) foi encontrado por Hossein-Zadeh e colaboradores (2011) e inferior (-0,30) foi encontrado por Ruiz-Sánchez e colaboradores (2011) para bovinos da raça holandesa. Silva (2012), encontraram correlações genéticas favoráveis entre “stayability” aos 48 e 60 meses de idade com PL e IPP, sugerindo

que a seleção para aumentar PL ou para diminuir a IPP aumentaria a longevidade das vacas pela seleção indireta (resposta correlacionada para “stayability”). Entretanto, a IPP é influenciada pela taxa de crescimento da novilha (BRICKELL et al., 2009), onde rebanhos com melhores condições de manejo, tais como alimentação e detecção de cio tendem a ter menores IPP. Por outro lado, como as correlações genéticas entre IPP com ECS e IDP foram negativas ($-0,70 \pm 0,18$ e $-0,17 \pm 0,12$, respectivamente), isto poderia levar ao aumento da ECS e IDP, o que pode não ser desejável em um programa de melhoramento animal.

Todos os registros disponíveis foram usados para estimar os parâmetros genéticos, embora informações de proteína e células somáticas estivessem disponíveis somente após o ano de 1995 e em um volume de dados e rebanhos ainda reduzidos (18 rebanhos). Como alternativa, as metodologias baseadas na produção no dia do controle poderiam ser usados para estimar estes parâmetros, aumentando o número de registros para cada animal e a acurácia dos valores genéticos (SCHAEFFER et al., 2000; MEYER, 2004). Ademais, possibilitariam a avaliação de vacas que ainda não encerraram a lactação.

A Associação de Criadores de Gir no Brasil e outros órgãos públicos e privados envolvidos no programa de melhoramento da raça deveriam buscar meios de aumentar o número de animais avaliados para todas as características economicamente importantes, principalmente aquelas relacionadas à qualidade do leite, saúde e fertilidade. Também deveriam avaliar a possível inclusão destas características como objetivo de seleção para promover o melhoramento de todas elas favoravelmente. Outra característica que seria interessante de ser avaliada e que poderia ser utilizada como indicativo de fertilidade seria o escore de condição corporal tomado durante a lactação, pois é uma característica relativamente fácil e barata de ser aferida.

4.3.3 Tendências genéticas

As tendências genéticas para produção de leite, gordura, proteína, escore de células somáticas, intervalo de parto e idade ao primeiro parto são apresentados na Figura 3. Todas as tendências genéticas foram significativas ($P < 0,05$). As tendências genéticas para produção de leite (Figura 3A) e gordura (Figura 3B) foram positivas e mostraram tendências de aumento de 41,02 e 1,44 kg/ano de nascimento, respectivamente. Verneque (2013, comunicação pessoal) encontrou valores semelhantes nas tendências genéticas para leite e gordura da ordem de 49,8 e 2,2 kg/ano, respectivamente, para animais Gir Leiteiro nascidos à partir de 1993 (ano de publicação do primeiro sumário de touros do Gir Leiteiro). Peixoto e colaboradores (2006)

Figura 3. Tendências genéticas com respectivos erros-padrão para produção de leite (PL) (Figura 3A), produção de gordura (G) (Figura 3B), produção de proteína (P) (Figura 3C), escore de células somáticas (ECS) (Figura 3D), intervalo de partos (IDP) (Figura 3E) e idade ao primeiro parto (IPP) (Figura 3F). VG = valor genético.

encontraram tendência genética para produção de leite em bovinos Guzerá nascidos de 1997 a 2004 de 6,47 kg/ano. Entretanto, os autores encontraram tendência genética de 36,46 kg/ano para vacas nascidas em um esquema de núcleo MOET de seleção (Multiple Ovulation and Embryo Transfer).

A tendência genética encontrada para proteína (Figura 3C) foi 1,10 kg/ano. Tendências genéticas para esta característica em bovinos Gir Leiteiro não foram encontrados na literatura consultada. Verneque e colaboradores (2008) porém, encontraram tendências de 1,6 kg/ano para produção de proteína na raça Guzerá.

A tendência genética para ECS foi de 0,023 score/ano (Figura 3D). Tendência positiva para esta característica não é desejada. Devido a alta correlação genética da ECS com mastite clínica ($> 0,40$) (MRODE et al., 2012; KOECK et al., 2014), vacas com maior escores de células somáticas são mais susceptíveis à mastite quando comparadas a animais com baixas CCS.

A tendência genética para intervalo de partos foi de 1,6 dias/ano (Figura 3E). Isso indica que o valor genético dos animais vem aumentando a cada ano, o que não é desejável. No entanto, Balieiro e colaboradores (1999), utilizando informações de animais nascidos entre os anos de 1977 e 1993 encontraram tendência negativa de -1 a -2 dias/ano. A diferença encontrada entre o estudo de Balieiro e colaboradores (1999) e este estudo pode estar relacionado ao fato de que foram utilizados dados coletados em períodos diferentes, provenientes de base de dados diferentes e número de rebanhos reduzido (36 rebanhos). Uma outra justificativa para estas diferenças pode ser o aumento da intensidade de seleção com foco na produção de leite após 1985, quando iniciou-se o Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro. Como a correlação encontrada entre produção de leite e intervalo de partos foi positiva ($0,75 \pm 0,10$), e a seleção é praticada para aumentar somente a produção de leite, é esperado que os efeitos negativos da seleção para produção sobre o intervalo de partos sejam mais evidentes após anos de seleção.

A tendência genética para idade ao primeiro parto foi negativa e favorável (-3,25 dias/ano) (Figura 3F). Santana Júnior e colaboradores (2010) relataram ganhos genéticos de aproximadamente 0,018 meses/ano ($\approx 0,54$ dias/ano) para animais nascidos entre os anos de 1987 e 2004. Já Verneque (2013, comunicação pessoal) relatou ganhos genéticos de -0,32 meses/ano para IPP (≈ 9 dias/ano). A diferença entre os resultados encontrados por Santana Júnior e colaboradores (2010) e Verneque (2013, comunicação pessoal) com os encontrados neste estudo pode ser atribuída aos critérios de edição dos dados, modelos estatísticos utilizados e período de avaliação.

Em outras palavras, as tendências genéticas para leite, gordura e proteína apresentadas neste estudo indicam que os produtores de leite no Brasil alcançaram sucesso na escolha de touros para melhorar as características produtivas dos rebanhos. No entanto, especial atenção deve ser dada à ECS e IDP com o objetivo de evitar futuras perdas produtivas e econômicas relacionadas a estas características.

Como o primeiro sumário de touros Gir Leiteiro foi publicado em 1993, maior aumento na tendência para produção de leite, gordura e proteína pode ser observado após este ano.

4.3.4 Índices de seleção

Na Tabela 7 são apresentadas as respostas econômicas esperadas com a seleção, ganho genético por unidade de característica e acurácia para cada índice. Como a produção de gordura somente foi incluída no **GPI-1**, os ganhos genéticos apresentados na Tabela 7 para esta característica com os demais índices foram calculados como resposta correlacionada (VanVLECK, 1993). Nota-se que os índices que resultaram em maiores ganhos genéticos para a produção de leite foram o **GPI-1**, **GPI-2**, **GPI-3** e **GPI-4** (variando de 331,79 a 332,51 kg), observando-se pouca diferença entre eles. O índice com menor ganho para produção de leite foi o **GPI-7** (301,34kg). Não foram observados grandes diferenças entre os ganhos genéticos para a produção de proteína (variando de 7,38 a 7,89 kg), independente do seu fator de ponderação no índice. Esses resultados sugerem que, neste caso, tanto o uso de valores econômicos como o uso de pesos empíricos não alterarariam o ganho genético para estas características.

Tabela 7. Resposta genética esperada por geração de seleção para cada característica, resposta econômica, acurácia e ponderadores (em parenteses) utilizados para cada índice de seleção.

Variáveis	Índices						
	GPI-1	GPI-2	GPI-3	GPI-4	GPI-5	GPI-6	GPI-7
Leite (kg)	332,34 (0,51)	332,51 (0,51)	332,49 (0,51)	331,79 (0,20)	320,31 (0,10)	325,91 (0,10)	301,34 (0,10)
Gordura (kg)	11,47 (1,94)	11,38 (-)**	10,86 (6,41)	11,20 (-)**	11,71 (-)**	11,52 (-)**	11,68 (-)**
Proteína (kg)	7,88 (6,41)	7,89 (6,41)	7,86 (6,41)	7,74 (0,40)	7,79 (0,50)	7,84 (0,60)	7,38 (0,30)
IDP (dias)	12,43 (-)**	12,45 (0,00)	12,02 (-0,83)	11,13 (-0,30)	8,96 (-0,10)	9,95 (-0,10)	6,51 (0,20)
IPP (dias)	-24,16 (-)**	-23,62 (0,00)	-25,19 (0,00)	-25,84 (-0,10)	-31,19 (-0,30)	-20,23 (-0,20)	-35,33 (-0,40)
Resposta (R\$)*	235,88	235,84	233,18	235,19	232,47	234,48	221,27
Acurácia (r_{IH})	0,59	0,59	0,60	0,61	0,61	0,61	0,62

*Calculada multiplicando-se o ganho genético esperado pelo respectivo valor econômico.

(-)= características não incluída como objetivo de seleção.

Também pode ser observado na Tabela 7, que o ganho genético para IDP foi diminuindo do **GPI-1** ao **GPI-7**, porém não foi capaz de promover grandes alterações nas respostas econômicas das características, o que indica que é possível fazer seleção para características reprodutivas sem diminuir o lucro. Uma vantagem da inclusão do IDP no índice, é que poderia diminuir a resposta esperada para o IDP, o que pode ser desejável para o programa de melhoramento do Gir.

Como no **GPI-1** o IDP não foi incluído como objetivo de seleção, maior resposta correlacionada (portanto, desfavorável) foi observada para esta característica quando comparados com os demais. No entanto, uma resposta favorável no IDP poderia ocasionar a diminuição do ganho nas características produtivas (GPI-7). Esta resposta positiva pode ser explicado pela correlação genética desfavorável das características produtivas com o IDP ($r_g > 0,72 \pm 0,14$). Como apresentados na tabela 7, também pode ser observado que todos os índices construídos não foram capazes de promover uma resposta negativa no IDP, no entanto a resposta esperada foi diminuindo com o aumento da ponderação para esta característica. Entre

os 31 países membros do Interbull consultados (International Bull Evaluation Service, 2016), somente Holanda (NVI index; Global CRV, 2015) e Irlanda (EBI index; Ireland Genetics UK, 2015) fazem seleção direta para IDP. Segundo os dados de desempenho apresentados por empresas responsáveis pela avaliação genética destes dois países, o ganho genético nesta característica ainda é desfavorável, porém de menor magnitude comparado a anos anteriores quando essa característica não era utilizada como objetivo de seleção.

Outra característica inserida como objetivo de seleção foi a IPP. Nota-se que para todos os índices a resposta genética esperada para esta característica foi negativa, o que é desejável pois ocasionaria maior precocidade dos animais. Essa resposta favorável encontrada pode ser explicada pelas correlações genéticas negativas entre a IPP e as características produtivas ($r_g < -0,53 \pm 0,06$) e entre a IPP e o IDP ($r_g = -0,17 \pm 0,12$). Ou seja, os resultados encontrados sugerem que, quanto maior é a ênfase à seleção para características produtivas, maior será a resposta no IDP e menor o ganho genético para IPP.

Os índices de seleção foram construídos levando-se em consideração os reais valores econômicos, bem como o uso de pesos empíricos para as características. Estes pesos, tiveram como base, as respostas esperadas obtidas para as produções de leite e proteína, relativas ao GPI-1. Deve-se lembrar, no entanto, que o cálculo dos valores econômicos deve ser atualizado de tempos em tempos, pois as diferenças nos preços dos insumos e dos produtos comercializáveis podem alterar o valor econômico das características. De acordo com Martins e Silva (2009), no caso de seleção para características simples, com várias fontes de informação, erros na estimação tanto das herdabilidades como das repetibilidades tiveram pouco efeito na eficiência do índice, porém, as estimativas das correlações genéticas podem reduzir seriamente a precisão dos índices, principalmente quando as herdabilidades das características forem altas. Para os autores, a inclusão de uma característica adicional no índice é de mais utilidade quando sua herdabilidade for baixa, e quando as correlações genéticas entre elas forem altas.

Na Tabela 8 são apresentadas as correlações dos valores genéticos das características com os valores de índices. Correlações maiores que 0,92 foram obtidas para PL, G, P e IDP, indicando que a seleção para valores de índice causaria uma resposta positiva nos valores genéticos individuais para estas características. No entanto, para IPP as correlações foram negativas, indicando que a seleção baseada nos índices diminuiria o valor genético para IPP. VanRaden e colaboradores (2004) compararam três diferentes índices de seleção adotados nos Estados Unidos (NM\$ index; CM\$ index e FM\$ index) e verificaram correlações positivas, de

moderadas a altas, para as características produtivas (variando de 0,49 a 0,74) e negativas para as características de fertilidade.

Tabela 8. Correlação dos valores genéticos das diferentes características com os valores de índices.

Características	Correlação de valores genéticos com os índices						
	GPI-1	GPI-2	GPI-3	GPI-4	GPI-5	GPI-6	GPI-7
Leite (kg)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,97
Gordura (kg)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,98	0,96
Proteína (kg)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,97
IDP (dias)	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,94	0,92
IPP (dias)	-0,75	-0,75	-0,75	-0,77	-0,83	-0,81	-0,86

IDP = interval de partos (dias); IPP = idade ao primeiro parto (dias).

Na Tabela 9 são apresentadas as correlações de Spearman entre os valores de índices dos touros. Nota-se que a correlação de Spearman entre os touros do GPI-1 ao GPI-6 foram altas e próximas a 1, indicando uma pequena mudança na classificação dos touros. Já para o **GPI-7**, as correlações foram menores, mostrando uma maior mudança na classificação dos touros. No entanto, a implementação de uma nova metodologia de avaliação não é uma tarefa fácil, pois causa uma mudança no rank dos animais, o que para alguns produtores pode não ser interessante, pois pode diminuir a classificação do seu animal e/ou seu valor comercial.

Tabela 9. Correlação de Spearman entre os valores de índices dos touros com no mínimo 3 filhas.

Índices	Correlação de Spearman entre a classificação dos touros						
	GPI-1	GPI-2	GPI-3	GPI-4	GPI-5	GPI-6	GPI-7
GPI-1	-	0,99	0,99	0,99	0,97	0,98	0,95
GPI-2		-	0,99	0,99	0,97	0,98	0,95
GPI-3			-	0,99	0,97	0,98	0,95
GPI-4				-	0,98	0,99	0,97
GPI-5					-	0,99	0,99
GPI-6						-	0,98
GPI-7							-

As equações dos índices podem ser assim apresentadas:

$$\mathbf{GPI - 1} = 0,51 \mathbf{VG_{LEITE}} + 1,94 \mathbf{VG_{GOR}} + 6,91 \mathbf{VG_{PRO}}$$

$$\mathbf{GPI - 2} = 0,51 \mathbf{VG_{LEITE}} + 6,91 \mathbf{VG_{PRO}} + 0 \mathbf{VG_{IDP}} + 0 \mathbf{VG_{IPP}}$$

$$\mathbf{GPI - 3} = 0,51 \mathbf{VG_{LEITE}} + 6,91 \mathbf{VG_{PRO}} - 0,83 \mathbf{VG_{IDP}} + 0 \mathbf{VG_{IPP}}$$

$$\mathbf{GPI - 4} = 0,20 \mathbf{VG_{LEITE}} + 0,40 \mathbf{VG_{PRO}} - 0,30 \mathbf{VG_{IDP}} - 0,10 \mathbf{VG_{IPP}}$$

$$\mathbf{GPI - 5} = 0,10 \mathbf{VG_{LEITE}} + 0,50 \mathbf{VG_{PRO}} - 0,10 \mathbf{VG_{IDP}} - 0,30 \mathbf{VG_{IPP}}$$

$$\mathbf{GPI - 6} = 0,10 \mathbf{VG_{LEITE}} + 0,60 \mathbf{VG_{PRO}} - 0,10 \mathbf{VG_{IDP}} - 0,20 \mathbf{VG_{IPP}}$$

$$\mathbf{GPI - 5} = 0,10 \mathbf{VG_{LEITE}} + 0,30 \mathbf{VG_{PRO}} - 0,20 \mathbf{VG_{IDP}} - 0,40 \mathbf{VG_{IPP}}$$

em que $\mathbf{VG_{LEITE}}$, $\mathbf{VG_{GOR}}$, $\mathbf{VG_{PRO}}$, $\mathbf{VG_{IDP}}$ e $\mathbf{VG_{IPP}}$ são os valores genéticos para produção de leite, gordura, proteína, intervalo de parto e idade ao primeiro parto, respectivamente.

Pode ser observada, na Tabela 10, a classificação dos animais baseado em seus valores de índices em relação ao GPI-1. Os TOP 15 touros, para o GPI-1 e GPI-2, foram os mesmos. No entanto, para os demais índices houve uma mudança na classificação, com atenção para o GPI-7, onde 6 touros diferentes não permaneceram entre os TOP 15. Esta maior diferença na classificação dos touros pode ser explicado pela menor correlação entre os valores de índices.

Tabela 10. Classificação dos animais baseado em seu valores de índices em relação ao GPI-1.

Índices de Seleção													
GPI-1		GPI_2		GPI_3		GPI_4		GPI_5		GPI-6		GPI-7	
Clas.	Touros	Clas.	Touros	Clas.	Touros	Clas.	Touros	Clas.	Touros	Clas.	Touros	Clas.	Touros
1	A1	1	A1	1	A1	1	A1	1	A1	1	A1	1	A1
2	A2	2	A2	2	A2	2	A2	2	A2	2	A2	2	A2
3	A3	3	A3	3	A3	3	A3	4	A3	3	A3	4	A3
4	A4	4	A4	4	A4	4	A4	3	A4	4	A4	3	A4
5	A5	5	A5	5	A5	6	A5	9	A5	7	A5	12	A5
6	A6	6	A6	6	A6	5	A6	5	A6	5	A6	5	A6
7	A7	7	A7	7	A7	7	A7	7	A7	6	A7	10	A7
8	A8	8	A8	8	A8	12	A8	18	A8	17	A8	22	A8
9	A9	9	A9	9	A9	8	A9	12	A9	10	A9	11	A9
10	A10	10	A10	11	A10	15	A10	22	A10	19	A10	29	A10
11	A11	12	A11	13	A11	11	A11	8	A11	9	A11	8	A11
12	A12	14	A12	14	A12	14	A12	20	A12	18	A12	26	A12
13	A13	13	A13	12	A13	13	A13	16	A13	14	A13	18	A13
14	A14	11	A14	10	A14	10	A14	14	A14	13	A14	16	A14
15	A15	15	A15	16	A15	19	A15	15	A15	16	A15	17	A15

Clas.= classificação dos touros.

Obs: quadrados hachurados indicam os touros que não permaneceram entre os TOP 15.

Estes índices, a princípio, deveriam ser usados na classificação de touros em teste de progênie. Assim, os produtores poderiam escolher os animais para uso em seus plantéis, com base na resposta econômica esperada das filhas destes animais. Entretanto, de acordo com VanRaden et al (2004), cada produtor poderia combinar em um índice características particulares que poderiam aumentar o lucro do seu sistema de produção.

Os produtores e/ou associações de criadores também deveriam avaliar a possibilidade de incluir outras características com impacto na eficiência reprodutiva (como por exemplo, a taxa de não retorno ao cio), além de características de conformação e resistência a mastite. Para isso, um programa de coleta de informações de desempenho e qualidade, além características funcionais seria fundamental.

Sandøe e colaboradores (1999) avaliaram o uso de várias características em um índice de seleção para aumentar a produção e a resistência a mastite para a Dinamarca. Os autores mostraram que após 10 anos de seleção com peso zero no índice para aumentar a resistência a mastite (seleção para leite somente), a produção por vaca aumentou 1179 kg e o número de tratamentos para mastite 12,9%. Sandøe e colaboradores (1999) também mostraram que usando um índice em que o peso para resistência a mastite fosse duas vezes superior ao dado à produção, a produção de leite aumentaria em 964 kg e o número de tratamentos para mastite diminuiria 5,5%. Com estes resultados Sandøe e colaboradores (1999) concluíram que este segundo índice seria mais lucrativo que o primeiro, indicando que poderia ser possível a seleção para resistência a mastite sem reduzir o lucro.

A contagem de células somáticas não foi incluída como objetivo de seleção devido a baixa acurácia nas estimativas dos valores genéticos (0,18), o que pode causar viés na sua implementação como objetivo de seleção. Assim, tentativas devem ser feitas para aumentar a coleta de dados fenotípicos para que esta característica possa ser incluída em um índice de seleção no futuro.

Para nós, entre as vantagens de implementação de um índice de seleção podem ser citados:

- 1) Selecionar animais lucrativos e com isto, obter maiores respostas econômicas, de acordo com as circunstâncias de produção e mercado vigentes;
- 2) Permitir o melhoramento de características economicamente importantes, mas de difícil obtenção das informações e de baixo custo (critérios de seleção). Como exemplo podemos citar a seleção indireta para escore de condição corporal (ECC), que pode ser usada como critério de seleção para diminuir o IDP, pois são características correlacionadas;
- 3) Permitir comparar programas de seleção mediante a obtenção das respostas esperadas;

4) Escolher ponderadores dos índices que resultem em resposta desejável para determinada característica.

De acordo com Dekkers e Gibson (1998), o principal objetivo de desenvolvimento de um índice de seleção é promover o melhoramento de todas características de forma que maximize a resposta nos objetivos de seleção. Embora, o desenvolvimento de um índice possa ser feito baseado em princípios científicos como apresentados neste trabalho, a implementação dos índices de seleção depende do interesse de produtores, associação de criadores e às empresas ligadas com programas de melhoramento animal, merecendo uma cuidadosa atenção na sua implementação. De acordo com Dekkers e Gibson (1998) se o índice é construído por métodos científicos mas não é aceito, ele terá muito menos impacto na seleção do que os índices que podem não ser tecnicamente ótimos, porém aceitos por todos os usuários. Ainda de acordo com os autores, para superar essa diferença entre os princípios científicos e práticos adotados, os índices de seleção devem ser construídos em estreita colaboração envolvendo-se pesquisadores, produtores e empresas, para que métodos científicos possam ser aplicados, maximizando a aceitação de todos os grupos envolvidos.

A característica com maior impacto econômico nas respostas à seleção ainda é a produção de leite. Porém, como o melhoramento genético é futuro-orientado, a inclusão da produção de proteína é de suma importância dado o panorama atual da indústria leiteira, que finalmente está valorizando mais este componente. Em relação as características reprodutivas, é importante lembrar que sua inclusão em objetivos de seleção pode melhorar a lucratividade dos rebanhos leiteiros, pela diminuição das perdas econômicas causadas pelos altos valores de intervalo de parto e idade ao primeiro parto.

Os índices obtidos neste trabalho, poderão constituir um ponto de partida para que sejam tomadas decisões a respeito da seleção de bovinos Gir Leiteiro no Brasil. Porém, um aspecto muito relevante a ser aprimorado neste programa é a questão da coleta sistemática de informações de características de interesse (características fenotípicas e de pedigree), a qual poderá permitir a inclusão de outras características economicamente importantes. Assim, outras características poderão ser incluídas nos índices de seleção e parâmetros genéticos confiáveis poderão ser obtidos para um maior número de características. A Associação Brasileira de Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL) juntamente com pesquisadores, produtores e laticínios poderiam interagir para aprimorar o sistema de obtenção de informações e com isto, viabilizar a construção de índices que poderiam resultar na escolha de animais em que suas progênies fossem economicamente e biologicamente superiores nas gerações subsequentes.

4.4. CONCLUSÃO

Os índices de seleção avaliados neste estudo mostraram-se adequados para implementação no programa de melhoramento genético do Gir Leiteiro. Todavia, os resultados obtidos indicam que as respostas esperadas à seleção seriam lentas dadas as baixas estimativas de herdabilidade das características. Levando-se em conta que estas podem ter sido decorrentes da maneira como foram definidos os efeitos de ambiente incluídos nos modelos utilizados, modelos alternativos deverão ser propostos e comparados.

Os resultados também sugerem que a simples inclusão de características reprodutivas em índices de seleção para o Gir Leiteiro não ocasionaria uma perda significativa tanto nas respostas esperadas para as características de produção, como nas respostas econômicas e favoreceriam a obtenção de mudanças desejáveis nas características reprodutivas. Todavia, o aumento na ênfase de seleção para características reprodutivas, pode ocasionar respostas menores para as características produtivas.

Mudanças nos custos de produção dos rebanhos, nos sistemas de produção e dos parâmetros genéticos e fenotípicos poderão exigir novas definições dos objetivos de seleção. A inclusão de novas características de importância econômica na avaliação genética do programa de melhoramento da raça, viabilizará a sua inclusão nos índices de seleção no futuro, o que poderá resultar em respostas totais mais desejáveis.

A implementação de índices de seleção em programas de melhoramento genético animal implicam no comprometimento, entendimento e cooperação de todos os setores envolvidos no seu desenvolvimento, ou seja, criadores, associação de criadores, indústria leiteira, técnicos da pesquisa e extensão, etc. Para o seu sucesso, é necessária o aprimoramento e disponibilização de informações de desempenho, saúde e fertilidade confiáveis e em número adequado. As dificuldades inerentes ao cenário brasileiro da atividade leiteira devem ser superadas aos poucos, com seriedade e continuidade dos programas. As conquistas alcançadas até o momento pelo programa do Gir Leiteiro devem servir de base e de incentivo para que novos avanços sejam alcançados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. M.; EL FARO, L.; CARDOSO, V. L.; ALBUQUERQUE, L. G.; CASSOLLI, L. D.; MACHADP, P. F. Efeitos genéticos e de ambiente sobre a produção de leite e a contagem de células somáticas em vacas holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 343–349, 2007.

AHLMAN, T.; BERGLUND, B.; RYDHMER, L.; STRANDBERG, E. Culling reasons in organic and conventional dairy herds and genotype by environment interaction for longevity. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 3, p. 1568–1575, 2011.

ALI, A. K. A.; SHOOK, G. E. An Optimum Transformation for Somatic Cell Concentration in Milk. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n. 3, p. 487–490, 1980. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030280829596>>.

BALIEIRO, E. S.; PEREIRA, J. C. C.; VERNEQUE, R. S.; PEREIRA, C. S.; BERGMANN, J. A. G. Estimativas de parâmetros genéticos e de tendência fenotípica, genética e de ambiente de algumas características reprodutivas na raça Gir. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 51, n. 4, p. 371-376, 1999.

BALIEIRO, E. S.; PEREIRA, J. C. C.; VALENTE, J.; VERNEQUE, R. S.; BALIEIRO, J. C. C.; FERREIRA, W.J. Estimativas de parâmetros genéticos e de tendências fenotípica, genética e de ambiente de algumas características produtivas da raça Gir leiteiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n. 3, p. 266-275, 2000.

BALIEIRO, E. S.; PEREIRA, J. C. C.; VERNEQUE, R. S.; BALIEIRO, J. C. C.; VALENTE J. Estimativas de herdabilidade e correlações fenotípicas, genéticas e de ambiente entre algumas características reprodutivas e produção de leite na raça Gir. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n. 1, p. 85-91, 2003.

BARUSELLI, P. S.; GIMENES, L. U.; SALES, J. N. S. Fisiologia reprodutiva de fêmeas taurinas e zebuínas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 31, n. 2, p. 205-211, 2007.

BERRY, D. P.; MCCARTHY, J. Genetic and non-genetic factors associated with milking order in lactating dairy cows. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 136, n. 1, p. 15–19, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 51. Diário Oficial da União, Brasília, 18 de setembro de 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 62. Diário Oficial da União, Brasília, 29 de dezembro de 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Assessoria de Gestão Estratégica. Valor Bruto da Produção**. Janeiro de 2014, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio : Brasil 2012/2013 a 2022/2023**. (AGE/Mapa, Ed.) (4th ed.). Brasília, 2013.

BRICKELL, J.S.; BOURNE, N.; MCGOWAN, M.M.; WATHES, D.C. Effect of growth and development during the rearing period on the subsequent fertility of nulliparous Holstein-Friesian heifers. **Theriogenology**, v. 72, p. 408–416, 2009.

BRITO, M. A. V. P.; BRITO, J. R. F. **Mastite e qualidade do leite**. In: O. F. do Campos (Ed.); Gado de Leite: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 2 ed. ed., p.239, 2004. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.

CANADIAN DAIRY NETWORK. Online. Disponível em: file:///C:/Users/CGIL/Downloads/2015_08_XX_EN_LPIFormula%20(1).pdf. Acessado: 21, sep. 2015.

CARDOSO, V. L.; LIMA, M. L. P.; NOGUEIRAA, J. R.; CARNEIRO, R. L. R.; SESANA, R. C.; OLIVEIRA, E. J.; EL FARO, L. Economic valies for milk production and quality traits in south and southeast regions of Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 12, p. 636–642, 2014.

CARLÉN, E.; STRANDBERG, E.; ROTH, A. Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, and production in the first three lactations of Swedish holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 9, p. 3062–3070, 2004.

COFFEY, M. P.; MCPARLAND, S.; BASTIN, C.; WALL, E.; BERRY, D.; VEERKAMP, R. F. Implementation in breeding programmes. **Advances in Animal Biosciences**, v. 4, n. 03, p. 626–630, 2013.

COLDEBELLA, A.; MACHADO, P. F.; DEMÉTRIO, C. G. B.; RIBEIRO, P. J.; MEYER, P. M.; CORASSIN, C. H.; CASSOLI, L. D. Contagem de células somáticas e produção de leite em vacas holandesas confinadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 623–634, 2004.

CURRAN, R. D.; WEIGEL, K. A; HOFFMAN, P. C.; MARSHALL, J. A; KUZDAS, C. K. Relationships between age at first calving; herd management criteria; and lifetime milk, fat, and protein production in Holstein cattle. **The Professional Animal Scientist**, v. 29, n. 1988, p. 1–9, 2013.

DAL ZOTTO, R.; DE MARCHI, M.; DALVIT, C.; CASSANDRO, M.; GALLO, L.; CARNIER, P.; BITTANTE, G. Heritabilities and genetic correlations of body condition score and calving interval with yield, somatic cell score, and linear type traits in Brown Swiss cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 12, p. 5737–5743, 2007.

DECHOW, C. D.; ROGERS, G. W.; COOPER, J. B.; PHELPS, M. I.; MOSHOLDER, a L. Milk, fat, protein, somatic cell score, and days open among Holstein, Brown Swiss, and their crosses. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 7, p. 3542–3549, 2007.

DE JONG, G. Usage of Predictors for Fertility in the Genetic Evaluation , Application in the Netherlands. **Interbull Bulletin**, v. 33, p. 69–73, 2005.

DEKKERS, J. C. M.; GIBSON, J. P.; Apllying breeding objectives to dairy cattle improvement. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 2, p. 19-35, 1998.

DOHOO, I. R.; K. E. LESLIE, K. E. Evaluation of changes in somatic cell counts as indicators of new intramammary infections. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 10, n. 3, p. 225–237, 1991.

EVANS, R.D.; WALLACE, M.; SHALLOO, L.; GARRICK, D.J.; DILLON, P. Financial implications of recent declines in reproduction and survival of Holstein-Friesian cows in spring-calving Irish dairy herds. **Agricultural Systems**, v. 89, n.1, 165–183, 2006.

Global CRV. Online. Disponível em: <https://global.crv4all.com/information/aboutdutchproofs/>. Acessado em: 21, sep., 2015.

GONZÁLEZ-RECIO, O.; PÉREZ-CABAL, M. a; ALENDA, R. Economic value of female fertility and its relationship with profit in Spanish dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 9, p. 3053–3061, 2004.

GROEN, A.F.; STEINE, T.; COLLEAU, J.J.; PEDERSEN, J.; PRIBYL, J.; REINSCH, N. Economic values in dairy cattle breeding, with special reference to functional traits. Report of an EAAP-working group. *Livestock Production Science*, v. 49, p. 1–21, 1997.

GUIMARÃES, J.L.B. **Estimativa do impacto econômico da mastite: estudo de caso em um rebanho da raça holandesa em condições tropicais**. 52f. Dissertação (Mestrado profissional em ciência e tecnologia de leite e derivados). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

HADLEY, G. L.; WOLF, C. a; HARSH, S. B. Dairy cattle culling patterns, explanations, and implications. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 6, p. 2286–2296, 2006.

HAILE-MARIAM, M.; BOWMAN, P. J.; GODDARD, M. E. Genetic and environmental relationship among calving interval, survival, persistency of milk yield and somatic cell count in dairy cattle. **Livestock Production Science**, v. 80, n. 3, p. 189–200, 2003.

HAILE-MARIAM, M.; BOWMAN, P. J.; PRYCE, J. E. Genetic analyses of fertility and predictor traits in Holstein herds with low and high mean calving intervals and in Jersey herds. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 1, p. 655–67, 2013. HAZEL, L. N. The Genetic Basis for Constructing Selection Indexes. **Genetics**, v. 28, n. 6, p. 476–490, 1943.

HAZEL, L. N.; LUSH, J. L. The efficiency of three methods of selection. **Journal of Heredity**, n. 32, p. 393–399, 1942.

HEINRICHS, A. J.; HEINRICHS, B. S.; HAREL, O.; ROGERS, G. W.; PLACE, N. T. A prospective study of calf factors affecting age, body size, and body condition score at first calving of holstein dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 8, p. 2828–2835, 2005.

HENDERSON C. R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, v. 31, n. 2, p. 423–447, 1975.

HERRERA, L.G.B.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G.; TONHATI, H.; MACHADO, C.H.C. Parâmetros genéticos para produção de leite no dia do controle e para produção de leite até 305 dias nas primeiras lactações de vacas da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 9, p. 1774–1780, 2008.

HOSSEIN-ZADEH, N. G. Estimation of genetic and phenotypic relationships between age at first calving and productive performance in Iranian Holsteins. **Tropical Animal Health and Production**, v. 43, n. 5, p. 967–973, 2011a.

HOSSEIN-ZADEH, N. G. Genetic and phenotypic trends for age at first calving and milk yield and compositions in Holstein dairy cows Zusammenfassung. v. 54, p. 338–347, 2011b.

HOLSTEIN ASSOCIATION USA. Disponível em: http://www.holsteinusa.com/genetic_evaluations/ss_tpi_formula.html. Acessado em: 21, sep., 2015.

IBGE. Censo Agropecuário 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>. Acessado em: 26, set. 2015.

IRELAND GENETIC UK. 2015. Online. Disponível em: <http://www.irelandgenetics.co.uk/EBI-Index>. Acessado em: 21, sep. 2015.

INTERNATIONAL BULL EVALUATION SERVICE (Interbull). **National genetic evaluation forms provided by countries**. Disponível em: <http://www.interbull.org/ib/geforms>. Acessado em: 2, sep. 2015.

JAMROZIK, J.; KOECK, A.; MIGLIOR, F.; KISTEMAKER, G. J.; SCHENKEL, F. S.; KELTON, D. F.; DOORMAAL, B. J. Van. Genetic and Genomic Evaluation of Mastitis Resistance in Canada. In: Interbull Bulletin, 47, Nantes. **Proceedings...** Nantes: 2013.

KADARMIDEEN, H. N. Genetic correlations among body condition score, somatic cell score, milk production, fertility and conformation traits in dairy cows. p. 191–201, 2004.

KEHRLI J.R.; SHUSTER, D.E. Factors affecting milk somatic cells and their role in health of the bovine mammary gland. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 2, p. 619–627, 1994.

KOECK, A.; LOKER, S.; MIGLIOR, F.; KELTON, D. F.; JAMROZIK, J.; SCHENKEL, F. S. Genetic relationships of clinical mastitis, cystic ovaries, and lameness with milk yield and somatic cell score in first-lactation Canadian Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 5806–5813, 2014.

LEDIC, I. L.; TONHATI, H.; VERNEQUE, R. D. S.; EL FARO, L.; MARTINEZ, M. L.; COSTA, C. N.; PEREIRA, J. C. C.; FERNANDES, L. D. O.; ALBUQUERQUE, L. G. De. Estimativa de parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientes para as produções de leite no dia do controle e em 305 dias de lactação de vacas da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 1953–1963, 2002.

LE ROUX, Y.; COLIN, O.; LAURENT, F. Proteolysis in Samples of Quarter Milk with Varying Somatic Cell Counts. 1. Comparison of Some Indicators of Endogenous Proteolysis in Milk.

LUCY, M. C. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 6, p. 1277–1293, 2001.

MADSEN, P. AND JENSEN, J.A. DMU. A Package for Analysing Multivariate Mixed Models. 2008

MARTINS, G. A.; MADALENA, F. E.; BRUSCHI, J. H.; DA COSTA, J. L.; NEVES MONTEIRO, J. B. Objetivos Econômicos de Seleção de Bovinos de Leite para Fazenda Demonstrativa na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 2, p. 304–314, 2003.

MARTINS, A. S.; TORRES, R. A. Índices de seleção. FMPVZ-Editora, 2. ed. Belo Horizonte, 103 p., 2015.

MEYER, K. Scope for a random regression model in genetic evaluation of beef cattle for growth. *Livestock Production Science*, v. 86, n. 1, p. 69–83, 2004.

MIGLIOR, F.; CHESNAIS, J.; DOORMAAL, B. J. Van; FOOD, G.; CANADA, A.; NETWORK, C. D.; ALLIANCE, S. Genetic improvement : a major component of increased dairy farm profitability. In: 38th International Committee for Animal Recording, Cork. **Proceedings...** 2012. Disponível em: <http://www.icar.org/cork_2012/Manuscripts/Published/Miglior A1.pdf>.

MIGLIOR, F.; MUIR, B. L.; VAN DOORMAAL, B. J. Selection indices in Holstein cattle of various countries. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 3, p. 1255–1263, 2005.

MIGLIOR, F.; SEWALEM, a.; JAMROZIK, J.; BOHMANOVA, J.; LEFEBVRE, D. M.; MOORE, R. K. Genetic Analysis of Milk Urea Nitrogen and Lactose and Their Relationships with Other Production Traits in Canadian Holstein Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 5, p. 2468–2479, 2007.

MONARDES, H. **Controle leiteiro e qualidade do leite**. In: BARBOSA, S. B. P.; BATISTA, A. M. V.; MONARDES, H. III Congresso Brasileiro de Qualidade do leite. Recife: CCS Gráfica e Editora, v. 1, p. 115-127, 2008.

MOORE, K.; THATCHER, W. W. Major advances associated with reproduction in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1254–1266, 2006.

MRODE, R.; PRITCHARD, T.; COFFEY, M.; WALL, E. Joint estimation of genetic parameters for test-day somatic cell count and mastitis in the United Kingdom. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 8, p. 4618–4628, 2012.

NIELSEN, H. M.; CHRISTENSEN, L. G.; GROEN, A. F. Derivation of Sustainable Breeding Goals for Dairy Cattle Using Selection Index Theory. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 5, p. 1882–1890, 2005.

PANETTO, J.C.C.; VERNEQUE, R.S.; PEIXOTO, M.G.C.D.; BRUNELI, F.A.; MACHADO, M.A.; SILVA, M.V.G.B.; ARBEX, W.A.; REIS, D.R.L.; GERALDO, C.C.; MACHADO, C.H.C.; PEREIRA, M.A.; HORTOLANI, B.; VERCESI FILHO, A.E.; MACIEL, R.S.; FERNANDES, A.R. **Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro - Sumário Brasileiro de Touros – Resultados do Teste de Progênie**, 2015. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. Doc. 177, 82p.

PEIXOTO, M. G. C. D.; VERNEQUE, R. S.; TEODORO, R. L.; PENNA, V. M.; MARTINEZ, M. L. Genetic trend for milk yield in Guzerat herds participating in progeny testing and MOET nucleus schemes. **Genetics and Molecular Research**, v. 5, n. 3, p. 454–465, 2006.

PEREIRA, R. J.; AYRES, D. R.; EL FARO, L.; FILHO, A. E. V.; VERNEQUE, R. D. S.; DE ALBUQUERQUE, L. G. Genetic parameters for production traits of dairy Gir (*Bos indicus*) x Holstein cattle estimated with a random regression model. **Livestock Science**, v. 158, p. 24–31, 2013.

PHILPOT, W.N.; NICKERSON, S.C. *Mastitis: counter attack. A strategy to combat mastitis*. Naperville: Babson Bros, 1991. 150p.

PINHEIRO, O. L.; BARROS, C. M.; FIGUEREDO, R. A.; VALLE, E. R.; ENCARNÇÃO, R. O.; PADOVANI, C. R. Estrous behaviour and the estrus-to-ovulation interval in Nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F2 α or norgestomet and estradiol valerate. **Theriogenology**, v. 49, n. 3, p.667-681, 1998.

PIRLO, G.; MIGLIOR, F.; SPERONI, M. Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs in Italian Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 3, p. 603–608, 2000.

PONZONI, R.W.; NEWMAN, S. Developing breeding objectives for australian beef cattle production. **Animal Production**, v. 49, p. 35–47, 1989.

PRATA, M. A.; PEREIRA, M. C.; EL FARO, L.; CARDOSO, V. L.; VERCESI FILHO, A. E.; VERNEQUE, R. S.; BRUNELLI, F. a. T.; PEIXOTO, M. G. C. D. Efeito do intervalo de partos sobre a eficiência produtiva e econômica em rebanhos Gir Leiteiro. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 1, p. 1–7, 2014.

PRATA, M. A.; EL FARO, L.; MOREIRA, H. L.; VERNEQUE, R. S.; VERCESI FILHO, A. E.; PEIXOTO, M. G. C. D.; CARDOSO, V. L. Genetic parameters for milk production traits and breeding goals for Gir dairy cattle in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 4, p. 12585–12594, 2015.

PRITCHARD, T.; COFFEY, M.; MRODE, R.; WALL, E. Genetic parameters for production, health, fertility and longevity traits in dairy cows. **Animal**, v. 7, n. 01, p. 34–46, 2013.

PRYCE, J. E.; COFFEY, M. P.; BROTHERSTONE, S. The genetic relationship between calving interval, body condition score and linear type and management traits in registered Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 11, p. 2664–2671, 2000.

PRYCE, J. E.; ROYAL, M. D.; GARNSWORTHY, P. C.; MAO, I. L. Fertility in the high-producing dairy cow. **Livestock Production Science**, v. 86, n. 1-3, p. 125–135, 2004.

PRYCE, J.; WOOLASTON, R.; BERRY, D.; WALL, E.; WINTERS, M.; BUTLER, R.; SHAFFER, M. World trends in dairy cow fertility. In: 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver, CA. **Proceedings...** Vancouver, CA: 2014.

QUEIROZ, S.A.; PELICIONI, L.C.; SILVA, B.F.; CRISTINA, J.; INEZ, M.; GERALDO, E.; SANCHES, A. Índices de Seleção para um Rebanho Caracu de Duplo Propósito Selection Indices for a Dual Purpose Breed Caracu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 827–837, 2005.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. Disponível em: URL <https://www.R-project.org/>.

ROMAN, R. M.; WILCOX, C. J. Bivariate animal model estimates of genetic, phenotypic, and environmental correlations for production, reproduction, and somatic cells in Jerseys. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 4, p. 829–835, 2000.

RUIZ-SÁNCHEZ, R.; BLAKE, R. W.; CASTRO-GÁMEZ, H. M. A; SÁNCHEZ, F.; MONTALDO, H. H.; CASTILLO-JUÁREZ, H. Short communication: Changes in the association between milk yield and age at first calving in holstein cows with herd environment level for milk yield. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 10, p. 4830–4834, 2007.

RUPP, R.; BOICHARD, D. Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, production, udder type traits, and milking ease in first lactation Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 10, p. 2198–2204, 1999.

SANDØE P.; NIELSEN B. L.; CHRISTENSEN, L. G.; SØRENSEN, P. Staying good while playing God: the ethics of breeding farm animals. **Animal Welfare**, v. 8, n. 4, p. 313–328, 1999.

SANTANA JÚNIOR, M. L.; LOPES, P. S.; DA SILVA VERNEQUE, R.; PEREIRA, R. J.; LAGROTTA, M. R.; PEIXOTO, M. G. C. D. Parâmetros genéticos de características reprodutivas de touros e vacas Gir leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1717–1722, 2010.

SAS. SAS user's guide, version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2015.

SCHAEFFER, L.R.; JAMROZIK, J.; KISTEMAKER, G.J.; VANDOORMAAL, B.J. 2000. Experience with a test-day model. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 5, p. 1135–1144.

SHARMA, N. Alternative approach to control intramammary infection in dairy cows- A review. **Asian Journal Animal Veterinary Advances**, n. 2, p. 50–62, 2007.

SHARMA, N.; SINGH, N. K.; BHADWAL, M. S. Relationship of somatic cell count and mastitis: An overview. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 24, n. 3, p. 429–438, 2011.

SHARIF, A.; UMER, M.; MUHAMMAD, G. Mastitis control in dairy production. **Journal of Agriculture & Social Sciences**, v. 5, p. 102–105, 2009.

SCHUKKEN, Y.H.; WILSON, D.J.; WELCOME, F.; TIKOFSKY, L.G; GONZALEZ, R.N. Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. **Veterinary Research**, v. 34, n. 5, p. 579-596, 2003.

SCHNEEBERGER, M.; BARWICK, S. A ; CROW, G.H.; HAMMOND, K. Economic indices using breeding values predicted by BLUP. **Journal Animal Breeding and Genetics**, v. 109, p. 180–187, 1992.

SEWALEM, A.; KISTEMAKER, G. J.; MIGLIOR, F. Relationship between female fertility and production traits in Canadian Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 9, p. 4427–4434, 2010.

SILVA, R. M. O. **Estimativas de parâmetros genéticos para habilidade de permanência no rebanho e suas associações com características de interesse econômico em vacas da raça Gir Leiteiro**. 37f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2012.

VANDOORMAL, B. J. **Trends in disposal reasons**. Can. Dairy Network, 2009. Disponível em: <https://www.cdn.ca/articles.php>. Acessado em: 26 set. 2015.

VANRADEN, P. M. Invited review: selection on net merit to improve lifetime profit. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 10, p. 3125–3131, 2004.

VANRADEN, P. M.; TOOKER, M. E.; WRIGHT, J. R.; SUN, C.; HUTCHISON, J. L. Comparison of single-trait to multi-trait national evaluations for yield, health, and fertility1. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 12, p. 7952–7962, 2014.

VAN VLECK, L. D. Selection index and introduction to mixed model methods: the green book. CRC Press, Inc., Boca Raton, 1993.

VEERKAMP, R. F.; DILLON, P.; KELLY, E.; CROMIE, a. R.; GROEN, a. F. Dairy cattle breeding objectives combining yield, survival and calving interval for pasture-based systems in Ireland under different milk quota scenarios. **Livestock Production Science**, v. 76, n. 1-2, p. 137–151, 2002.

VEERKAMP, R. F.; KOENEN, E. P. C.; DE JONG, G. Genetic Correlations Among Body Condition Score, Yield, and Fertility in First-Parity Cows Estimated by Random Regression Models. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 2327–2335, 2001.

VERCESI FILHO, A. E.; MADALENA, F. E.; FERREIRA, J. J.; PENNA, V. M. Pesos econômicos para seleção de gado de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 145–152, 2000.

VERNEQUE, R. S.; PRATA, M. A.; CARNEIRO, R. V.; TEODORO, R. L.; PENNA, V. M.; PEIXOTO, M. G. C. D. Progresso genético e fenotípico na raça Guzerá sob seleção para leite. VII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, São Carlos, Brasil. **Anais...** Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal. Santa Maria, Brasil, 2008.

VERNEQUE, R.S.; PEIXOTO, M.G.C.D.; PEREIRA, M.C.; MACHADO, M.A.; GUIMARÃES, M.F.M.; SILVA, M.V.G.B. **Melhoramento Genético de Gado de Leite no**

Brasil. VIII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, Maringá, Brasil. Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal. Santa Maria, Brasil, 2010. Disponível em: <http://sbmaonline.org.br/anais/viii/palestras/pdfs/7.pdf>. Acessado em: 29, sep. 2015.

VERNEQUE, R.S.; PANETTO, J.C.C.; PEIXOTO, M.G.C.D.; BRUNELI, F.A.T.; SANTOS, G.G.; MACHADO, M.A.; MARTINS, M.F.; SILVA, M.V.G.B.; ARBEX, W.A.; REIS, D.R.L.; GERALDO, C.C.; MACHADO, C.H.C.; PEREIRA, M. A.; VERCESI FILHO, A. E.; MACIEL, R.S.; FERNANDES, A.R. Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro - Sumário Brasileiro de Touros – Resultados do Teste de Progenie, 2013. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. Doc. 162, 74p.

VOSMAN, J. J.; JONG, G. De; EDING, H.; KNIJN, H. Genetic Evaluation for Ketosis in the Netherlands Based on FTIR Measurements. In: Interbull Bulletin, 49, 49, Florida. **Anais...** Florida: 2015.

WALL, E.; BROTHERSTONE, S.; WOOLLIAMS, J. a; BANOS, G.; COFFEY, M. P. Genetic evaluation of fertility using direct and correlated traits. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 12, p. 4093–4102, 2003.

WENCESLAU, A. A.; LOPES, P. S.; TEODORO, R. L.; VERNEQUE, R. D. S.; EUCLYDES, R. F.; FERREIRA, W. J.; SILVA, M. D. A. E. Estimação de parâmetros genéticos de medidas de conformação, produção de leite e idade ao primeiro parto em vacas da raça Gir Leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 153–158, 2000.

ZAVADILOVÁ, L.; ŠTÍPKOVÁ, M. Effect of age at first calving on longevity and fertility traits for Holstein cattle. **Czech Journal of Animal Science**, v. 58, n. 2, p. 47–57, 2013.

APÊNDICE

Manuscrito no qual o aluno Marco Aurélio Prata está redigindo para ser submetido em revista indexada QUALIS A1 – A2.

Índices econômicos de seleção para rebanhos Gir Leiteiro

M. Prata^{1,2}, F. Malchiodi², F. Miglior^{2,3}, L. El Faro⁴, A. E. V. Filho⁵ and V. L. Cardoso¹

¹Departamento de Genética, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brazil.

²Centre for Genetic Improvement of Livestock, University of Guelph, Guelph, ON, Canada.

³Canadian Dairy Network, Guelph, ON, Canada.

⁴Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Corte, Instituto de Zootecnia, Sertãozinho, SP, Brazil.

⁵Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovinos de Leite, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, Brazil.

RESUMO. A produção de leite em geral é a característica mais importante em programa de melhoramento animal de rebanhos leiteiros. Vários estudos tem sido conduzidos para no Gir Leiteiro envolvendo a estimação de parâmetros genéticos para características produtivas nos últimos anos, mas pequena atenção foi dada a saúde do úbere e características reprodutivas. Os índices de seleção são utilizados em vários países para selecionar animais mais lucrativos e para quantificar a resposta correlacionada entre as características a serem incluídas como objetivos de seleção. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um estudo visando a construção de índices de seleção para posterior utilização na classificação e seleção dos animais avaliados no programa de teste de progênie de bovinos Gir Leiteiro no Brasil. Componentes de (co) variância para a produção de leite (PL), gordura (G), proteína (P), porcentagem de gordura (G%), porcentagem de proteína (P%), escore de células somáticas (ECS), intervalo de partos (IDP) e idade ao primeiro parto (IPP) foram estimados usando informações de desempenho fornecidas pela Associação Brasileira de Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL). Os dados incluíram registros de 10.146 vacas, filhas de 1005 touros, com partos ocorridos entre 1989 e 2013, distribuídas em 289 rebanhos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando modelo animal, em análises bivariadas pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML). Sete diferentes índices foram propostos (chamados GPI = Gir Performance Index), com alternativos objetivos de seleção e fatores de ponderação. GPI-1: PL + G + P, incluindo os respectivos valores econômicos (VE\$) das características. GPI-2: PL + P + IDP + IPP, incluindo os respectivos valores econômicos (VE\$) para as características reprodutivas e ponderação zero para IDP e IPP; GPI-3: PL + P + IDP + IPP, incluindo os respectivos valores econômicos (VE\$) para as características produtivas e para IDP, e ponderação zero para IPP. Baseados nas possíveis respostas esperadas obtidas nos índices anteriores, diferentes fatores de ponderação foram atribuídos para as características do GPI-4 ao GPI-7. GPI-4: $0.20*PL + 0.40*P - 0.30*IPP - 0.10*IDP$; GPI-5: $0.10*PL + 0.50*P - 0.10*IPP - 0.30*IDP$; GPI-6: $0.10*PL + 0.60*P - 0.10*IPP - 0.20*IDP$ e GPI-7: $0.10*PL + 0.30*P - 0.20*IPP - 0.40*IDP$. O GPI-1, GPI-2, GPI-3 e GPI-4 apresentaram maiores respostas para a produção de leite. Pequenas

diferenças nas respostas para P foram observadas entre os índices. A resposta para IDP diminuiu do GPI-1 ao GPI-7 o que pode ser favorável, pois diminuiria o IDP. Entretanto, não foram observadas grandes diferenças entre as respostas econômicas, indicando que é possível a seleção para características reprodutivas sem diminuir o lucro. Os resultados sugerem que a seleção somente para produção de leite poderia levar a um declínio no desempenho reprodutivo. A inclusão da PL, P, IDP e IPP como objetivos de seleção no programa desenvolvido pela ABCGIL poderia promover um equilíbrio entre o melhoramento das características produtivas e reprodutivas. No entanto, espera-se lenta resposta à seleção devido às baixas estimativas de herdabilidade das características.

Palavras-chave: Índices econômicos de seleção, Gir leiteiro, melhoramento genético, características produtivas e reprodutivas.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o rebanho Gir Leiteiro tem sido selecionado para produção de leite nos últimos anos e, com isto, considerável ganho genético para esta característica foi relatado na literatura (BALIEIRO et al., 2000; VERNEQUE et al., 2010). Vários estudos foram conduzidos no Gir Leiteiro no Brasil, avaliando a produção de leite, mas pouca atenção foi dada às características de saúde do úbere e fertilidade, embora estas afetem diretamente a produção de leite da vaca. Assim, o conhecimento das correlações genéticas entre características produtivas, de saúde do úbere e fertilidade tornam-se fundamentais para a elaboração de um programa de melhoramento animal.

Saúde do úbere e fertilidade são características afetadas por diversos fatores ambientais, além de possuírem baixas estimativas de herdabilidade e correlações genéticas desfavoráveis com produção em vacas de leite (KOECK et al., 2014; PRYCE et al., 2014). De acordo com Moore e Thatcher (2006), “o continuado progresso genético para produção de leite acoplado com o manejo nutricional de vacas leiteiras com alta produção têm levado a um antagonismo entre alta produção e fertilidade, em que a eficiência reprodutiva dos rebanhos tem despencado”. O efeito negativo da produção sobre a fertilidade foi reportado na literatura em vários países (LUCY, 2001; WALL et al., 2003; BALIEIRO et al., 2003; VanRADEN et al., 2004; De JONG, 2005; DAL ZOTTO et al., 2007; PRYCE et al., 2014).

Uma característica utilizada como indicador de qualidade do leite é a contagem de células somáticas no leite (CCS). A CCS é usada como um indicador para medir a prevalência e até mesmo a incidência de infecções intramamárias no úbere e se sinais clínicos de mastites estão presentes ou não (DOHOO e LESLIE, 1991; SCHUKKEN et al., 2003). Altas CCS também afetam negativamente a qualidade, tempo de prateleira, características organolépticas

do leite e derivados e o preço final do leite em muitos sistemas de pagamento baseados na qualidade do leite. A CCS é geralmente log-transformada, para fins de análise, obtendo-se escores de células somáticas (**ECS**).

Como existe uma correlação genética positiva entre mastite e CCS (variando de 0,14 a 0,59) (CARLÉN et al., 2004; KOECK et al., 2014), a CCS é utilizada com sucesso nas avaliações genéticas de vários países com o objetivo de melhorar a saúde do úbere (MIGLIOR et al., 2012). De acordo com Miglior e colaboradores (2012), após a inclusão da CCS nos índices de seleção de 10 diferentes países, o valor genético dos touros (**VG**) para CCS tem diminuído ao invés de aumentar ou estabilizar. Contudo, a CCS ainda não é rotineiramente utilizado em avaliações genéticas no Brasil, dado o reduzido número de informações das vacas avaliadas para esta característica. Ademais, estudos que envolvem a estimação de parâmetros genéticos para CCS na raça Gir Leiteiro no Brasil não foram encontrados na literatura consultada.

A fertilidade é uma das muitas características que afetam a rentabilidade de uma propriedade leiteira pois está relacionada diretamente com o número de animais produzidos e o número de bezerros desmamados por ano. Duas características indicativas de fertilidade disponíveis no PNMGL são a idade ao primeiro parto (**IPP**) e o intervalo de partos (**IDP**). A IPP determina o início da vida produtiva da vaca e influência seu tempo de vida produtiva no rebanho (ZAVADILOVÁ e ŠTÍPKOVÁ, 2013; CURRAN et al., 2013). Adicionalmente, estratégias de seleção para redução da IPP poderia diminuir os custos relacionados à criação, alimentação e reposição de animais (PIRLO et al., 2000; BEAVERS e VanDOORMAL, 2015). Por outro lado, menores IDP poderiam levar ao aumento da produção de leite durante a vida útil, bezerros desmamados por ano e, conseqüentemente, aumentar as receitas da propriedade (PRATA et al., 2014). De acordo com Pryce e colaboradores (2000), o IDP é considerado como um bom indicador de fertilidade durante a vida produtiva da vaca, sendo mais fácil e preciso de ser medido, quando comparado com outras medidas de fertilidade. Entretanto, uma desvantagem é que registros de IDP estão disponíveis somente para animais que tiveram um segundo parto. Países como Reino Unido, Holanda e Irlanda já incluem o IDP como uma medida de fertilidade em seus índices de seleção (INTERBULL, 2015).

Até agora, poucos estudos têm investigado a correlação entre desempenho produtivo com características de saúde do úbere e fertilidade para bovinos Gir Leiteiro, e avaliações genéticas para estas características não foram conduzidas. Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver diferentes índices econômicos de seleção para classificação de touros e vacas envolvidos no teste de progênie anual de bovinos Gir Leiteiro.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Descrição dos Dados

Neste estudo foram utilizadas 16.669 informações de desempenho produtivo e reprodutivo de 10.146 vacas multíparas Gir Leiteiro, filhas de 1.005 touros, com partos ocorridos entre o período de 1989 e 2013, distribuídas em 289 rebanhos participantes do Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro (PNMGL). Os dados foram fornecidos pela Associação Brasileira de Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL). As características analisadas foram:

- 9) Produção de leite (kg) aos 305 dias (PL);
- 10) Produção de gordura (kg) (G);
- 11) Produção de proteína (kg) (P);
- 12) Porcentagem de gordura (G%);
- 13) Porcentagem de Proteína (P%);
- 14) Escore médio de células somáticas na lactação (ECS);
- 15) Intervalo de partos (dias) (IDP);
- 16) Idade ao primeiro parto (dias) (IPP).

O critério para inclusão de uma vaca neste estudo foi:

- 6) Produção no primeiro parto aferida;
- 7) Idade ao primeiro parto entre 24 e 52 meses;
- 8) Produção de leite entre 200 e 12.000 kg: foram realizados teste de normalidade utilizando o procedimento PROC UNIVARIATE disponível no pacote estatístico SAS (SAS, 2015). Informações cujos resíduos apresentaram valores <-4 e >4 vezes o desvio padrão foram deletados após ajuste dos dados para os fatores ambientais.
- 9) Porcentagem de gordura e proteína entre 1,5% e 7%;
- 10) Ser filha de touro conhecido.

Rebanhos com menos de 5 observações em um período de 5 anos foram excluídos das análises. Vacas que mudaram de rebanho também foram excluídas. Foram utilizados todos os partos consecutivos, desde que a vaca possuísse o primeiro parto avaliado. Partos maiores que 3 foram considerados como igual 3. O intervalo de partos foi calculado como a diferença entre dois partos consecutivos, sendo que intervalos menores que 310 dias foram considerados anormais e intervalos maiores que 730 dias considerados como 730. O número de vacas

avaliadas em cada parto (N) e a frequência (%) em relação ao número total de vacas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Número de vacas avaliadas em cada ordem de parto (N) e frequência (%) em relação ao número total de vacas para as características produção de leite aos 305 dias (PL), produção de gordura (G), produção de proteína (P), porcentagem de gordura (G%), porcentagem de proteína (P%), escore médio de células somáticas (ECS), intervalo de partos (IDP) e idade ao primeiro parto (IPP).

Variável	Ordem de parto					
	1		2		≥3	
	N	%	N	%	N	%
PL (kg)	10.146	100	3.022	29,80	1.515	14,90
G (kg)	2.505	100	847	33,80	440	17,50
P (kg)	848	100	249	29,30	120	14,20
G% (%)	2.505	100	847	33,80	440	17,50
P% (%)	848	100	249	29,30	120	14,20
ECS (ecore)	1.055	100	380	36,00	200	18,90
IDP (dias)	3.460	100	1.361	39,30	725	20,90
IPP (dias)	10.086	100	-	-	-	-

Na Tabela 2 são apresentadas as estatísticas descritivas dos dados utilizados neste estudo para cada característica avaliada.

Tabela 2. Estatística descritiva dos dados utilizados neste estudo para a produção de leite aos 305 dias (PL), produção de gordura (G), produção de proteína (P), porcentagem de gordura (G%), porcentagem de proteína (P%), escore médio de células somáticas na lactação (ECS), intervalo de partos (IDP) e idade ao primeiro parto (IPP), número de touros (pais de vacas) e número de rebanhos.

Variável	Lactações	Animais	Touros	Rebanhos	Médias ± DP*
PL (kg)	16.669	10.146	1.005	289	3.057,00 ± 1.822,4
G (kg)	41.92	2.505	446	60	145,80 ± 90,1
P (kg)	1.325	848	190	16	123,80 ± 74,2
G% (%)	4.192	2.505	446	60	4,30 ± 0,8
P% (%)	1.325	848	190	16	3,30 ± 0,4
ECS (ecore)	1.796	1.055	201	18	4,20 ± 1,9
IDP (dias)	6.558	3.460	595	110	514 ± 118
IPP (dias)	10.086	10.086	988	286	1.186 ± 190

*DP = desvio – padrão.

O arquivo de pedigree final continha informações de 22.246 animais. Três gerações foram utilizadas no arquivo de pedigree final.

2.2. Estimação dos parâmetros genéticos

As estimativas dos componentes de variância foram realizadas pelo método de máxima verossimilhança (REML) utilizando o software DMU (MADSEN e JENSEN, 2008) em análises bivariadas. O seguinte modelo estatístico foi aplicado para as características PL, G, P, G%, P%, ECS e IDP:

$$Y_{ijklm} = \mu + HY_i + IDADE_j + HYSP_k + a_l + pe_m + e_{ijklm}$$

onde Y_{ijklm} é o vetor de observações para cada característica, μ é a média geral, HY_i é o efeito fixo do grupo de manejo em um período de tempo (formado pela interação entre rebanho x ano de parto, por um período de 5 anos), $IDADE_j$ é o efeito fixo de idade da vaca ao parto em classes (36 classes, ver Anexo A), $HYSP_k$ é o efeito aleatório do grupo de contemporâneo (formado pela interação do rebanho x ano de parto x estação de parto x ordem de parto), a_l é o efeito genético aditivo de animal, pe_m é o efeito de ambiente permanente, e e_{ijklm} é o efeito

residual. Duas estações de parto foram formadas para inclusão no HYSP, combinando um período de 6 meses cada (1= Abril-Setembro e 2=Outubro-Março).

O modelo utilizado, em notação matricial pode ser descrito como:

$$y = Xb + Z_1HYSP + Z_2a + Z_3pe + e$$

em que y é o vetor de observações, b é o vetor de efeitos fixos (HY e $IDADE$), $HYSP$ é o vetor de efeitos aleatórios genéticos dos grupos de contemporâneos, a é o vetor de efeitos aleatórios genéticos aditivos dos animais, pe é o vetor dos efeitos aleatórios de ambiente permanente e e é o vetor de efeitos aleatórios residuais. X , Z_1 , Z_2 e Z_3 são matrizes de incidência que relacionam os efeitos b , $HYSP$, a e pe ao vetor de observações y . Neste estudo, assumiu-se que $E[y] = Xb$, $E[HYSP] = 0$, $E[a] = 0$ e $E[e] = 0$; $Var(HYSP) = A \otimes S_{HYSP}$; $Var(a) = A \otimes S_a$; $Var(pe) = I \otimes S_{pe}$ e $Var(e) = I \otimes S_e$, em que S_{HYSP} é a matriz de covariância genética do grupo de contemporâneo, S_a é a matriz de covariância genética aditiva, S_{pe} é a matriz de covariância de ambiente permanente, S_e é a matriz de covariância residual, A é o numerador da matriz de parentesco, I é matriz identidade e $\otimes$ é produto direto entre matrizes.

2.3 Cálculo das Tendências Genéticas

Valores genéticos (VG) para cada vaca com informação fenotípica na base de dados foram obtidas após a estimação dos componentes de variância. Regressão linear dos valores genéticos para cada característica em função do ano de nascimento foi realizada e o resultado foi graficamente apresentado para cada característica analisada. O procedimento PROC REG do programa estatístico SAS (SAS, 2015) foi utilizado para realizar esta regressão.

2.4. Construção dos índices de seleção

Após estimação dos componentes de variância (herdabilidades, correlações genéticas e covariâncias genéticas), os valores genéticos foram preditos para cada característica avaliada. Posteriormente, os parâmetros genéticos foram utilizados para a construção dos diferentes índices de seleção. Neste estudo, sete diferentes índices de seleção (**GPI**) foram propostos. Os valores econômicos e os ponderadores utilizados para construção dos diferentes índices de seleção são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Ponderadores utilizados para construção dos diferentes índices de seleção.

Índices	Características componentes do objetivo de seleção				
	Características Produtivas			Características Reprodutivas	
	Leite	Gordura	Proteína	IDP ²	IPP ²
GPI-1	0,51 ¹	1,94 ¹	6,41 ¹	-	-
GPI-2	0,51 ¹	-	6,41 ¹	0	0
GPI-3	0,51 ¹	-	6,41 ¹	-0,83 ²	0
GPI-4	0,20	-	0,40	-0,30	-0,10
GPI-5	0,10	-	0,50	-0,10	-0,30
GPI-6	0,10	-	0,60	-0,10	-0,20
GPI-7	0,10	-	0,30	-0,20	-0,40

¹Valores econômicos (R\$). Fonte: Cardoso et al. (2014).

² Valor econômico (R\$). Fonte: Cardoso (2016, comunicação pessoal), com base nos preços de insumos obtidos por Cardoso et al. (2014).

Nota-se que três dos índices de seleção foram construídos levando-se em consideração os valores econômicos (**GPI-1**, **GPI-2** e o **GPI-3**). Valores econômicos podem ser definidos como a diferença marginal entre receitas e despesas por unidade de melhoramento, mantendo as demais os seus valores constantes. O **GPI-1** incluiu como objetivos de seleção leite, gordura e proteína, utilizando valores econômicos. O **GPI-2** considerou leite, proteína, intervalo de partos e idade ao primeiro parto como objetivos, porém ponderações nulas foram dadas para estas duas últimas características. O **GPI-3** foi construído levando-se em consideração os valores econômicos de leite, proteína e intervalo de partos. Como não havia valores econômicos disponíveis para idade ao primeiro parto, ponderação zero foi atribuído para estas características nos **GPI-2** e **GPI-3**. Ponderação zero foi dado para idade ao primeiro parto e para intervalo de partos pois foram incluídas nos índices como objetivos de seleção. Os demais índices foram criados atribuindo-se ponderações empíricas visando à obtenção de um balanço desejável das respostas esperadas (**GPI-4**, **GPI-5**, **GPI-6** e **GPI-7**). É possível observar que as características utilizadas como critérios e como objetivos de seleção foram as mesmas em todos os índices.

Na construção dos diferentes índices de seleção foram levadas em consideração as metodologias propostas por Scheneberger e colaboradores (1992) e Dekkers e Gibson (1998). Os ponderadores dos índices (b_{VG}) foram encontrados usando a seguinte equação:

$$b_{VG} = P_{VG}^{-1} G_{VG} v$$

em que: P_{VG}^{-1} é a inversa da matriz $m \times m$ de variâncias e covariâncias genéticas entre as características do índice de seleção (I); G_{VG} é a matriz $m \times n$ de covariância genética entre as características em I e H ; e v é vetor de valores econômicos das características no objetivo de seleção (H). Neste caso, como as características componentes dos objetivos de seleção foram as mesmas utilizadas como critério, os b 's, são os próprios valores econômicos.

A variância do índice:

$$\sigma_I^2 = b_{VG}' P_{VG} b_{VG}$$

A variância do objetivo de seleção (σ_H^2):

$$\sigma_H^2 = v' C v$$

em que C é a matriz $n \times n$ de covariância genética entre as características componentes do objetivo de seleção (H).

A covariância entre I e H (COV_{IH}):

$$COV_{IH} = b_{VG}' G_{VG} v$$

A acurácia do índice (r_{HI}):

$$r_{HI} = \frac{COV_{IH}}{\sqrt{\sigma_H^2 \sigma_I^2}}$$

A resposta econômica total (em R\$) à seleção (S_H):

$$S_H = i r_{HI} \sigma_H$$

em que i , é a intensidade de seleção (assumida como 1 neste estudo) e σ_H é o desvio-padrão do objetivo de seleção.

A resposta genética a seleção (S_{gH}) esperada em H (por unidade de característica):

$$S_{gH} = i b_{VG}' G_{VG} (1/\sigma_I)$$

Os pacotes “Matrix” e “Matrixcalc” disponíveis no software R (R CORE TEAM, 2015) foram utilizados para a construção das equações dos índices de seleção desenvolvidos neste trabalho.

Após a construção dos diferentes índices de seleção, os animais foram classificados para cada índice proposto. A correlação de Pearson foi utilizada para verificar correlação dos valores genéticos com os valores de índices para os diferentes índices de seleção.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Herdabilidades

As médias das estimativas de herdabilidade obtidas pelas análises bivariadas (diagonal em negrito), correlações genéticas (acima da diagonal) e correlação residual (abaixo da diagonal com respectivo erro-padrão (em parênteses) para produção de leite aos 305 dias (PL), produção de gordura (G), produção de proteína (P), porcentagem de gordura (G%), porcentagem de proteína (P%), escore de células somáticas (ECS), intervalo de partos (IDP) e idade ao primeiro parto (IPP) são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Médias das estimativas de herdabilidade obtidas pelas análises bivariadas (diagonal em negrito), correlações genéticas (acima da diagonal) e correlação residual (abaixo da diagonal com respectivo erro-padrão (em parênteses) para produção de leite aos 305 dias (PL), produção de gordura (G), produção de proteína (P), porcentagem de gordura (G%), porcentagem de proteína (P%), escore de células somáticas (ECS), intervalo de partos (IDP) e idade ao primeiro parto (IPP).

Variável	PL	G	P	G%	P%	ECS	IDP	IPP
	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(%)	(escore)	(dias)	(dias)
PL (kg)	0,14 (0,02)	0,95 (0,01)	0,95 (0,01)	-0,02 (0,13)	-0,46 (0,18)	0,72 (0,26)	0,75 (0,10)	-0,53 (0,06)
G (kg)	0,92 (0,00)	0,10 (0,03)	0,93 (0,06)	0,24 (0,17)	-0,39 (0,22)	0,78 (0,28)	0,72 (0,14)	-0,68 (0,08)
P (kg)	0,97 (0,00)	0,89 (0,00)	0,09 (0,04)	-0,06 (0,29)	-0,47 (0,33)	0,57 (0,49)	0,78 (0,22)	-0,65 (0,14)
G% (%)	0,06 (0,02)	0,36 (0,02)	0,15 (0,04)	0,16 (0,04)	0,83 (0,21)	0,18 (0,26)	-0,16 (0,18)	-0,05 (0,12)
P% (%)	0,03 (0,04)	0,15 (0,04)	0,21 (0,05)	0,41 (0,04)	0,15 (0,07)	-0,08 (0,38)	-0,27 (0,28)	-0,13 (0,19)
ECS (escore)	0,00 (0,03)	-0,39 (0,00)	-0,15 (0,05)	0,12 (0,04)	0,14 (0,06)	0,09 (0,05)	0,24 (0,30)	-0,70 (0,18)
IDP (dias)	0,22 (0,02)	0,22 (0,03)	0,20 (0,04)	0,04 (0,03)	0,00 (0,06)	0,08 (0,04)	0,08 (0,02)	-0,17 (0,12)
IPP (dias)	-0,36 (0,02)	-0,53 (0,3)	-0,51 (0,05)	-0,11 (0,04)	0,08 (0,07)	0,07 (0,05)	-0,11 (0,03)	0,17 (0,02)

A herdabilidade para PL e G foram iguais a $0,14 \pm 0,02$ e $0,10 \pm 0,03$, respectivamente (Tabela 4). Estas estimativas foram menores que as reportadas para Gir leiteiro na literatura, que variaram de 0,19 a 0,29 para PL e de 0,19 a 0,31 para G (BALIEIRO et al., 2000; WENCESLAU et al., 2000, LEDIC et al., 2002; HERRERA et al., 2008; JUNQUEIRA et al., 2013; PANETTO et al., 2015). Esta menor estimativa de herdabilidade pode ser devido a diferenças no controle de qualidade dos dados, bem como no modelo ou método estatístico utilizado para a estimativa destes parâmetros. Como o grupo de contemporâneo foi utilizado como efeito aleatório no modelo, isto pode ter contribuído para aumentar a variância aresidual e consequentemente diminuir a variância genética aditiva.

A herdabilidade estimada para P foi igual a $0,09 \pm 0,04$ (Tabela 4). Este valor foi menor que àquelas observadas em outras raças que variaram de 0,26 a 0,37 (KADARMIDEEN; 2004; BERRY et al., 2012; PRITCHARD et al., 2013). Entretanto, Panetto e colaboradores (2015) utilizando modelo animal e Junqueira e colaboradores (2013) utilizando modelos de regressão aleatória estimaram valores de herdabilidade de 0,21 e 0,20 para P, respectivamente. Vale salientar que, ambos os autores incluíram em suas análises vacas Gir e mestiças, o que pode causar aumento da variância genética aditiva. Trabalhos envolvendo estimativas de herdabilidade para P incluindo somente vacas Gir não foram encontrados na literatura consultada.

As estimativas de herdabilidade encontradas para G% e P% foram $0,16 \pm 0,04$ e $0,15 \pm 0,07$, respectivamente (Tabela 4). Estes resultados foram semelhantes aos encontrados na literatura para bovinos Gir leiteiro e para outras raças (BALIEIRO et al., 2000; ZADEH, 2011; PANETTO et al., 2015).

A herdabilidade para ECS foi de $0,09 \pm 0,05$ (Tabela 4). Acredita-se que seja o primeiro estudo que estima parâmetro genético para esta característica em bovinos Gir leiteiro no Brasil, o que torna difícil uma comparação direta dentro da raça. Entretanto, VanRaden e colaboradores (2014), avaliando várias raças e cruzamentos nos EUA e Andrade e colaboradores (2007) com vacas da raça Holandesa no Brasil reportaram herdabilidade de 0,12 e 0,13 para ECS, respectivamente. Como a estimativa de herdabilidade foi baixa, isso indica que grande parte da variação nesta característica é devido a fatores ambientais e não genéticos, indicando que, melhorias no ambiente, tal como higiene da ordenha, limpeza de tetos e nutrição poderia causar um efeito imediato na redução do valor desta característica. No entanto, a seleção para ECS deveria ser incluída como objetivo de seleção para rebanhos Gir no Brasil, com o objetivo de se obter ganhos genéticos favoráveis para esta característica ao longo do tempo.

Baixa estimativa de herdabilidade foi observada para intervalo de partos ($0,08 \pm 0,02$) (Tabela 4). Estes resultados estão próximos aos encontrados em outros estudos para rebanhos Gir Leiteiro no Brasil que variaram de 0,05 a 0,08 (BALIEIRO et al. 2003; SILVA, 2012). Como esta característica é afetada por muitos fatores ambientais, tais como alimentação, manejo e uso de tecnologias da reprodução que podem adiantar ou retardar o IDP, uma variação pode ser causada na estimativa da herdabilidade desta característica. De acordo Baruselli e colaboradores (2007), geralmente fêmeas zebuínas apresentam estro de duração mais curta (aproximadamente 10-12 horas), o que dificulta sua detecção. Somado a este fator, cerca de aproximadamente 30% dos animais iniciam e encerram o estro no período noturno, o que pode dificultar ainda mais sua detecção (PINHEIRO et al., 1998), causando assim aumento no IDP.

Outro fator importante relacionado ao intervalo de partos é que, os dados estariam disponíveis somente para vacas que tiveram dois partos ou mais, o que poderia fazer seu uso limitado em um programa de teste de progênie, onde a decisão de escolha de touros e vacas deveriam ser feitas o mais cedo possível na vida do animal (PRYCE et al., 2000). Para resolver este problemas, outras características medidas durante a lactação poderiam ser utilizadas como um indicador de fertilidade. Pryce e colaboradores (2000) trabalhando com bovinos da raça Holandesa, investigaram a associação entre IDP com escore de condição corporal (ECC) e características do sistema linear. Os autores verificaram que vacas mais magras (menor ECC), altas e angulosas tiveram maiores intervalos de partos e sugeriram que o ECC poderia ser utilizado como bom preditor do IDP.

De acordo com Pryce e colaboradores (2000) e Dal Zotto e colaboradores (2007), o uso do ECC e características do sistema linear como seleção indireta para reduzir o IDP poderia ser mais eficiente que a seleção direta para IDP, pois apresentam maior estimativa de herdabilidade (variando de 0,15 e 0,28) e correlação genética favorável. Assim, resposta correlacionada à seleção poderia ser esperada no IDP, além de possibilitar a avaliação genética de touros cujas filhas ainda não tiveram partos consecutivos e/ou que ainda não encerraram a lactação. Entretanto, informações de ECC não estão disponíveis para rebanhos Gir no Brasil e as características do sistema linear ainda medidas em um pequeno número de vacas, o que ainda impossibilita seu uso nas avaliações genéticas. Assim, produtores e associações de criadores deveriam ser motivados a coletar estes dados para possível uso em avaliações genéticas futuras.

A herdabilidade estimada para idade ao primeiro parto foi de $(0,17 \pm 0,02)$ (Tabela 4). Resultados semelhantes foram observados para rebanhos Gir leiteiro que variaram de 0,17 a 0,22 (BALIEIRO et al., 1999; SANTANA JÚNIOR et al., 2010). Já Wenceslau e colaboradores (2000), estimaram herdabilidade para IPP muito superior ($h^2 = 0,56$) que a encontrada neste trabalho, mas com um número reduzido de animais na base de dados (≈ 573 vacas), o que pode explicar esta diferença nas estimativas. Como a IPP é conhecida por ser elevada no Gir Leiteiro (40-43 meses) (SANTANA JÚNIOR et al., 2010; SILVA, 2012), a redução para diminuir a IPP poderia ser interessante, pois diminuiria o tempo que o animal passa sem produzir dentro do rebanho, além de reduzir despesas relacionadas à criação e reposição de animais (VERCESI FILHO et al., 2000). De acordo com Heinrichs e colaboradores (2005) e Brickell e colaboradores (2009), melhores condições de manejo e crescimento durante os seis primeiros meses de vida do animal tem sido crucial para reduzir a IPP. Assim, os criadores de Gir Leiteiro deveriam monitorar o peso e a taxa de crescimento das bezerras neste período e utilizá-las como indicadores para redução da IPP.

3.2. Correlações genéticas

As correlações genéticas (correlação genética pode ser definida como a capacidade de um gene afetar dois ou mais caracteres) para todas as características analisadas são apresentadas na Tabela 4. Como esperado, as correlações genéticas (r_g) entre PL, G e P foram altas ($r_g > 0,90$), indicando que a seleção direta para leite resultará em ganhos genéticos para G e P. Junqueira e colaboradores (2013), usando animais Gir e mestiços também encontraram correlações genéticas superiores a 0,90 entre PL, G e P. A correlação genética entre PL e P% foi negativa ($-0,46 \pm 0,18$). Como a seleção no Gir leiteiro é realizada somente para PL, um declínio na P% poderia ser esperado ao longo do tempo, o que pode não ser desejável. A correlação genética entre PL e G% foi próxima de zero ($-0,02 \pm 0,13$), indicando que a seleção para PL poderia causar pouco ou nenhum efeito na G% ao longo do tempo.

As correlações genéticas entre ECS com PL, G e P variaram de $0,57 \pm 0,49$ a $0,78 \pm 0,28$. Como a seleção para o Gir tem sido conduzida somente para aumentar a PL, espera-se que a seleção para PL aumentem o ECS. Correlações genéticas positivas entre características produtivas e ECS foram encontradas na literatura (RUPP e BOICHARD, 1999; KADARMIDEEN, 2004; DECHOW et al., 2007). Entretanto, Miglior e colaboradores (2012) reportaram que após a inclusão da ECS no índice de seleção do Canadá em 2001 (Lifetime Profit Index - LPI), os valores genéticos para ECS de vacas e touros tem diminuído naquele país, e consequentemente, maiores ganhos genéticos para G e P foram observados em relação aos anos posteriores, pois no Canadá a seleção é feita com base em índices de seleção. Assim, a inclusão da ECS como objetivo de seleção no Brasil poderia ser interessante para os produtores e para a indústria, com o objetivo de reduzir os custos e perdas econômicas com esta característica, além de melhorar a qualidade do leite vendido.

A correlação genética entre PL, G e P com IDP foi positiva ($0,75 \pm 0,10$, $0,72 \pm 0,14$ e $0,78 \pm 0,22$, respectivamente), indicando que a seleção para PL poderia causar uma resposta negativa à seleção para IDP. Na Figura 1 estão apresentados os valores genéticos (VG's) da PL versus IDP para touros com no mínimo três filhas avaliadas para cada característica. A relação entre os VG's para PL e IDP parece ser linear. Nota-se que, à seleção de touros com elevados VG's para PL tende a levar a seleção de touros com altos VG's para IDP, o que não é desejável, pois poderia aumentar o IDP das vacas. Os VG's dos touros para PL variaram entre $-897,2$ a $+2052,9$ kg, enquanto os VG's para IDP variaram de $-42,1$ a $+96,0$ dias. Como reportado por Prata et al. (2014), especial atenção deve ser dada ao IDP em um programa de melhoramento animal, por que o aumento do desempenho nessa característica pode aumentar os custos com

alimentação e reposição de vacas, além de diminuir a vida útil do animal, o que pode não ser economicamente desejável. Assim, tentativas de reduzir o IDP deveriam ser tomadas pelos produtores nos programenas de melhoramento genético animal. No curto tempo, melhorando o manejo nutricional das vacas e, em um maior espaço de tempo, pela seleção de touros e vacas com valores genéticos negativos para esta característica.

Figura 1. Valores genéticos estimados (VG) para touros com no mínimo 3 filhas (271 touros) para produção de leite (kg) versus intervalo de partos (dias).

A correlação genética entre IDP e ECS foi baixa ($0,24 \pm 0,30$). Correlação genética positiva entre estas duas características são desejáveis, o que significa que, a seleção para uma destas características causaria efeitos na outra por meio de resposta correlacionada. Não foi encontrada estimativas acerca destes parâmetros para o zebu leiteiro na literatura consultada. Entretanto, estimativas encontradas na literatura para outras raças variaram de 0,13 a 0,46 (HAILE-MARIAN et al., 2003; DAL ZOTTO et al., 2007).

Ao contrário, correlações genéticas negativas foram estimadas entre PL, G e P com a IPP ($-0,53 \pm 0,06$ a $-0,68 \pm 0,08$). Isto indica que a seleção baseada em características produtivas poderia resultar na diminuição da IPP. Correlação genética semelhante (0,52) foi encontrado por Hossein-Zadeh e colaboradores (2011) e inferior (-0,30) foi encontrado por Ruiz-Sánchez e colaboradores (2011) para bovinos da raça holandesa. Silva (2012), encontraram correlações genéticas favoráveis entre “stayability” aos 48 e 60 meses de idade com PL e IPP, sugerindo

que a seleção para aumentar PL ou para diminuir a IPP aumentaria a longevidade das vacas pela seleção indireta (resposta correlacionada para “stayability”). Entretanto, a IPP é influenciada pela taxa de crescimento da novilha (BRICKELL et al., 2009), onde rebanhos com melhores condições de manejo, tais como alimentação e detecção de cio tendem a ter menores IPP. Por outro lado, como as correlações genéticas entre IPP com ECS e IDP foram negativas ($-0,70 \pm 0,18$ e $-0,17 \pm 0,12$, respectivamente), isto poderia levar ao aumento da ECS e IDP, o que pode não ser desejável em um programa de melhoramento animal.

Todos os registros disponíveis foram usados para estimar os parâmetros genéticos, embora informações de proteína e células somáticas estivessem disponíveis somente após o ano de 1995 e em um volume de dados e rebanhos ainda reduzidos (18 rebanhos). Como alternativa, as metodologias baseadas na produção no dia do controle poderiam ser usados para estimar estes parâmetros, aumentando o número de registros para cada animal e a acurácia dos valores genéticos (SCHAEFFER et al., 2000; MEYER, 2004). Ademais, possibilitariam a avaliação de vacas que ainda não encerraram a lactação.

A Associação de Criadores de Gir no Brasil e outros órgãos públicos e privados envolvidos no programa de melhoramento da raça deveriam buscar meios de aumentar o número de animais avaliados para todas as características economicamente importantes, principalmente aquelas relacionadas à qualidade do leite, saúde e fertilidade. Também deveriam avaliar a possível inclusão destas características como objetivo de seleção para promover o melhoramento de todas elas favoravelmente. Outra característica que seria interessante de ser avaliada e que poderia ser utilizada como indicativo de fertilidade seria o escore de condição corporal tomado durante a lactação, pois é uma característica relativamente fácil e barata de ser aferida.

3.3. Tendências genéticas

As tendências genéticas para produção de leite, gordura, proteína, escore de células somáticas, intervalo de parto e idade ao primeiro parto são apresentados na Figura 2. Todas as tendências genéticas foram significativas ($P < 0,05$). As tendências genéticas para produção de leite (Figura 2A) e gordura (Figura 2B) foram positivas e mostraram tendências de aumento de 41,02 e 1,44 kg/ano de nascimento, respectivamente. Verneque (2013, comunicação pessoal) encontrou valores semelhantes nas tendências genéticas para leite e gordura da ordem de 49,8 e 2,2 kg/ano, respectivamente, para animais Gir Leiteiro nascidos à partir de 1993 (ano de publicação do primeiro sumário de touros do Gir Leiteiro). Peixoto e colaboradores (2006)

Figura 3. Tendências genéticas com respectivos erros-padrão para produção de leite (PL) (Figura 2A), produção de gordura (G) (Figura 2B), produção de proteína (P) (Figura 2C), escore de células somáticas (ECS) (Figura 2D), intervalo de partos (IDP) (Figura 2E) e idade ao primeiro parto (IPP) (Figura 2F). VG = valor genético.

encontraram tendência genética para produção de leite em bovinos Guzerá nascidos de 1997 a 2004 de 6,47 kg/ano. Entretanto, os autores encontraram tendência genética de 36,46 kg/ano para vacas nascidas em um esquema de núcleo MOET de seleção (Multiple Ovulation and Embryo Transfer).

A tendência genética encontrada para proteína (Figura 2C) foi 1,10 kg/ano. Tendências genéticas para esta característica em bovinos Gir Leiteiro não foram encontrados na literatura consultada. Verneque e colaboradores (2008) porém, encontraram tendências de 1,6 kg/ano para produção de proteína na raça Guzerá.

A tendência genética para ECS foi de 0,023 score/ano (Figura 2D). Tendência positiva para esta característica não é desejada. Devido a alta correlação genética da ECS com mastite clínica ($> 0,40$) (MRODE et al., 2012; KOECK et al., 2014), vacas com maior escores de células somáticas são mais susceptíveis à mastite quando comparadas a animais com baixas CCS.

A tendência genética para intervalo de partos foi de 1,6 dias/ano (Figura 2E). Isso indica que o valor genético dos animais vem aumentando a cada ano, o que não é desejável. No entanto, Balieiro e colaboradores (1999), utilizando informações de animais nascidos entre os anos de 1977 e 1993 encontraram tendência negativa de -1 a -2 dias/ano. A diferença encontrada entre o estudo de Balieiro e colaboradores (1999) e este estudo pode estar relacionado ao fato de que foram utilizados dados coletados em períodos diferentes, provenientes de base de dados diferentes e número de rebanhos reduzido (36 rebanhos). Uma outra justificativa para estas diferenças pode ser o aumento da intensidade de seleção com foco na produção de leite após 1985, quando iniciou-se o Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro. Como a correlação encontrada entre produção de leite e intervalo de partos foi positiva ($0,75 \pm 0,10$), e a seleção é praticada para aumentar somente a produção de leite, é esperado que os efeitos negativos da seleção para produção sobre o intervalo de partos sejam mais evidentes após anos de seleção.

A tendência genética para idade ao primeiro parto foi negativa e favorável (-3,25 dias/ano) (Figura 2F). Santana Júnior e colaboradores (2010) relataram ganhos genéticos de aproximadamente 0,018 meses/ano ($\approx 0,54$ dias/ano) para animais nascidos entre os anos de 1987 e 2004. Já Verneque (2013, comunicação pessoal) relatou ganhos genéticos de -0,32 meses/ano para IPP (≈ 9 dias/ano). A diferença entre os resultados encontrados por Santana Júnior e colaboradores (2010) e Verneque (2013, comunicação pessoal) com os encontrados neste estudo pode ser atribuída aos critérios de edição dos dados, modelos estatísticos utilizados e período de avaliação.

Em outras palavras, as tendências genéticas para leite, gordura e proteína apresentadas neste estudo indicam que os produtores de leite no Brasil alcançaram sucesso na escolha de touros para melhorar as características produtivas dos rebanhos. No entanto, especial atenção deve ser dada à ECS e IDP com o objetivo de evitar futuras perdas produtivas e econômicas relacionadas a estas características.

Como o primeiro sumário de touros Gir Leiteiro foi publicado em 1993, maior aumento na tendência para produção de leite, gordura e proteína pode ser observado após este ano.

3.4. Índices de seleção

Na Tabela 5 são apresentadas as respostas econômicas esperadas com a seleção, ganho genético por unidade de característica e acurácia para cada índice. Como a produção de gordura somente foi incluída no **GPI-1**, os ganhos genéticos apresentados na Tabela 5 para esta característica com os demais índices foram calculados como resposta correlacionada (VanVLECK, 1993). Nota-se que os índices que resultaram em maiores ganhos genéticos para a produção de leite foram o **GPI-1**, **GPI-2**, **GPI-3** e **GPI-4** (variando de 331,79 a 332,51 kg), observando-se pouca diferença entre eles. O índice com menor ganho para produção de leite foi o **GPI-7** (301,34kg). Não foram observados grandes diferenças entre os ganhos genéticos para a produção de proteína (variando de 7,38 a 7,89 kg), independente do seu fator de ponderação no índice. Esses resultados sugerem que, neste caso, tanto o uso de valores econômicos como o uso de pesos empíricos não alterariam o ganho genético para estas características.

Tabela 5. Resposta genética esperada por geração de seleção para cada característica, resposta econômica, acurácia e ponderadores (em parenteses) utilizados para cada índice de seleção.

Variáveis	Índices						
	GPI-1	GPI-2	GPI-3	GPI-4	GPI-5	GPI-6	GPI-7
Leite (kg)	332,34 (0,51)	332,51 (0,51)	332,49 (0,51)	331,79 (0,20)	320,31 (0,10)	325,91 (0,10)	301,34 (0,10)
Gordura (kg)	11,47 (1,94)	11,38 (-)**	10,86 (6,41)	11,20 (-)**	11,71 (-)**	11,52 (-)**	11,68 (-)**
Proteína (kg)	7,88 (6,41)	7,89 (6,41)	7,86 (6,41)	7,74 (0,40)	7,79 (0,50)	7,84 (0,60)	7,38 (0,30)
IDP (dias)	12,43 (-)**	12,45 (0,00)	12,02 (-0,83)	11,13 (-0,30)	8,96 (-0,10)	9,95 (-0,10)	6,51 (0,20)
IPP (dias)	-24,16 (-)**	-23,62 (0,00)	-25,19 (0,00)	-25,84 (-0,10)	-31,19 (-0,30)	-20,23 (-0,20)	-35,33 (-0,40)
Resposta (R\$)*	235,88	235,84	233,18	235,19	232,47	234,48	221,27
Acurácia (r_{IH})	0,59	0,59	0,60	0,61	0,61	0,61	0,62

*Calculada multiplicando-se o ganho genético esperado pelo respectivo valor econômico.

(-)= características não incluída como objetivo de seleção.

Também pode ser observado na Tabela 5, que o ganho genético para IDP foi diminuindo do **GPI-1** ao **GPI-7**, porém não foi capaz de promover grandes alterações nas respostas econômicas das características, o que indica que é possível fazer seleção para características reprodutivas sem diminuir o lucro. Uma vantagem da inclusão do IDP no índice, é que poderia diminuir a resposta esperada para o IDP, o que pode ser desejável para o programa de melhoramento do Gir.

Como no **GPI-1** o IDP não foi incluído como objetivo de seleção, maior resposta correlacionada (portanto, desfavorável) foi observada para esta característica quando comparados com os demais. No entanto, uma resposta favorável no IDP poderia ocasionar a diminuição do ganho nas características produtivas (GPI-7). Esta resposta positiva pode ser explicado pela correlação genética desfavorável das características produtivas com o IDP ($r_g > 0,72 \pm 0,14$). Como apresentados na tabela 5, também pode ser observado que todos os índices construídos não foram capazes de promover uma resposta negativa no IDP, no entanto a resposta esperada foi diminuindo com o aumento da ponderação para esta característica. Entre

os 31 países membros do Interbull consultados (International Bull Evaluation Service, 2016), somente Holanda (NVI index; Global CRV, 2015) e Irlanda (EBI index; Ireland Genetics UK, 2015) fazem seleção direta para IDP. Segundo os dados de desempenho apresentados por empresas responsáveis pela avaliação genética destes dois países, o ganho genético nesta característica ainda é desfavorável, porém de menor magnitude comparado a anos anteriores quando essa característica não era utilizada como objetivo de seleção.

Outra característica inserida como objetivo de seleção foi a IPP. Nota-se que para todos os índices a resposta genética esperada para esta característica foi negativa, o que é desejável pois ocasionaria maior precocidade dos animais. Essa resposta favorável encontrada pode ser explicada pelas correlações genéticas negativas entre a IPP e as características produtivas ($r_g < -0,53 \pm 0,06$) e entre a IPP e o IDP ($r_g = -0,17 \pm 0,12$). Ou seja, os resultados encontrados sugerem que, quanto maior é a ênfase à seleção para características produtivas, maior será a resposta no IDP e menor o ganho genético para IPP.

Os índices de seleção foram construídos levando-se em consideração os reais valores econômicos, bem como o uso de pesos empíricos para as características. Estes pesos, tiveram como base, as respostas esperadas obtidas para as produções de leite e proteína, relativas ao GPI-1. Deve-se lembrar, no entanto, que o cálculo dos valores econômicos deve ser atualizado de tempos em tempos, pois as diferenças nos preços dos insumos e dos produtos comercializáveis podem alterar o valor econômico das características. De acordo com Martins e Silva (2009), no caso de seleção para características simples, com várias fontes de informação, erros na estimação tanto das herdabilidades como das repetibilidades tiveram pouco efeito na eficiência do índice, porém, as estimativas das correlações genéticas podem reduzir seriamente a precisão dos índices, principalmente quando as herdabilidades das características forem altas. Para os autores, a inclusão de uma característica adicional no índice é de mais utilidade quando sua herdabilidade for baixa, e quando as correlações genéticas entre elas forem altas.

Na Tabela 6 são apresentadas as correlações dos valores genéticos das características com os valores de índices. Correlações maiores que 0,92 foram obtidas para PL, G, P e IDP, indicando que a seleção para valores de índice causaria uma resposta positiva nos valores genéticos individuais para estas características. No entanto, para IPP as correlações foram negativas, indicando que a seleção baseada nos índices diminuiria o valor genético para IPP. VanRaden e colaboradores (2004) compararam três diferentes índices de seleção adotados nos Estados Unidos (NM\$ index; CM\$ index e FM\$ index) e verificaram correlações positivas, de

moderadas a altas, para as características produtivas (variando de 0,49 a 0,74) e negativas para as características de fertilidade.

Tabela 6. Correlação dos valores genéticos das diferentes características com os valores de índices.

Características	Correlação de valores genéticos com os índices						
	GPI-1	GPI-2	GPI-3	GPI-4	GPI-5	GPI-6	GPI-7
Leite (kg)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,97
Gordura (kg)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,98	0,96
Proteína (kg)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,97
IDP (dias)	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,94	0,92
IPP (dias)	-0,75	-0,75	-0,75	-0,77	-0,83	-0,81	-0,86

IDP = interval de partos (dias); IPP = idade ao primeiro parto (dias).

Na Tabela 7 são apresentadas as correlações de Spearman entre os valores de índices dos touros. Nota-se que a correlação de Spearman entre os touros do GPI-1 ao GPI-6 foram altas e próximas a 1, indicando uma pequena mudança na classificação dos touros. Já para o **GPI-7**, as correlações foram menores, mostrando uma maior mudança na classificação dos touros. No entanto, a implementação de uma nova metodologia de avaliação não é uma tarefa fácil, pois causa uma mudança no rank dos animais, o que para alguns produtores pode não ser interessante, pois pode diminuir a classificação do seu animal e/ou seu valor comercial.

Tabela 7. Correlação de Spearman entre os valores de índices dos touros com no mínimo 3 filhas.

Índices	Correlação de Spearman entre a classificação dos touros						
	GPI-1	GPI-2	GPI-3	GPI-4	GPI-5	GPI-6	GPI-7
GPI-1	-	0,99	0,99	0,99	0,97	0,98	0,95
GPI-2		-	0,99	0,99	0,97	0,98	0,95
GPI-3			-	0,99	0,97	0,98	0,95
GPI-4				-	0,98	0,99	0,97
GPI-5					-	0,99	0,99
GPI-6						-	0,98
GPI-7							-

As equações dos índices podem ser assim apresentadas:

$$\mathbf{GPI - 1 = 0,51 VG_{LEITE} + 1,94 VG_{GOR} + 6,91 VG_{PRO}}$$

$$\mathbf{GPI - 2 = 0,51 VG_{LEITE} + 6,91 VG_{PRO} + 0 VG_{IDP} + 0 VG_{IPP}}$$

$$\mathbf{GPI - 3 = 0,51 VG_{LEITE} + 6,91 VG_{PRO} - 0,83 VG_{IDP} + 0 VG_{IPP}}$$

$$\mathbf{GPI - 4 = 0,20 VG_{LEITE} + 0,40 VG_{PRO} - 0,30 VG_{IDP} - 0,10 VG_{IPP}}$$

$$\mathbf{GPI - 5 = 0,10 VG_{LEITE} + 0,50 VG_{PRO} - 0,10 VG_{IDP} - 0,30 VG_{IPP}}$$

$$\mathbf{GPI - 6 = 0,10 VG_{LEITE} + 0,60 VG_{PRO} - 0,10 VG_{IDP} - 0,20 VG_{IPP}}$$

$$\mathbf{GPI - 5 = 0,10 VG_{LEITE} + 0,30 VG_{PRO} - 0,20 VG_{IDP} - 0,40 VG_{IPP}}$$

em que VG_{LEITE} , VG_{GOR} , VG_{PRO} , VG_{IDP} e VG_{IPP} são os valores genéticos para produção de leite, gordura, proteína, intervalo de parto e idade ao primeiro parto, respectivamente.

Pode ser observada, na Tabela 8, a classificação dos animais baseado em seus valores de índices em relação ao GPI-1. Os TOP 15 touros, para o GPI-1 e GPI-2, foram os mesmos. No entanto, para os demais índices houve uma mudança na classificação, com atenção para o GPI-7, onde 6 touros diferentes não permaneceram entre os TOP 15. Esta maior diferença na classificação dos touros pode ser explicado pela menor correlação entre os valores de índices.

Tabela 8. Classificação dos animais baseado em seu valores de índices em relação ao GPI-1.

Índices de Seleção													
GPI-1		GPI_2		GPI_3		GPI_4		GPI_5		GPI-6		GPI-7	
Clas.	Touros	Clas.	Touros	Clas.	Touros	Clas.	Touros	Clas.	Touros	Clas.	Touros	Clas.	Touros
1	A1	1	A1	1	A1	1	A1	1	A1	1	A1	1	A1
2	A2	2	A2	2	A2	2	A2	2	A2	2	A2	2	A2
3	A3	3	A3	3	A3	3	A3	4	A3	3	A3	4	A3
4	A4	4	A4	4	A4	4	A4	3	A4	4	A4	3	A4
5	A5	5	A5	5	A5	6	A5	9	A5	7	A5	12	A5
6	A6	6	A6	6	A6	5	A6	5	A6	5	A6	5	A6
7	A7	7	A7	7	A7	7	A7	7	A7	6	A7	10	A7
8	A8	8	A8	8	A8	12	A8	18	A8	17	A8	22	A8
9	A9	9	A9	9	A9	8	A9	12	A9	10	A9	11	A9
10	A10	10	A10	11	A10	15	A10	22	A10	19	A10	29	A10
11	A11	12	A11	13	A11	11	A11	8	A11	9	A11	8	A11
12	A12	14	A12	14	A12	14	A12	20	A12	18	A12	26	A12
13	A13	13	A13	12	A13	13	A13	16	A13	14	A13	18	A13
14	A14	11	A14	10	A14	10	A14	14	A14	13	A14	16	A14
15	A15	15	A15	16	A15	19	A15	15	A15	16	A15	17	A15

Clas.= classificação dos touros.

Obs: quadrados hachurados indicam os touros que não permaneceram entre os TOP 15.

Estes índices, a princípio, deveriam ser usados na classificação de touros em teste de progênie. Assim, os produtores poderiam escolher os animais para uso em seus plantéis, com base na resposta econômica esperada das filhas destes animais. Entretanto, de acordo com VanRaden et al (2004), cada produtor poderia combinar em um índice características particulares que poderiam aumentar o lucro do seu sistema de produção.

Os produtores e/ou associações de criadores também deveriam avaliar a possibilidade de incluir outras características com impacto na eficiência reprodutiva (como por exemplo, a taxa de não retorno ao cio), além de características de conformação e resistência a mastite. Para isso, um programa de coleta de informações de desempenho e qualidade, além características funcionais seria fundamental.

Sandøe e colaboradores (1999) avaliaram o uso de várias características em um índice de seleção para aumentar a produção e a resistência a mastite para a Dinamarca. Os autores mostraram que após 10 anos de seleção com peso zero no índice para aumentar a resistência a mastite (seleção para leite somente), a produção por vaca aumentou 1179 kg e o número de tratamentos para mastite 12,9%. Sandøe e colaboradores (1999) também mostraram que usando um índice em que o peso para resistência a mastite fosse duas vezes superior ao dado à produção, a produção de leite aumentaria em 964 kg e o número de tratamentos para mastite diminuiria 5,5%. Com estes resultados Sandøe e colaboradores (1999) concluíram que este segundo índice seria mais lucrativo que o primeiro, indicando que poderia ser possível a seleção para resistência a mastite sem reduzir o lucro.

A contagem de células somáticas não foi incluída como objetivo de seleção devido a baixa acurácia nas estimativas dos valores genéticos (0,18), o que pode causar viés na sua implementação como objetivo de seleção. Assim, tentativas devem ser feitas para aumentar a coleta de dados fenotípicos para que esta característica possa ser incluída em um índice de seleção no futuro.

Para nós, entre as vantagens de implementação de um índice de seleção podem ser citados:

- 1) Selecionar animais lucrativos e com isto, obter maiores respostas econômicas, de acordo com as circunstâncias de produção e mercado vigentes;
- 2) Permitir o melhoramento de características economicamente importantes, mas de difícil obtenção das informações e de baixo custo (critérios de seleção). Como exemplo podemos citar a seleção indireta para escore de condição corporal (ECC), que pode ser usada como critério de seleção para diminuir o IDP, pois são características correlacionadas;
- 3) Permitir comparar programas de seleção mediante a obtenção das respostas esperadas;

4) Escolher ponderadores dos índices que resultem em resposta desejável para determinada característica.

De acordo com Dekkers e Gibson (1998), o principal objetivo de desenvolvimento de um índice de seleção é promover o melhoramento de todas características de forma que maximize a resposta nos objetivos de seleção. Embora, o desenvolvimento de um índice possa ser feito baseado em princípios científicos como apresentados neste trabalho, a implementação dos índices de seleção depende do interesse de produtores, associação de criadores e às empresas ligadas com programas de melhoramento animal, merecendo uma cuidadosa atenção na sua implementação. De acordo com Dekkers e Gibson (1998) se o índice é construído por métodos científicos mas não é aceito, ele terá muito menos impacto na seleção do que os índices que podem não ser tecnicamente ótimos, porém aceitos por todos os usuários. Ainda de acordo com os autores, para superar essa diferença entre os princípios científicos e práticos adotados, os índices de seleção devem ser construídos em estreita colaboração envolvendo-se pesquisadores, produtores e empresas, para que métodos científicos possam ser aplicados, maximizando a aceitação de todos os grupos envolvidos.

A característica com maior impacto econômico nas respostas à seleção ainda é a produção de leite. Porém, como o melhoramento genético é futuro-orientado, a inclusão da produção de proteína é de suma importância dado o panorama atual da indústria leiteira, que finalmente está valorizando mais este componente. Em relação as características reprodutivas, é importante lembrar que sua inclusão em objetivos de seleção pode melhorar a lucratividade dos rebanhos leiteiros, pela diminuição das perdas econômicas causadas pelos altos valores de intervalo de parto e idade ao primeiro parto.

Os índices obtidos neste trabalho, poderão constituir um ponto de partida para que sejam tomadas decisões a respeito da seleção de bovinos Gir Leiteiro no Brasil. Porém, um aspecto muito relevante a ser aprimorado neste programa é a questão da coleta sistemática de informações de características de interesse (características fenotípicas e de pedigree), a qual poderá permitir a inclusão de outras características economicamente importantes. Assim, outras características poderão ser incluídas nos índices de seleção e parâmetros genéticos confiáveis poderão ser obtidos para um maior número de características. A Associação Brasileira de Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL) juntamente com pesquisadores, produtores e laticínios poderiam interagir para aprimorar o sistema de obtenção de informações e com isto, viabilizar a construção de índices que poderiam resultar na escolha de animais em que suas progênies fossem economicamente e biologicamente superiores nas gerações subsequentes.

4. CONCLUSÃO

Os índices de seleção avaliados neste estudo mostraram-se adequados para implementação no programa de melhoramento genético do Gir Leiteiro. Todavia, os resultados obtidos indicam que as respostas esperadas à seleção seriam lentas dadas as baixas estimativas de herdabilidade das características. Levando-se em conta que estas podem ter sido decorrentes da maneira como foram definidos os efeitos de ambiente incluídos nos modelos utilizados, modelos alternativos deverão ser propostos e comparados.

Os resultados também sugerem que a simples inclusão de características reprodutivas em índices de seleção para o Gir Leiteiro não ocasionaria uma perda significativa tanto nas respostas esperadas para as características de produção, como nas respostas econômicas e favoreceriam a obtenção de mudanças desejáveis nas características reprodutivas. Todavia, o aumento na ênfase de seleção para características reprodutivas, pode ocasionar respostas menores para as características produtivas.

Mudanças nos custos de produção dos rebanhos, nos sistemas de produção e dos parâmetros genéticos e fenotípicos poderão exigir novas definições dos objetivos de seleção. A inclusão de novas características de importância econômica na avaliação genética do programa de melhoramento da raça, viabilizará a sua inclusão nos índices de seleção no futuro, o que poderá resultar em respostas totais mais desejáveis.

A implementação de índices de seleção em programas de melhoramento genético animal implicam no comprometimento, entendimento e cooperação de todos os setores envolvidos no seu desenvolvimento, ou seja, criadores, associação de criadores, indústria leiteira, técnicos da pesquisa e extensão, etc. Para o seu sucesso, é necessária o aprimoramento e disponibilização de informações de desempenho, saúde e fertilidade confiáveis e em número adequado. As dificuldades inerentes ao cenário brasileiro da atividade leiteira devem ser superadas aos poucos, com seriedade e continuidade dos programas. As conquistas alcançadas até o momento pelo programa do Gir Leiteiro devem servir de base e de incentivo para que novos avanços sejam alcançados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. M.; EL FARO, L.; CARDOSO, V. L.; ALBUQUERQUE, L. G.; CASSOLLI, L. D.; MACHADP, P. F. Efeitos genéticos e de ambiente sobre a produção de leite e a contagem de células somáticas em vacas holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 343–349, 2007.

BALIEIRO, E. S.; PEREIRA, J. C. C.; VERNEQUE, R. S.; PEREIRA, C. S.; BERGMANN, J. A. G. Estimativas de parâmetros genéticos e de tendência fenotípica, genética e de ambiente de algumas características reprodutivas na raça Gir. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 51, n. 4, p. 371-376, 1999.

BALIEIRO, E. S.; PEREIRA, J. C. C.; VALENTE, J.; VERNEQUE, R. S.; BALIEIRO, J. C. C.; FERREIRA, W. J. Estimativas de parâmetros genéticos e de tendências fenotípica, genética e de ambiente de algumas características produtivas da raça Gir leiteiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n. 3, p. 266-275, 2000.

BALIEIRO, E. S.; PEREIRA, J. C. C.; VERNEQUE, R. S.; BALIEIRO, J. C. C.; VALENTE J. Estimativas de herdabilidade e correlações fenotípicas, genéticas e de ambiente entre algumas características reprodutivas e produção de leite na raça Gir. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n. 1, p. 85-91, 2003.

BARUSELLI, P. S.; GIMENES, L. U.; SALES, J. N. S. Fisiologia reprodutiva de fêmeas taurinas e zebuínas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 31, n. 2, p. 205-211, 2007.

BERRY, D. P.; MCCARTHY, J. Genetic and non-genetic factors associated with milking order in lactating dairy cows. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 136, n. 1, p. 15–19, 2012.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio : Brasil 2012/2013 a 2022/2023**. (AGE/Mapa, Ed.) (4th ed.). Brasília, 2013.

BRICKELL, J.S.; BOURNE, N.; MCGOWAN, M.M.; WATHES, D.C. Effect of growth and development during the rearing period on the subsequent fertility of nulliparous Holstein-Friesian heifers. **Theriogenology**, v. 72, p. 408–416, 2009.

CANADIAN DAIRY NETWORK. Online. Disponível em: file:///C:/Users/CGIL/Downloads/2015_08_XX_EN_LPIFormula%20(1).pdf. Acessado: 21, sep. 2015.

CARDOSO, V. L.; LIMA, M. L. P.; NOGUEIRAA, J. R.; CARNEIRO, R. L. R.; SESANA, R. C.; OLIVEIRA, E. J.; EL FARO, L. Economic valies for milk production and quality traits in south and southeast regions of Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 12, p. 636–642, 2014.

CARLÉN, E.; STRANDBERG, E.; ROTH, A. Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, and production in the first three lactations of Swedish holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 9, p. 3062–3070, 2004.

CURRAN, R. D.; WEIGEL, K. A; HOFFMAN, P. C.; MARSHALL, J. A; KUZDAS, C. K. Relationships between age at first calving; herd management criteria; and lifetime milk, fat, and protein production in Holstein cattle. **The Professional Animal Scientist**, v. 29, n. 1988, p. 1–

9, 2013.

DAL ZOTTO, R.; DE MARCHI, M.; DALVIT, C.; CASSANDRO, M.; GALLO, L.; CARNIER, P.; BITTANTE, G. Heritabilities and genetic correlations of body condition score and calving interval with yield, somatic cell score, and linear type traits in Brown Swiss cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 12, p. 5737–5743, 2007.

DECHOW, C. D.; ROGERS, G. W.; COOPER, J. B.; PHELPS, M. I.; MOSHOLDER, a L. Milk, fat, protein, somatic cell score, and days open among Holstein, Brown Swiss, and their crosses. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 7, p. 3542–3549, 2007.

DEKKERS, J. C. M.; GIBSON, J. P.; Aplying breeding objectives to dairy cattle improvement. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 2, p. 19-35, 1998.

DOHOO, I. R.; K. E. LESLIE, K. E. Evaluation of changes in somatic cell counts as indicators of new intramammary infections. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 10, n. 3, p. 225–237, 1991.

Global CRV. Online. Disponível em: <https://global.crv4all.com/information/aboutdutchproofs/>. Acessado em: 21, sep., 2015.

HAILE-MARIAM, M.; BOWMAN, P. J.; GODDARD, M. E. Genetic and environmental relationship among calving interval, survival, persistency of milk yield and somatic cell count in dairy cattle. **Livestock Production Science**, v. 80, n. 3, p. 189–200, 2003.

HEINRICHS, A. J.; HEINRICHS, B. S.; HAREL, O.; ROGERS, G. W.; PLACE, N. T. A prospective study of calf factors affecting age, body size, and body condition score at first calving of holstein dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 8, p. 2828–2835, 2005.

HERRERA, L.G.B.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G.; TONHATI, H.; MACHADO, C.H.C. Parâmetros genéticos para produção de leite no dia do controle e para produção de leite até 305 dias nas primeiras lactações de vacas da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 9, p. 1774-1780, 2008.

HOSSEIN-ZADEH, N. G. Estimation of genetic and phenotypic relationships between age at first calving and productive performance in Iranian Holsteins. **Tropical Animal Health and Production**, v. 43, n. 5, p. 967–973, 2011a.

IRELAND GENETIC UK. 2015. Online. Disponível em: <http://www.irelandgenetics.co.uk/EBI-Index>. Acessado em: 21, sep. 2015.

INTERNATIONAL BULL EVALUATION SERVICE (Interbull). **National genetic evaluation forms provided by countries**. Disponível em: <http://www.interbull.org/ib/geforms>. Acessado em: 2, sep. 2015.

KADARMIDEEN, H. N. Genetic correlations among body condition score , somatic cell score, milk production , fertility and conformation traits in dairy cows. p. 191–201, 2004.

KOECK, A; LOKER, S.; MIGLIOR, F.; KELTON, D. F.; JAMROZIK, J.; SCHENKEL, F. S. Genetic relationships of clinical mastitis, cystic ovaries, and lameness with milk yield and

somatic cell score in first-lactation Canadian Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 5806–5813, 2014.

LUCY, M. C. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 6, p. 1277–1293, 2001.

MADSEN, P. AND JENSEN, J.A. DMU. A Package for Analysing Multivariate Mixed Models. 2008

MARTINS, A. S.; TORRES, R. A. Índices de seleção. FMPVZ-Editora, 2. ed. Belo Horizonte, 103 p., 2015.

MEYER, K. Scope for a random regression model in genetic evaluation of beef cattle for growth. *Livestock Production Science*, v. 86, n. 1, p. 69–83, 2004.

MIGLIOR, F.; CHESNAIS, J.; DOORMAAL, B. J. Van; FOOD, G.; CANADA, A.; NETWORK, C. D.; ALLIANCE, S. Genetic improvement : a major component of increased dairy farm profitability. In: 38th International Committee for Animal Recording, Cork. **Proceedings...** 2012. Disponível em: <http://www.icar.org/cork_2012/Manuscripts/Published/Miglior A1.pdf>.

MRODE, R.; PRITCHARD, T.; COFFEY, M.; WALL, E. Joint estimation of genetic parameters for test-day somatic cell count and mastitis in the United Kingdom. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 8, p. 4618–4628, 2012.

PANETTO, J.C.C.; VERNEQUE, R.S.; PEIXOTO, M.G.C.D.; BRUNELI, F.A.; MACHADO, M.A.; SILVA, M.V.G.B.; ARBEX, W.A.; REIS, D.R.L.; GERALDO, C.C.; MACHADO, C.H.C.; PEREIRA, M.A.; HORTOLANI, B.; VERCESI FILHO, A.E.; MACIEL, R.S.; FERNANDES, A.R. **Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro - Sumário Brasileiro de Touros – Resultados do Teste de Progênie**, 2015. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. Doc. 177, 82p.

PEIXOTO, M. G. C. D.; VERNEQUE, R. S.; TEODORO, R. L.; PENNA, V. M.; MARTINEZ, M. L. Genetic trend for milk yield in Guzarat herds participating in progeny testing and MOET nucleus schemes. **Genetics and Molecular Research**, v. 5, n. 3, p. 454–465, 2006.

PEREIRA, R. J.; AYRES, D. R.; EL FARO, L.; FILHO, A. E. V.; VERNEQUE, R. D. S.; DE ALBUQUERQUE, L. G. Genetic parameters for production traits of dairy Gir (*Bos indicus*) x Holstein cattle estimated with a random regression model. **Livestock Science**, v. 158, p. 24–31, 2013.

PINHEIRO, O. L.; BARROS, C. M.; FIGUEREDO, R. A.; VALLE, E. R.; ENCARNACÃO, R. O.; PADOVANI, C. R. Estrous behaviour and the estrus-to-ovulation interval in Nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F2 α or norgestomet and estradiol valerate. **Theriogenology**, v. 49, n. 3, p.667-681, 1998.

PIRLO, G.; MIGLIOR, F.; SPERONI, M. Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs in Italian Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 3, p. 603–608, 2000.

PRATA, M. A.; PEREIRA, M. C.; EL FARO, L.; CARDOSO, V. L.; VERCESI FILHO, A. E.; VERNEQUE, R. S.; BRUNELLI, F. a. T.; PEIXOTO, M. G. C. D. Efeito do intervalo de partos sobre a eficiência produtiva e econômica em rebanhos Gir Leiteiro. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 1, p. 1–7, 2014.

PRITCHARD, T.; COFFEY, M.; MRODE, R.; WALL, E. Genetic parameters for production, health, fertility and longevity traits in dairy cows. **Animal**, v. 7, n. 01, p. 34–46, 2013.

PRYCE, J. E.; COFFEY, M. P.; BROTHERSTONE, S. The genetic relationship between calving interval, body condition score and linear type and management traits in registered Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 11, p. 2664–2671, 2000.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. Disponível em: URL <https://www.R-project.org/>.

RUIZ-SÁNCHEZ, R.; BLAKE, R. W.; CASTRO-GÁMEZ, H. M. A; SÁNCHEZ, F.; MONTALDO, H. H.; CASTILLO-JUÁREZ, H. Short communication: Changes in the association between milk yield and age at first calving in holstein cows with herd environment level for milk yield. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 10, p. 4830–4834, 2007.

RUPP, R.; BOICHARD, D. Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, production, udder type traits, and milking ease in first lactation Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 10, p. 2198–2204, 1999.

SANDØE P.; NIELSEN B. L.; CHRISTENSEN, L. G.; SØRENSEN, P. Staying good while playing God: the ethics of breeding farm animals. **Animal Welfare**, v. 8, n. 4, p. 313–328, 1999.

SANTANA JÚNIOR, M. L.; LOPES, P. S.; DA SILVA VERNEQUE, R.; PEREIRA, R. J.; LAGROTTA, M. R.; PEIXOTO, M. G. C. D. Parâmetros genéticos de características reprodutivas de touros e vacas Gir leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1717–1722, 2010.

SAS. SAS user's guide, version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2015.

SCHAEFFER, L.R.; JAMROZIK, J.; KISTEMAKER, G.J.; VANDOORMAAL, B.J. 2000. Experience with a test-day model. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 5, p. 1135–1144.

SCHUKKEN, Y.H.; WILSON, D.J.; WELCOME, F.; TIKOFSKY, L.G; GONZALEZ, R.N. Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. **Veterinary Research**, v. 34, n. 5, p. 579–596, 2003.

SCHNEEBERGER, M.; BARWICK, S. A ; CROW, G.H.; HAMMOND, K. Economic indices using breeding values predicted by BLUP. **Journal Animal Breeding and Genetics**, v. 109, p. 180–187, 1992.

SILVA, R. M. O. **Estimativas de parâmetros genéticos para habilidade de permanência no rebanho e suas associações com características de interesse econômico em vacas da raça**

Gir Leiteiro. 37f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2012.

VANDOORMAL, B. J. **Trends in disposal reasons**. Can. Dairy Network, 2009. Disponível em: <https://www.cdn.ca/articles.php>. Acessado em: 26 set. 2015.

VANRADEN, P. M. Invited review: selection on net merit to improve lifetime profit. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 10, p. 3125–3131, 2004.

VANRADEN, P. M.; TOOKER, M. E.; WRIGHT, J. R.; SUN, C.; HUTCHISON, J. L. Comparison of single-trait to multi-trait national evaluations for yield, health, and fertility1. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 12, p. 7952–7962, 2014.

VAN VLECK, L. D. Selection index and introduction to mixed model methods: the green book. CRC Press, Inc., Boca Raton, 1993.

VERCESI FILHO, A. E.; MADALENA, F. E.; FERREIRA, J. J.; PENNA, V. M. Pesos econômicos para seleção de gado de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 145–152, 2000.

VERNEQUE, R. S.; PRATA, M. A.; CARNEIRO, R. V.; TEODORO, R. L.; PENNA, V. M.; PEIXOTO, M. G. C. D. Progresso genético e fenotípico na raça Guzerá sob seleção para leite. VII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, São Carlos, Brasil. **Anais...** Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal. Santa Maria, Brasil, 2008.

VERNEQUE, R.S.; PANETTO, J.C.C.; PEIXOTO, M.G.C.D.; BRUNELI, F.A.T.; SANTOS, G.G.; MACHADO, M.A.; MARTINS, M.F.; SILVA, M.V.G.B.; ARBEX, W.A.; REIS, D.R.L.; GERALDO, C.C.; MACHADO, C.H.C.; PEREIRA, M. A.; VERCESI FILHO, A. E.; MACIEL, R.S.; FERNANDES, A.R. Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro - Sumário Brasileiro de Touros – Resultados do Teste de Progênie, 2013. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. Doc. 162, 74p.

WALL, E.; BROTHERSTONE, S.; WOOLLIAMS, J. a; BANOS, G.; COFFEY, M. P. Genetic evaluation of fertility using direct and correlated traits. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 12, p. 4093–4102, 2003.

WENCESLAU, A. A.; LOPES, P. S.; TEODORO, R. L.; VERNEQUE, R. D. S.; EUCLYDES, R. F.; FERREIRA, W. J.; SILVA, M. D. A. E. Estimacão de parâmetros genéticos de medidas de conformação, produção de leite e idade ao primeiro parto em vacas da raça Gir Leiteiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 153–158, 2000.

ZAVADILOVÁ, L.; ŠTÍPKOVÁ, M. Effect of age at first calving on longevity and fertility traits for Holstein cattle. **Czech Journal of Animal Science**, v. 58, n. 2, p. 47–57, 2013.