



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ZOOTECNIA**



DARLIM DA SILVA SANTOS

**EFEITOS GENÉTICOS ADITIVOS E NÃO ADITIVOS PARA CARACTERÍSTICAS
PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS DE BOVINOS LEITEIROS MISTIÇOS NO
AGRESTE PERNAMBUCANO**

**Rio Largo - AL
2015**

DARLIM DA SILVA SANTOS

EFEITOS GENÉTICOS ADITIVOS E NÃO ADITIVOS PARA CARACTERÍSTICAS
PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS DE BOVINOS LEITEIROS MISTIÇOS NO
AGRESTE PERNAMBUCANO

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Angelina Bossi Fraga

Coorientador: Dr^o. Marcos Jun Iti Yokoo

Rio Largo - AL
2015

TERMO DE APROVAÇÃO

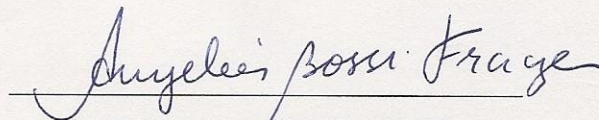
DARLIM DA SILVA SANTOS

EFEITOS GENÉTICOS ADITIVOS E NÃO ADITIVOS PARA CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E REPRODUTIVAS DE BOVINOS LEITEIROS MESTIÇOS NO AGRESTE PERNAMBUCANA

Esta dissertação foi submetida a julgamento como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Zootecnia, outorgado pela Universidade Federal de Alagoas.

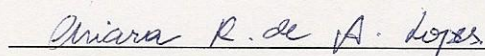
A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Aprovada em 04/05/2015



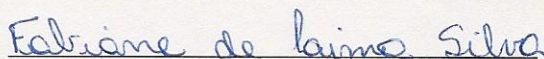
Prof^a. Dr^a. Angelina Bossi Fraga

Orientadora (CECA-UFAL)



Prof^a. Dr^a. Chiara Rodrigues Lopes

Membro (UFAL-ARAPIRACA)



Prof^a. Dr^a. Fabiane de Lima Silva

Membro (UFMT)

Rio Largo – AL

2015

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A minha orientadora Angelina Bossi Fraga, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho e incentivo nas horas mais difíceis, de desânimo e cansaço. E acima de tudo pelos ensinamentos que levarei por toda minha vida.

Aos meus pais, Maria Socorro e José Ailton que apesar de todas as dificuldades me fortaleceram e que para mim foi muito importante.

Ao meu esposo, Ewerthon, pelo companheirismo, ajuda e força. Obrigado por tudo, meu amor!

A minha irmã, Dáfini, pela paciência e ombro amigo quando mais precisei.

A minha colega de pós graduação, Lays Elizabet, pela ajuda, companheirismo, conselhos.

Ao pesquisador Drº. Marcos Jun Iti Yokoo, meu coorientador, pelas importantes sugestões.

As professoras Dra. Fabiane de Lima Silva e Dra. Chiara Rodrigues Lopes pelas valiosas contribuições e disponibilidade para participar da minha banca. Servirão de exemplo para minha vida.

A professora Rosália, pela enorme ajuda quando mais precisei.

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica concedida.

Aos meus colegas do grupo de estudo de Melhoramento Animal, Jailton e Filipe, por contribuírem de alguma forma para a realização desse trabalho.

E todos aqueles que não foram devidamente nominalmente citados, colegas, amigos, familiares, professores, que direta ou indiretamente, contribuíram para minha caminhada.

A todos os meus sinceros agradecimentos.

“Enquanto Deus for meu chão, não há quem me derrube.”

(Autor desconhecido)

RESUMO

O potencial de produção de leite em clima tropical está estreitamente relacionado com os cruzamentos realizados entre os bovinos leiteiros *Bos taurus* e *Bos indicus*. Os acasalamentos entre esses grupos genotípicos proporciona a ocorrência de complementaridade entre raças e a heterose, trazendo benefícios para o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais. Dentro desse contexto, esse estudo objetiva o conhecimento das diferenças genéticas aditivas e não aditivas de características produtivas e reprodutivas em um rebanho leiteiro na região do agreste pernambucano, além de estimar a herdabilidade e repetibilidade dessas características. O rebanho era constituído por animais mestiços proveniente dos cruzamentos entre as raças Holandesa, Gir e Guzerá. A partir das informações de produção foram extraídos 858 registros de lactação oriundos de 255 vacas para elaboração do arquivo de dados e realização das análises unicaracterísticas e bicaracterísticas. As características estudadas foram produção total de leite na lactação (PL), produção de leite aos 305 dias de lactação (PL305), duração da lactação (DL), idade ao primeiro parto (IPP) e intervalo de parto (IDP). Para realização das análises estatísticas foram utilizados os programas computacionais SAS® (2004) e AIRREMLF90 (2014). No modelo estatístico para análise da PL foram incluídos os efeitos fixos de grupo de contemporâneas, ordem do parto, covariáveis DL, percentagem de genes da raça Holandesa, heterose e recombinação. Bem como os efeitos aleatórios genético aditivo e de ambiente permanente. A PL305, DL e IDP foram analisadas com modelos semelhantes ao de PL, com exceção da exclusão do efeito da covariável DL. Na análise de IPP incluíram-se os efeitos fixos de grupo de contemporâneos, percentagem de genes da raça Holandesa, heterose e recombinação, além do efeito aleatório genético aditivo. O efeito médio dos genes da raça Holandesa contribuiu para o aumento da PL, PL305 dias e DL, e redução da IPP. A heterose proporcionou evidentes melhorias para as características reprodutivas. A recombinação não exerceu forte influência para as características em estudo. As herdabilidades para PL, PL(305), DL, IDP e IPP foram 0,22; 0,26; 0,26; 0,14 e 0,38, respectivamente. A seleção pode contribuir para o ganho genético das características em estudo, exceto para o IDP. As estimativas das correlações genéticas entre a PL, PL305 e IPP foram negativas e elevadas.

Palavras chave: Cruzamento. Heterose. Herdabilidade. Produção de leite.

ABSTRACT

The tropical milk production potential is closely related to crosses between dairy cattle *Bos taurus* and *Bos indicus*. Mating between these genotypic groups provides the occurrence of complementarity between breed and the heterosis, benefiting the animal productive and reproductive performances. Within this context, this study aims to acknowledge the additive and non additive genetic differences of productive and reproductive traits in a dairy herd in rural Pernambuco region, and also to estimate the heritability and repeatability of these traits. The herd consisted of animals derived from crosses between Holstein, Gir and Guzerá. 858 lactation records coming from 255 cows were extracted to prepare the data file to perform the univariate and bivariate analysis. The traits studied were total milk production during lactation (MP), milk production to 305 days of lactation (MP305), lactation length (LL), age at first calving (AFC) and calving interval (CI). The computer programs SAS® (2004) and AIREMLF90 (2014) were used to perform the statistical analysis. The fixed effects of contemporary group effects, order, covariates LL, percentage of genes Holstein, heterosis and recombination were included for analysis. Moreover, the additive genetic and permanent environmental were included as a random effect. The MP305, LL, CI were analyzed with a model similar to the MP, except for the exclusion of the covariate LL. The fixed effects of contemporary group, percentage of genes Holstein, heterosis and recombination were included for AFC analysis. The average effect of Holstein genes contributed to the increase in milk production, milk production at 305 days, lactation length, and reduced age at first calving. The heterosis clearly provided improvements to the reproductive traits. Recombination did not exert strong influence on the studied traits. The heritability for MP, MP305, LL, AFC and CI were 0.22; 0.26; 0.26; 0.14 and 0.38, respectively. Hence, the selection may contribute to genetic improvement of traits, except for CI. The genetic correlations between MP, MP305 and AFC were negative and high.

Keywords: Crossbreeding. Heterosis. Heritability. Milk production.

LISTA DE TABELAS

| | | |
|----------|--|----|
| Tabela 1 | Número de observações, número de animais e grupo de contemporâneos utilizados para análise da produção de leite (kg), produção de leite aos 305 dias, duração da lactação (dias), intervalo de partos (dias) e idade ao primeiro parto em vacas mestiças leiteiras | 15 |
| Tabela 2 | Estatísticas descritivas da produção de leite (kg), produção de leite aos 305 dias, duração da lactação (dias), intervalo de partos (dias) e idade ao primeiro parto em vacas mestiças leiteiras no agreste pernambucano | 16 |
| Tabela 3 | Estimativas dos efeitos genéticos aditivos, de dominância e de recombinação, para PL, PL305, DL, IDP e IPP em animais mestiços | 17 |
| Tabela 4 | Estimativas de componentes de variância, herdabilidade (h^2) e repetibilidade (r) para a Produção de Leite (PL), Produção de Leite (PL305), Duração da Lactação (DL), Intervalo de Parto (IDP) e Idade ao Primeiro Parto (IPP) em vacas mestiças | 19 |
| Tabela 5 | Estimativas médias (erro padrão) das correlações genéticas (triangular superior) e fenotípicas (triangular inferior) entre as características estudadas em animais leiteiros mestiços | 20 |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA | 12 |
| 2.1 | Panorama da Pecuária leiteira no Brasil | 12 |
| 2.2 | Produção de leite no Agreste pernambucano | 12 |
| 2.3 | Raças leiteiras | 13 |
| 2.3.1 | Gir Leiteiro | 13 |
| 2.3.2 | Guzerá Leiteiro | 14 |
| 2.3.3 | Holandesa | 14 |
| 2.4 | Cruzamentos | 15 |
| 2.5 | Heterose | 16 |
| 2.6 | Herdabilidade e Repetibilidade | 17 |
| 2.7 | Efeito genético aditivo e não aditivo | 18 |
| 2.8 | Correlações genéticas e fenotípicas | 19 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 20 |
| 3.1 | Local de estudo | 20 |
| 3.2 | Animais avaliados e manejo | 20 |
| 3.3 | Variáveis analisadas | 21 |
| 3.3.1 | Produção de leite..... | 21 |
| 3.3.2 | Produção de leite aos 305 dias..... | 21 |
| 3.3.3 | Duração da lactação..... | 22 |
| 3.3.4 | Idade ao primeiro parto..... | 22 |
| 3.3.5 | Intervalo de partos | 22 |
| 3.4 | Grupo de Contemporâneos | 22 |
| 3.5 | Análise dos dados | 22 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 25 |
| 4.1 | Efeitos aditivos | 26 |
| 4.2 | Heterose | 26 |
| 4.3 | Recombinação | 27 |
| 4.4 | Herdabilidade e Repetibilidade | 27 |
| 4.5 | Correlações genéticas e fenotípicas | 29 |
| 5 | CONCLUSÃO | 30 |
| | REFERÊNCIAS | 31 |

1 INTRODUÇÃO

Nas regiões tropicais os sistemas de produção de leite, em geral apresentam baixos índices produtivos quando comparados àqueles localizados nas regiões temperadas. O potencial da produção de leite em clima tropical está estreitamente relacionado com os cruzamentos realizados entre os bovinos leiteiros *Bos taurus* e *Bos indicus*.

A maior eficiência na produção animal pode ser alcançada por meio de duas estratégias principais. Uma delas envolve todas as ações relacionadas às melhorias nos manejos nutricional, reprodutivo e sanitário. Segundo, pela adoção de técnicas do melhoramento genético, como seleção e cruzamentos. O investimento em apenas uma delas dificilmente poderá trazer os benefícios desejados. O cruzamento entre raças europeias (especializados na produção de leite) e zebuínas (adaptados às condições tropicais) vem sendo amplamente utilizado como método para melhorar a produção de leite e a eficiência produtiva e adaptativa às condições tropicais. A utilização desse tipo de cruzamento tem como principal objetivo a complementaridade das raças e a expressão da heterose nas características de importância econômica.

A base genética dos efeitos do cruzamento pode ser dividida em dois componentes principais: aditivo e não aditivo. O componente aditivo é atribuído ao mérito genético médio das raças parentais que foi atribuída ao genótipo dos animais oriundos dos cruzamentos. O componente não aditivo é a heterose, que indica a superioridade média dos filhos em relação à média dos pais, sendo usualmente atribuída às interações gênicas de dominância e epistasia (SWAN & KINGHORN, 1992).

O estudo das características produtivas e reprodutivas para a pecuária leiteira é de extrema importância, pois está diretamente relacionada com a eficiência produtiva do rebanho. Segundo Esteves et al. (2004) a produção de leite por lactação é a característica mais importante para programas de melhoramento de gado leiteiro e está diretamente associada as outras características, como a duração da lactação e intervalo de partos, pois quanto maior a duração da lactação maior será a produção de leite, e conseqüentemente, maiores intervalos de parto, o que não é indicado. A produção de leite até 305 dias é o critério produtivo mais utilizado, porém não o único. A idade ao primeiro parto é indicativa de precocidade sexual e, portanto, está relacionada com a eficiência reprodutiva da vaca. O desempenho dos animais é o resultado da ação dos fatores genéticos e ambientais, ficando notória a importância da

determinação destas fontes de variação sobre estas características para traçar estratégias de aumento da produtividade, com o intuito de trazer o benefício financeiro ao produtor.

Com a realização da presente pesquisa objetivou-se estimar os efeitos genéticos aditivos e não aditivos que influenciam a expressão das características produção total de leite na lactação (PL), produção de leite aos 305 dias de lactação (PL305), duração da lactação (DL), idade ao primeiro parto (IPP) e intervalo de partos (IDP) dos grupos genéticos oriundos dos cruzamentos entre as raças Gir, Holandesa e Guzerá, além dos parâmetros genéticos herdabilidade e repetibilidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Panorama da pecuária leiteira no Brasil

O Brasil é o sexto maior produtor de leite (USDA, 2014), ficando atrás apenas da União Europeia, Índia e China, na produção de leite. A pecuária leiteira é uma das atividades mais tradicionais do meio rural brasileiro e de acordo com o censo agropecuário (IBGE, 2006) existem no Brasil aproximadamente 5,2 milhões de estabelecimentos rurais dos quais 25% (aproximadamente 1,35 milhões) produzem leite. Apesar da alta produção de leite do país a produtividade do rebanho nacional é baixa, cerca de 1,47 litros/vaca/ano (IBGE, 2012).

Outra característica bastante marcante da produção leiteira no Brasil é o predomínio de pequenas e médias propriedades com características de agricultura familiar, onde geralmente essa atividade é a principal fonte de renda. A falta de informação, assistência e investimentos na produção leiteira geram baixas produtividade e qualidade do produto.

As principais razões para essa baixa produtividade incluem a utilização de animais com baixo potencial genético para produção de leite, inadequados manejos alimentar, reprodutivo e sanitário além de condições climáticas hostis. Objetivando a busca de conseguir melhores resultados na produtividade desses sistemas, a realização de cruzamentos entre os bovinos zebuínos e taurinos tem sido empregada. Espera-se como resultado um animal que tenha a adaptabilidade do zebu aliado à capacidade produtiva dos taurinos. No Brasil, a maior parte da produção de leite, cerca de 80%, é oriunda da utilização de mestiços de raças europeias e zebuínas (GOMES, 2007).

2.2 Produção de leite no Agreste pernambucano

O Agreste pernambucano compreende a região intermediária entre a Zona da Mata e o Sertão e apresenta uma forte pecuária leiteira, sendo conhecida como a Bacia Leiteira do estado de Pernambuco. Essa região já ocupou lugar de destaque no cenário da pecuária, sendo responsável por 73% do leite produzido no estado (IBGE, 2008). Segundo Monteiro et al. (2007), a produção leiteira da região Agreste de Pernambuco demonstrava crescente e em fase de consolidação na época.

Entretanto, no período entre 2011 e 2012 apresentou uma queda na produção que variou de 4.109.527 bilhões de litros para 3.501.316 bilhões de litros de leite. Foi registrada uma expressiva redução (14,8%) na produção de leite na região Nordeste do país, sendo

encabeçada pelos estados de Paraíba (-39,9%), Pernambuco (-36,1%) e Bahia (-8,7%) (IBGE, 2012). Tais movimentos foram decorrentes de uma das maiores secas dos últimos anos no nordeste. Observou-se ainda nas áreas afetadas pela estiagem, uma redução de 1,8% no número de vacas ordenhadas entre 2011 e 2012. O Estado de Pernambuco registrou a maior queda absoluta (30,4%) da região (IBGE, 2012).

2.3 Raças leiteiras

2.3.1 Gir leiteiro

É originária da Índia, das regiões de Gir na Península de Kathiawar. Os primeiros exemplares da raça Gir, provavelmente, foram introduzidos no Brasil por volta de 1906, em uma das importações efetuadas por Teófilo Godoy. Posteriormente, foram registradas mais cinco importações, ocorridas em 1919, 1930, 1955, 1960 e 1962, que contribuíram para a formação do Gir brasileiro (ACGZ, 2014).

O Gir Leiteiro se destaca por sua rusticidade, longevidade produtiva e reprodutiva, docilidade, baixo custo de manutenção, facilidade de parto, produção de leite a pasto (excelente conversão alimentar) e versatilidade nos cruzamentos. É uma das raças mais utilizadas, no Brasil, para exploração de leite e a preferida para a formação do gado mestiço leiteiro. Por outro lado, pouco tem se feito quanto à seleção para características produtivas quando comparado com a raça Holandesa, a qual possui intensa seleção para produção de leite. Em 1980 foi criada a Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL), com o intuito de promover o melhoramento da raça para características leiteiras.

O Programa Nacional de Melhoramento do Gir leiteiro – PNMGL iniciou em 1985 com o teste de progênie, que foi delineado para avaliar de cinco a dez touros por ano, com expectativas de atender 32 novos touros em 2010 e, posteriormente, incluir pelos menos 50 touros em teste por ano a partir de 2015. Desde sua criação o programa vem apresentando ótimos resultados. No período de 1985 a 2008 o programa relatou um crescimento médio de 67% na produção de leite (VERNEQUE et al. 2010).

Verneque et al. (2000) relataram que o gado Gir quando submetido ao controle leiteiro oficial produz em média 3.233 kg por lactação, 290% acima da média nacional. Tais resultados mostram o potencial do Gir leiteiro, podendo assim ser utilizada como alternativa para incremento da pecuária leiteira.

2.3.2 Guzerá leiteiro

A raça Guzerá foi a primeira raça zebuína a chegar no Brasil. Foi trazida da Índia, na década de 1870, pelo Barão de Duas Barras. Possui aptidão mista e apresenta como principais atributos a rusticidade, a conversão alimentar, o rendimento de carcaça, a habilidade materna, a fertilidade e a precocidade. No Brasil era explorada principalmente para produção de carne, mas atualmente, sua habilidade de produção de leite tem sido comprovada pela existência de vários rebanhos leiteiros com predominância de bovinos da raça Guzerá, em especial na região sudeste do país (MARTINEZ et al., 1988; GLÓRIA et al., 2010).

Em 1992, a Associação dos Criadores de Guzerá do Brasil (ACGB) decidiu implementar programas modernos de melhoramento das características produtivas da raça. Na época, eram escassos os dados de produção de leite e o passo inicial foi incentivar a execução de controle leiteiro oficial. Diversos criatórios se engajaram, então, na aferição oficial de todas suas fêmeas. Iniciaram-se, também, as buscas por animais com algum potencial leiteiro nos rebanhos tradicionais de corte, aquisição e subsequente aferição de sua produção (PENNA et al., 2009). Ao mesmo tempo, diversos cruzamentos eram realizados com a raça Guzerá e, rapidamente, a fama do gado ideal para toda sorte de cruzamentos ganhou território nacional.

De acordo com Verneque et al. (2010) o Programa Nacional de Melhoramento do Guzerá para leite foi implantado em 1994, trabalho executado pela Embrapa Gado de Leite e pelo Centro Brasileiro de Melhoramento do Guzerá (CBMG/ACGB). Após sete anos o programa apresentou um progresso genético anual e fenotípico, para a característica produção de leite, de 29,9 e 61,2 kg, respectivamente. Vale ressaltar que a seleção nesses rebanhos era feita com ênfase na característica produção de leite e que a resposta nas demais características (produção de gordura, produção de proteína, duração da lactação) foi decorrente da correlação genética alta e positiva entre elas.

2.3.3 Holandesa

Pouco se sabe sobre a origem da raça Holandesa, ou Fries-Hollands Veasley, ou ainda Frísia Holandesa, havendo anotações desde o ano 2000 a.C.. Alguns afirmam que foi domesticada há 2.000 anos nas terras planas e pantanosas da Holanda setentrional e da Frísia (Países Baixos) e também na Frísia Oriental (Alemanha). Ou seja, não há consenso sobre a origem da raça Holandesa.

Não foi estabelecida uma data de introdução da raça holandesa no Brasil. Paulino Cavalcanti (1935) cita que "segundo os dados históricos, referentes à nossa colonização,

presume-se que o gado holandês tenha sido trazido nos anos de 1530 a 1535, período no qual o Brasil foi dividido em capitâncias hereditárias” (ABCBRH, 2014).

Originalmente era uma raça de dupla aptidão (Frísia), e passou a ser selecionada exclusivamente para aptidão leiteira na América do Norte, a partir do fim do século XIX. Outro ponto a ser destacado é o notável melhoramento alcançado na raça Holandesa em volume (ou quilogramas) dos componentes gordura e proteína (ALMEIDA, 2007).

A raça é conhecida pela sua excelente capacidade leiteira, o que a destaca das demais raças. No entanto essa raça requer muitos cuidados, no que diz respeito à saúde, resistência e conformação. Com relação às características reprodutivas apresenta uma média de idade a primeira cobertura de 17 meses, idade para o primeiro parto de 26 meses, 280 dias de duração da gestação e intervalo de partos de 16 meses.

2.4 Cruzamentos

Os cruzamentos são realizados com a finalidade de reunir em um só animal as características desejáveis de duas ou mais raças, assim como explorar a heterose e possibilitar a incorporação de material genético desejável de forma rápida quando comparado pelo processo de seleção. A realização de pesquisas na busca por raças e cruzamentos mais adaptados aos trópicos, sem comprometer o componente da rusticidade é fundamental para melhorar os índices produtivos na pecuária de leite.

Os cruzamentos visam explorar características econômicas, sobretudo aquelas em que a seleção individual é pouco efetiva, bem como a restauração do poder adaptativo perdido com a endogamia (FALCONER & MACKEY, 1996). Muitos estudos têm mostrado a eficiência dos cruzamentos entre raças zebuínas e taurinas (LEMOS et al. 1992, FREITAS et al. 2001, FACÓ et al. 2002) para incremento da eficiência produtiva e reprodutivas dos animais.

A maior parte da produção de leite, no Brasil é obtida por meio de animais mestiços zebuínos e taurinos. O cruzamento entre as raças Gir e Holandesa, é predominante nos rebanhos leiteiros, pois associa a especialização leiteira do gado Holandês com a rusticidade e adaptabilidade da raça Gir. Entretanto, os cruzamentos geralmente não são sistematizados, levando a uma grande diversidade de frações raciais e grupos genéticos nos rebanhos, o que dificulta a aplicação de práticas de manejo e alimentação adequadas. Diante disso, a avaliação dos cruzamentos e a definição de esquemas apropriados para cada tipo de sistema de produção podem ser bastante complicadas (ZAMPAR & MOURÃO, 2009). Portanto, pesquisas que se dedicam a estudar efeitos não aditivos se fazem necessárias. Além disso, em

virtude da predominância de animais mestiços na produção de leite, as avaliações genéticas multirraciais tem tomado posição de destaque. Os procedimentos de avaliação genética multirracial produzem predições genéticas aditivas mais acuradas, permitem a comparação direta de animais de diferente composição racial e viabilizam o melhoramento genético aditivo e não-aditivo em populações multirraciais, quando comparado com os procedimentos de avaliação genética intra-racial (ELZO & BORJAS, 2004).

O melhoramento genético em rebanhos mestiços pode ser realizado usando a combinação de dois métodos: primeiro, pela maximização da heterose por meio do uso da combinação de raças e sistemas de cruzamentos; segundo, pelo melhoramento dos valores genéticos aditivos das raças componentes (MACKINNON, et al. 1996).

O desenvolvimento de sistemas de cruzamentos entre raças está baseado na aplicação dos conceitos de dominância e epistasia, os quais objetivam atingir e permitir o aproveitamento máximo da heterose para as características que se tem interesse econômico.

2.5 Heterose

O fenômeno da heterose pode ser explicado por diferentes embasamentos teóricos, em que relacionam sua expressão com os diferentes tipos de ação e interação gênica: dominância, sobredominância e epistasia (DÍAZ, 2013). A heterose ou vigor híbrido descreve a superioridade ou inferioridade da média dos filhos, em relação à média dos pais. Essa superioridade ou inferioridade pode ser explicada pela ocorrência da heterozigose.

Uma das prováveis causas da heterose pode ser atribuída à teoria da dominância gênica: combinação não aditiva dos efeitos gênicos que estão numa mesma série alélica. Pois ao considerarmos um indivíduo heterozigoto, seus alelos podem competir entre si para determinação do fenótipo e espera-se que o alelo dominante ganhe a competição e determine o fenótipo com maior intensidade.

De acordo com Kinghorn (1993) as características de crescimento em animais cruzados em ambiente tropical, são determinadas por dois conjuntos gênicos: um relacionado ao potencial de crescimento e outro à adaptação. Esses dois conjuntos podem ser tomados como características que se complementam e cujo produto fornece a base teórica para a heterose que não depende de dominância ou epistasia. Essa relação multiplicativa entre as ações aditivas para as duas características foi definida como “profit heterosis” e pode ser interpretada como um efeito de complementariedade entre as características que determinam crescimento.

Os efeitos epistáticos compõem outra teoria, em que a interação de alelos em locos diferentes resulta em efeito mais favorável do que aqueles situados no mesmo gene. Assim, a heterose pode ser consequência dos efeitos de diferentes genes.

No animal cruzado, portanto, manifestam-se todas as formas de ação gênica e o balanço líquido entre efeitos de dominância e as perdas por recombinação, que são normalmente estimados e interpretados como heterose (FRIES et al., 2000).

Existem vários relatos na literatura que evidenciam o efeito da heterose, em diversas espécies de animais. Dentre esses podem ser citadas pesquisas em codornas (DRUMOND et al. 2014), em suínos (TORRES FILHO et al. 2005), em bovinos de corte (RESTLE et al. 2005, PACHECO et al. 2010) e em gado leiteiro (MARTINEZ et al., 1988; FACÓ et al., 2002; FACÓ et al., 2005 e FACÓ et al., 2008).

2.6 Herdabilidade e Repetibilidade

A herdabilidade é um parâmetro da população que expressa a parte da variância fenotípica que é devida aos efeitos aditivos dos genes. A herdabilidade para a produção de leite aos 305 dias varia entre 0,2 a 0,4 (LEDIC et al., 2002; FACÓ et al., 2008 e HERRERA et al., 2008). Isto indica que uma parcela relativamente grande da variação da produção de leite é de natureza dos efeitos genéticos, o que é desejável para a realização da seleção.

Em rebanho de gado Mestiço Leiteiro Brasileiro, Vercesi Filho et al. (2007), obtiveram herdabilidade de 0,48 para a idade ao primeiro parto. Esses autores concluíram que esse elevado valor, aliado à relevância econômica da característica, justifica a inclusão da idade ao primeiro parto nos critérios de seleção para gado leiteiro nos trópicos.

A repetibilidade mede a correlação entre diferentes desempenhos de uma mesma característica que se repete num mesmo indivíduo. Permite à predição de produções futuras dos animais em um rebanho baseado em uma ou mais produções anteriores, ou seja, animais que apresentarem bom desempenho numa determinada produção, possivelmente repetirão esse desempenho em produções futuras, desse modo, a repetibilidade possibilita aos criadores a seleção de animais para permanecerem no rebanho e o descarte de animais menos produtivos.

As características repetidas no indivíduo sofrem influencia do genótipo, do ambiente permanente e do ambiente temporário, por esse motivo são encontradas estimativas de repetibilidade tão divergentes. Ferreira & Fernandes (2000) e Torres et al. (2000) encontraram coeficientes de repetibilidade para produção total de leite, em vacas da raça Holandesa, de

0,21 e 0,43, respectivamente. Alguns resultados indicam que as produções iniciais das vacas podem ser bom indicativo de produções subsequentes.

2.7 Efeito genético aditivo e não aditivo

As características de interesse econômico são descritas como quantitativas e são, em sua maioria, controladas por um “*pool*” de genes, sendo que cada gene apresenta segregação conforme as “Leis de Mendel”. Essas características sofrem influências pela variação do ambiente, dificultando ainda mais a identificação dos genótipos com base apenas no fenótipo observado. A partir daí, pode-se inferir que a capacidade produtiva do animal é resultante da variação genética e à diferenças ambientais, além da interação entre essas duas variações ($P = G + A + GA$).

Basicamente, há três tipos de ação gênica: Ação gênica aditiva, ação gênica dominante e ação gênica epistática ou de interação. A ação gênica aditiva é o componente aditivo da característica que é atribuído ao mérito genético médio das raças parentais e é a parte herdada de pai para filho. Na ação gênica dominante o gene predomina em seu efeito sobre o desempenho em que alelos dominantes controlam a expressão do caráter. A ação gênica epistática é a interação entre os efeitos de diferentes pares de alelos.

No Brasil o uso de animais cruzados, envolvendo as raças bovinas de origem de regiões temperadas e raças zebuínas tem mostrado ser uma importante ferramenta para a produção de leite. Desta forma, o conhecimento dos parâmetros genéticos aditivos e não aditivos são de fundamental importância para o planejamento da melhor estratégia de cruzamento de bovinos leiteiros para uma determinada região (MARTINEZ et al. 1998).

Na reprodução de indivíduos cruzados, a recombinação pode desfazer interações favoráveis entre alelos de diferentes locos, criadas pela seleção dentro de raça ao longo do tempo e, assim, indivíduos F1 apresentam máxima probabilidade de produzir, em seus gametas, formas recombinantes. Nos gametas de indivíduos F2, a recombinação pode reconstruir algumas dessas interações positivas (FRIES et al., 2000).

A magnitude das estimativas dos efeitos genéticos aditivos e não aditivos são de extrema importância para a predição dos valores esperados das características de desempenho em populações cruzadas.

A estimativa dos efeitos aditivos das características tem papel fundamental no delineamento de sistemas de cruzamentos, por que essas diferenças possibilitam uma escolha correta da melhor combinação entre as raças. Esse é, sem dúvida, um elemento que contribui

efetivamente para que os cruzamentos constituam-se na forma mais eficiente de obtenção de progresso rápido das características (EUCLIDES FILHO et al. 1999).

2.8 Correlações genéticas e fenotípicas

As correlações genéticas entre duas características indica a magnitude da influência de um mesmo gene na expressão de ambas. Elas podem ser favoráveis ou desfavoráveis. No caso de uma correlação genética altamente positiva entre duas características é possível a prática da seleção indireta de uma delas por meio da seleção direta da outra. Com isto, pode-se alcançar vários benefícios. Dentre eles, a redução do número de características nos programas de seleção, a redução do intervalo de geração por meio da seleção precoce para aquelas que se manifestam tardiamente, a seleção em características que se manifestam em apenas um dos sexos dos animais. Em caso de correlações negativas, a seleção para melhoria de uma, na maioria das vezes não implica em bons resultados, pois refletem em perdas na outra. Sendo assim, a obtenção dos componentes de (co) variâncias entre as características dos animais é de fundamental importância para monitoramento por ocasião da escolha e delineamentos dos critérios que compõem os índices praticados nos programas de seleção.

Segundo Esteves et al. (2004) como a produção de leite é, geralmente, a características mais importantes em programa de melhoramento de gado de leite é fundamental avaliar a sua associação dessa com as outras características, e como elas se comportam quando é feita a seleção para produção de leite.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de estudo

A presente pesquisa foi realizada utilizando-se os dados de produção de leite de um rebanho pertencente à Fazenda São Lucas, localizada no município de Canhotinho, mesorregião Agreste, na Microrregião de Garanhuns, Estado de Pernambuco. A sede do município tem altitude aproximada de 520 metros e as seguintes coordenadas geográficas: latitude 08° 52' 56", longitude 36° 11' 28". O clima da região é do tipo tropical chuvoso com verão seco. De acordo com Mascarenhas et al. (2005) os solos dessa unidade geoambiental são representados por: *Latossolos* nos topos planos, sendo profundos e bem drenados; *Podzólicos* nas vertentes íngremes, sendo pouco a medianamente profundos e bem drenados e *Gleissolos de Várzea* nos fundos de vales estreitos, com solos orgânicos e encharcados.

A fazenda possui 262 ha de área total sendo, em sua totalidade, destinada a bovinocultura de corte e leite. Apresentava, aproximadamente, 90% de pastagens constituídas por braquiária (*B. decumbens* e *B. humidícula*), 10 ha destinados ao plantio de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) para alimentação dos animais e 4 ha de capineira, formada por capim elefante, variedade *Cameron*.

3.2 Animais avaliados e manejo

O rebanho leiteiro era constituído por animais mestiços das raças Gir, Holandês e Guzerá em diferentes proporções genotípicas. Foram utilizados 858 registros de produção de leite de 255 vacas, no período de 1997 a 2013.

No período das chuvas, os animais eram alimentados no cocho com capim elefante picado, além do concentrado no final de cada ordenha. O concentrado era constituído de milho, farelo de soja e outros, apresentando teor de 24% de proteína bruta e 70% de NDT. A quantidade de concentrado fornecido equivalia a 1 kg para cada três litros de leite produzido e o fornecimento de capim elefante de 10 kg por animal.

No período seco, os animais eram alimentados pela manhã com cana-de-açúcar picada misturada com ureia e, pela tarde, era ofertado capim elefante e concentrado. Nos períodos seco e chuvoso, os animais eram conduzidos ao pastejo rotacionado em *B. decumbense* e *B. humidícula*, tendo um período de ocupação e descanso de 4 e 28 dias, respectivamente, em cada piquete.

O controle sanitário era realizado pela vermifugação de todos os animais, além da vacinação do rebanho contra febre aftosa, raiva, clostridiose e brucelose. Para o combate de moscas-dos-chifres e carrapatos, utilizaram-se mosquicidas e carrapaticidas, respectivamente, em momentos de maior infestação.

Na reprodução era utilizado os processos de inseminação artificial e monta natural. O primeiro, para as vacas em lactação, as quais possuíam boa visualização do cio, facilitando assim o procedimento. Os sêmens utilizados eram de touros provados, provenientes de centrais de inseminação, das raças Holandesas e Gir leiteiro. Os touros da raça Gir eram utilizados em vacas com grau de sangue acima de 80% Holandês, e o restante das vacas eram inseminadas com touro Holandês. As novilhas eram conduzidas para monta natural, devido à maior dificuldade da observação de cio. Elas eram soltas no campo com o reprodutor e, de acordo com o manejo na propriedade, a perda de cio com o touro solto no lote era menor, incrementando-se a taxa de prenhes dessas novilhas.

3.3 Variáveis analisadas

3.3.1 Produção de leite

A produção de leite total foi contabilizada a partir dos dados contidos no controle leiteiro mensal. No modelo estatístico para análise da PL foram incluídos os efeitos fixos de grupo de contemporâneas, ordem do parto, covariáveis DL, percentagem de genes da raça Holandesa, heterose e recombinação. Bem como os efeitos aleatórios genético aditivo e de ambiente permanente.

3.3.2 Produção de leite aos 305 dias

A produção de leite em 305 dias (PL305), quando a duração da lactação é igual ou inferior a este período, foi calculada multiplicando-se a média dos registros de controle leiteiro (kg /dia) pela duração da lactação (dias). Porém, quando as lactações excederam os 305 dias de duração, os registros de controle leiteiro foram truncados, sendo computados apenas os registros feitos dentro dos primeiros 305 dias de lactação, para efeito do cálculo da média destes registros, quando então esta média foi multiplicada por 305.

A PL305 foi analisada com modelo semelhante ao de PL, com exceção da exclusão do efeito da covariável DL.

3.3.3 Duração da lactação

A duração da lactação (DL) foi calculada pela diferença, em dias, entre as datas de parto e de secagem. O modelo utilizado para analisar a DL foi semelhante ao modelo para a análise de PL305.

3.3.4 Idade ao primeiro parto

A idade ao primeiro parto (IPP) foi calculada pela diferença em dias entre a data do primeiro parto e a data de nascimento. Na análise de IPP incluíram-se os efeitos fixos de grupo de contemporâneos, percentagem de genes da raça Holandesa, heterose e recombinação, além do efeito aleatório genético aditivo.

3.3.5 Intervalo de partos

O intervalo de parto (IDP) foi obtido pela diferença em dias entre dois partos consecutivos e analisado com modelo semelhante ao utilizado na análise de DL.

3.4 Grupo de contemporâneos

Foram considerados os efeitos de estação do ano e ano como fatores de variação sobre as características estudadas. As estações do ano foram definidas como: Estação 1 (de abril a setembro), considerando-se o inverno e, Estação 2 (de outubro a março) considerando-se como verão.

Os grupos de contemporâneos para PL, PL305, IDP e DL foram formados com a reunião dos efeitos de estação e ano do início da lactação. Para a característica IPP os grupos de contemporâneos foram formados com a reunião dos efeitos estação e ano de nascimento da vaca.

3.5 Análise dos dados

As análises de consistência dos dados foram realizadas por meio dos procedimentos estatísticos contidos no programa SAS (2004) e deu origem ao banco de informações utilizadas na presente pesquisa, Tabela 1.

Tabela 1_ Número de observações, número de animais e grupo de contemporâneos utilizados para análise da produção de leite (kg), produção de leite aos 305 dias, duração da lactação (dias),

intervalo de partos (dias) e idade ao primeiro parto em vacas mestiças leiteiras no agreste pernambucano

| Característica | Nº. de observações | Nº. de animais | GC |
|--------------------------------|--------------------|----------------|----|
| Produção de leite (kg) | 764 | 249 | 29 |
| Produção de leite 305 (kg) | 760 | 248 | 29 |
| Duração da lactação (dias) | 770 | 255 | 29 |
| Intervalo de partos (dias) | 571 | 185 | 25 |
| Idade ao primeiro parto (dias) | 237 | 237 | 26 |

Fonte: Santos (2015)

Análises de informações oriundas de animais mestiços devem contemplar os três principais parâmetros genéticos: efeitos aditivos (puros), efeitos de dominância (heterose racial) e efeitos epistáticos. Na presente pesquisa os efeitos genéticos aditivos da raça Holandesa foram estimados como um desvio em relação ao desempenho do grupo Zebu. Portanto, a proporção de genes das raças zebuínas estudadas (Gir e Guzerá) não foi incluída nos modelos em função da dependência da proporção da raça Holandesa.

As estimativas dos componentes de (co) variância de parâmetros genéticos e efeitos genéticos aditivos e não aditivos foram obtidas por meio do método da máxima verossimilhança restrita (REML), sob um modelo animal unicaracterístico, utilizando o programa computacional BLUPF90 (MISTAL et al., 2008) e adotando-se 10^{-12} como critério de convergência.

Foram utilizados modelos de repetibilidade para as características PL, PL305, DL, IDP considerando-se como aleatórios os efeitos: genético aditivo direto, efeito de ambiente permanente atribuído aos registros repetidos por vacas, além do efeito residual (modelo 1 e 2). Como efeitos fixos foram considerados: grupo de contemporâneos, ordem do parto e das covariáveis DL, efeitos aditivo direto das raças, heterose e de recombinação como em Bueno et al. (2012). Segundo esses autores, os efeitos não aditivos podem ser estimados previamente e os dados ser submetidos à avaliação genética depois de ajustados para esses efeitos. Alternativamente, os efeitos não-aditivos podem ser incluídos como covariáveis no modelo de análise e, em ambos procedimentos a população multirracial é analisada como raça pura. Portanto, nessa pesquisa os efeitos não-aditivos foram incluídos como covariáveis nos modelos.

O modelo 1 foi utilizado para avaliar a PL, no qual foi incluída a duração da lactação como covariável. Para as características PL305, DL e IDP foi utilizado o modelo 2. E, para IPP utilizou-se um modelo animal simples (modelo 3). Os modelos podem ser descritos na forma matricial da seguinte maneira:

$$Y = X\beta + b_1DL + b_2g + b_3h + b_4r + Za + Wc + e \text{ (modelo 1)}$$

$$Y = X\beta + b_1g + b_2h + b_3r + Za + Wc + e \text{ (modelo 2)}$$

$$Y = X\beta + b_1g + b_2h + b_3r + Za + e \text{ (modelo 3)}$$

Em que:

Y é o vetor de observações para as características estudadas (PL305, PL, DL, IDP e IPP);

β , o vetor dos efeitos fixos dos grupos de contemporâneos e ordem de parto;

b_1, b_2, b_3 e b_4 , os coeficientes de regressão relativos à duração da lactação, à proporção de genes da raça Holandesa, à heterozigose (h) e recombinação (r);

g, proporção esperada no indivíduo de genes da raça Holandesa (H_0);

h, proporção esperada no indivíduo de locos em heterozigose, calculada como $(H_p \times Z_m) + (Z_p \times H_m)$, em que H_p e H_m é a proporção de genes da raça Holandesa no pai e na mãe da vaca e, Z_p e Z_m é a proporção de genes da raça zebuínas (Gir ou Guzerá) no pai e na mãe da vaca, respectivamente;

r, recombinação esperada de pares de locus originados das raças, calculada como $(H_p \times Z_p) + (H_m \times Z_m)$;

X, matriz de incidência dos registros de efeito fixos ordem de parto e grupo contemporâneo;

DL, matriz de incidência da duração da lactação da vaca;

Z, matriz de incidência dos efeitos genéticos aditivos diretos;

W, matriz de incidência de ambiente permanente;

a, vetor dos efeitos aleatórios genéticos aditivos diretos;

c, vetor dos efeitos aleatórios de ambiente permanente;

vetor dos efeitos residuais aleatórios.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados das estatísticas descritivas (Tabela 2) observou-se que os desempenhos produtivos e reprodutivos do rebanho em estudo apresentaram bons níveis de produção dentro das condições do manejo empregado, mas ainda assim existem possibilidades de melhorias.

Tabela 2_ Estatísticas descritivas da produção de leite (kg), produção de leite aos 305 dias, duração da lactação (dias), intervalo de partos (dias) e idade ao primeiro parto em vacas mestiças leiteiras no agreste pernambucano

| <i>Variável</i> | <i>N</i> | <i>Média</i> | <i>Valores mínimos</i> | <i>Valores máximos</i> | <i>Desvio Padrão</i> |
|--------------------------------|----------|--------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| Produção de leite (kg) | 764 | 3.112,90 | 1.419,42 | 4.910,14 | 814,51 |
| Produção de leite 305 (kg) | 760 | 2.903,20 | 1.407,85 | 4.375,93 | 656,60 |
| Duração da lactação (dias) | 770 | 303,17 | 159 | 447 | 58,45 |
| Intervalo de partos (dias) | 571 | 446,94 | 315 | 775 | 99,07 |
| Idade ao primeiro parto (dias) | 237 | 1.335,10 | 951 | 1.946 | 152,88 |

Fonte: Santos (2015)

Em rebanho leiteiro mestiço, com animais pertencentes a diferentes grupos genéticos obtidos por cruzamentos não direcionados entre as raças Holandesa, Pitangueiras, Gir e animais sem raça definida (SRD), Vasconcellos et al. (2003) reportaram valor médio para o intervalo de partos de 459 dias, sendo esse resultado superior ao da presente pesquisa.

Em animais $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$ Holandês-Gir, Gloria et al (2006), obtiveram valores médios para PL de 3.549,3; 4.331,7 e 4.515,7 kg por lactação, respectivamente. Para DL registraram-se 306,5; 328,2 e 337,0 dias para aqueles grupos genéticos. Essas estimativas foram superiores comparadas às estimativas dessa pesquisa.

Em animais mestiços das raças Holandesa e Gir, com diferentes composições genéticas, na região do planalto central brasileiro, MacManus et al. (2008) observaram PL305 de 2.866 kg, com DL de 284 dias de lactação, IDP de 425 dias e, IPP de 1.209 dias, os quais foram próximos aos obtidos na presente pesquisa.

Balancini Jr. et al. (2014) avaliando o desempenho produtivo e reprodutivo de animais mestiços, observaram médias para as características produtivas (PL305 de 3.990, PL de 4.399 e DL de 328) superiores às encontrados na presente pesquisa e inferiores às características reprodutivas (IPP de 1.005 e IDP de 395,37). Esses autores destacaram ainda que animais com a composição genotípica $\frac{3}{4}$ holandesa tem se destacado como a composição racial ideal por rebanhos que praticam o cruzamento, em condições de manejo com pastejo rotacionado.

As estimativas dos efeitos genéticos aditivos, de heterose e de recombinação, para as características estudadas são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 Estimativas dos efeitos genéticos aditivos, de dominância e de recombinação, para produção de leite (kg), produção de leite aos 305 dias, duração da lactação (dias), intervalo de partos (dias) e idade ao primeiro parto em animais mestiços.

| Efeito | Estimativa | Erro padrão |
|--------------|------------|-------------|
| PL(kg) | | |
| Aditivo | 623,37 | 217,89 |
| Heterose | 438,26 | 268,17 |
| Recombinação | -265,39 | 536,87 |
| PL305(kg) | | |
| Aditivo | 457,34 | 177,05 |
| Heterose | 342,07 | 217,05 |
| Recombinação | -409,18 | 434,49 |
| DL (dias) | | |
| Aditivo | 44,69 | 15,18 |
| Heterose | -3,90 | 18,91 |
| Recombinação | -42,82 | 37,57 |
| IPP (dias) | | |
| Aditivo | -43,15 | 29,56 |
| Heterose | -98,55 | 35,26 |
| Recombinação | 22,40 | 69,58 |
| IDP (dias) | | |
| Aditivo | -15,87 | 49 |
| Heterose | -150,49 | 54,49 |
| Recombinação | 301,75 | 117,32 |

Fonte: Santos (2015)

4.1 Efeitos aditivos

As estimativas das diferenças genéticas aditivas entre as raças Zebuínas e Holandesa foram elevadas e positivas para todas as características produtivas avaliadas, mostrando que os genes da raça Holandesa contribuíram para a elevação da PL, PL305 e DL(Tabela 3). Entretanto, não menos importante para IDP e IPP, foram negativas e conseqüentemente favoráveis para essas características. Facó et al. (2005), Facó et al. (2008) também observaram que o efeito aditivo da raça Holandesa foi favorável para PL, PL305 e DL.

4.2 Heterose

Os efeitos da heterose foram elevados e positivos para as características PL, PL305. Esses resultados indicaram uma contribuição da heterose no acréscimo da PL e PL305 em 438,26 kg e 342,07 kg, respectivamente. No entanto, a heterose foi negativa para

características reprodutivas (IDP e IPP) contribuindo para menores intervalos de parto e idade ao primeiro parto nos indivíduos mestiços em relação à média dos indivíduos puros. Isto indica que no conjunto de dados avaliados a heterose foi importante para melhorar as características de reprodução, com a redução de dias de IDP e IPP em até 98,55 e 150,49, respectivamente.

Os resultados observados no presente estudo corroboram com resultados obtidos por Madalena et al (1990), os quais reportaram valores significativos, positivos e elevados para os efeitos genéticos e de heterose para produção de leite e produção de leite por dia de intervalo de parto, em gado leiteiro mestiço. Tais autores concluíram que o efeito genético direto da raça Holandesa conferiu um favorável desempenho na produção de leite, resultante do efeito da heterose entre os cruzamentos com o Zebu.

Autores como Facó et al. (2002); Facó et al. (2005) e Facó et al. (2008) relataram sobre a importância da heterose para produção de leite em regiões tropicais em que se faz necessária a combinação de raças que reúnam em um genótipo a rusticidade para adaptabilidade, além do potencial genético para atender a demanda de produção.

4.3 Recombinação

O efeito de recombinação foi negativo para todas as características, exceto para IDP e IPP, indicando que houve perda no desempenho de todas as características em estudo causadas pela recombinação dos genes. Segundo Kippert et al. (2008), a incorporação de genes de diferentes raças em um mesmo indivíduo promove ganhos por dominância, mas provoca perdas por recombinação gênica. Por isso, a maioria das pesquisas relata valores negativos para o efeito de recombinação (MADALENA et al., 1990; BARBOSA NETO et al., 2010). Essas perdas também foram verificadas nesta pesquisa corroborando com os resultados de pesquisa encontrados.

Facó et al. (2008) relataram estimativas do efeito de recombinação significativas e negativas para as características produção de leite e produção de leite em 305 dias. Isso indica que a recombinação gênica observada em alguns tipos de acasalamento produziu efeitos depressores sobre a produção de leite. Além disso, esses autores não encontraram efeito de recombinação para as características DL, IDP, IPP e PL/IDP. Esses resultados foram diferentes aos obtidos no presente estudo.

4.4 Herdabilidade e Repetibilidade

As estimativas de herdabilidade obtidas foram semelhantes às aquelas apresentadas na literatura. Os valores foram 0,22; 0,26; 0,26; 0,14 e 0,38 para PL, PL305, DL, IDP e IPP, respectivamente (Tabela 4). Esses valores indicam que a seleção é um método promissor para obtenção de ganhos genéticos para PL, PL305, DL e que melhorias no manejo podem promover melhores desempenhos para IDP e IPP. A inferioridade da herdabilidade da PL em relação à PL305 indica ser essa última mais indicada para estudo e comparações, uma vez que permite maior controle nas fontes de variação ambientais.

Tabela 4_ Estimativas de componentes de variância, herdabilidade (h^2) e repetibilidade (r) para a Produção de Leite (PL), Produção de Leite (PL305), Duração da Lactação (DL), Intervalo de Parto (IDP) e Idade ao Primeiro Parto (IPP) com análises unicaracterísticas em vacas mestiças.

| Componentes de variância, herdabilidade e repetibilidade | PL | PL305 | DL | IDP | IPP |
|---|---------|---------|-------|-------|--------|
| σ_a^2 | 128.100 | 104.100 | 847,3 | 1.346 | 6.594 |
| σ_{pe}^2 | 175.200 | 75.530 | 225,2 | 352,5 | - |
| σ_e^2 | 279.100 | 221.800 | 2.217 | 7.709 | 10.780 |
| h^2 | 0,22 | 0,26 | 0,26 | 0,14 | 0,38 |
| R | 0,52 | 0,45 | 0,33 | 0,18 | - |

Fonte: Santos (2015)

Em animais cruzados nos trópicos, Mackinnon et al. (1996) estimaram a herdabilidade para PL, DL e IDP em 0,09; 0,04 e 0,05, respectivamente. Esses resultados foram bem inferiores quando comparados com aqueles encontrados no presente estudo.

Facó et al. (2008) estimaram herdabilidade para a PL, PL aos 305 dias, DL, IDP e IPP em 0,25; 0,21; 0,12, 0,05 e 0,33; respectivamente. Esses valores foram semelhantes aos obtidos no presente estudo, com exceção da herdabilidade para IDP.

A estimativa de herdabilidade para IDP foi baixa (Tabela 2), indicando que melhorias no manejo podem promover melhores desempenhos para IDP. Resultados medianos para herdabilidade da IPP também foram verificados por Versesi Filho et al. (2007) em gado mestiço Brasileiro, cujo valor foi de 0,48 confirmando a existência de grande variação genética para essa característica e a possibilidade de obtenção de ganho genéticos por meio da seleção.

As repetibilidades (Tabela 4) indicam que as características estudadas podem ser utilizadas como previsões das produções futuras. Essas estimativas possibilitam que os criadores mantenham no rebanho aqueles animais que se revelaram melhor, e que, em geral, serão também superiores nas próximas produções. Esses resultados foram inferiores aos reportados por Gloria et al. (2006), os quais obtiveram estimativas de repetibilidade elevadas variando de 0,63 e 0,72, para produção de leite.

4.5 Correlações genéticas e fenotípicas

Tabela 5 Estimativas médias (erro padrão) das correlações genéticas (triangular superior) e fenotípicas (triangular inferior) entre Produção de Leite (PL) e Duração da Lactação (DL), Intervalo de Parto (IDP) e Idade ao Primeiro Parto (IPP); entre Produção de Leite (PL305) e Duração da Lactação (DL), Intervalo de Parto (IDP) e Idade ao Primeiro Parto (IPP).

| | PL | PL305 | DL | IDP | IPP |
|-------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| PL | - | - | 0,544(0,441) | 0,505(1,329) | -0,816(2,365) |
| PL305 | - | - | 0,445(0,892) | -0,069(1,174) | -0,874(0,964) |
| DL | 0,685(0,026) | 0,376(0,041) | - | - | - |
| IDP | 0,153(0,049) | 0,069(0,051) | - | - | - |
| IPP | -0,072(0,061) | -0,103(0,060) | - | - | - |

Fonte: Santos (2015)

As correlações genéticas e fenotípicas entre a produção de leite (tanto PL como PL305) e DL foram positivas e medianas. O aumento de uma delas irá causar a variação mediana da outra. Entretanto, Versesi Filho et al. (2007) obtiveram elevadas estimativas de correlações genotípicas e fenotípicas entre a produção de leite aos 305 dias e a duração da lactação (0,93 e 0,85).

As correlações genéticas entre a PL305 e o IDP foram reduzidas indicando haver pouca influência do conjunto gênico de uma dessas características, na expressão da outra. Portanto, a seleção para melhoria de uma, pouco irá afetar o desempenho da outra.

A produção de leite (total e aos 305 dias) e IPP apresentaram estimativas importantes de correlações genéticas, as quais foram negativas e elevadas. Isto indica que o grupo de genes que determina uma delas, também afeta a expressão da outra no sentido de sua redução. Essa relação pode ser considerada favorável, uma vez que a seleção para a redução da idade ao primeiro parto, visando a precocidade dos animais, pode contribuir para o aumento do potencial genético de produção de leite das vacas. Nesse caso, a seleção indireta de uma delas pode produzir resultados satisfatórios para ambas por meio da seleção direta da outra. Entretanto, foram encontrados resultados divergentes na literatura. Versesi Filho et al. (2007) obtiveram estimativas muito baixas entre essas características, as quais foram 0,05 (correlação genética) e -0,07 correlação fenotípica, enquanto que Wenceslau et al. (2000) reportaram valores medianos e positivos para essas correlações: 0,49 (correlação genética) e 0,18 (correlação fenotípica).

5 CONCLUSÃO

O efeito médio dos genes da raça Holandesa contribuiu para o aumento da produção de leite, produção de leite aos 305 dias e duração da lactação, e redução da idade ao primeiro parto, quando comparada com as raças zebuínas.

A heterose proporcionou melhorias apenas para as características reprodutivas, por outro lado, a recombinação não exerceu forte influência para as características em estudo.

A herdabilidade para produção de leite, produção de leite aos 305 dias, duração da lactação indica a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos pela seleção. Por outro lado, a herdabilidade de intervalo de parto e idade à primeira cria indica que essas características são mais sensíveis ao manejo empregado aos animais.

A seleção para aumento da produção irá contribuir para redução na idade ao primeiro parto.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE BOVINOS DA RAÇA HOLANDESA, 2014. Disponível em < <http://www.gadoholandes.com.br/aracaholandesa.htm> >, acesso em agosto de 2014.
- ASSOCIAÇÃO CRIADORES GAUCHOS DE ZEBU, **Raças: Gir Leiteiro**, 2014. Disponível em < http://www.acgz.com.br/secao_racas.php?pagina=5 >, acesso em setembro de 2014.
- ALMEIDA, R. Raça holandesa pontos fortes, limitações de hoje e oportunidades no futuro. **Milkpoint**. 2007.
- BALANCIN JÚNIOR, A. et al. Avaliação de desempenho produtivo e reprodutivo de animais mestiços do cruzamento Holandês x Gir. **B. Industr. Anim.**, Nova Odessa, v.71, n.4 p.357-364, 2014.
- BARBOSA NETO, A. C. et al.. Efeitos genéticos aditivos e não-aditivos em características de crescimento, reprodutivas e habilidade materna em ovinos das raças Santa Inês, Somalis Brasileira, Dorper e Poll Dorset. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.1943-1951, 2010.
- BOLIGON, A. A. et al. Herdabilidade e tendência genética para as produções de leite e de gordura em rebanhos da raça Holandesa no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1512-1518, 2005.
- BUENO, R. S. et al. Métodos de estimação de efeitos genéticos não-aditivos para características de peso e perímetro escrotal em bovinos de corte mestiços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.5, p.1140-1145, 2012.
- CUNHA, E. E. et al. Impactos de se ignorarem os efeitos genéticos não-aditivos de dominância na avaliação genética animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2354-2361, 2009.
- DÍAZ, J. R. **Inclusão dos efeitos genéticos não aditivos na avaliação de crescimento e carcaça em bovinos compostos (*Bos taurus x Bos indicus*)**. Piracicaba: Universidade Estadual Paulista, 2013. Tese (Doutorado), Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, 2013.
- DRUMOND, E. S. C. et al. Rendimento de carcaça de codornas de corte em cruzamentos dialélicos. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.44, n.1, p.129-134, 2014.
- ELZO, A. M.; BORJAS, A. de los R. Perspectivas da avaliação genética multirracial em bovinos no Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, v. 5, n. 4, p. 171-185, 2004.

ESTEVEES, A. M. C. et al. Correlações genéticas e fenotípicas entre características de tipo e produção de leite em bovinos da raça holandesa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.4, p.529-535, 2004.

EUCLIDES FILHO, K. et al. Efeitos Genéticos Aditivos Direto e Materno sobre o Peso à Desmama em Animais Mestiços Europeu-Zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.48-53, 1999.

FACÓ, O. et al. Análise do desempenho produtivo de diversos grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.275-278, 2002.

FACÓ, O. et al. Idade ao primeiro parto e intervalo de partos de cinco grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p. 1920-1926, 2005.

FACÓ, O. et al. Efeitos genéticos aditivos e não-aditivos para característica produtivas e reprodutivas em vacas mestiças Holandês x Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.48-53, 2008.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T.F.C. introduction to quantitative genetics. Harlow: Longman Group Limited, 1996.

FERREIRA, G. B.; FERNANDES, H. D. Parâmetros genéticos para características produtivas em bovinos da raça holandesa no estado de Goiás **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, v.2, p.421-426, 2000.

FREITAS, M. S. et al. Comparação da produção de leite e de gordura e da duração da lactação entre cinco "graus de sangue" originados de cruzamentos entre Holandês e Gir em Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, p.708-713, 2001.

FRIES, L. A.; JOHNSTON, D.J.; HEARNshaw, H. et al. Evidence of epistatic effects on weaning weight in crossbred beef cattle. **Asian- Australasian Journal of Animal Sciences**, v.13, p.242, 2000(supl. B).

GLÓRIA, J. R. et al. Efeito da composição genética e de fatores de meio sobre a produção de leite, a duração da lactação e a produção de leite por dia de intervalo de parto de vacas mestiças Holandês-Gir. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.6, p.1139-1148. 2006.

GLÓRIA, J. R. et al. Curvas de lactação de quatro grupos genéticos de mestiças Holandês-Zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2160-2165, 2010.

GOMES, S. T. **Mesticagem das vacas e rentabilidade da produção de leite**. 2007. Disponível em <<http://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/espaco-aberto/mesticagem-das-vacas-e-rentabilidade-da-producao-de-leite>> acesso em junho de 2014.

HERRERA, L. G. G. et al. Parâmetros genéticos para produção de leite no dia de controle e para produção de leite até os 305 dias nas primeiras lactações de vacas da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1774-1780, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de recuperação de automática: SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> acesso em: setembro de 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário, 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/Brasil_censoagro2006.pdf> acesso em agosto de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção pecuária municipal, 2012. Disponível em <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2012> acesso em setembro de 2014.

KIPPERT, C. J. et al. Efeitos genéticos aditivos diretos e maternos e heterozigóticos sobre os desempenhos pré e pós-desmama em uma população multirracial Aberdeen Angus × Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1383-1391, 2008.

LEDIC, I. L. et al. Estimativas de parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais para as produções de leite no dia de controle e em 305 dias de lactação de vacas da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1953-1963, 2002.

LEMO, A. M. et al. Comparative performance of six Holstein-Friesian x Guuzera grades in Brazil. 5. Age at first calving. **Revista Brasileira de Genética**, v.15, n.1, p.73-83, 1992.

MACKINNON, M. J.; THORPE, W.; BAKER, R. L. Sources of genetic variation for milk production in a crossbred herd in the tropics. **Animal Science**, v. 62, p. 5-16, 1996.

MADALENA, F. E. et al. Evaluation of strategies of crossbreeding of dairy cattle in Brazil. **J. Dairy Sci**, v. 73, n. 7, p. 1887-1901, 1990.

MARTINEZ, M. L.; LEE, A. J.; LIN, C. Y. Age and Zebu-Holstein Additive and Heterotic Effects on Lactation Performance and Reproduction in Brazil. **J. Dairy Sci**, v. 71, p. 800-808, 1988.

MASCARENHAS, J. C. et al. "Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Canhotinho, estado de Pernambuco." **CPRM - Serviço Geológico do Brasil**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/pernambuco/relatorios/CANH038.pdf>>. Acesso em: agosto de 2014.

MCMANUS, C. et al. Características produtivas e reprodutivas de vacas Holandesas e mestiças Holandês x Gir no Planalto Central. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.819-823, 2008.

MISTAL, I. et al. BLUPF90 and related programs (BGF90). **World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, France. 2002.

MONTEIRO, A. A. et al. Características da produção leiteira da região do agreste do estado de Pernambuco, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.28, n.4, p. 665-674, 2007.

PACHECO, P. S. et al. Grupo genético, sistema de acasalamento e efeitos genéticos aditivos e não-aditivos nas características de musculosidade da carcaça de novilhos oriundos do cruzamento rotativo Charolês × Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.494-502, 2010.

PENNA, V. M. et al. Um pouco da história do programa de melhoramento do Guzerá. Programa Nacional de Melhoramento do Guzerá para Leite: resultados do Teste de Progênie, do Arquivo Zootécnico Nacional e do Núcleo MOET, **Embrapa**. doc. 132, 2009.

RESTLE, J. et al. Grupo genético e heterose na produção de leite de vacas de corte submetidas a diferentes sistemas de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1329-1338, 2005.

SWAN, A.A.; KINGHORN, B.P.; Symposium: dairy crossbreeding: Evaluation and exploitation of crossbreeding in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.624-639, 1992.

TORRES FILHO, R. A. et al. Estudo da divergência genética entre linhas de suínos utilizando técnicas de análise multivariada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.3, p.390-395, 2005.

TORRES, R. A. et al. Ajustamento da produção de leite para os efeitos simultâneos de ordem, idade e estação de parto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2253-2259, 2000.

USDA. Disponível em : <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline>> acesso em junho de 2014.

VASCONCELLOS, B. F. et al. Efeitos genéticos e ambientais sobre a produção de leite, o intervalo de partos e a duração da lactação em um rebanho leiteiro com animais mestiços, no Brasil. **Revista da Universidade Rural, Sér. Ci. Vida**. Seropédica, EDUR, v. 23, n. 1, p. 39-45, 2003.

VERCESI Filho, A. E. et al. Parâmetros genéticos entre características de leite, de peso e a idade ao primeiro parto em gado mestiço leiteiro (Bos taurus x Bos indicus). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.4, p.983-990, 2007.

VERNEQUE, R. S. et al. Programa de melhoramento do Gir leiteiro In: **Simpósio Nacional de Melhoramento Animal**, março de 2000.

VERNEQUE, R. S. et al. Melhoramento Genético de Gado de Leite no Brasil. In: **Simpósio Nacional de Melhoramento Animal**, agosto de 2010.

WENCESLAU, A. A. et al. Estimativa 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.

ZAMPAR, A.; MOURAO, G. B. Implicações da utilização de cruzamentos em gado de leite. Piracicaba: **Agripoint Ltda.**, 2009.