

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA**

**ANA PAULA SALDANHA FRANZONI**

**PERFIL METABÓLICO E HORMONAL DE VACAS 1/2, 3/4 E >7/8 HOLANDÊS-GIR  
SOB MESMO SISTEMA DE PRODUÇÃO DURANTE O PERÍODO PRÉ E PÓS-PARTO**

**Belo Horizonte – Minas Gerais**

**2016**

**ANA PAULA SALDANHA FRANZONI**

**PERFIL METABÓLICO E HORMONAL DE VACAS 1/2, 3/4 E >7/8 HOLANDÊS-GIR  
SOB MESMO SISTEMA DE PRODUÇÃO DURANTE O PERÍODO PRÉ E PÓS-PARTO**

Tese apresentada à Escola de Veterinária da  
Universidade Federal de Minas Gerais como  
requisito parcial para a obtenção do Grau de  
Doutora em Zootecnia

Área de concentração: Produção Animal

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Gesteira Coelho

***Dedicatória***

*Dedico esta obra aos meus pais, William e Elci, ao meu marido, Thiago e ao meu filho, Leonardo, pelo amor, apoio e inspiração.*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo apoio incondicional durante os 11 anos de dedicação à veterinária. Por me mostrarem o valor da educação e qualificação pessoal. Pelos constantes ensinamentos e por me mostrarem a importância da família.

Ao meu grande amor: meu marido Thiago, por sempre me apoiar independente da escolha. Por abraçar esse experimento como próprio e dividir uma jornada solitária. Por não reclamar uma só vez das noites mal dormidas rumo à fazenda, dos dias sem almoço e das jornadas de trabalho muitas vezes de 20 horas diretas. Por ser tudo que sempre sonhei em alguém, meu cúmplice, meu amor, meu melhor amigo, meu companheiro para todas as horas e o melhor pai que poderia existir.

Ao meu filho Leonardo, meu companheiro em todos os momentos, por transformar minha vida.

À minha orientadora e amiga, Sandra pela excelente orientação desde a graduação e pelo apoio em todos os momentos de dúvida e dificuldade.

À Profa. Joana, pelo auxílio na realização da análise estatística dos dados sempre com muita paciência e generosidade. Pelo apoio nos momentos de dificuldade e pela extrema dedicação empenhada à este trabalho.

Ao Prof. Guilherme, à Devani e à toda equipe do Laboratório de Endocrinologia da UNESP Araçatuba pela parceria.

À Profa. Fabíola e equipe do Laboratório de Patologia Clínica da Escola de Veterinária da UFMG pelo auxílio durante a realização das análises laboratoriais.

Ao Prof. Último, verdadeiro mestre, pela amizade e acolhida desde os primeiros dias de curso. Por ser exemplo profissional e me ensinar a paixão pela veterinária.

Aos meus grandes amigos Ronaldo (Capi) e Anna Luiza (Guru) por toda dedicação e entrega à esse projeto. Sem vocês eu não teria conseguido.

À todos os professores integrantes da banca pelas contribuições.

À todos os meus amigos e familiares por tornar essa jornada mais leve.

Ao Ernane e à equipe da fazenda Queima Ferro por permitir a utilização dos animais e das instalações.

À FAPEMIG pelo financiamento à pesquisa.

À CAPES pela bolsa de estudos.

## SUMÁRIO

Resumo.....	6
Abstract .....	8
CAPÍTULO I.....	10
1.1. INTRODUÇÃO.....	10
2. CAPÍTULO II .....	12
2.1. REVISÃO DE LITERATURA .....	12
2.1.1. Características de vacas Gir, Holandês e Mestiças .....	12
2.1.2. Curva de lactação .....	15
2.1.3. Metabolismo no período de transição .....	17
2.1.4. Efeitos do balanço energético negativo no retorno à atividade ovariana no pós-parto e eficiência reprodutiva .....	24
2.1.5. Efeitos do estresse térmico no metabolismo .....	27
2.1.6. Referências bibliográficas .....	29
CAPÍTULO III .....	40
3. Artigo científico a ser submetido .....	40
ANEXO I.....	66
Certificado da comissão de ética no uso de animais da UFMG.....	66

## Resumo

Embora o maior número de vacas no Brasil seja de mestiças, os manejos nutricional e reprodutivo se baseiam em dados de pesquisas realizadas com rebanhos de animais *Bos taurus*, principalmente da raça Holandês, com pouco conhecimento sobre a incidência e caracterização de doenças no peri-parto, principalmente relacionadas aos cruzamentos específicos F1 e 3/4 Holandês-Gir. Objetivou-se caracterizar o efeito da composição genética na condição corporal, produção de leite, perfil metabólico e hormonal de vacas mestiças 1/2, 3/4 e >7/8 (7/8 HG, 15/16 HG e Holandês) Holandês-Gir em uma única fazenda, submetidas ao mesmo manejo, durante o período pré e pós-parto. Utilizou-se 28 vacas multíparas - 1/2 HG (n=8), 3/4HG (n=10) e > 7/8 Holandês (n=10). A análise estatística dos dados foi realizada dividindo-se as coletas em períodos: pré-parto (coletas nos dias nove, sete, e cinco dias pré-parto); primeiro mês pós-parto (coletas entre os dias três e 28 pós-parto); segundo mês pós-parto (coletas entre os dias 28 e 63 pós-parto). Todos os grupos genéticos apresentaram curvas de lactação estimadas típicas. A produção de leite total e a duração da lactação foram maiores para os grupos 3/4HG (7924,92±1955,64L e 324,4±97,9 dias) e >7/8 HG (6934,85±2038,74L e 345,3±36,4 dias) em comparação ao grupo 1/2HG (3968,64±2795,76L e 231,0±105,5 dias) ( $p<0,05$ ). A produção de leite ao pico foi maior para o grupo 3/4HG (31,3±2,9L) em relação às vacas 1/2HG (21,2±9,1L) ( $p<0,05$ ) e o grupo genético 7/8HG (28,4±3,6L) foi semelhante aos outros dois ( $p>0,05$ ). O tempo em dias para atingir o pico de produção não diferiu entre os grupos ( $p>0,05$ ) (1/2HG: 60,5±25,4; 3/4HG: 45,5±12,3; >7/8HG: 63,4±27,5). As vacas 1/2HG apresentaram maior ECC ao parto (3,9±0,3) e maior perda de ECC no pós-parto (0,6±0,2) ( $p<0,05$ ). Não houve diferença entre os grupos genéticos para dias para atingir o ECC mais baixo a partir do parto (1/2HG: 13,0±10,6; 3/4HG: 6,6±7,0; >7/8HG: 7,1±9,1), dias para recuperação do ECC a partir do parto (1/2HG: 24,8±14,1; 3/4HG: 12,6±13,9; >7/8HG: 20,4±23,2), ECC na semana da primeira ovulação (1/2HG: 3,5±0,4; 3/4HG: 3,2±0,3; >7/8HG: 3,3±0,3), semanas para a primeira ovulação (1/2HG: 5,3±2,3; 3/4HG: 3,7±1,6; >7/8HG: 3,9±1,6) e período de serviço (1/2HG: 110,3±54,1; 3/4HG: 125,0±41,7; >7/8HG: 154,1±91,9) ( $p>0,05$ ). Não foram observadas diferenças para os valores plasmáticos de AGNE entre os grupos genéticos ou nas semanas avaliadas ( $p>0,05$ ), sendo que os valores foram abaixo de 0,123 mmol/L em todos os períodos avaliados independente do grupo genético. No período pré-parto, a concentração plasmática de glicose foi maior para o grupo genético 1/2HG (59,7±3,7 mg/dL) ( $p<0,05$ ) e a

concentração plasmática de insulina do grupo genético 3/4HG ( $9,5 \pm 2,9 \mu\text{U/mL}$ ) foi semelhante aos grupos 1/2HG ( $8,7 \pm 2,8 \mu\text{U/mL}$ ) e >7/8HG ( $6,9 \pm 2,1 \mu\text{U/mL}$ ) ( $p > 0,05$ ). A concentração plasmática de IGF-1 foi semelhante entre o grupo 3/4HG ( $189,3 \pm 42,5 \text{ ng/mL}$ ) e os outros grupos genéticos ( $p > 0,05$ ), no entanto o grupo 1/2HG ( $213,9 \pm 40,0 \text{ ng/mL}$ ) apresentou valores maiores que o grupo >7/8HG ( $168,4 \pm 29,3 \text{ ng/mL}$ ) ( $p < 0,05$ ). No primeiro mês pós-parto, não foram observadas diferenças nas concentrações plasmáticas de insulina, glicose e IGF-1 ( $p > 0,05$ ) dos diferentes grupos genéticos. No segundo mês pós-parto, o grupo genético 3/4HG ( $57,5 \pm 7,7 \text{ mg/dL}$ ) apresentou concentrações plasmáticas de glicose semelhantes aos grupos 1/2HG ( $63,0 \pm 6,4 \text{ mg/dL}$ ) e >7/8 HG ( $56,5 \pm 4,7 \text{ mg/dL}$ ). No entanto, o grupo 1/2 HG apresentou concentrações maiores que o grupo > 7/8 HG ( $p < 0,05$ ). A concentração plasmática de insulina foi maior para o grupo genético 1/2HG ( $22,1 \pm 18,9 \mu\text{U/mL}$ ) em relação aos grupos 3/4HG ( $9,9 \pm 4,4 \mu\text{U/mL}$ ) e >7/8HG ( $8,9 \pm 4,0 \mu\text{U/mL}$ ) ( $p < 0,05$ ). As vacas 1/2HG apresentaram maior concentração plasmática de IGF-1 ( $288,1 \pm 117,5 \text{ ng/mL}$ ) no mesmo período ( $p < 0,05$ ). Houve diferenças no perfil metabólico e hormonal entre os grupos genéticos, sendo que o grupo 3/4 demonstrou maior adaptabilidade às condições experimentais.

Termos para indexação: *Bos indicus*; *Bos taurus*; curva de lactação; insulina; IGF-1

## Abstract

Although Brazilian herd is mainly composed of crossbred cows, the nutritional and reproductive management systems are based on survey data with herds of animals *Bos taurus*, mainly Holstein, with little knowledge about the incidence and characterization of diseases in peri-partum mainly related to specific crosses F1 and 3/4 Holstein-Gyr. This study aimed to characterize the effect of genetic composition in body condition, milk yield, metabolic and hormone profile of crossbred cows 1/2, 3/4 and > 7/8 (7/8 HG, 15/16 HG and Holstein) Holstein-Gyr on a single farm, under the same management during the pre and post-partum period. 28 multiparous cows - 1/2 HG (n = 8) 3 / 4HG (n = 10) and > 7/8 Holstein (n = 10) were used. Data statistical analysis was performed by dividing samplings into periods: prepartum (nine, seven and five days prepartum); first month postpartum (between 3 and 28 postpartum); second month postpartum (between 28 and 63 days postpartum). All genetic groups showed typical estimated lactation curves. The total milk production and duration of lactation were greater for groups 3/4HG (1955,64L and  $7924.92 \pm 324.4 \pm 97.9$  days) and >7/8HG ( $6934.85 \pm 2038,74L$  and  $345.3 \pm 36.4$  days) compared to group 1/2HG ( $3968.64 \pm 2795,76L$  and  $231.0 \pm 105.5$  days) ( $p < 0.05$ ). The milk production peak was higher for group 3/4HG ( $31.3 \pm 2,9L$ ) compared to cows 1/2HG ( $21.2 \pm 9,1L$ ) ( $p < 0.05$ ) and genetic group 7/8HG ( $28.4 \pm 3,6L$ ) was similar to the other two groups ( $p > 0.05$ ). The time to reach peak production in days did not differ between groups ( $p > 0.05$ ) (1/2HG:  $60,5 \pm 25,4$ ; 3/4HG:  $45,5 \pm 12,3$ ; >7/8HG:  $63,4 \pm 27,5$ ). Cows 1/2HG had higher BCS at calving ( $3.9 \pm 0.3$ ) and greater loss of BCS postpartum ( $0.6 \pm 0.2$ ) ( $p < 0.05$ ). There was no difference between genetic groups for the time in days to reach the lowest BCS from the partum (1/2HG:  $13,0 \pm 10,6$ ; 3/4HG:  $6,6 \pm 7,0$ ; >7/8HG:  $7,1 \pm 9,1$ ), days to the BCS recovery from partum (1/2HG:  $24,8 \pm 14,1$ ; 3/4HG:  $12,6 \pm 13,9$ ; >7/8HG:  $20,4 \pm 23,2$ ), BCS in the week of first ovulation (1/2HG:  $3,5 \pm 0,4$ ; 3/4HG:  $3,2 \pm 0,3$ ; >7/8HG:  $3,3 \pm 0,3$ ), weeks to first ovulation (1/2HG:  $5,3 \pm 2,3$ ; 3/4HG:  $3,7 \pm 1,6$ ; >7/8HG:  $3,9 \pm 1,6$ ) and period of service (1/2HG:  $110,3 \pm 54,1$ ; 3/4HG:  $125,0 \pm 41,7$ ; >7/8HG:  $154,1 \pm 91,9$ ) ( $p > 0.05$ ). There were no differences in the plasma levels of NEFA between genetic groups or in the weeks evaluated ( $p > 0.05$ ), and the values were below 0.123 mmol/L in all experimental periods regardless of genetic group. In the prepartum period, the plasma glucose concentration was higher for the genetic group 1/2HG ( $59.7 \pm 3.7$  mg/dL) ( $p < 0.05$ ) and plasma insulin concentration of genetic group

3/4HG ( $9.5 \pm 2.9$  U/mL) was similar to groups 1/2HG ( $8.7 \pm 2.8$  U/mL) and >7/8HG ( $6.9 \pm 2.1$  U/mL) ( $p > 0.05$ ). The plasma concentrations of IGF-1 was similar between the 3/4HG group ( $189.3 \pm 42.5$  ng/mL) and other genetic groups ( $p > 0.05$ ), however the group 1/2HG ( $213.9 \pm 40.0$  ng/mL) values were higher than the group >7/8HG ( $168.4 \pm 29.3$  ng/mL) ( $p < 0.05$ ). In the first month postpartum, there were no differences in plasma concentrations of insulin, glucose and IGF-1 ( $p > 0.05$ ) from different genetic groups. In the second month postpartum, genetic group 3/4HG ( $57.5 \pm 7.7$  mg/dL) had plasma concentrations of glucose similar to groups 1/2HG ( $63.0 \pm 6.4$  mg/dL) and >7/8 GH ( $56.5 \pm 4.7$  mg / dL). However, the 1/2 HG group showed higher concentrations than the group > 7/8 HG ( $p < 0.05$ ). The plasma insulin concentration was higher for the genetic group 1/2HG ( $22.1 \pm 18.9$  U/mL) compared to groups 3/4HG ( $9.9 \pm 4.4$  U / ml) and >7/8HG ( $8.9 \pm 4.0$  U/mL) ( $p < 0.05$ ). The 1/2HG cows showed higher plasma concentrations of IGF-1 ( $288.1 \pm 117.5$  ng/mL) in the same period ( $p < 0.05$ ). There were differences in the metabolic and hormonal profile between genetic groups and 3/4 HG group showed greater adaptability to the experimental conditions.

Index terms: *Bos indicus*; *Bos taurus*; lactation curve; insulin; IGF-1

# CAPÍTULO I

## 1.1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui um dos maiores rebanhos bovinos do mundo, porém, apresenta índices zootécnicos baixos em relação a países produtores tradicionais de leite (EMBRAPA, 2006). A produção de leite, em países de clima tropical, como o Brasil, é limitada pelas baixas produtividades das raças mestiças e pela dificuldade adaptativa das raças de origem europeia, culminando com a baixa produtividade do rebanho (Vasconcelos et al., 2003).

O sistema de produção de leite a pasto com suplementação na época da seca é comum no País, e a principal composição genética utilizada nestes sistemas é a mestiça, obtida por cruzamento entre a raça Holandês e raças zebuínas, principalmente a Gir Leiteiro (Facó et al., 2002), aliando a adaptação ao clima tropical das raças indianas, e o potencial produtivo das raças taurinas (Vasconcellos et al., 2003).

O período de transição recebe pouca atenção em pesquisas com vacas mestiças ao se comparar com vacas leiteiras especializadas de alta produção. Define-se como período de transição as três semanas antes e três semanas após o parto (Grummer, 1995; Drackley, 1999), sendo este um período de mudanças fisiológicas e metabólicas dramáticas para a vaca de leite (Reynolds et al., 2003). As mudanças no metabolismo ocorrem para atender as novas demandas nas exigências nutricionais do final da gestação e início da lactação. Portanto, as mudanças não se restringem apenas à glândula mamária, mas envolvem muitos processos fisiológicos e todos os outros tecidos (Ingvarsen et al., 1992; Ingvarsen e Andersen, 2000).

Em rebanhos americanos, que utilizam em sua grande maioria animais da raça Holandês, aproximadamente 50% das vacas apresentam um ou mais distúrbios de saúde durante esse período e aproximadamente 75% das doenças das vacas de leite tipicamente ocorrem no primeiro mês de lactação (LeBlanc et al., 2006). Provavelmente esses eventos são consequência da seleção genética durante muitos anos focada apenas na produção de leite, que trouxe problemas para a raça Holandês relacionados à distúrbios metabólicos e reprodutivos, concentrados principalmente nesse período (Drackley, 1999).

Embora o maior número de vacas no Brasil seja de mestiças, os manejos nutricional e reprodutivo baseiam -se em dados de pesquisas realizadas com rebanhos de animais *Bos*

*taurus*, principalmente da raça Holandês, com pouco conhecimento sobre a incidência e caracterização de doenças no peri-parto, principalmente relacionadas aos cruzamentos específicos F1 e 3/4 Holandês-Gir. Além disso, são escassos os relatos de avaliações do desempenho de animais dessas composições genéticas em um mesmo ambiente, submetidos ao mesmo manejo nutricional, durante o mesmo período de tempo, o que é desejável para eliminar variáveis não relacionadas com a composição genética.

Objetivou-se com este trabalho caracterizar o efeito da composição genética na condição corporal, produção de leite, perfil metabólico e hormonal de vacas mestiças 1/2, 3/4 e >7/8 (7/8 HG, 15/16 HG e Holandês) Holandês-Gir em uma única fazenda, submetidas ao mesmo manejo, durante o período pré e pós-parto.

## **2. CAPÍTULO II**

### **2.1. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **2.1.1. Características de vacas Gir, Holandês e Mestiças**

A maior parte do território nacional está situado na faixa tropical do planeta, que apresenta temperaturas elevadas. Segundo Porcionato et al. (2009), aproximadamente 64% dos bovinos do mundo são criados na região tropical, no entanto, a produtividade é menor que em regiões temperadas. Entre as causas do menor rendimento estão o baixo mérito para produção de leite das raças zebuínas, a dificuldade de adaptação das raças europeias e o menor valor nutritivo das pastagens (Vasconcellos et al., 2003).

Para aumentar o potencial de produção de leite, considerando as características ambientais de clima e umidade, ao longo dos anos, os produtores nacionais procuram associar as características desejáveis das raças europeias e zebuínas (Azevedo et al., 2005) para que os descendentes deste cruzamento apresentem maior vigor geral que a média dos pais (Teodoro, 2004). Esses cruzamentos mostram-se viáveis, do ponto de vista econômico (Ferreira e Madalena, 1997) e geram animais mestiços, principalmente formados a partir de bases das raças Holandês e Gir (Azevedo et al., 2005).

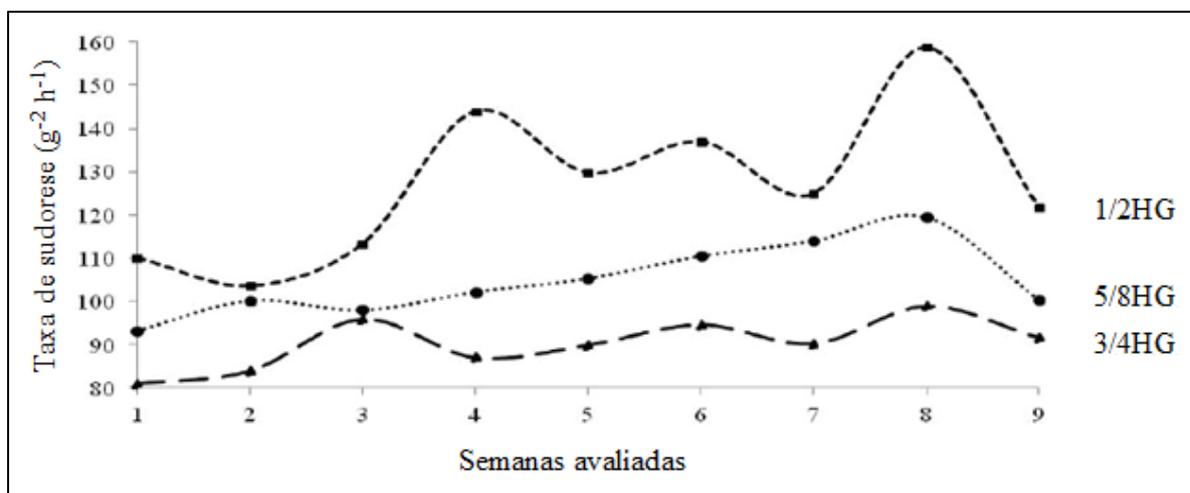
A raça Gir vem, há anos, passando por processo de seleção para produção de leite, sendo que a linhagem já conquistou o status de raça leiteira (Teodoro, 2004). Em 1985 criou-se o Programa Nacional de Melhoramento Genético do Gir Leiteiro. O programa possui 296 touros provados e aproximadamente 195 touros sendo submetidos ao teste de progênie. A raça possui mais de 2000 vacas com lactações acima de 5.000 kg e mais de 500 com produções acima de 7.000 kg. Além disso, a vida útil de uma vaca Gir é significativamente superior à de vacas europeias, sendo comum animais com dez crias em atividade produtiva (ABCGIL, 2011).

A raça Holandês é reconhecidamente a raça que proporciona maior ganho de produtividade de leite nos rebanhos. No entanto, no Brasil, animais puros dessa raça nem sempre conseguem confirmar a expectativa de aumento da produção de leite por serem mais exigentes no que diz respeito à temperatura ambiente e nutrição (Schiffler, 1998). As raças zebuínas conseguem se adaptar melhor ao clima tropical, pois possuem pelos finos e curtos,

pele escura, coberta por melanina e maior área de superfície nas orelhas e barbela, que aumentam a troca de calor (Pereira, 2005).

A zona de conforto térmico corresponde aos limites de temperatura onde o animal não gasta energia para se ajustar às condições ambientais. Os valores de temperatura médios do ar no Brasil superam os limites da zona de conforto térmico de animais taurinos (0-16°C), já animais zebuínos possuem conforto térmico entre 10 e 27°C e pode ser expandida para 5 a 31 °C para cruzamentos *Bos indicus* x *Bos Taurus*, demonstrando o efeito da heterose (Pereira, 2005). No trabalho de Azevedo et al. (2005), ao estimarem valores críticos do índice de temperatura e umidade (ITU) para vacas leiteiras mestiças Holandês-Zebu (1/2, 3/4 e 7/8HZ) com produção média de leite superior a 10L/dia, considerando-se as alterações da temperatura retal e da frequência respiratória, verificaram que vacas do grupo genético 1/2HZ demonstraram maior tolerância ao calor que as 7/8HZ, enquanto as 3/4HZ se mantiveram em posição intermediária.

Segundo Lima et al. (2013), animais com maior proporção de genes Gir não demonstram necessariamente menor produção de leite, uma vez que possuem melhor resposta ao estresse térmico. Nesse trabalho, os pesquisadores encontraram maiores taxas de sudorese para vacas de leite 1/2 HG, quando comparadas com animais 3/4HG e com valores intermediários para as vacas 5/8 HG (Figura 1).



**Figura 1** – Variação na taxa de sudorese de vacas Girolando 1/2, 5/8 e 3/4 HG durante o período experimental (Adaptado de Lima et al., 2013).

De acordo com Baeta e Souza (2010), uma quantidade significativa de calor é removido da epiderme com a vaporização. À medida que a água passa do estado líquido para

o gasoso (vapor), ela remove certa quantidade de calor, reduzindo a temperatura corporal e esfriando o sangue que circula sob a pele.

Entre os fatores mais importantes a se considerar para definir estratégias de cruzamentos, destacam-se a utilização de raças adaptadas ao ambiente onde serão exploradas, o manejo que será empregado, e a seleção de animais cujo potencial genético seja superior para os objetivos, na tentativa de se obter animais geneticamente adequados (Alves et al., 2004).

A produção de leite de vacas mestiças varia de 1.990 kg de leite/lactação para vacas primíparas e 3.001 - 3.673 kg de leite/lactação para múltíparas acima da terceira lactação, em 270 dias de lactação (Freitas et al., 2001; Ruas et al., 2010). O pico de produção ocorre por volta da quarta semana de lactação (Peixoto, 2011) e o pico de consumo ocorre aos 40 dias de lactação para animais em pastejo, e aos 56 dias para animais confinados (Santos, 2011).

Já a produção média de vacas Holandês é de 9.800 kg em 305 dias de lactação (USDA-2012), sendo que o pico de produção ocorre entre a sexta e a oitava semanas de lactação. No período peri-parto ocorre queda no consumo de matéria seca, que se inicia em média 18 semanas antes do parto e cai aproximadamente 1,53% (aproximadamente 0,17kg) por semana até três semanas pré-parto, sendo o menor consumo ao parto (Ingvarlsen et al., 1992; Ingvarlsen e Andersen, 2000). A queda de consumo varia entre 10% a 30% nas últimas três semanas pré-parto comparado com o consumo no início do período seco (Drackley et al., 2005). Após o parto, o consumo máximo é alcançado entre a oitava e a vigésima segunda semana (Ingvarlsen e Andersen, 2000).

Segundo Berman (2011) as vantagens atribuídas ao gado Zebu em climas quentes se devem aos menores requerimentos nutricionais para manutenção, menor produção de leite e respostas à melhorias no manejo e nutrição. No entanto, à medida que selecionamos geneticamente esses animais focando em aumentar a produção de leite estaríamos aumentando as demandas energéticas dessas vacas. Será que, com isso, estaríamos seguindo o mesmo caminho traçado pela seleção genética da raça Holandês, rumo à menor resistência, menor longevidade e maior incidência de distúrbios metabólicos? Pesquisas voltadas a solucionar essa questão devem ser realizadas a fim de elucidar o melhor caminho a se seguir.

### 2.1.2. Curva de lactação

A curva de lactação pode ser definida como a representação gráfica da produção diária de leite de uma vaca no decorrer de sua lactação. Pode ser utilizada para estimar a produção de leite em qualquer período ou no transcorrer da lactação. Seu estudo proporciona melhor entendimento do sistema de produção (Cobuci et al. 2001), e do metabolismo animal nessa fase, favorecendo a tomada de decisões em relação ao manejo das vacas lactantes com base no estágio de lactação em que se encontram (Costa et al., 1982).

Na curva de lactação podem ser identificados: tempo de ascensão ao pico, pico de produção, tempo de queda (persistência de produção ou da lactação), duração da lactação, além de quedas bruscas de produção, respostas a dietas, manejo etc. (Ferreira e Bearzoti, 2003). Esses parâmetros de um rebanho auxiliam na adequação de técnicas de alimentação e manejo, no descarte e na seleção precoce de animais conforme a capacidade de produção (Gonçalves et al., 1996). Portanto, a comparação da forma da curva entre grupos distintos de animais, com diferentes composições raciais, é de grande importância, pois, mediante essas comparações, podem ser obtidas informações sobre a eficiência desses grupos, propiciando melhor entendimento e controle da produção (Groenewald e Viljoen, 2003). Apesar da maior parte da produção de leite do Brasil ser obtida de vacas mestiças de raças europeias e raças zebuínas, o número de autores que têm estudado a curva de lactação dessas fêmeas é reduzido (Glória, 2008).

Curvas de lactação podem ser geradas e estudadas através de modelos matemáticos. Vários modelos têm sido propostos ao longo dos anos para descrever a curva de lactação e, dentre eles, o modelo baseado na função gamma incompleta, desenvolvido por Wood (1967), é um dos mais citados na literatura, pela facilidade de interpretação dos parâmetros (Glória et al., 2010). É o modelo mais frequentemente utilizado pela maioria dos pesquisadores que estudam a forma da curva de lactação de bovinos, tanto de fêmeas puras de raças européias (Papajcsik e Boderó, 1988; Junqueira et al., 1997) quanto de mestiças de raças européias com raças zebuínas (Madalena et al. 1979; Glória et al., 2010; Amaral et al., 2015).

Wood (1967) fez a primeira tentativa de descrever a lactação completa de bovinos da raça Frísio utilizando a associação da produção com a função gamma incompleta. Até então, os modelos algébricos só se referiam a fase descendente da curva. Várias outras funções propostas na literatura são modificações da gamma incompleta de Wood (Glória, 2008).

A curva-padrão, ou típica, é descrita para lactações de vacas de raças especializadas e é subdividida em fases distintas: a fase inicial, ascendente, que compreende o período do início da lactação até o pico, definido como a fase de produção de leite diária máxima em uma lactação; a fase descendente, de declínio continuado, que se estende do pico até o final da lactação ou secagem (Oliveira et al., 2004).

Quando há presença de curvas atípicas em um estudo, podem ser explicadas pela incapacidade da função em estimar o pico de lactação ou pela ineficiência do sistema de controle leiteiro, quando o período entre o parto e primeiro controle é longo (El Faro et al., 2002). Para zebuínos, a curva de lactação tende a não apresentar pico ou, quando apresenta, ele ocorre nas primeiras semanas. O pico não é estimado e a curva é considerada atípica porque geralmente o sistema de controle leiteiro é mensal (Ferreira, 2013). Realizando-se controles leiteiros semanais, para rebanhos de animais zebuínos e seus mestiços, dificilmente o pico de lactação não seria estimado, mesmo ocorrendo, em média, na segunda semana após o parto (El Faro et al., 1999).

O pico de lactação é definido como a produção máxima alcançada em um dia específico da lactação (Wood, 1967) e vacas que apresentam produções mais elevadas no pico, tendem a apresentar decréscimo mais rápido da produção de leite após a expressão máxima da produção (Tekerli et al., 2000). Segundo Capuco et al. (2003) a curva de lactação está relacionada com o balanço entre as taxas de proliferação e apoptose das células epiteliais da glândula mamária. O número de células epiteliais mamárias e suas atividades secretórias determinam a forma da curva de lactação dos animais. Em bovinos, o aumento da atividade secretória das células epiteliais mamárias aumenta a produção de leite até o pico da lactação. Após o pico, a redução numérica dessas células reduz a produção de leite.

Gonçalves et al. (2002), verificaram que o pico de produção de vacas da raça Holandês no estado de Minas Gerais ocorreu, aproximadamente, 38 dias após o parto. Já no estado do Paraná, Molento et al. (2004) relataram que o pico de produção de vacas da raça Holandês ocorreu durante o segundo mês de lactação. No entanto, Cobuci et al. (2004) observaram o pico de lactação de vacas Holandês entre 60 e 90 dias de lactação. O pico de produção de animais F1 Holandês-Zebu, foi observado nos dias 24; 26 e 23 pós-parto por Peixoto (2011), Ruas et al. (2008) e Glória et al. (2010), respectivamente, todos na 4ª semana pós-parto.

O período de lactação é definido como tempo decorrido entre o parto e a secagem da vaca. É desejável que o período de lactação seja de aproximadamente 305 dias, para que a vaca proporcione um parto por ano e tenha período seco, próximo à 60 dias, considerado ideal para recuperação anatomo-fisiológica da glândula mamária (Rangel et al. 2009).

Glória et al. (2006) relataram que, em rebanhos de animais mestiços, a duração da lactação é maior à medida que há aumento da proporção de genes da raça Holandês, 306,5±1,9; 328,2±2,5 e 337,0±4,6 dias para vacas 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Gir, respectivamente. Junior et al. (2014) também observaram esta relação, sendo que as vacas mestiças 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Gir apresentaram 302,20±4,07; 337,75±4,25 e 344,19± 5,40 dias, respectivamente.

### 2.1.3. Metabolismo no período de transição

O período de transição, correspondente a três semanas antes e três semanas após o parto, é extremamente importante para a saúde, produção e rentabilidade da vaca leiteira. A transição do final da gestação para o início da lactação é um exemplo clássico de homeorrese. Bauman & Currie (1980) definiram homeorrese como “mudanças coordenadas ou orquestradas no metabolismo de tecidos corporais necessárias para dar suporte a um determinado status fisiológico”. Grandes mudanças adaptativas ocorrem durante a fase final da gestação e o início da lactação. O principal desafio enfrentado pelas vacas é o aumento expressivo na demanda de nutrientes para produção de leite associado ao baixo consumo de matéria seca, sendo que as exigências de energia líquida para lactação praticamente dobram do período próximo ao parto para início da lactação (Tabela 1).

**Tabela 1.** Exigências de energia líquida de lactação (MJ/d) para multíparas e primíparas dois dias antes versus dois dias após o parto

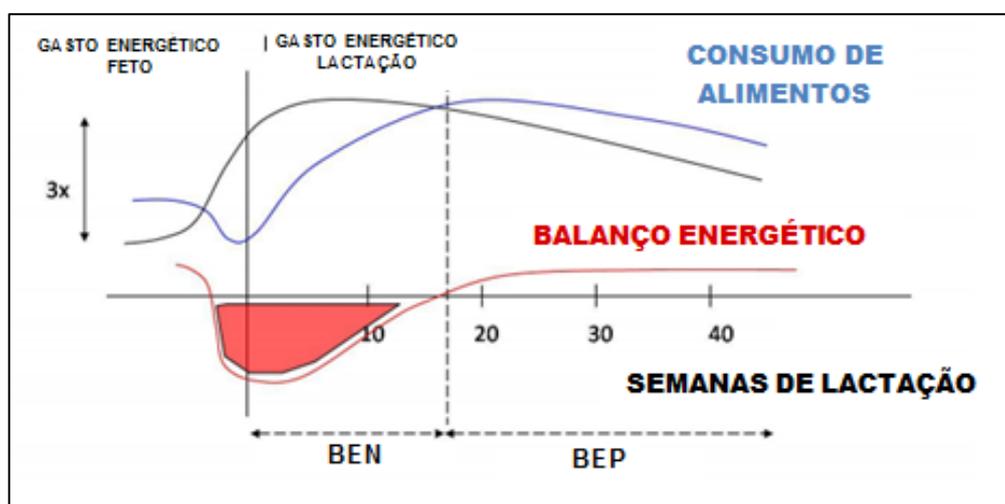
Função	Multíparas		Primíparas	
	-2 d	+2 d	-2 d	+2 d
Mantença	46,9	42,2	38,9	35,6
Prenhez	13,8	-	11,7	-
Crescimento	-	-	7,9	7,1
Produção de Leite	-	78,2	-	62,3
<b>Total</b>	<b>60,7</b>	<b>120,4</b>	<b>58,5</b>	<b>105,0</b>

Calculado pelo NRC (2001), assumindo produção de leite corrigido para 4% de gordura de 25 kg/d para vacas multíparas e 20 kg/d para vacas primíparas. Adaptado de: Drackley et al., (2005).

O pico de lactação, ou seja, a maior produção de leite diária, ocorre antes do pico de ingestão de matéria seca pós-parto. Segundo Kramer et al. (2009), o pico de lactação acontece próximo a 6<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> semana, enquanto o pico de consumo ocorre aproximadamente na

10<sup>a</sup> a 15<sup>a</sup> semana pós-parto. Este desencontro entre aumento de demanda nutricional e baixa capacidade de ingestão de matéria seca gera diferença negativa entre energia requerida e energia consumida, conhecida por balanço energético negativo (Figura 2) (Grummer, 2004).

De acordo com Rastani et al. (2005), o tempo médio de duração do balanço energético negativo, tanto para primíparas como para multíparas, é de cinco semanas, mas pode ser evidentemente afetado por inúmeros fatores, principalmente o volume de leite produzido. A mobilização de tecidos corporais no período inicial de lactação consiste em uma fonte alternativa de energia para as vacas de leite suprirem a demanda energética de manutenção e de produção de leite que não é atendida pela dieta (Waltner et al., 1993).



**Figura 2** – Representação hipotética do requerimento energético (linha preta), consumo de alimentos (linha azul) e balanço energético (linha vermelha) em vacas de alta produção antes e após o parto (representado pela linha preta sólida vertical) Adaptado de: Bossaert (2010).

Segundo LeBlanc (2010) a redução da função imune, a queda na ingestão de matéria seca, o balanço energético negativo e a resistência à insulina estão associados à distúrbios metabólicos ou doenças infecciosas em 30 a 50% das vacas de leite. A ocorrência de distúrbios patológicos no pós-parto compromete o desempenho reprodutivo e produtivo no período subsequente, e aumenta os riscos de descarte desses animais (Almeida et al., 2012). Segundo Pinedo et al. (2014) o risco de descarte causado por doenças foi maior durante os primeiros 60 dias de lactação, do que no final da lactação, quando as principais causas de descarte foram devido à abortos, baixa produtividade e características específicas da raça.

A compreensão das alterações que ocorrem no organismo animal durante essa fase é fundamental para ajustar o manejo às vacas que se encontram nessas condições (Juchem et al., 2004). Pouco se sabe sobre as alterações metabólicas em vacas mestiças, o manejo desses animais é baseado, em sua maior parte, em pesquisas com animais da raça Holandês, que não retratam a realidade homeorrética dessas vacas. Segundo Brown et al. (2012) os ácidos graxos não esterificados (AGNE), o  $\beta$ -hidroxibutirato (BHBA), a insulina, o fator de crescimento semelhante a insulina-1 (IGF-1) e a glicose são ótimos parâmetros para compreensão dos efeitos do balanço energético.

Após o parto, o início da síntese de leite aumenta significativamente a demanda de glicose pela glândula mamária para a síntese de lactose, momento que a ingestão de matéria seca ainda não atingiu seu ápice. A demanda de glicose em vacas Holandês passa de 1.000 a 1.100 g/d nos últimos 21 dias pré-parto para 2.500g/d aproximadamente no vigésimo primeiro dia pós-parto (Drackley et al., 2005). Devido à maioria dos carboidratos da dieta ser fermentada no rúmen, pouca glicose é diretamente absorvida a partir do trato gastrointestinal. Consequentemente, vacas de leite dependem prioritariamente da gliconeogênese hepática para atingir os requerimentos sistêmicos de glicose (Drackley et al., 2005).

No entanto, o propionato absorvido no rúmen que será utilizado como substrato para a gliconeogênese é responsável apenas por 50% da glicose produzida, provavelmente devido à baixa ingestão de matéria seca nesse período (Reynolds et al., 2003; Drackley et al., 2005). Aminoácidos da dieta ou da mobilização proteica dos músculos esqueléticos, lactato, assim como glicerol proveniente da lipólise são os outros principais substratos para a síntese de glicose remanescente (Seal e Reynolds, 1993; Reynolds et al., 2003). Segundo Overton et al. (1999) a taxa de mobilização de proteínas musculares de vacas da raça Holandês no pós-parto é três vezes maior que no pré-parto e a capacidade do fígado em converter alanina em glicose aumenta 198% no mesmo período, sendo que a capacidade para conversão do propionato aumenta apenas 119%.

A concentração de glicose plasmática na vaca de leite da raça Holandês aumenta durante as últimas semanas de gestação e cai bruscamente no pós-parto, alcançando a menor concentração uma a três semanas de lactação, o que reflete a intensa demanda de glicose pela glândula mamária nesse período (Ingvarsen e Andersen, 2000).

Peixoto (2011), ao avaliar vacas mestiças F1 Holandês-Zebu durante o pré e pós-parto não observou variação na concentração de glicose nas duas últimas semanas de gestação, sendo a média 58,3 mg/dL. No entanto, a concentração plasmática aumentou para 66,1 mg/dL no segundo dia pós-parto. O mesmo foi encontrado por Vazquez-Añon et al. (1994) ao

estudar vacas da raça Holandês e Carvalho (2009) estudando vacas F1 Holandês-Zebu. O aumento da concentração de glicose plasmática ao parto pode ser consequência da mobilização do glicogênio hepático (Vazquez-Añon et al., 1994) associado ao pico de cortisol ao parto que estimula a gliconeogênese (Bauman e Currie, 1980).

No trabalho de Vazquez-Añon et al. (1994) com vacas da raça Holandês, a glicose plasmática na primeira semana de lactação caiu cerca de 25% da concentração ao parto, com produção de leite média de 28,3 L/dia na primeira semana, o que não foi observado por Peixoto (2011) com vacas F1 Holandês-Zebu, sendo que a média de produção de leite foi 23,3L/dia na primeira semana da lactação.

Westwood et al. (2000) não verificaram diferenças entre a concentração de glicose peri-parto para vacas da raça Holandês com diferentes méritos genéticos para produção de leite. Já Harrison et al. (1990) observaram concentrações mais baixas de glicose nas primeiras semanas pós-parto de vacas da raça Holandês selecionadas há 20 anos para produção de leite comparadas à vacas do mesmo rebanho que não foram previamente selecionadas. Souza e Birgel Junior (2009) não encontraram diferença nas concentrações plasmáticas de glicose de vacas da raça Holandês no pós-parto (0 – 60 dias), relatando valores entre  $53,2 \pm 9,44$  e  $58,76 \pm 9,86$  mg/dL.

A captação de glicose pelas células de tecidos periféricos é realizada através de receptores dependentes de insulina, o que a torna um hormônio importante para vários processos metabólicos no corpo. Já a glândula mamária, fígado, cérebro e tecidos fetais possuem receptores de glicose independentes de insulina (Zhao e Keating, 2007). No tecido adiposo a insulina estimula a utilização de glicose e acetato para a síntese de triglicerídeos, baixas concentrações desse hormônio inibem a captura de ácidos graxos não esterificados, glicose e glicerol pelos adipócitos (Drackley et al., 2001). Portanto, queda na concentração de insulina inibe a lipogênese e estimula a mobilização do tecido adiposo.

No período peri-parturiente, as concentrações de insulina de vacas da raça Holandês caem, assim como a secreção pancreática de insulina estimulada pela glicose. Com a queda nas concentrações de insulina a expressão dos receptores de glicose dependentes de insulina diminui (resistência periférica à insulina), o que direciona a glicose plasmática para os tecidos que não dependem de insulina (Bell, 1995). Essa resistência pode ocorrer por queda no efeito máximo da insulina (queda na responsividade da insulina) ou por aumento da concentração de insulina necessária para atingir a metade do efeito máximo (queda na sensibilidade da insulina) ou pela combinação dos dois fatores. A queda na sensibilidade da insulina está relacionada à menor afinidade ao receptor e a queda na responsividade com alterações pós-

receptor. Como resultado, a captação de glicose pela glândula mamária é constante e o úbere da vaca da raça Holandês parece consumir mais que 97% da energia disponível suprida pela nutrição (Bell, 1995; Drackley, 1999).

No trabalho de Peixoto (2011), com vacas mestiças Holandês-Zebu, a concentração de insulina apresentou-se alta durante todo o período experimental (entre 8,1 e 9,2  $\mu\text{U/mL}$ ) exceto no quinto dia pós-parto (média de 6,5). Além disso, o autor não observou resistência periférica à insulina ou a mesma estava diminuída nos animais estudados, uma vez que os mesmos começaram a ganhar peso na primeira semana pós-parto e apresentar queda crescente na concentração de glicose plasmática. Já Carvalho (2009) observou resistência à insulina, caracterizada por aumento da insulina não acompanhada de redução na glicemia, no pós-parto de animais F1 Holandês-Zebu em sistema de pastejo (época das chuvas) e recebendo concentrado no momento da ordenha. O comportamento diferente da concentração de insulina plasmática de animais mestiços Holandês-Zebu pode contribuir para que esses não percam tanto peso no período pós-parto, quando comparados com animais da raça Holandês.

O controle de peso dos animais no dia a dia da fazenda nem sempre é simples de ser realizado, por isso muitas vezes a utilização do escore de condição corporal é a principal ferramenta para monitoramento do *status* energético e das reservas de gordura dos animais por avaliação visual. É realizado por inspeção da pelve e inserção da cauda, costelas e lombo, podendo-se seguir a escala de 1 a 5 pontos de Edmonson et al. (1989), sendo 1: muito magra, 2: magra, 3: média, 4: boa e 5: gorda e constitui-se uma ferramenta de monitoramento de variação de peso simples, prática de fácil utilização na fazenda.

Vacas de maior mérito genético para produção de leite apresentam intensa perda de escore de condição corporal no início da lactação, o que indica balanço energético negativo mais longo e mais severo comparado com as vacas de menor mérito genético para esta característica (MacDonald et al., 2008). Segundo o NRC (2001) do parto até o fim do balanço energético negativo uma vaca da raça Holandês saudável perde cerca de 0,5 a 1 ponto de escore corporal (considerando a escala de um a cinco), o que corresponde à 7% a 8% de queda no peso corporal. No trabalho de Peixoto (2011) as vacas F1 não perderam peso após o parto, e mantiveram o escore de condição corporal durante as primeiras nove semanas do período pós-parto. Horan et al. (2005) relataram que vacas de alto mérito genético para produção de leite além de perderem mais escore de condição corporal no pós-parto, atingem seu ponto máximo de perda de escore mais tarde que vacas de baixo mérito genético. Além disso, as vacas de baixo mérito genético para produção de leite apresentaram o maior escore

de condição corporal imediatamente após o parto, no ponto mais baixo do balanço energético negativo e na secagem, mostrando que o metabolismo é afetado até o fim da lactação.

Para suprir energeticamente os tecidos periféricos, com o intuito de compensar essa maior demanda nutricional e o baixo consumo de matéria seca, a relação hormônio do crescimento/insulina do sangue da vaca está alta no pós-parto. Consequentemente a lipogênese é inibida e a sensibilidade do tecido adiposo aos sinais lipolíticos (adrenalina e noradrenalina) é aumentada (Drackley et al., 2005). Além disso, as concentrações de glicose plasmática caem causando diminuição da relação insulina/glucagon, fato que leva à ativação da hormônio-sensitivo lipase. A ativação desta enzima causa aumento da mobilização de ácidos graxos de cadeia longa do tecido adiposo por hidrolisar os triglicerídeos em ácidos graxos e glicerol (Bauman e Currie, 1980; Ingvarsen e Andersen, 2000; Drackley et al., 2005). Os ácidos graxos não esterificados (AGNE) são liberados na corrente circulatória e são removidos do plasma pelo fígado. Se a quantidade de oxaloacetato disponível é suficiente, são convertidos em acetil-Coa para oxidação no ciclo dos ácidos tricarboxílicos. Se a concentração de oxaloacetato está baixa, devido ao aumento de sua utilização para gliconeogênese, o acetil-Coa formado é convertido à corpos cetônicos:  $\beta$ -hidroxibutirato (BHBA), aceto acetato e acetona.  $\beta$ -hidroxibutirato e aceto acetato podem ser reduzidos a ácidos graxos de cadeia longa, especialmente na glândula mamária, ou oxidados nos tecidos periféricos (Veerkamp et al., 2003). Portanto, quanto maior a concentração de AGNE no sangue mais negativo é o balanço energético do animal (Pullen et al., 1989).

A lipólise está sob o controle de fatores endócrinos e do sistema nervoso simpático. A resposta tecidual envolve receptores  $\beta$ -adrenérgicos e a expressão e ativação da hormônio-sensitivo lipase. A responsividade aos estímulos adrenérgicos aumenta ao longo da lactação e é maior em animais com maior mérito genético para produção de leite (Rocco e McNamara, 2013).

As concentrações de AGNE de vacas da raça Holandês no período de transição aumentam gradativamente à medida que o animal se aproxima do parto, podendo dobrar entre o 17º e o segundo dia pré-parto (Grummer, 1993) e apresentam o pico ao parto ou na primeira semana de lactação (Ingvarsen e Andersen, 2000). Segundo Reynolds et al. (2003), as concentrações de AGNE podem variar de 0,17 mmol/L nove dias pré-parto, para 0,36 mmol/L 11 dias após o parto. Refletindo a utilização de lipídeos como fonte de energia para poupar a glicose para a lactação.

No trabalho de Peixoto (2011) as concentrações de AGNE aumentaram no período pré-parto, mantendo-se elevadas até a terceira semana após o parto. No entanto, as

concentrações não ultrapassaram valores que segundo Ospina et al. (2010) são indicadores de aumento de incidência de deslocamento de abomaso, cetose clínica, metrite e retenção de placenta, sendo os valores acima de 0,29 mmol/L no pré-parto e de 0,57 mmol/L no pós-parto. Carvalho (2009) encontrou aumento nas concentrações plasmáticas de AGNE de animais F1, na estação chuvosa, no dia do parto (0,43 mmol/L), sete (0,82 mmol/L) e 14 (0,48 mmol/L) dias pós-parto, sendo que suas concentrações voltaram à concentrações pré-parto (0,26 mmol/L) a partir de 21 dias de lactação. Já na época da seca, observou-se maiores concentrações de AGNE no dia do parto (0,79 mmol/L), aos sete (0,77 mmol/L), 14 (0,62 mmol/L) e 21 (0,59 mmol/L) dias pós-parto, sem retornar aos valores pré-parto (0,38mmol/L) até o fim do período de avaliação pós-parto (35 dias de lactação - 0,48 mmol/L).

O hormônio do crescimento (GH) é um hormônio homeorrético, que atua em diversos processos fisiológicos em diferentes tecidos de forma altamente coordenada. Atua principalmente na partição de nutrientes entre os tecidos, com efeitos importantes sobre o tecido adiposo e o metabolismo de lipídeos e é um importante fator que altera a resposta dos tecidos à insulina (Etherton e Bauman, 1998; Rhoads et al., 2004).

O hormônio liberador de GH (GHRH) determina a magnitude da secreção de GH pelas células somatotrópicas, que são as mais abundantes na pituitária anterior. A somatostatina hipotalâmica determina quando o GH será liberado a partir de efeitos inibidores. Vários fatores estimulam a secreção de GH, como jejum (hipoglicemia), alguns aminoácidos como a arginina, e catecolaminas. As ações do GH podem ser classificadas em rápidas – ações catabólicas diretas: aumento da lipólise, redução da lipogênese e restrição no transporte da glicose; e lentas – ações anabólicas via IGF-1 (Veerkamp et al., 2003).

Segundo Lucy (2000) e Rhoads et al. (2004) a seleção de vacas da raça Holandês visando o aumento da produção de leite provocou aumento da secreção do hormônio do crescimento levando ainda esses animais, no início da lactação, a apresentar redução da resposta dos receptores de GH no fígado para produção de fator semelhante à insulina 1 (IGF-1), fenômeno denominado desacoplamento do eixo somatotrófico. A insulina também participa da produção hepática do IGF-1, e sua queda também parece contribuir para o desacoplamento do eixo (Lucy, 2000). O IGF-1 produzido no fígado realizaria feed back negativo no hipotálamo inibindo a produção de GH, mas com o desacoplamento do eixo, essa inibição não acontece, e as concentrações de GH aumentam consideravelmente no pós-parto de vacas da raça Holandês (Rhoads et al., 2004). O grau de desacoplamento do eixo está correlacionado com o status energético via insulina. Ingestão de concentrado, ou administração exógena de insulina resultam em aumento de RNAm de receptores de GH e

IGF-1 no fígado, aumento das concentrações plasmáticas de IGF-1 e queda nas concentrações de GH em vacas Holandês gestantes e lactantes (Rhoads et al., 2004). O desacoplamento do eixo somatotrófico ainda não foi comprovado em vacas mestiças. Ao contrário, Peixoto (2011) não encontrou diferenças nas concentrações de IGF-1 antes e após o parto, e como a concentração de insulina só se apresentou baixa no quinto dia pós-parto, com retorno a concentrações pré-parto após esse dia é plausível admitir que as vacas F1 podem não apresentar o desacoplamento do eixo somatotrófico ou apresentá-lo com menor intensidade (Coelho et al., 2012).

#### **2.1.4. Efeitos do balanço energético negativo no retorno à atividade ovariana no pós-parto e eficiência reprodutiva**

Em vacas de leite, tanto a duração como a severidade do balanço energético negativo (BEN), estão correlacionadas com o intervalo para retorno a atividade ovulatória após o parto (Butler et al., 2003). O retorno à atividade ovariana resulta do restabelecimento da secreção central de FSH durante as primeiras duas semanas pós-parto, resultando no recrutamento de um grupo de folículos. O estrógeno e inibina, secretados pelas células da granulosa desses folículos suprimem a secreção central de FSH, cessando o crescimento de todos os folículos, exceto o dominante, que continua seu crescimento pela aquisição de receptores de LH e aumento da própria responsividade ao FSH. O estrógeno posteriormente sintetizado por esse folículo dominante restringe o crescimento dos folículos menores e desencadeia a secreção de LH pela hipófise, a qual estimula o crescimento, a maturação e síntese de estradiol do folículo dominante. Consequentemente, o feedback positivo de LH-estradiol é estabelecido culminando com um pico de LH necessário para a ovulação (Webb et al., 2004).

Enquanto a secreção de FSH é muito pouco afetada pelo status energético (Diskin et al., 2003), o BEN é associado a concentrações insuficientes de LH e atraso no desenvolvimento do folículo dominante (Roche et al., 2006). O que pode ser explicado por um efeito deletério do BEN no sistema nervoso central ou nos folículos, ou ambos (Bossart, 2010).

O BEN começa poucos dias antes do parto e se agrava no pós-parto, alcançando o ponto mais negativo cerca de duas semanas após o parto em raças taurinas (Bell, 1995). Em vacas F1 Holandes-Zebu (HZ) Peixoto (2011) encontrou menor período, dois dias, para o ponto mais baixo do ECC pós-parto de vacas, provavelmente devido a diferenças no metabolismo entre as raças. Animais selecionados para produção de leite tendem a priorizar a

energia para produção de leite em detrimento ao restabelecimento das reservas corporais, e são, portanto, mais susceptíveis a vivenciar um período prolongado de BEN (Girard et al., 2015).

A grande mobilização das reservas corporais pode ampliar o intervalo do parto ao primeiro estro e à ovulação em vacas leiteiras de alta produção (Roche, et al., 1992), o que parece acontecer também em vacas mestiças (Borges, 2009). E há uma forte correlação positiva entre menor intervalo parto primeira ovulação e o sucesso da gestação subsequente (Galvão et al., 2010). Essas alterações podem ser um mecanismo adaptativo para proteger a vaca da demanda metabólica de uma nova gestação (Pushpakumara et al., 2003) em período de déficit energético.

Ao observarem aumento da frequência de pulsos de LH a partir do início da recuperação BEN, Canfield e Butler (1990) sugeriram que o aumento dessa frequência é inibido até o ponto mais baixo do BEN, a partir do qual há aumento na secreção do LH antes da primeira ovulação. No entanto, o desenvolvimento da onda folicular em resposta ao aumento na concentração plasmática de FSH ocorre aproximadamente uma semana após o parto, independente do BEN (Beam e Butler, 1999). Portanto, a gravidade do BEN irá determinar se a frequência pulsátil do LH é suficiente para levar ao aumento do diâmetro folicular e produção de concentração de estradiol mínima para ocorrer a ovulação (Beam e Butler, 1999). Caso a frequência pulsátil do LH seja inadequada, resultará em atresia folicular e atraso na ocorrência da primeira ovulação por várias semanas (Butler et al., 2008). Segundo Lamming et al. (1981), normalmente, as concentrações de LH são restabelecidas por volta de 10 a 20 dias pós-parto, como resultado da retirada dos efeitos inibitórios dos esteroides provenientes da gestação.

Butler et al. (2006) observaram que vacas que ovulam o primeiro folículo dominante, apresentam maiores concentrações plasmáticas de insulina e menores de AGNE, sugerindo que a insulina exerce importante papel no destino desse primeiro folículo dominante. Gong et al. (2002) observaram que ao fornecer dietas que aumentam a concentração de insulina na corrente circulatória no início da lactação, a ovulação ocorre mais cedo no pós-parto de vacas de leite. Baixas concentrações de insulina são responsáveis por baixa produção de IGF-1 no fígado, reduzindo a responsividade dos folículos ovarianos às gonadotropinas (Butler et al., 2003). A menor concentração intra-follicular de IGF-1 livre proporciona menor persistência do folículo dominante, com reduzidos diâmetros máximo e taxa de crescimento (Lucy, 2000).

Com o fim do desequilíbrio entre demanda energética e a ingestão de matéria seca ocorre restabelecimento das concentrações sanguíneas de IGF-1. Com isso, há aumento das

concentrações de LH, visto que, o IGF-1 estimula a proliferação e responsividade das células foliculares ao LH que, por sua vez aumentam a produção substratos (androstenediona) necessários à produção de estradiol, via maior atividade da enzima aromatase (Spicer e Echterkamp, 1995). O FSH estimula as células da granulosa dos folículos a desenvolver receptores de insulina, GH e IGF-1, e a insulina e o IGF-1, então, proporcionam o estímulo hormonal para o desenvolvimento completo dos folículos ovarianos (Shimizu et al., 2008).

Bastin e Gengler (2013) relataram que vacas com baixa condição corporal não necessariamente apresentam baixa fertilidade, mas a perda de ECC no início da lactação resulta em baixos índices reprodutivos e segundo Santos et al. (2009) pode aumentar a porcentagem de vacas em anestro no final do período voluntário de espera. Vacas que perdem menos de 0,5; de 0,5 a 1,0 e mais de 1,0 unidade de escore ovularam, em média, aos 30, 36 e 50 dias de pós-parto, respectivamente. Além disso, a taxa de concepção diminui 10% para cada 0,5 unidade de escore corporal que é perdida (Butler, 2006). Butler & Smith (1989) relataram que vacas que perdem de 0,5 a 1,0 ponto de escore de condição corporal entre o parto e o primeiro serviço, na escala de 1 a 5, apresentaram taxa de concepção no primeiro serviço de 53% e nas vacas que perderam mais de 1,0 ponto de escore observou-se 17% de concepção.

O status energético durante o pós-parto imediato pode alterar a qualidade do folículo e oócito (Britt, 1992) e embriões (Carvalho et al., 2014). Segundo Akbar et al. (2015), vacas com maior peso corporal ao parto mobilizam mais reservas corporais no início da lactação e apresentam menor ingestão de matéria seca pós-parto, e conseqüentemente irão apresentar maior perda de ECC. A queda na ingestão de matéria seca está associada à baixas concentrações sanguíneas de insulina e IGF-1 (Butler et al., 2006). Portanto, essas vacas com BEN mais grave, apresentam menores concentrações periféricas de IGF-1 e LH, os quais agem sinergicamente para promover o desenvolvimento folicular. O efeito da queda mútua do LH e IGF-1 pode comprometer o crescimento e desenvolvimento folicular ovariano (Lucy, 2000), resultando em longos intervalos entre a primeira ovulação e o parto (Shrestha et al., 2004). Além disso, como resultado da maior mobilização, pode ocorrer acúmulo de triglicérides no fígado, que também estão associados a longos intervalos para a primeira ovulação (Butler e Smith, 1989).

Em análise retrospectiva de sete estudos focados em nutrição pré-parto, Cardoso et al. (2013), evidenciaram que dietas ricas em energia no período pré-parto resultaram em aumento da perda de ECC pós-parto e aumento no período de serviço. Aumento nas concentrações de AGNE no sangue foi associado ao anestro em vacas de leite (Canfield and Butler, 1990).

Além disso, a taxa de concepção à primeira inseminação caiu com o aumento dos AGNE no plasma no terceiro dia pós-parto (Garverick et al., 2013).

Ospina et al. (2010) ao avaliar mais de 2000 vacas de leite em lactação, observaram que o aumento nas concentrações de AGNE durante o período de transição foi associado à redução na taxa de prenhes 70 dias após o período voluntário de espera. Roche et al. (2009) afirmam que as vacas devem parir com ECC entre 3,0 e 3,5 para utilização máxima do mérito genético de produção de leite sem comprometer a reprodução, saúde e o bem estar animal. Além de todos esses fatores, a mobilização da gordura corporal também pode ter consequências diretas na função reprodutiva de bovinos. Quantidades consideráveis de progesterona podem ser estocadas no tecido adiposo de vacas, e liberadas na circulação caso esse tecido seja mobilizado (Hamudikuwanda et al., 1996).

Santos et al. (2009) observaram que vacas que perderam mais ECC entre o parto e a primeira inseminação artificial tiveram menor taxa de concepção à primeira inseminação, e maior chance de aborto. No trabalho de Cardoso et al. (2013), vacas que aumentaram o ECC proporcionaram ganho de 42,3% na taxa de concepção à primeira inseminação comparado à vacas que mantiveram o ECC e ganho de 55,5% comparado à vacas que perderam ECC durante as três primeiras semanas de lactação. O ECC ao parto foi maior para vacas que apresentaram perda de ECC (2,93) comparado ao de vacas que mantiveram (2,89) ou ganharam (2,85) ECC, no entanto, essa pequena diferença no ECC não parece explicar a alta diferença na fertilidade.

### **2.1.5. Efeitos do estresse térmico no metabolismo**

O estresse térmico por calor traz grandes prejuízos para fazendas de leite anualmente. No Brasil não há dados contabilizados, mas as perdas chegam a aproximadamente um milhão de dólares por ano na indústria leiteira Norte Americana (Rhoads et al., 2009).

Por muitos anos acreditou-se que a queda na produção de leite consequente às altas temperaturas era devido à queda da ingestão de matéria seca. Porém, Rhoads et al. (2009) demonstraram que a queda de consumo foi responsável por apenas 35% a 50% da queda da produção de leite. Os principais fatores causadores da queda na produção de leite são consequências de mudanças na partição de nutrientes independente do consumo (Wheelock et al, 2010).

O estresse térmico irá impor novas estratégias homeorréticas, alterando o metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas independente da redução na ingestão de matéria seca,

através de mudanças coordenadas no suprimento de combustíveis e utilização pelos diversos tecidos (Baumgars e Rhoads, 2012).

O metabolismo dos carboidratos será alterado pelo aumento da expressão gênica da enzima piruvato carboxilase do fígado, enzima que controla a entrada de lactato e alanina na via gliconeogênica. Em animais hipertérmicos a contribuição do lactato para a gliconeogênese aumenta (Baumgars e Rhoads, 2012). A gliconeogênese é aumentada pois todos os tecidos passam a utilizar glicose ao invés de ácidos graxos não esterificados (AGNE). O motivo para isso é tentar produzir menos calor, pois devido a diferenças na eficiência de capturar o ATP produzido, a oxidação de AGNE gera muito mais calor metabólico comparado à oxidação de glicose (Baumgard e Rhoads, 2007).

A glândula mamária demanda altas concentrações de glicose para a produção de lactose. Esta é o principal componente osmótico do leite e por isso sua concentração determina a produção de leite. No entanto, no animal em estresse térmico a glicose será preferencialmente utilizada por todos os tecidos, principalmente pelo tecido muscular esquelético, para gerar menos calor. Como consequência, a disponibilidade de glicose será menor para a glândula mamária, diminuindo a concentração de lactose produzida e conseqüentemente a produção de leite será comprometida. Este é o principal fator responsável pela queda da produção de leite, não diretamente relacionado a menor ingestão de matéria seca (Baumgard e Rhoads, 2007).

## 2.1.6. Referências bibliográficas

ABCGIL - Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro. A raça. Uberaba/MG, 2011. Disponível em: <<http://www.girleiteiro.org.br/novo/?desempenho>> Acesso em: 14 ago. 2015.

ALMEIDA, R.; SILVA, D. F. F.; ALEGRANSI, L.; NAVARRO, R. B.; VALLOTO, A. A.; HORST, J. A. Culling reasons and the association of herd size and milk yield with culling rates in dairy herds in southern Brazil. American Dairy Science Association & American Society of Animal Science Joint Annual Meeting, 15 a 19 de julho, Phoenix, Arizona, Estados Unidos, J. Dairy Sci., v.95, Suppl.2, p.92, 2012.

ALVES, A. C. N.; LIMA, M. L. P.; PINHEIRO, M. G.; NOGUEIRA, J. R.; EL FARO, L.; CARDOSO, V. L.; POTEIRO, S. C. Avaliação do desempenho produtivo e reprodutivo de fêmeas com diferentes frações de genes de raças europeias e zebuínas em um rebanho leiteiro. B. Indústr. anim., N. Odessa, v.61, n.2, p.151-159, 2004.

AMARAL, A. P. S. F.; GLÓRIA, J. R.; CAMPOS, E. F.; COSTA, A. L. B. S. A.; MARTINS, R. A.; AMARAL, T. F.; COELHO, S. G. Características das curvas de lactação de vacas 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Gir 52a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia Zootecnia: Otimizando Recursos e Potencialidades Belo Horizonte – MG. 2015.

AKBAR, H.; GRALA, T. M.; VAILATI RIBONI, M.; CARDOSO, F. C.; VERKERK, G.; MCGOWAN, J.; MACDONALD, K.; WEBSTER, J.; SCHUTZ, K.; MEIER, S.; MATTHEWS, L.; ROCHE, J. R.; LOOR, J. J. Body condition score at calving affects systemic and hepatic transcriptome indicators of inflammation and nutrient metabolism in grazing dairy cows. J. Dairy Sci. v. 98, p.1019–1032, 2015.

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, L. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, E. L. Estimativas de níveis críticos para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. Rev. Bras. Zootec., v. 34, n. 6, p.2000-2008. 2005.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Ambiência em edificações rurais: conforto animal. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2010. 269p.

BASTIN, C.; GENGLER, N. Genetics of body condition score as an indicator of dairy cattle fertility. A review. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. v.17, p. 64–75. 2013.

BAUMAN, D. E.; CURRIE, W. B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.*, v. 63, p.1514-1529, 1980.

BAUMGARD, L. H.; RHOADS, R. P. The effects of hyperthermia on nutrient partitioning. *Proc. Cornell Nutr. Conf.* p 93-104. 2007.

BAUMGARD, L. H.; RHOADS, R. P. Responses to Heat Stress RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM: Ruminant Production and Metabolic. *J. Anim. Sci.* v.90, p.1855-1865. 2012.

BEAM, S. W.; BUTLER, W. R. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Reprod. Fertil.*, 54 (Suppl) p. 411-424. 1999.

BELL, A. W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.*, v.73, p. 2804–2819. 1995.

Berman, A. Invited review: Are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates? *J. Dairy Sci.* , v. 94, p. 2147-2158, 2011.

BRITT, J. H. Reproductive performance as affected by nutrition and environment. In: 3rd Florida Ruminant Nutrition Symposium, 1992, Orlando, Anais...Orlando, p.93-101, 1992.

BORGES, A. M.; CARVALHO, B. C.; RUAS, J. R. M. Manejo reprodutivo da vaca mestiça: estado da arte. *Rev. Bras. Reprod. Anim. Supl.*, Belo Horizonte, n.6, p.157-162, dez. 2009. Disponível em [www.cbra.org.br](http://www.cbra.org.br).

BORGES, A. M.; MARTINS, T. M.; NUNES P. P.; RUAS, J. M. Reprodução de vacas mestiças: potencialidade e desafios. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, Belo Horizonte, v.39, n.1, p.155-163. 2015. Disponível em [www.cbra.org.br](http://www.cbra.org.br) Acesso em: 19 jul. 2015.

BOSSAERT, P. The role of insulin in the energy conflict between milk production and ovarian activity during the transition period of high-yielding dairy cows. 2010. 266F. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Ghent, Guent.

BROWN, K. L., CASSELL, B. G., MCGILLIARD, M. L., HANIGAN, M. D., GWAZDAUSKAS, F. C. Hormones, metabolites, and reproduction in Holsteins, Jerseys, and their crosses. *J. Dairy Sci.*, v, 95, p.698–707, 2012.

BUTLER, W. R.; SMITH, R. D. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.72, p.767-783, 1989.

BUTLER, S. T.; MARR, A. L.; PELTON, S. H.; RADCLIFF, R. P.; LUCY, M. C.; BUTLER, W. R. Insulin restores GH responsiveness during lactation-induced negative energy

balance in dairy cattle: effects on expression of IGF-I and GH receptor 1A. J. Endo., v.176, p.205-217, 2003.

BUTLER, S. T.; PELTON, S. H.; BUTLER, W. R. Energy balance, metabolic status, and the first postpartum ovarian follicle wave in cows administered propylene glycol. J. Dairy Sci., v. 89, p. 2938-2951. 2006.

BUTLER, S. T.; PELTON, S. H.; KNIGHT, P. G.; BUTLER, W. R. Follicle-stimulating hormone isoforms and plasma concentrations of estradiol and inhibin A in dairy cows with ovulatory and non-ovulatory follicles during the first postpartum follicle wave. Domest. Anim. Endocrinol., v. 35, p.112-119, 2008.

CANFIELD, R. W.; BUTLER, W. R. Energy balance and pulsatile LH secretion in early postpartum dairy cattle. Domest. Anim. Endocrinol., v. 7, p.323–330. 1990.

CAPUCO, A. V.; ELLIS, S. E.; HALE, S. A. Lactation persistency: Insights from mammary cell proliferation studies. J. Anim. Sci., v.81, p.18-31, 2003.

CARDOSO, F. C.; LEBLANC, S. J.; MURPHY, M. R.; DRACKLEY, J. K. Prepartum nutritional strategy affects reproductive performance in dairy cows. J. Dairy Sci., p. 96, p.5859–5871, 2013.

CARVALHO, B.C. *Parâmetros reprodutivos, metabolitos e produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebu submetidas a dois manejos pré-parto*. 2009. 193f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CARVALHO, P. D.; SOUZA, A. H.; AMUNDSON, M. C. HACKBART, K. S.; FUENZALIDA, M. J.; HERLIHY, M. M.; AYRES, H.; DRESCH, A. R.; VIEIRA, L. M.; GUENTHER, J. N.; GRUMMER, R. R.; FRICKE, P. M.; SHAVER, R. D.; WILTBANK, M. C. Relationships between fertility and postpartum changes in body condition and body weight in lactating dairy cows. J. Dairy Sci., v.97, p. 3666-3683, 2014.

COBUCCI, J. A.; EUCLYDES, R. F.; TEODORO, R. L.; VERNEQUE, R. S.; LOPES, P. S.; SILVA, M. A. Aspectos genéticos e ambientais da curva de lactação da raça guzerá. Rev. Bras. de Zootec., v. 30, p.1204-1211, 2001.

COBUCCI, J. A.; EUCLYDES, R. F.; COSTA, C. N.; LOPES, P. S.; TORRES, R. A.; PEREIRA, C. S. Análises da persistência na lactação de vacas da raça Holandesa, usando produção no dia do controle e função de regressão aleatória. Rev. Bras. de Zootec., Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p. 546-554, maio/jun. 2004.

COELHO, S. G.; CAMPOS, B. C.; LIMA, J. A. M. Mecanismo de ação do bSTr em vacas mestiças. In: VI SIMPÓSIO MINEIRO E I SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE

NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 2012, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: 2012. p.182 - 196.

COSTA, C. N.; MILAGRES, J. C.; CASTRO, A. C. G. Efeitos da estação e idade ao parto sobre a curva de lactação de vacas da raça holandesa. Rev. da Sociedade Bras. de Zootec., v.11, n.2, p.320-330, 1982.

DISKIN, M. G.; MACKEY, D. R.; ROCHE, J. F. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. Anim. Rep. Sci., v. 78. p. 345- 370, 2003.

DRACKLEY, J. K. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? J. Dairy Sci. v. 82, p.2259-2273. 1999.

DRACKLEY, J. K.; OVERTON, T. R.; DOUGLAS, G. N. Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. J. Dairy Sci., v.84, p.100–112. 2001.

DRACKLEY, J. K.; DANN, H. M.; DOUGLAS, G. N. Physiological and pathological adaptations in dairy cows that may increase susceptibility to periparturient diseases and disorders. Ital. J. Anim. Sci. v.4, p.323-344. 2005.

EDMONSON, A. J.; LEAN, I. J.; WEAVER, L. D.; FARRVER, T.; WEBSTER, G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. J. Dairy Sci., v.72, p.68-78. 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PRODUÇÃO ANIMAL – EMBRAPA. 2006. Classificação mundial dos principais países produtores de leite. Disponível em: <<http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informações/estatística/produção/tabela0212.php>>. Acesso em: 21 de set 2015.

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G.; FRIES, L. A. Comparação de alguns modelos matemáticos para ajuste à curva de lactação média de um rebanho da raça caracu. Rev. Bras. de Zootec., v.28, n.5, p.987-992, 1999.

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G. Comparação de algumas funções matemáticas para o ajuste às curvas de lactação individuais de vacas da raça Caracu. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v. 54, n. 3, p. 295-302, maio/jun. 2002.

ETHERTON, T. D.; BAUMAN, D. E. Biology of somatotropin in growth and lactation of domestic animals. *Physiol ver.*, v. 78, p. 745-761, 1998.

FACÓ, O.; LÔBO, R. N. B.; MARTINS FILHO, R.; MOURA, A. A. A. Análise do desempenho produtivo de diversos grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. Rev. Bras. Zootec., v.31, n.5, p.1944-1952, 2002.

FERREIRA, E. B.; BEARZOTI, E. Comparação de métodos no ajustamento de curvas de lactação de bovinos por meio de simulação. *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras. v. 27, n. 4, p. 865-872, 2003.

FERREIRA, J. J.; MADALENA, F. E. Efeito do sistema de cruzamento sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de vacas leiteiras. *Arq. Bras. de Med. Vet. Zootec.*, v. 49, n. 6, p. 741-752, 1997.

FERREIRA, A. G. T. Estudo das curvas de lactação de vacas leiteiras do sudoeste do paraná: comparao entre modelos empíricos e mecanicistas. 2013. 65f. *Dissertao (Mestrado em Zootecnia)* UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, DOIS VIZINHOS.

FREITAS, M. S.; DURES, M. C.; FREITAS, A. F.; BARRA, R. B. Comparo da produo de leite e de gordura e da durao da lactao entre cinco “graus de sangue” originados de cruzamentos entre Holandês e Gir em Minas Gerais. *Arq. Bras. de Med. Vet. e Zootec.*, v. 53, n. 6, p. 708-713, 2001.

GALVAO, K. N.; FRAJBLAT, M.; BUTLER, W. R.; BRITTIN, S. B.; GUARD, C. L.; GILBERT, R. O. Effect of early postpartum ovulation on fertility in dairy cows. *Reprod. Dom. Anim.* v.45, p.207-211.2010.

GARVERICK, H. A., HARRIS, M. N.; VOGEL-BLUEL, R.; SAMPSON, J. D.; BADER, J.; LAMBERSON, W. R.; SPAIN, J. N.; LUCY, M. C.; YOUNGQUIST, R. S. Concentrations of nonesterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination. *J. Dairy Sci.* v.96, p.181–188. 2013.

GIRARD, A.; DUFORT, I.; SIRARD, M. A. The effect of energy balance on the transcriptome of bovine granulosa cells at 60 days post-partum, *Theriogenology*, v.84, p.1350-1361, 2015.

GLÓRIA, J. R.; BERGMANN, J. A. G.; REIS, R. B.; COELHO, M. S.; SILVA, M. A. Efeito da composio genética e de fatores de meio sobre a produo de leite, a durao da lactao e a produo de leite por dia de intervalo de partos de vacas mestiças Holandês-Gir. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.58, n.6, p.1139-1148. 2006.

GLÓRIA, J. R. *Fatores genéticos e ambientes que influenciam as características das curvas de lactao de quatro grupos genéticos de mestiças Holandês-Zebu*. 2008. 74 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GLÓRIA, J. R.; BERGMANN, J. A. G.; QUIRINO, C. R.; RUAS, J. R. M.; MATOS, C. R. A.; PEREIRA, J. C. C. Curvas de lactação de quatro grupos genéticos de mestiças Holandês-Zebu. R. Bras. Zootec., v.39, n.10, p.2160-2165. 2010.

GONÇALVES, T. M.; MARTINEZ, M. L.; MILAGRES, J. C. Curva de lactação na raça Gir: escolha da função de melhor ajuste. R. Bras. Zootec., Viçosa, MG, v. 25, n. 4, p. 616-626, 1996.

GONÇALVES, T. M.; OLIVEIRA, A. I. G.; FREITAS, R. T. F.; PEREIRA, I. G. Curvas de lactação em rebanhos da raça holandesa no Estado de Minas Gerais: escolha da função de melhor ajuste. R. Bras. Zootec., v. 31, n. 4, p. 1689-1694, 2002.

GONG, J. G.; LEE, W. J.; GARNSWORTHY, P. C.; WEBB, R. Effect of dietary-induced increases in circulating insulin concentrations during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. *Reproduction*. v.123, p.419–427. 2002.

GROENEWALD, P. C. N.; VILJOEN, C. S. A Bayesian model for analysis of lactation curves of dairy goats. *J. Agric. Biol. Envir. Statist.*, Alexandria, v. 8, n. 1, p. 75-83, Jan./Mar. 2003.

GRUMMER, R. R. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 76, p. 3882-3896, 1993.

GRUMMER, R. R. Impact of changes organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim. Sci.*, v. 73, p. 2820-2833, 1995.

GRUMMER, R. R.; RASTANI, R. R. Why reevaluate dry period length? *J. Dairy Sci.*, v.87, p.77-85, 2004.

HAMUDIKUWANDA, H., GALLO, G., BLOCK, E., DOWNEY, B. E. Adipose tissue progesterone concentrations in dairy cows during late pregnancy and early lactation. *Anim. Reprod. Sci.*, v.43, p. 15–23.1996.

HARRISON, R. O.; FORD, S. P.; YOUNG, J. W.; CONLEY, A. J.; FREEMAN, A. E. 1990. Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 73, p. 2749–2758. 1990.

HORAN, B.; DILLON, P.; FAVERDIN P.; DELABY, L.; BUCKLEY, F. RATH, M. The interaction of strain of Holstein Friesian cows and pasture-based feed systems on milk yield, body weight, and body condition score. *J. Dairy Sci.*, v.88, p.1231-1243, 2005.

INGVARTSEN, K. L.; ANDERSEN, H. R.; FOLDAGER, J. Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 42, p. 40–46, 1992.

INGVARTSEN, K. L.; ANDERSEN, J. B. Integration of Metabolism and Intake Regulation: A Review Focusing on Periparturient Animals. *J. Dairy Sci.*, v. 83, 1573 - 1597, 2000.

JUCHEM, S. O.; SANTOS, F. A.; IMAIZUMI, H.; PIRES, A. V.; BARNABÉ, E. C. Production and blood parameters of Holstein cows treated prepartum with sodium monensin or propyleneglycol. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.680-689, 2004.

JUNIOR J. A. Ajuste de curvas de lactação de vacas da raça holandesa de rebanhos do estado de minas gerais. Tese (Doutorado em zootecnia) 2014. 90f. Universidade Federal de Lavras, Lavras .2014.

JUNQUEIRA, L. V.; NEIVA, R. S.; VEIGA, R. D.; TEIXEIRA, N. M.; DURAES, M. C.; LOPES, M. A. Estudo das curvas de lactação de vacas Holandesas de alguns rebanhos do estado de Minas Gerais, por intermédio de uma função gama incompleta *R. Bras. Zootec.* , v. 26, n. 6, p. 1109-1118, 1997.

KRAMER, E.; STAMER, E.; SPIKE, J.; THALLER, G.; KRIETER, J. Analysis of water intake and dry matter intake using different lactation curve models. *J. Dairy Sci.*, v.92, p.4072-4081, 2009.

LAMMING, G. E.; CLAIRE WATHES, D.; PETERS, A. R. Endocrine patterns of the post-partum cows. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 30, p.155-170, 1981.

LEBLANC, S.J.; LISSEMORE, K.D.; KELTON, D.F. et al. Advances in Disease Prevention in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 89:1267–1279. 2006.

LEBLANC, S.J. Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period. *J. Reprod. Dev.* 56(Suppl.):S29–S35.2010.

LIMA, I. A.; DE AZEVEDO, M.; BORGES, C. R. A.; FERREIRA, M. A.; GUIM, A.; DE ALMEIDA, G. L. P. Thermoregulation of Girolando cows during summertime, in Pernambuco State, Brazilia *Acta Scientiarum Maringá*, v. 35, n. 2, p. 193-199. 2013.

LUCY M.C. Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle. *J Dairy Sci.* v.83, p.1635–47. 2000.

MADALENA, F. E.; MARTINEZ, M. L.; FREITAS, A. F. Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. *Anim. Production*, v. 29, p. 101-107, 1979.

MACDONALD, K. A.; VERKERK, G. A.; THORROLD, B. S.; PRYCE, J. E.; PENNO, J. W.; MCNAUGHTON, L. R.; BURTON, L. J.; WILLIAMSON, J. H.; HOLMES, C. W. A comparison of three strains of Holstein-friesian grazed on pasture and managed under different feed allowances. *J. Dairy Sci.*, v.91, p.1693-1707. 2008.

MOLENTO, C. F. M.; MONARDES, H.; RIBAS, N. P.; BLOCK, E. Curvas de lactação de vacas holandesas do Estado do Paraná, Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 5, maio/ago. 2004.

NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7 th rev. ed. Natl. Acad. Press. Washington.

OLIVEIRA, H. T. V.; REIS, R. B.; GLÓRIA, J. R. Comportamento da lactação de vacas mestiças F1 Holandês-Gir. Informe Agropecuário (Belo Horizonte), Belo Horizonte, v. 25, n.221, p. 73-79, 2004.

OSPINA, P. A.; NYDAM, D. V.; STOKOL, T.; OVERTON, T. R. Associations of elevated nonesterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. *J. Dairy Sci.* v.93, p.1596–1603. 2010.

OVERTON, T. R.; DRACKLEY, J. K.; OTTEMANN-ABBAMONTE, C. J.; BEAULIEU, A. D.; EMMERT, L. S. Substrate utilization for hepatic gluconeogenesis is altered by increased glucose demand in ruminants. *J. Anim. Sci.* v.77, p.1940-1951, 1999.

PAPAJCSICK, I. A.; BODERO, J. Modeling lactation curves of Friesian cows in a subtropical climate. *Brit. Soci. Anim. Prod.*, v. 47, p. 201-207, 1988.

PEIXOTO, R. T. *Perfil metabólico e hormonal de vacas F1 Holandês-zebu durante o pré e pós-parto e sua relação com a reprodução*. 2011. 45f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PEREIRA, C. C. J. Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal. Belo Horizonte: FEPMVZ, 195p, 2005.

PINEDO, P. J.; DANIELS, A.; SHUMAKER, J.; DE VRIES, A. Dynamics of culling for Jersey, Holstein, and Jersey  $\times$  Holstein crossbred cows in large multibreed dairy herds. *J. Dairy Sci.*, v.97, p.2886-2895, 2014.

PORCIONATO, M. A. F.; FERNANDES, A. M.; NETTO, A. S.; SANTOS, M. V. Influência do estresse calórico na produção e qualidade do leite. *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.*, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 483-490, out./dez. 2009.

PULLEN, D. L.; PALMQUIST, D. L.; EMERY, R. S. Effect on days of lactation and methionine hydroxyl analog on incorporation of plasma fatty acids into plasma triglycerides. *J. Dairy Sci.* v.72, p.49-58, 1989.

PUSHPAKUMARA, P. G. A.; GARDNER, N. H.; REYNOLDS, C. K.; BEEVER, D. E.; WATHES, D. C. Relationships between transition period diet, metabolic parameters and fertility in lactating dairy cows. *Theriogenology.* v.60, p.1165–1185. 2003.

RASTANI, R. R.; GRUMMER, R. R.; BERTICS, S. J.; GUMEN, A.; WILTBANK, M. C.; MASCHEK, D. G.; SCHWAB, M. C. Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: milk production, energy balance, and metabolic profiles. *J. Dairy Sci.*, v.88, p.1004-1014, 2005.

RANGEL, A. H. N.; GUEDES, P. L. C.; ALBUQUERQUE, R. P. F.; NOVAIS, L. P.; LIMA JÚNIOR, D. M. Desempenho produtivo leiteiro de vacas Guzerá. *Rev. Verde (Mossoró – RN – Brasil)* v.4, n.1, p.85 – 89, 2009.

REYNOLDS, C. K.; AIKMAN, P. C.; LUPOLI, B.; HUMPHRIES, D. J.; BEEVER, D. E. Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. *J. Dairy Sci.* v.86, p.1201-1217, 2003.

RHOADS, R. P.; KIM, B. J.; LEURY, L. H.; BAUMGARD, L. H.; SEGOALE, N.; FRANK, S. J.; BAUMAN, D. E.; BOISCLAIR, Y. R. Insulin increases the abundance of the growth hormone receptor in liver and adipose tissue of periparturient dairy cows. *J. Nutrit.* v.134, p1020–1027, 2004.

RHOADS, M. L.; RHOADS, R. P.; VANBAALE, M. J.; COLLIER, R. J.; SANDERS, S. R.; WEBER, W. J.; CROOKER, B. A.; BAUMGARD, L. H. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *J. Dairy Sci.*, v. 92, p.1986–1997. 2009.

ROCHE, J. F.; CROWE, M. A.; BOLAND, M. P. Postpartum anoestrus in dairy and beef cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v.28, p.371-378, 1992.

ROCHE, J. F. The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Anim. Reprod. Sci.*, v. 96, p. 282-296, 2006.

ROCHE, J. R.; FRIGGENS, N. C.; KAY, J. K.; FISHER, M. W.; STAFFORD, K. J.; BERRY, D.P. invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.*, v.92, p. 5769–5801, 2009.

ROCCO, S. M.; MCNAMARA, J. P. 2013. Regulation of bovine adipose tissue metabolism during lactation. 7. Metabolism and gene expression as a function of genetic merit and dietary energy intake. *J. Dairy Sci.*, v.96, n.5, p.3108-3119. 2013.

RUAS, J. R. M.; MENEZES, A. C.; CARVALHO, B. C. Sistema de produção de leite com vacas F1 Holandês x Zebu. *Informe agropecuário*, v.31, n. 258, p.63-71. 2010.

SANTOS, J. E. P.; RUTIGLIANO, H. M.; SÁ FILHO, M. F. Risk factors for resumption of postpartum estrous cycles and embryonic survival in lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v.110, p.207–221, 2009.

SANTOS, S. A. Curvas de lactação e consumo de vacas F1 Holandês x Zebu em pastejo e em confinamento. 2011. 192f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SCHIFFLER, E. A. Análise de eficiência técnica e econômica de sistemas de produção de leite na região de São Carlos, São Paulo. 1998. 128f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1998.

SEAL, C. J.; REYNOLDS, C. K. Nutritional implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants. *Nutr. Res. Rev.*, v. 6, p. 185-208, 1993.

SHRESTHA, H. K.; NAKAO, T.; HIGAKI, T.; SUZUKI, T.; AKITA, M. Resumption of postpartum ovarian cyclicity in high producing Holstein cows. *Theriogenology*, v.61, p.637–49, 2004.

SHIMIZU, T.; MURAYAMA, C.; SUDO, N.; KAWASHIMA, C.; TETSUKA, M.; MIYAMOTO, A. Involvement of insulin and growth hormone (GH) during follicular development in the bovine ovary. *Anim. Reprod. Sci.* v.106, p.143-152, 2008.

SOUZA R. M.; BIRGEL JUNIOR E. H. Influência do puerpério e da fase pós-puerperal no lipidograma de vacas da raça Holandesa criadas no Estado de São Paulo. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, v. 46, n. 1, p. 5-10, 2009.

SPICER, L. J.; ECHTERNKAMP, S. E. The ovarian insulin and insulin-like growth factor system with an emphasis on domestic animals. *Dom. Anim. Endocrin.*, v. 12, p. 223-245, 1995.

TEODORO, L. R. Cruzamento em gado de leite. Embrapa Gado de Leite, 2004. Disponível em: <<http://www.cnpgl.embrapa.br/pastprod/texto/folhas27html>>. Acessado em: 14 set 2012.

TEKERLI, M.; AKINCI, Z.; DOGAN, J.; AKCAN, A. Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir Province of Turkey. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.1381-1386, 2000.

USDA - United States Department Of Agriculture. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>>. Acessado em: 22 jul. 2012.

VASCONCELLOS, B. F.; PADUA, J. T.; MUÑOZ, M. F. C.; TONHATI, H. 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 Universidade Rural Série Ciência da Vida*, v. 23, n. 1, p. 39-45, 2003.

VAZQUEZ-ANON, M.; BERTICS, S. J.; LUCK, M.; GRUMMER, R. R.; PINHEIRO, J. Peripartum liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 77, p. 1521-1528, 1994.

VEERKAMP, R. F.; BEERDA, B.; VAN DER LENDE, T. Effects of genetic selection for milk yield on energy balance, levels of hormones, and metabolites in lactating cattle, and possible links to reduced fertility. *Livest. Sci.*, v. 83 pp. 257– 275, 2003.

WALTNER, S. S.; MCNAMARA, J. P.; HILLERS, J. K. Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.76, n.11, p.3410-3419, 1993.

WEBB, R.; GARNSWORTHY, P. C.; GONG, J. G.; ARMSTRONG, D. G. Control of follicular growth: Local interactions and nutritional influences. *J. Anim. Sci.*, v. 82, p. 63–74, 2004.

WESTWOOD, C. T.; LEAN, I. J.; GARVIN, J. K.; WYNN, P.C. Effects of genetic merit and varying dietary protein degradability on lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 83, 2926–2940. 2000.

WHEELOCK, J. B. ; RHOADS , R. P.; VANBAALE, M. J.; SANDERS, S. R.; BAUMGARD, L. H. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, v. 93, p. 644–655, 2010.

WOOD, P. D. P. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat, and protein production, with estimates of seasonal variations. *Anim. Prod.*, v. 22, p. 35-40, 1976.

ZHAO, F. Q.; KEATING, A. F. Expression and regulation of glucose transporters in the bovine mammary gland. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.76-86, 2007.

## CAPÍTULO III

### 3. Artigo científico a ser submetido

#### **Perfil metabólico e hormonal de vacas 1/2, 3/4 e >7/8 Holandês-Gir sob mesmo sistema de produção durante o período pré e pós-parto**

##### **Introdução**

Define-se como período de transição as três semanas antes e três semanas após o parto, sendo este um período de mudanças fisiológicas e metabólicas dramáticas para a vaca de leite. As mudanças no metabolismo ocorrem para atender as novas demandas nas exigências nutricionais do final da gestação e início da lactação, e não se restringem apenas à glândula mamária, mas envolvem muitos processos fisiológicos em todos os tecidos (Ingvarsen, 2006).

Em rebanhos americanos, que utilizam em sua grande maioria animais da raça Holandês, aproximadamente 50% das vacas apresentam um ou mais distúrbios de saúde durante esse período e aproximadamente 75% das doenças das vacas de leite tipicamente ocorrem no primeiro mês de lactação. Provavelmente esses eventos sejam consequência da seleção genética durante muitos anos focada apenas na produção de leite, que trouxe problemas para essa raça relacionados aos distúrbios metabólicos e reprodutivos, concentrados principalmente nesse período (LeBlanc et al., 2006).

A produção leiteira nos ecossistemas tropicais é um desafio contínuo devido às difíceis condições ambientais, nutricionais, sanitárias e pouca rusticidade das raças especializadas. O custo energético para alcançar a adaptação em temperaturas e umidades críticas se reflete em problemas nutricionais e enfermidades metabólicas que elevam os custos de produção e geram menor volume de leite por lactação (Campos et al., 2007). O cruzamento Holandês x Gir surgiu como alternativa para reduzir os impactos dessa realidade sobre a produção leiteira e reprodução das vacas em diversas regiões do Brasil.

Em 2003, o rebanho leiteiro brasileiro era composto por 74% de vacas mestiças, com média de produção de 1.100 kg/lactação, 20% de vacas sem qualquer especialização, com produção média de 600 kg/lactação e por apenas 6% de vacas especializadas com 4.500kg de leite/lactação (Vilela, 2003), realidade que mudou pouco ao longo dos anos.

Embora o maior número de animais no Brasil seja de mestiços, os manejos nutricional e reprodutivo se baseiam em dados de pesquisas realizadas com animais *Bos taurus*, principalmente da raça Holandês, com pouco conhecimento sobre o metabolismo e homeorrese no peri-parto, principalmente relacionadas aos cruzamentos específicos F1 e 3/4 Holandês-Zebu. Além disso, são escassos os relatos de avaliações do desempenho de animais dessas composições genéticas em um mesmo ambiente, submetidos ao mesmo manejo nutricional, durante o mesmo período de tempo. O que é desejável para eliminar variáveis não relacionadas com a composição genética.

Objetivou-se com este trabalho caracterizar o efeito da composição genética na condição corporal, produção de leite, perfil metabólico e hormonal de vacas mestiças 1/2, 3/4 e >7/8 (7/8 HG, 15/16 HG e Holandês) Holandês-Gir em uma única fazenda, submetidas ao mesmo manejo, durante o período de transição.

## **Material e Métodos**

Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Minas Gerais, certificado 370/2013 (Anexo 1).

O experimento foi realizado de janeiro de 2014 a fevereiro de 2015, em uma fazenda comercial, no município de Pitangui, região Centro Oeste de Minas Gerais. As temperaturas máximas, mínimas e médias diárias do período são apresentadas na Figura 1. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do município de Bom Despacho, a mais próxima do local do experimento (32km em linha reta).

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) (Figura 2) foi calculado a partir do modelo proposto por Armstrong (1994), que sugeriu um índice de conforto térmico desenvolvido por Kelly e Bond (1971), em que se utiliza a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar, dados disponíveis nas estações climatológicas. Sua expressão é:

$$ITU = TBs - 0,55 (1 - RH) (TBs - 58)$$

Em que:

ITU = Índice de Temperatura e Umidade;

TBs = temperatura do ar;

RH = umidade relativa do ar

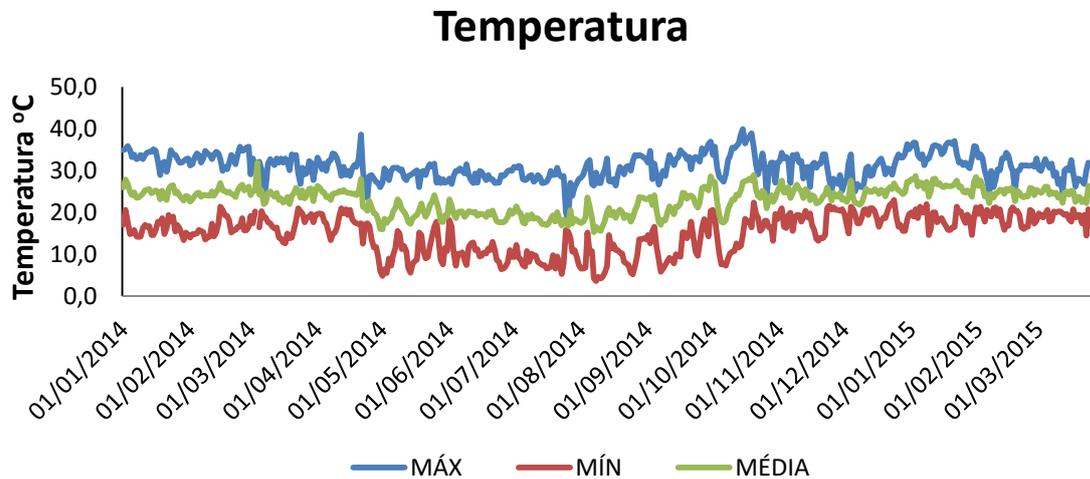


Figura 1- Temperaturas máximas, mínimas e médias diárias entre fevereiro de 2014 e março de 2015 na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia do município de Bom Despacho (INMET – MAPA).

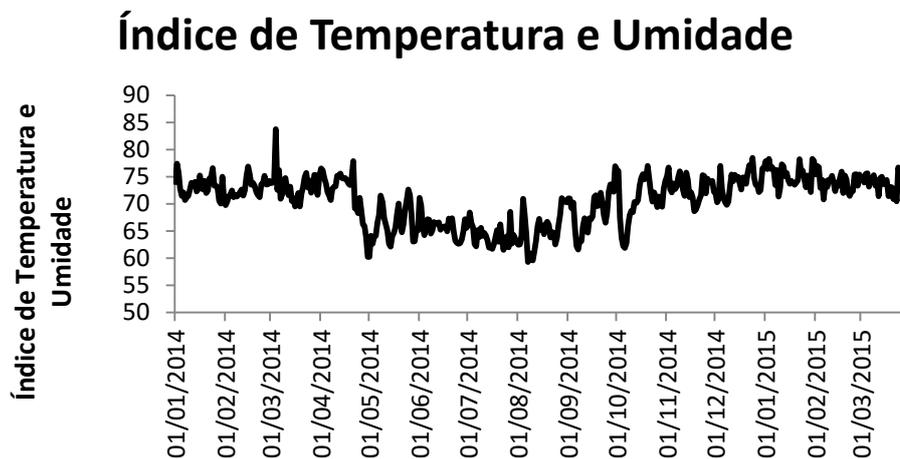


Figura 2- Índice de temperatura e umidade diários entre fevereiro de 2014 e março de 2015 obtidos a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia do município de Bom Despacho (INMET – MAPA).

Foram utilizadas 28 vacas multíparas de segunda a oitava ordens de parto (Tabela 1) - oito vacas mestiças 1/2 Holandês-Gir (HG), dez vacas mestiças 3/4 HG e dez vacas mestiças >7/8 HG (seis vacas 7/8 HG, duas vacas 15/16 HG e duas da raça Holandês) no período entre três semanas anteriores à data prevista para o parto e o fim da lactação. Os partos de todas as vacas avaliadas ocorreram nos meses de fevereiro e março de 2014.

Tabela 1 - Ordem de partos e números de animais que compõem os grupos genéticos 1/2HG, 3/4HG e >7/8 HG

Ordem de parto	Número de animais	Grupos genéticos		
		1/2HG	3/4HG	>7/8HG
2°	18	8	5	5
3°	3	0	0	3
4°	2	0	1	1
5°	2	0	2	0
7°	2	0	1	1
8°	1	0	1	0

Todas as vacas foram submetidas ao mesmo manejo no pré-parto (pastejo rotacionado de capim *Brachiaria* com suplementação de silagem de milho e concentrado), fornecidos uma vez ao dia pela manhã. Os partos foram acompanhados durante o dia e quando aconteciam durante a noite eram verificados na manhã seguinte.

Logo após o parto, os bezerros receberam quatro litros de colostro, realizou-se a cura do umbigo com iodo 10% e foram levados ao bezerreiro. As vacas permaneceram na maternidade durante 24h após o parto, sendo posteriormente ordenhadas dois a três dias na ordenha acessória, e enfim incorporadas aos lotes de vacas em lactação na ordenha principal. Os piquetes possuíam sombra, água e sal mineral à vontade.

Durante a lactação, as vacas foram submetidas ao manejo da fazenda quanto à alimentação, manejo reprodutivo e movimentação entre lotes e ordenha. Ficaram confinadas durante o dia sendo liberadas para o pastejo durante a noite, sob sistema rotacionado em capim Mombaça (*Panicum maximum cv. Mombaça*), com período de ocupação de um dia nos meses de janeiro a abril de 2014 e novembro de 2014 a fevereiro de 2015. Foram totalmente confinadas em piquete com sombra, sal mineral e água à vontade nos meses de maio a outubro de 2014, recebendo dieta completa, composta por silagem de milho, farelo de soja e

milho moído. A dieta foi fornecida em duas porções diárias após as ordenhas em pista de alimentação.

As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia com intervalo de 12 horas, em equipamento mecânico tipo espinha de peixe, linha baixa, com 24 conjuntos (2x12=24) e mecanismo de extração automática de teteiras. Todos os animais foram ordenhados sem a presença dos bezeros e sem aplicação de ocitocina. Realizou-se avaliação da produção de leite semanalmente entre a segunda e a nona semana pós-parto e mensalmente até o fim da lactação. Os dados de produção eram obtidos em dois dias consecutivos obtendo-se a média entre as duas pesagens. Os valores da primeira semana de lactação foram desconsiderados por corresponderem ao leite de transição em algumas vacas e apresentarem muita variação ao longo dos dias. A produção de leite foi mensurada diretamente no equipamento de ordenha, no medidor ALPRO FloMaster Pro<sup>TM</sup> (De-Laval®) que fornece a quantidade de litros ordenhados baseando-se no fluxo de leite que passa pelo sensor.

A partir de 70 dias pós-parto (depois do período de coleta de amostras de sangue) todas as vacas passaram a receber a cada 14 dias aplicações subcutâneas de 500mg rbST (Lactotropin) até 14 dias antes da data prevista para secagem do animal.

Amostras de sangue para a determinação das concentrações plasmáticas de progesterona, insulina e IGF-1 foram obtidas nove, sete e cinco dias anteriores à data prevista para o parto e uma vez por semana até a nona semana pós-parto, sendo que exclusivamente na primeira semana pós-parto realizou-se duas coletas: no dia três e no dia sete pós-parto. Para determinação das concentrações plasmáticas de ácidos graxos não esterificados (AGNE) e glicose utilizou-se as amostras colhidas até a sétima semana pós-parto. As datas das coletas variaram dois dias para mais ou para menos relativos à data prevista do parto, pois as mesmas eram realizadas em dias fixos da semana para minimizar o transtorno no manejo geral da fazenda. As coletas foram realizadas pela manhã, antes do fornecimento da dieta. As amostras foram obtidas via punção da veia coccígea, utilizando-se tubo Vacutainer<sup>®</sup> de 5 ml contendo fluoreto de sódio para análise de glicose e contendo EDTA para as demais análises. O sangue coletado foi imediatamente centrifugado à 3.500 x g por 15 min e o plasma foi aliquoteado em dois eppendorfs de 1,5 mL (duplicata) imediatamente congelados a - 20° C para posterior análise.

Avaliou-se o escore de condição corporal (ECC) por inspeção da pelve e inserção da cauda, costelas e lombo, segundo a escala de 1 a 5 pontos de Edmonson et al. (1989), sendo 1: muito magra, 2: magra, 3: média, 4: boa e 5: gorda. A avaliação foi realizada nos mesmos dias das coletas de sangue.

Avaliou-se o tempo para a primeira ovulação (tempo em semanas para que a concentração de progesterona se elevasse acima de 1,0 ng/mL), período de serviço (período entre o parto e a data da inseminação artificial que culminou em prenhez), duração da lactação em dias, escore de condição corporal na semana do parto (ECC avaliado no dia mais próximo ao parto), escore de condição corporal na semana da primeira ovulação (ECC avaliado na semana que a concentração de progesterona apresentou valores acima de 1,0 ng/mL), perda de escore de condição corporal (diferença entre o ECC ao parto e o ECC mais baixo atingido após o parto), dias para o escore de condição corporal mais baixo a partir do parto (tempo em dias para a vaca atingir o ponto mais baixo do ECC pós-parto), dias para recuperação do ECC a partir do parto (tempo em dias que a vaca levou para retomar o ECC da semana do parto).

As análises de AGNE e glicose foram realizadas por métodos colorimétricos no Laboratório de Patologia Clínica da EV/UFMG. As amostras foram descongeladas à temperatura ambiente e para análise utilizou-se o aparelho COBAS MIRA PLUS da marca ROCHE®, com os kits enzimáticos de Glicose - CGL1611 e AGNE - COBAS MIRA FA 115 da RANDOX.

As análises de progesterona, insulina e IGF-1 foram realizadas no Laboratório de Endocrinologia Animal da UNESP campus Araçatuba. Insulina e progesterona foram quantificadas por radioimunoensaio. O kit utilizado para análise de insulina foi o Porcin Insulin RIA 250 Tube Kit – PI12K da Milipore® e os coeficientes de variação intra- e inter-ensaio foram de 9,94% e 10,72% respectivamente. Para análise de progesterona utilizou-se o kit RIA Progesterone – IM1188 da Beckman Coulter® e os coeficientes de variação intra- e inter-ensaio foram de 3,12% e 8,06% respectivamente. As análises de IGF-1 foram realizadas por ELISA metodologia in house, conforme Maioli (2016), e os coeficientes de variação intra- e inter-ensaio foram de 7,50% e 10,43% respectivamente.

Curvas de lactação foram ajustadas utilizando-se a função Gamma Incompleta de Wood (1967). Essa função foi utilizada para estimar a produção ao pico, a produção total, dias para atingir o pico de lactação e as curvas de lactação médias para cada grupo genético. Também foram ajustadas curvas individuais para cada vaca e estimadas as características da curva de lactação.

Produção de leite média mensal para o primeiro e segundo meses de lactação, produção de leite total, dias para atingir o pico de lactação, produção de leite ao pico de lactação foram estimadas a partir de modelagem de curvas individuais de lactação para cada animal, por meio da função Gamma Incompleta de Wood.

Avaliou-se o efeito fixo de grupo genético sobre as variáveis: produção de leite média mensal para o primeiro e segundo meses de lactação, produção de leite total, dias para atingir o pico de lactação, produção de leite ao pico de lactação, semanas para a primeira ovulação, período de serviço, duração da lactação em dias, ECC ao parto, ECC na semana da primeira ovulação, perda de ECC, dias para o ECC mais baixo a partir do parto e dias para recuperação do ECC a partir do parto, concentrações plasmáticas de AGNE, glicose, insulina e IGF-1 utilizando o pacote Estatístico Statistical Analysis System (SAS) (versão 9.0).

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk, e a homocedasticidade de variâncias pelo Teste de Bartlett.

Para as características: produção de leite mensal média para o primeiro mês, dias para atingir o pico de lactação, produção de leite total, dias para ECC mais baixo a partir do parto, dias para recuperação do ECC a partir do parto, ECC na semana da primeira ovulação, semanas para a primeira ovulação, e período de serviço, realizou-se Análise de Variância e utilizou-se o teste de Duncan para comparar médias ajustadas para os grupos genéticos. As variáveis dias para ECC mais baixo a partir do parto, dias para recuperação do ECC a partir do parto, semanas para a primeira ovulação e período de serviço foram transformados para logaritmo para atender às exigências de normalidade.

As variáveis perda de ECC, ECC ao parto e ECC na semana da primeira ovulação foram analisadas pelo teste de Kruskal Wallis por serem classificadas como variáveis de análises subjetivas.

IGF-1, produção média mensal do segundo mês, produção de leite ao pico e duração da lactação não apresentaram homogeneidade de variâncias e foram analisados pelo teste de Kruskal Wallis, seguido do teste de Dunn para comparação das médias.

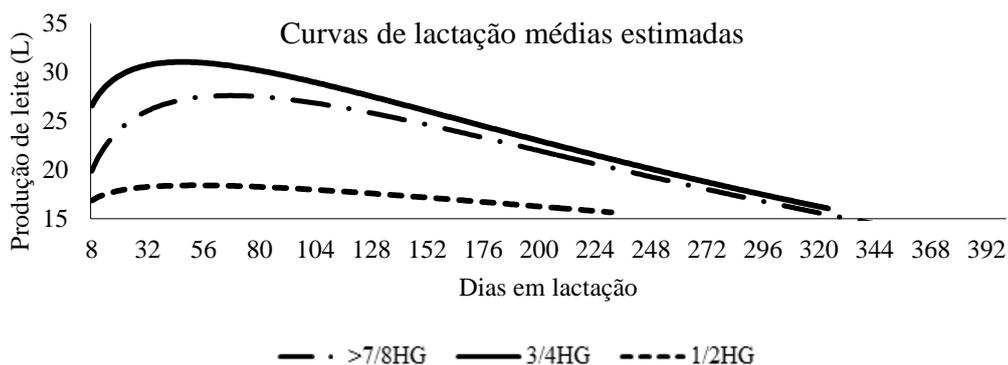
Os dados de AGNE, insulina e glicose foram analisados utilizando metodologia de modelos mistos específica para análise de medidas repetidas e as médias ajustadas foram comparadas pelo teste de Tukey. As variáveis AGNE e insulina foram transformadas para logaritmo para atenderem às exigências de normalidade.

Associação entre as variáveis AGNE, glicose, insulina e produção de leite foram avaliadas pelos coeficientes de correlação de Pearson estimados. Para esta análise utilizou-se a produção de leite aferida nos dias das coletas.

A análise estatística dos dados foi realizada dividindo-se as coletas em períodos: pré-parto (coletas nos dias nove, sete, e cinco dias pré-parto); primeiro mês pós-parto (coletas entre os dias três e 28 pós-parto); segundo mês pós-parto (coletas entre os dias 28 e 63 pós-parto).

## Resultados e Discussão

Todos os grupos genéticos apresentaram produção inicial seguida de fase ascendente até o pico de lactação e fase descendente posterior ao pico (Figura 3), padrão esperado para curvas de lactação de animais taurinos, descrito na literatura como curva típica (Glória et al., 2010).



**Figura 3** – Curvas de lactação médias estimadas pela equação de Wood para cada tratamento.

Em geral, para raças taurinas mantidas em clima temperado, a curva de lactação é chamada típica, e apresenta pico de produção entre 60-90 dias (Cobuci et al., 2004) próximo ao observado neste experimento para o grupo 7/8HG e 1/2HG (Tabela 2). Acreditava-se que os animais mestiços HZ não apresentavam pico de produção, por gerarem curvas atípicas, porém muitos autores atribuem a não estimação de pico de lactação à falta de registros de produções anteriores ao pico (Glória et al., 2010). Neste estudo, apenas dois animais do grupo 1/2HG apresentaram curvas atípicas, sendo que 75% dos animais deste grupo apresentaram fase ascendente com pico de produção e posterior fase descendente.

A produção de leite ao pico do grupo 3/4HG foi maior que a do grupo 1/2 HG ( $p < 0,05$ ) e a produção do grupo >7/8HG foi semelhante aos dois grupos genéticos (Tabela 2).

Esperava-se que o grupo >7/8HG apresentasse maior produção de leite total e ao pico que os animais 1/2HG e 3/4HG. O estresse térmico pode ter sido o fator responsável pela produção de leite ao pico (semelhante aos outros grupos) e produção total semelhante aos outros grupos, uma vez que todas as vacas foram submetidas ao mesmo manejo geral e nutricional. Animais submetidos ao estresse térmico apresentam modificações no metabolismo que justificam a menor produção de leite independente da queda na ingestão de

matéria seca. O custo energético para alcançar a adaptação em temperaturas e umidades críticas gera menor volume de leite por lactação (Campos et al., 2007).

**Tabela 2** – Produção de leite ao pico, dias para atingir o pico de lactação, duração da lactação dos grupos 1/2 e 3/4 Holandês-Gir (HG) e >7/8HG (composto por animais 7/8 HG, 15/16 HG e Holandês) estimados a partir da modulação de curva de lactação pela função gama incompleta de Wood (Wood, 1967)

	Composição genética		
	1/2HG	3/4HG	>7/8HG
Produção de leite ao pico*	21,2±9,1 B	31,3±2,9 A	28,4±3,6 AB
Dias para atingir o pico de lactação	60,5±25,4 A	45,5±12,3 A	63,4±27,5 A
Duração da lactação (Dias)*	231,0±105,5 B	324,4±97,9 AB	345,3±36,4 A
Produção de leite total	3968,64±2795,76 B	7924,92±1955,64 A	6934,85±2038,74 A

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Duncan. \* Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Dunn.

A raça Holandês é reconhecidamente a que proporciona maior ganho em produtividade de leite, porém, nem sempre consegue expressar seu potencial genético devido a limitações principalmente do clima e alimentação. Segundo Torquato (2013), o grupo genético 3/4HG, caracterizado por apresentar 75% de genes da raça Holandês e 25% da raça Gir, constitui um cruzamento com boa adaptação às condições tropicais. Guimarães et al. (2002), ao avaliar a eficiência reprodutiva de vacas cruzadas das raças Holandês e Gir em condições de clima tropical, concluíram que os animais 3/4HG possuem maior tendência para produção de leite, associada a maior adaptabilidade ao ambiente, em comparação aos animais puros. O que foi observado no presente experimento, uma vez que as vacas 3/4HG apresentaram altas produções de leite ao pico e total, se igualando ao grupo >7/8HG.

Ruas et al. (2008) e Junior et al. (2014) relataram produção de leite ao pico menores do que o presente experimento para vacas mestiças F1 Holandês-Zebu, 16,7 e 16,4 litros de leite respectivamente. Já Carvalho (2009) e Peixoto (2011) encontraram valores semelhantes para produção de leite ao pico de vacas F1 Holandês-Zebu, 20,8 na estação seca do ano, e 20,4 litros, respectivamente. Junior et al. (2014) observaram média de 17,8 litros de leite produzidos no pico de vacas 3/4HG e 18,5 litros de leite para vacas da raça Holandês em

experimento realizado no Brasil, inferiores ao presente trabalho. Ribeiro (2016) encontrou média de produção de leite no pico de 28,4 kg para vacas F1HG.

A produção de leite total apresentou valores altos para os animais 3/4HG e >7/8HG quando comparados à experimentos realizados em condições tropicais. Holman et al. (1990) observaram produções de 4.467kg em 318 dias para vacas da raça Holandês, 2.380kg em 281 dias para vacas 3/4HZ e 2.092kg em 274 dias para animais 1/2HZ. Mellado et al. (2011) encontraram produções totais de  $5.417 \pm 96$  para animais da raça Holandês,  $4.807 \pm 131$  para vacas 3/4HG e  $4.541 \pm 92$  para vacas 1/2HG. A maior produção de leite total para os animais do presente experimento pode ser atribuída, além da composição genética diferente entre experimentos, em parte, à utilização de Lactotropin após 70 dias da lactação e condições ambientais.

O tempo para atingir o pico não diferiu entre os grupos genéticos ( $p > 0,05$ ), porém as médias de dias para o pico dos grupos 1/2HG e 3/4HG foram maiores (Tabela 2) que as relatadas por Peixoto (2011), Ruas et al. (2008) e Glória et al. (2010), que observaram o pico de produção nos dias 24, 26 e 23 pós-parto, respectivamente, todos na 4ª semana pós-parto com animais F1 Holandês-Zebu.

Segundo Capuco et al. (2003), o número e a atividade das células epiteliais mamárias determinam a forma da curva de lactação, sendo que até o pico da lactação ocorre aumento do número de células e da sua atividade secretória. Dessa forma, os animais dos experimentos citados teriam menor número de células alveolares, o que faz com que a atividade secretória máxima e as taxas de proliferação e apoptose se igualem mais precocemente no período pós-parto, atingindo mais rapidamente o pico de produção, caracterizando animais de mérito genético para produção de leite inferior aos utilizados no presente experimento. No entanto, como a produção de leite das vacas F1 observada nesse estudo é semelhante aos experimentos citados, essa explicação parece não ser totalmente consistente. Porém, Ribeiro (2016) avaliou um rebanho de animais F1HG submetido à seleção genética focada em produção de leite há anos e observou tempo para atingir o pico mais próximo ao encontrado nesse experimento (43 dias), e produções de leite total e no pico superiores aos animais F1HG do presente trabalho (6.271,56 em 208 dias e 28,4kg no pico). A autora argumenta que à medida que as vacas mestiças F1 são selecionadas com foco em produção de leite e submetidas a manejos que possibilitem a expressão dessa genética, o comportamento da curva de lactação se assemelha ao de curvas de animais Europeus. Além disso, esses animais não recebiam nenhum estímulo durante a ordenha comumente utilizado para animais F1HG, como bezerro ao pé,

fornecimento de ração durante a ordenha ou a aplicação de ocitocina exógena, fator que pode ser responsável pela menor produção de leite e duração da lactação.

A duração da lactação foi maior para o grupo  $>7/8\text{HG}$  comparado ao grupo  $1/2\text{HG}$  ( $p<0,05$ ) (Tabela 2). O que era esperado, uma vez que animais com maior porcentagem de genes zebu possuem menor duração da lactação (Glória et al., 2006; Junior et al., 2014). O grupo  $3/4\text{HG}$  apresentou duração de lactação semelhante aos outros dois grupos genéticos, corroborando o relatado por Santos (2011), que encontrou valores semelhantes de duração da lactação para vacas  $1/2\text{HG}$  e  $3/4\text{HG}$ , 307,9 e 315,66 dias respectivamente.

As vacas  $1/2\text{HG}$  apresentaram maior ECC ao parto e maior perda de ECC quando comparadas às vacas  $3/4\text{HG}$  e  $>7/8\text{HG}$  ( $p<0,05$ ) (Tabela 3). Os resultados encontrados corroboram com Akbar et al. (2015), que relatam que vacas com maior peso corporal ao parto mobilizam mais reservas corporais no início da lactação. No entanto, o maior ECC e maior mobilização no pós-parto imediato do grupo  $1/2\text{HG}$  parece não ter refletido em diferenças no balanço energético entre os grupos genéticos avaliados, já que não houve diferença para os parâmetros: dias para atingir o ECC mais baixo, dias para recuperação do ECC a partir do parto ( $p>0,05$ ) (Tabela 3) e nos valores de AGNE durante todos os períodos avaliados ( $p>0,05$ ) (Tabelas 4).

Apesar de apresentar a maior perda de ECC o grupo  $1/2\text{HG}$  recuperou rapidamente o ECC ao parto (aproximadamente 24 dias). Segundo Mulligan et al. (2006), para se evitar distúrbios metabólicos a perda máxima de ECC até dois meses depois do parto deve estar entre 0,5 e 0,75 pontos. Todos os grupos genéticos apresentaram perda de ECC abaixo desses valores até o primeiro mês de lactação e corroborando com o recomendado pelos autores, nenhuma vaca apresentou distúrbios metabólicos.

Não houve diferença entre os grupos genéticos para o ECC na semana da primeira ovulação (semana em que  $P_4>1\text{ng/mL}$ ), semanas para a primeira ovulação e período de serviço ( $p>0,05$ ) (Tabela 3). O balanço energético negativo (BEN) e as adaptações metabólicas associadas são os fatores mais importantes relacionados à redução de fertilidade em vacas leiteiras (Alves et al., 2009). Tanto a duração como a severidade do BEN estão correlacionadas com o intervalo para retorno à atividade ovulatória após o parto (Butler et al., 2003).

**Tabela 3** - ECC ao parto, perda de ECC, dias para o ECC mais baixo a partir do parto, dias para recuperação do ECC a partir do parto, ECC na semana da primeira ovulação, semanas para a primeira ovulação e período de serviço de vacas dos grupos 1/2, 3/4 e >7/8 Holandês-Gir (HG) (composto por animais 7/8 HG, 15/16 HG e Holandês)

	Composição genética		
	1/2HG	3/4HG	>7/8HG
Escore de condição corporal ao parto <sup>(1)*</sup>	3,9 ±0,3A	3,5 ±0,3B	3,3 ±0,2B
Perda de escore de condição corporal <sup>(2)</sup>	0,6 ±0,2A	0,2 ±0,2B	0,3 ±0,3B
Dias para o ECC mais baixo a partir do parto <sup>(3)</sup>	13,0 ±10,6A	6,6 ±7,0A	7,1 ±9,1A
Dias para recuperação do ECC a partir do parto <sup>(4)</sup>	24,8 ±14,1A	12,6 ±13,9A	20,4 ±23,2A
ECC na semana da primeira ovulação <sup>(5)</sup>	3,5±0,4A	3,2 ±0,3A	3,3 ±0,3A
Semanas para a primeira ovulação <sup>(6)</sup>	5,3±2,3A	3,7 ±1,6A	3,9 ±1,6A
Período de serviço <sup>(7)</sup>	110,3±54,1A	125,0 ±41,7A	154,1 ±91,9A

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Duncan. \* Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. <sup>(1)</sup>ECC avaliado no dia mais próximo ao parto. <sup>(2)</sup>Diferença entre o ECC ao parto e o ECC mais baixo atingido após o parto. <sup>(3)</sup>Tempo em dias para a vaca atingir o ponto mais baixo do ECC pós-parto. <sup>(4)</sup>Tempo em semanas para a vaca retomar o ECC do parto. <sup>(5)</sup>ECC avaliado no primeiro dia pós-parto que a concentração plasmática de progesterona apresentou valores acima de 1,0 ng/mL. <sup>(6)</sup>Tempo em semanas para que a concentração de progesterona se elevasse acima de 1,0 ng/mL. <sup>(7)</sup>Período entre o parto e a data da inseminação artificial que resultou em concepção.

A grande mobilização das reservas corporais pode ampliar o intervalo do parto ao primeiro estro e à ovulação em vacas leiteiras de alta produção (Roche, et al., 2009), o que parece acontecer também em vacas mestiças (Borges et al., 2009). Como não foram observadas diferenças na severidade do BEN entre os grupos genéticos, os resultados encontrados são justificáveis. Harrison et al. (1990) também não encontraram diferença no intervalo, em dias, para a primeira ovulação entre vacas de médio e alto mérito genético para produção de leite.

A gravidade do BEN irá determinar se a frequência pulsátil do LH é suficiente para provocar aumento do diâmetro folicular e produção de estradiol em concentração mínima para

ocorrer a ovulação (Beam e Butler, 1999). Caso a frequência pulsátil do LH seja inadequada, resultará em atresia folicular e atraso na ocorrência da primeira ovulação (Butler et al., 2008).

Os grupos genéticos 3/4HG e >7/8HG perderam menos que 0,5 unidades de escore e ovularam, em média, próximo à 30 dias pós-parto (3,7 e 3,9 semanas) e as vacas do grupo genético 1/2HG perderam entre 0,5 e 1,0 unidades de escore e ovularam, em média, próximo à 36 dias pós-parto (5,3 semanas). Segundo Butler (2005) vacas que perdem menos de 0,5; de 0,5 a 1,0 e mais de 1,0 unidade de escore ovularam, em média, aos 30, 36 e 50 dias de pós-parto, respectivamente, semelhante ao observado no presente trabalho.

Apesar de demorarem aproximadamente uma semana e meia a mais para a primeira ovulação, as vacas 1/2HG apresentaram o período de serviço, 110 dias aproximadamente, em média 44 e 15 dias menor que o grupo Holandês e 3/4HG respectivamente (Tabela 3). Diferente do observado por Butler e Smith (1989), uma vez que avaliaram o efeito da perda de condição corporal nas primeiras cinco semanas de lactação, e observaram que as vacas com maior perda de ECC apresentaram pior eficiência reprodutiva.

Junior et al. (2014) relataram menor período de serviço para animais 1/2HG, 108,5 dias, quando comparados com animais 3/4HG, 117,2 dias e puros por cruzada Holandês, 124,1 dias ( $p < 0,05$ ) e atribuíram essa diferença à ocorrência de heterose para esta característica. O período de serviço desejado é menor que 85 dias, visto que o intervalo de partos ideal para vacas leiteiras é de 12 meses (Borges et al. 2015). Nenhum dos grupos atingiu essa meta, sendo que as vacas 1/2HG chegaram mais perto.

A concentração plasmática de AGNE reflete a magnitude da mobilização da gordura corporal (Duffield e LeBlanc, 2009). No presente trabalho, não foram observadas diferenças para os valores de AGNE ( $p > 0,05$ ) entre os diferentes grupos genéticos ou semanas avaliadas em todo o período avaliado (Tabela 4), e não houve significância para nenhum parâmetro da regressão linear e quadrática. Além disso, apresentaram valores baixos, menores que 0,123 mmol/L em todos os grupos genéticos e períodos avaliados.

Os AGNE são liberados no início da lactação quando a vaca não consome a quantidade de matéria seca suficiente para suprir sua demanda energética (Bauman e Currie, 1989; Bell, 1995; Roche et al., 2009). Como o padrão de concentração de AGNE foi baixo para todos os grupos genéticos em todos os períodos, podemos inferir que as vacas estavam com adequado status nutricional no pré e pós-parto. O que minimizou o balanço energético negativo, e consequentemente a perda de ECC em todos os grupos genéticos (1/2HG: 0,6; 3/4HG: 0,2; >7/8HG: 0,3) (Tabela 3) durante todos os períodos. Roche et al. (2009) afirmam que quando o fornecimento de nutrientes é adequado, a vaca consegue

atender às demandas energéticas a partir da ingestão de matéria seca, reduzindo a mobilização corporal.

Em alguns trabalhos que comparam animais de diferentes grupos genéticos, as vacas com maior mérito genético para produção de leite apresentam maiores concentrações de AGNE no início da lactação (Barnes et al., 1985; Harrison et al., 1990). No entanto, no presente trabalho os resultados de AGNE não apresentaram efeito de grupo genético apesar da diferença na produção de leite (Tabela 4), corroborando com os resultados encontrados por Westwood et al. (2000) e Lucy et al. (2009).

Vacas com escore de condição corporal elevado ( $ECC > 4,0$ ) possuem queda mais acentuada no consumo de matéria seca e demoram mais para recuperá-lo no pós-parto (Pires et al., 2013). Estes animais apresentam balanço energético negativo mais acentuado com maiores concentrações plasmáticas de AGNE e BHB (Mulligan et al., 2006). As vacas do presente experimento não apresentaram ECC elevado ao parto (1/2HG: 3,9; 3/4HG: 3,5; >7/8: 3,3) (Tabela 3), fator que pôde contribuir para as baixas concentrações plasmáticas encontradas no presente experimento.

No presente experimento, nenhum grupo genético apresentou valores plasmáticos de AGNE maiores que os indicados por Duffield (2004) e Ospina et al. (2010) em qualquer dos períodos avaliados e corroborando com o estabelecido por eles nenhum animal apresentou problemas metabólicos clínicos.

No pré-parto, a glicose foi maior para o grupo genético 1/2HG em comparação aos grupos 3/4HG e >7/8 HG ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4). As concentrações de glicose não variaram ao longo do tempo no período pré-parto ( $p > 0,05$ ). A concentração de glicose plasmática é altamente regulada e por isso em condições fisiológicas varia muito pouco (Westwood et al., 2000). Peixoto (2011) também não encontrou variações nas concentrações plasmáticas de glicose no período pré-parto, sendo que a média encontrada foi de  $58,3 \pm 10,7$  mg/dL para vacas F1 Holandês-Zebu. Segundo Blum et al. (1983) nos primeiros 100 dias prévios ao parto as concentrações de glicose não variam.

No primeiro mês pós-parto a concentração de glicose plasmática não apresentou efeito ( $p > 0,05$ ) dos diferentes grupos genéticos ou das semanas avaliadas (Tabela 4). Não houve significância para nenhum parâmetro da regressão linear e quadrática ( $p > 0,05$ ) em nenhum dos períodos.

Tabela 4 – Médias das concentrações plasmáticas de ácidos graxos não esterificados (AGNE), glicose, insulina, fator de crescimento semelhante a insulina (IGF-1) e produção de leite de vacas ½ Holandês-Gir (1/2HG), 3/4 Holandês-Gir (3/4HG) e >7/8 Holandês-Gir (>7/8HG) nos períodos pré-parto, primeiro mês pós-parto e segundo mês pós-parto

Hormônios e Metabólitos	Grupos genéticos			Valor de P		
	1/2 HG	3/4 HG	>7/8 HG	Grupo genético	SEM <sup>1</sup>	Grupo genético x SEM <sup>1</sup>
<b>Pré-parto</b>						
AGNE (mmol/L)	0,112 ± 0,090	0,111 ± 0,084	0,083 ± 0,047	0,695	0,074	0,596
Glicose (mg/dL)	59,750 ± 3,700 A	56,740 ± 3,200 B	55,730 ± 3,070 B	<b>0,009</b>	0,478	0,085
Insulina (µU/mL)	8,690 ± 2,820 AB	9,480 ± 2,920 A	6,990 ± 2,140 B	<b>0,045</b>	0,173	0,808
IGF-1 (ng/mL)**	213,860 ± 40,000 A	189,340 ± 42,500 AB	168,390 ± 29,290 B	<b>0,001</b>	0,672	-
<b>Primeiro mês pós-parto</b>						
AGNE (mmol/L)	0,122 ± 0,102	0,096 ± 0,063	0,112 ± 0,063	0,688	0,253	0,058
Glicose (mg/dL)	60,650 ± 7,480	57,450 ± 5,050	57,170 ± 4,570	0,290	0,258	0,565
Insulina (µU/mL)	13,510 ± 8,770	09,610 ± 5,040	08,100 ± 3,070	0,118	<b>0,0002</b>	0,053
IGF-1 (ng/mL)**	180,980 ± 67,620	162,280 ± 38,300	165,250 ± 56,200	0,419	<b>&lt;0,0001</b>	-
Produção de leite (L)*	16,800 ± 5,800 C	28,200 ± 3,900 A	22,000 ± 3,800 B			
<b>Segundo mês pós-parto</b>						
AGNE (mmol/L)	0,075 ± 0,051	0,098 ± 0,045	0,106 ± 0,050	0,117	0,963	0,318
Glicose (mg/dL)	62,950 ± 6,430 AB	57,540 ± 7,720 BC	56,550 ± 4,690 C	<b>0,040</b>	0,692	0,820
Insulina (µU/mL)	22,100 ± 18,940 A	09,940 ± 4,400 B	08,860 ± 3,950 B	<b>0,005</b>	0,469	0,800
IGF-1 (ng/mL)**	288,100 ± 117,530 A	166,810 ± 42,230 B	173,840 ± 59,210 B	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,0002</b>	
Produção de leite (L)**	19,000 ± 9,000 B	31,000 ± 2,900 A	26,800 ± 2,900 AB			

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). \* Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05). \*\* Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Dunn (p<0,05). <sup>1</sup>SEM = Semanas em relação ao parto.

No segundo mês pós-parto o grupo genético 3/4HG apresentou concentrações plasmáticas de glicose semelhantes aos grupos 1/2HG e >7/8 HG ( $p>0,05$ ). No entanto, o grupo 1/2 HG apresentou concentrações maiores que o grupo > 7/8 HG ( $p<0,05$ ) (Tabela 4). Pode-se inferir a partir desta informação que as vacas F1HG não direcionaram a glicose plasmática para produção de leite como as vacas >7/8HG.

A concentração plasmática de glicose de todos os grupos genéticos em todos os períodos avaliados se apresentou dentro dos parâmetros fisiológicos de 45 a 75 mg/dL (Radostits et al., 2007).

No período pré-parto, a concentração plasmática de insulina do grupo genético 1/2HG foi semelhante aos grupos 3/4HG e >7/8HG ( $p>0,05$ ) (Tabela 4). No entanto, o grupo 3/4HG apresentou concentrações plasmáticas de insulina maiores que o grupo >7/8HG no mesmo período ( $p<0,05$ ) (Tabela 4).

No primeiro mês de lactação, a concentração plasmática de insulina não apresentou efeito ( $p>0,05$ ) dos grupos genéticos, no entanto, apresentou efeito das semanas avaliadas ( $p<0,0002$ ) (Tabela 5).

Tabela 5 – Concentração plasmática de Insulina ( $\mu\text{U/mL}$ ) de vacas  $\frac{1}{2}$  Holandês-Gir,  $\frac{3}{4}$  Holandês-Gir e vacas e >7/8 Holandês-Gir entre a primeira e a quinta semana de lactação

SEM <sup>1</sup>	Insulina ( $\mu\text{U/mL}$ )
1	09,45 $\pm$ 5,16 BC
2	08,01 $\pm$ 5,26 C
3	10,34 $\pm$ 6,78 AB
4	11,81 $\pm$ 4,14 A
5	11,54 $\pm$ 8,65 AB

Médias seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ). <sup>1</sup>SEM = semanas em relação ao parto.

A concentração de insulina plasmática nas duas primeiras semanas pós-parto foi semelhante ( $p>0,05$ ), sendo que na segunda semana foi menor do que a concentração nas semanas três, quatro e cinco pós-parto ( $p<0,05$ ) (Tabela 5).

Os resultados corroboram com Brown et al. (2012) e Tanaka et al. (2008), que encontraram a menor concentração plasmática de insulina pós-parto na segunda semana de lactação e aumento na semana seguinte que se manteve constante nas semanas posteriores.

A concentração plasmática de insulina no pós-parto imediato não apresentou queda brusca como observado por Rhoads et al. (2004) e Lucy (2009) avaliando vacas da raça Holandês. E apresentou concentrações altas durante todo o período.

Segundo Rhoads et al. (2004) a queda na concentração de insulina está associada ao balanço energético negativo e queda na ingestão de matéria seca e o desacoplamento do eixo somatotrófico está associado à queda na concentração de insulina, uma vez que a administração exógena de insulina resulta em aumento de RNAm de receptores de GH e IGF-1 no fígado, aumento nas concentrações plasmáticas de IGF-1 e queda nas concentrações de GH em vacas da raça Holandês gestantes e lactantes.

Como no presente trabalho não se observou significativa queda no ECC e variação nas concentrações de AGNE no pós-parto imediato, pode-se inferir que as vacas não apresentaram BEN capaz de diminuir as concentrações plasmáticas de insulina a ponto de desacoplar o eixo somatotrófico.

No segundo mês pós-parto, a concentração de insulina plasmática foi maior para o grupo genético 1/2HG em relação aos grupos 3/4HG e >7/8HG (Tabela 4). O que indica que os animais 1/2HG direcionaram mais rapidamente o metabolismo para o ganho de peso, como animais pouco selecionados para produção de leite, o que já havia sido indicado pela maior concentração plasmática de glicose no segundo mês pós-parto quando comparado ao grupo >7/8HG.

Lucy et al. (2009) avaliaram três grupos genéticos de vacas da raça Holandês de alto, médio e baixo méritos genéticos para produção de leite e não encontraram efeito do grupo genético na concentração plasmática de insulina. As concentrações de insulina encontradas no pós-parto foram inferiores às médias encontradas no presente experimento, variando entre  $1,0 \pm 0,4$  e  $4,1 \pm 0,9$   $\mu\text{U/mL}$ , sendo que as concentrações médias aumentaram de  $2,8 \pm 0,3$   $\mu\text{U/mL}$  na primeira semana para  $3,8 \pm 0,3$   $\mu\text{U/mL}$  na 15<sup>a</sup> semana de lactação.

A concentração plasmática de IGF-1 pré-parto foi semelhante entre o grupo 3/4HG e os outros grupos genéticos ( $p > 0,05$ ), no entanto o grupo 1/2HG apresentou valores maiores que o grupo >7/8HG ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4). O que era esperado, uma vez que animais mais selecionados para produção de leite apresentam menores concentrações de IGF-1 plasmática (Lucy et al., 2009; Hammon et al., 2010).

No primeiro mês pós-parto não houve diferença das concentrações plasmáticas de IGF-1 entre os grupos genéticos e no segundo mês pós-parto as vacas 1/2HG apresentaram maior concentração plasmática de IGF-1, seguindo o mesmo padrão dos dados encontrados para insulina, como esperado (Tabela 4). A insulina estimula a expressão de receptor de GH

no fígado e, conseqüentemente, o sensibiliza a secretar IGF-1, que realiza *feedback* negativo na produção e secreção de GH pela hipófise (Butler et al., 2003). Esse resultado reforça a hipótese que os animais 1/2HG direcionaram mais cedo o metabolismo para o ganho de peso em comparação aos outros grupos genéticos, uma vez que o feedback negativo do IGF-1 irá limitar as ações homeorréticas do GH para produção de leite e a insulina irá estimular a utilização de glicose pelos tecidos periféricos direcionando o metabolismo para a fase anabólica e diminuindo a disponibilidade de glicose para a produção de lactose na glândula mamária.

Os resultados de IGF-1 corroboram com a ideia de que as vacas do presente experimento demonstraram não sofrer desacoplamento do eixo somatotrófico, já que não apresentaram baixas concentrações de IGF-1 no pós-parto imediato, o que pode ser devido a alta concentração de insulina circulante desde o pré-parto estimulando o fígado a expressar mRNA para receptor de GH e, assim, produzir e secretar IGF-1.

No primeiro e segundo meses pós-parto a concentração de IGF-1 apresentou efeito das semanas avaliadas ( $p < 0,0001$  e  $p = 0,0002$  respectivamente) (Tabela 6).

Tabela 6 – Concentração plasmática média de IGF-1 (ng/mL) de vacas ½ Holandês-Gir, 3/4 Holandês-Gir e vacas e >7/8 Holandês-Gir no primeiro e segundo meses pós-parto

	Primeiro mês pós-parto		Segundo mês pós-parto	
	SEM <sup>1</sup>	IGF-1 (ng/mL)	SEM <sup>1</sup>	IGF-1 (ng/mL)
1 (3 dias pós-parto)		138,82 ± 43,92 C	5	158,24 ± 48,42 C
1 (7 dias pós-parto)		150,18 ± 56,49 BC	6	173,84 ± 67,96 BC
2		178,92 ± 49,84 AB	7	271,03 ± 124,76 A
3		169,46 ± 46,20 ABC	8	203,24 ± 69,67 ABC
4		201,48 ± 58,02 A	9	224,72 ± 101,82 AB

Médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Dunn ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>SEM = Semanas em relação ao parto.

O IGF-1 apresentou aumento da concentração plasmática com o avanço da lactação tanto para o primeiro quanto para o segundo mês pós-parto, o que era esperado, corroborando o encontrado por Lucy et al. (2009).

A concentração plasmática de AGNE apresentou correlação positiva com a produção de leite no primeiro ( $p < 0,0032$ ) e segundo mês ( $p < 0,0001$ ) pós-parto e correlação negativa com insulina e glicose no primeiro ( $p < 0,0001$ ;  $p < 0,0001$ ) e segundo ( $p < 0,0166$ ;  $p < 0,0133$ ) mês de lactação (Tabela 7).

Os resultados estão de acordo com o esperado, pois com o início da produção de leite e aumento da mesma ao longo da lactação a glicose plasmática é direcionada para a glândula mamária. Os AGNE são liberados na corrente circulatória em consequência da queda na concentração de glicose, como resposta ocorre a redução na relação insulina/glucagon a qual ativa a lipase sensível a hormônio, enzima responsável por hidrolisar os triglicerídeos em ácidos graxos e glicerol.

Tabela 7 - Correlação de Pearson entre as variáveis AGNE, glicose, insulina e produção de leite de vacas Mestiças Holandês X Gir nos diferentes períodos avaliados

Período	Variável	Glicose	AGNE	Produção
Pré-parto	Insulina	0,1049	-0,1505	
	Glicose		0,0387	
Pós-Parto (1ºmês)	Insulina	0,5331*	-0,3988*	-0,3464*
	Glicose		-0,3913*	-0,4419*
	AGNE			0,2799*
Pós-Parto (2ºmês)	Insulina	0,6252*	-0,3031*	-0,5937*
	Glicose		-0,2707*	-0,4165*
	AGNE			0,4289*

\* p<0,05

A concentração plasmática de glicose apresentou correlação negativa com a produção de leite e AGNE no primeiro (p <0,0001; p <0,0001) e segundo mês (p <0,0001; p <0,0133) pós-parto e correlação positiva com insulina no primeiro (p <0,0001) e segundo (p <0,0001) mês de lactação (Tabela 7).

Kappel et al. (1984) também encontraram correlação negativa entre as concentrações de glicose e produção de leite de vacas da raça Holandês. A correlação positiva entre glicose e insulina era esperada e também foi relatada por Beam e Butler (1997).

Conforme esperado, a concentração plasmática de insulina apresentou correlação negativa com a produção de leite e AGNE no primeiro (p <0,0006; p <0,0001) e segundo mês (p <0,0001; p <0,0166) pós-parto e correlação positiva com as concentrações plasmáticas de glicose no primeiro (p <0,0001) e segundo (p <0,0001) mês de lactação (Tabela 7). Brown et al. (2012) também encontraram correlação negativa entre insulina e produção de leite.

Uma hipótese que deve ser considerada analisando-se o perfil metabólico e hormonal apresentado pelos animais avaliados no presente experimento é que todos podem ter sofrido estresse térmico pelo calor ao longo do período experimental.

O ITU ideal para animais da raça Holandês é no máximo 72 (Armstrong, 1994), sendo que a produção de leite começa a cair a partir de ITU de 68 (Zimbleman et al., 2009) e para animais mestiços é de no máximo 79, sendo que animais 1/2HZ apresentam maior tolerância que animais 7/8HZ e animais 3/4HZ apresentam tolerância intermediária (Azevedo et al., 2005). Durante o período experimental em 12 meses o ITU foi acima do limite de conforto para animais de raça Holandês e em um mês o limite foi acima do recomendado para animais mestiços HG (Figura 2) Sendo que os partos se concentraram nos meses de maior ITU (fevereiro e março).

Segundo Baumgard e Rhoads (2013) as vacas submetidas ao estresse térmico não demonstram resistência periférica à insulina e por isso não apresentam, ou apresentam menor mobilização de AGNE no pós-parto, o que pode ter contribuído para os baixos valores encontrados para a concentração plasmática de AGNE em todos os períodos avaliados de todos os grupos genéticos (menor que 0,123 mmol/L) (Tabela 4). Outro fator que indica que os animais estudados foram submetidos ao estresse térmico pelo calor é a maior concentração plasmática de insulina encontrada em todos os períodos avaliados para todos os grupos genéticos quando comparada à literatura (Tabela 4). Segundo Baumgard e Rhoads (2013) a insulina plasmática de animais submetidos ao estresse térmico é mais alta que animais em condições homeotérmicas. Não se sabe ao certo o objetivo metabólico desse aumento, uma vez que é um momento catabólico, mas acredita-se que a insulina seja importante para ativar algumas proteínas de choque térmico, fundamentais para a sobrevivência do animal nessas condições. A maior concentração de insulina plasmática direciona a glicose para os tecidos periféricos em detrimento à produção de leite, além de evitar o desacoplamento do eixo somatotrófico, diminuindo os efeitos homeorréticos do GH pela *feedback* negativo exercido pelo IGF-1. Esses fatores poderiam justificar os valores de produção de leite dos animais >7/8HG tanto no pico quanto na produção total aquém do esperado para o cruzamento, muitas vezes semelhante aos animais 1/2HG, já que são animais sabidamente mais afetados pelo calor. Pesquisas devem ser realizadas focando identificar como animais de diferentes cruzamentos submetidos às mesmas condições respondem aos efeitos do estresse térmico.

## **Considerações finais**

As vacas 1/2HG demonstraram ter maior aptidão para aumento do escore de condição corporal no pós-parto quando comparadas aos outros grupos genéticos avaliados, devido principalmente ao padrão de insulina plasmática apresentado.

As vacas 3/4HG utilizadas neste experimento demonstraram padrões de animais que sofreram seleção para produção de leite, evidenciados não só pela produção de leite mas também pelo comportamento da insulina plasmática que não aumentou no pós-parto como para os animais 1/2HG.

Utilizar pesquisas de animais da raça Holandês para determinar ações em fazendas que possuem animais mestiços pode trazer resultados indesejados uma vez que esses animais demonstraram perfil metabólico e hormonal diferentes.

## **Implicações**

Os resultados encontrados indicam que à medida que cruzamos os animais mestiços focando em produção de leite, incorporando genética europeia, agregamos não apenas volume de leite, mas características como comportamento de curva, com picos mais tardios, e modificamos o perfil metabólico e hormonal, que se assemelha aos encontrados para animais puros taurinos, com menor concentração plasmática de insulina, glicose e IGF-1 pós-parto. Esse comportamento nos leva a questionar até quando a seleção contínua focada em produção de leite será desejada, uma vez que, como exemplo do ocorrido com animais da raça Holandês que pode levar à maior ocorrência de distúrbios metabólicos, queda em índices reprodutivos e maiores taxas de descartes dos rebanhos.

## **Agradecimentos**

À Fazenda Queima Ferro por permitir a utilização dos animais e instalações. À FAPEMIG (APQ-01884-12) pelo financiamento à pesquisa. Ao Prof. Guilherme de Paula Nogueira e à equipe do Laboratório de Endocrinologia da UNESP campus Araçatuba – SP por prontamente realizar as análises laboratoriais.

## Referências bibliográficas

AKBAR, H.; GRALA, T. M.; VAILATI RIBONI, M.; CARDOSO, F. C.; VERKERK, G.; MCGOWAN, J.; MACDONALD, K.; WEBSTER, J.; SCHUTZ, K.; MEIER, S.; MATTHEWS, L.; ROCHE, J. R.; LOOR, J. J. Body condition score at calving affects systemic and hepatic transcriptome indicators of inflammation and nutrient metabolism in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 98, p.1019–1032, 2015.

ALVES, N. G.; PEREIRA, M. N.; COELHO, R. M. Nutrição e reprodução em vacas leiteiras. *Rev. Bras. Reprod. Anim. Supl.*, Belo Horizonte, n.6, p.118-124. 2009. Disponível em [www.cbpa.org.br](http://www.cbpa.org.br) Acesso em: 19 jul. 2015.

ARMSTRONG D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* v. 77, p. 2044–2050, 1994.

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, L. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, E. L. Estimativas de níveis críticos para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 34, n. 6, p.2000-2008. 2005.

BAUMAN, D. E.; CURRIE, W. B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* v. 63, p.1514–1529. 1980.

BAUMGARD, L. H.; RHOADS, R. P. Jr. Effects of Heat Stress on Postabsorptive Metabolism and Energetics. *Annu. Rev. Anim. Biosci.*, v.1, p.311–337. 2013.

BARNES, G. W.; AKERS, R. M.; PEARSON, R. E. Influence of selection for milk yield of endogenous hormones and metabolites in Holstein heifers and cows. *J. Anim. Sci.* v.60, p. 271–284. 1985.

BEAM, S. W.; BUTLER, W. R. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Reprod. Fertil.*, v.54, p. 411-424. 1999.

BELL, A. W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.2804–2819. 1995.

BLUM, J. W.; KUNZ P. L.; LEUENBERGER H. Thyroid hormones, blood plasma metabolites and hematological parameters in relationship to milk yield in dairy cows. *Anim. Prod.*,v. 36, p. 93-104, 1983.

BORGES, A. M; CARVALHO, B. C.; RUAS, J. M. Manejo reprodutivo da vaca mestiça: estado da arte. *Rev Bras Reprod Anim.*, Supl, n.6, p.157-162. 2009. Disponível em [www.cbpa.org.br](http://www.cbpa.org.br). Acesso em: 19 jul. 2015.

BORGES, A. M.; MARTINS, T. M.; NUNES P. P.; RUAS, J. M. Reprodução de vacas mestiças: potencialidade e desafios. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, v.39, n.1, p.155-163. 2015. Disponível em [www.cbpa.org.br](http://www.cbpa.org.br) Acesso em: 19 jul. 2015.

BROWN, K. L.; CASSELL, B. G.; MCGILLIARD, M. L.; HANIGAN, M. D.; GWAZDAUSKAS, F. C. Hormones, metabolites, and reproduction in Holsteins, Jerseys, and their crosses. *J. Dairy Sci.*, v.95, p.698–707. 2012.

BUTLER, W. R. Nutrition, negative energy balance and fertility in the postpartum dairy cow. *Cattle Pract.*, v.13, p.13-18, 2005.

BUTLER, W. R.; SMITH, R. D. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.72, p. 767-783. 1989.

BUTLER, S. T.; MARR, A. L.; PELTON, S. H.; RADCLIFF, R. P.; LUCY, M. C.; BUTLER, W. R. Insulin restores GH responsiveness during lactation-induced negative energy balance in dairy cattle: effects on expression of IGF-I and GH receptor 1A. *J. Endo.* v.176, p.205-217. 2003.

BUTLER, S. T.; PELTON, S. H.; KNIGHT, P. G.; BUTLER, W. R. Follicle-stimulating hormone isoforms and plasma concentrations of estradiol and inhibin A in dairy cows with ovulatory and non-ovulatory follicles during the first postpartum follicle wave. *Domest. Anim. Endocrinol.*, v.35, p.112-119. 2008.

CAMPOS, R. G.; CUBILLOS, C.; RODAS, A. G. Indicadores metabólicos en razaslecheras especializadas en condiciones tropicales en Colombia. *Acta Agronômica*, v. 56, n.2, p. 85-92, 2007.

CAPUCO, A. V.; ELLIS, S. E.; HALE, S. A.; LONG, E.; ERDMAN, R. A.; ZHAO, X.; PAAPE, M. J. Lactation persistency: Insights from mammary cell proliferation studies. *J. Anim. Sci.*, v.81, p.18-31, 2003.

CARVALHO, B. C. Parâmetros reprodutivos, metabolitos e produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebu submetidas a dois manejos pré-parto. 2009. 193f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

COBUCCI, J. A.; EUCLYDES, R. F.; COSTA, C. N.; LOPES, P. S.; TORRES, R. A.; PEREIRA, C. S. Análise de persistência na lactação de vacas da raça Holandesa, usando produção no dia do controle e modelo de regressão aleatória. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 33, nº 3, p. 546-554. 2004.

DUFFIELD, T. 2004. Monitoring strategies for metabolic disease in transition dairy cows. Proceedings of 23rd World Buiatrics Congress, 2004 - Québec, Canada. Disponível em: <http://www.ivis.org/proceedings/wbc/wbc2004/toc.asp>.

DUFFIELD, T. F., LEBLANC. Interpretation of serum metabolic parameters around the transition period. Proc. Southwest Nutrition and Management Conference. p. 106-114. 2009.

EDMONSON, A. J.; LEAN, I. J.; WEAVER, L. D.; FARRVER, T.; WEBSTER, G. A. body condition scoring chart for Holstein dairy cows. J. Dairy Sci., v.72, p.68-78. 1989.

GLÓRIA, J. R.; BERGMANN, J. A. G.; REIS, R. B. COELHO, M. S.; SILVA, M. A. 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 partos de vacas mestiças Holandês-Gir. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.58, n.6, p.1139-1148. 2006.

GLÓRIA, J. R.; BERGMANN, J. A. G.; QUIRINO, C. R.; RUAS, J. R. M.; MATOS, C. R. A.; PEREIRA, J. C. C. Curvas de lactação de quatro grupos genéticos de mestiças Holandês-Zebu. Rev. Bras. Zootec., v.39, n.10, p.2160-2165. 2010.

GUIMARÃES, J. D.; ALVES, N. G.; COSTA, E. P.; SILVA, M. R.; FLÁVIO COSTA, M. J.; ZAMPERLINI, B. Eficiências Reprodutiva e Produtiva em Vacas das Raças Gir, Holandês e Cruzadas Holandês x Zebu. Rev. Bras. Zootec., v.31, n.2, p.641-647. 2002.

HAMMON, H. M.; METGES, C. C.; SCHULZ, A.; JUNGHANS, P.; STEINHOFF, J.; SCHNEIDER, F.; PFUHL, R.; BRUCKMAIER, R. M.; WEIKARD, R.; KÜHN, C. Differences in milk production, glucose metabolism, and carcass composition of two Charolais × Holstein F2 families derived from reciprocal paternal and maternal grandsire crosses. J. Dairy Sci., v.93, p.3007–3018. 2010.

HARRISON, R. O.; FORD, S. P.; YOUNG, J. W.; CONLEY, A. J.; FREEMAN, A. E. 1990. Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows. J. Dairy Sci., v. 73, p. 2749–2758. 1990.

HOLMANN, F.; BLAKE, R. W.; HAHN, M. V. Comparative profitability of purebred and crossbred Holstein herds in Venezuela. J. Dairy Sci., v.73, p.2190-2205, 1990.

INGVARTSEN, K. L. Feeding- and management-related diseases in the transition cow: Physiological adaptations around calving and strategies to reduce feeding-related diseases. Anim. Feed Sci. Technol., v.126, p.175–213. 2006.

JÚNIOR, A. B.; PRATA, M. A.; MOREIRA, H. L.; VERCESI FILHO, A. E.; CARDOSO, V. L.; FARO, L. Avaliação de desempenho produtivo e reprodutivo de animais mestiços do cruzamento Holandês x Gir. B. Indústr. Anim.,v.71, n.4 p.357-364. 2014.

KAPPEL, L.C.; INGRAHAM, R.H.; MORGAN, E.B. Relationship between fertility and blood glucose and cholesterol concentrations in Holstein cows. *Am. J. Vet. Res.*, v.45, p.2607-2612, 1984.

LEBLANC, S. J.; LISSEMORE, K. D.; KELTON, D. F.; DUFFIELD, T. F.; LESLIE, K. E. Advances in Disease Prevention in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* v.89, p.1267–1279. 2006.

LUCY, M. C.; VERKERK, G. A.; WHYTE, B. E.; MACDONALD, K. A.; BURTON, L.; CURSONS, R. T.; ROCHE, J. R.; HOLMES, C. W. Somatotropic axis components and nutrient partitioning in genetically diverse dairy cows managed under different feed allowances in a pasture system *J. Dairy Sci.*, v. 92, p.526–539. 2009.

MAIOLI, M. A. Quantificação do fator de Crescimento Semelhante a Insulina I (IGF-I) em plasma bovino por ELISA. Araçatuba 2016. Tese (Doutorado). Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Estadual Paulista, doutor em Ciência Animal. 2016.

MELLADO, M.; CORONEL, F.; ESTRADA, A.; OS, F. G. Lactation Performance of Holstein and Holstein x Gyr Cattle under Intensive Condition in a Subtropical Environment. *Tropical Subtropical Agroecosystem*. 2011.

MULLIGAN, F. J.; O'GRADY, L.; RICE, D. A. A herd health approach to dairy cow nutrition and production diseases of the transition cow. *Anim. Rep. Sci.*, v.96, p. 331–353, 2006.

OSPINA, P. A.; NYDAM, D. V.; STOKOL, T.; OVERTON, T. R. Associations of elevated nonesterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. *J. Dairy Sci.*, v.93, p.1596–1603. 2010.

PIRES, J. A. A.; DELAVAUD, C.; FAULCONNIER, Y.; POMIÈS, D.; CHILLIARD Y. Effects of body condition score at calving on indicators of fat and protein mobilization of periparturient Holstein-Friesian cows *J. Dairy Sci.*, v.96, p.6423–6439. 2013.

PEIXOTO, R. T. Perfil metabólico e hormonal de vacas F1 Holandês-zebu durante o pré e pós-parto e sua relação com a reprodução. 2011. 45f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

RADOSTITS, O. M.; GAY, C. C.; HINCHCLIFF, K. W. *Veterinary Medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats*. 10. ed., Philadelphia: Elsevier, 2007, 2156p.

RHOADS, R. P.; KIM, B. J.; LEURY, L. H.; BAUMGARD, L. H.; SEGOALE, N.; FRANK, S. J.; BAUMAN, D. E.; BOISCLAIR, Y. R. Insulin increases the abundance of the

growth hormone receptor in liver and adipose tissue of periparturient dairy cows. *J. Nutrit.*, v.134, p1020–1027, 2004.

RIBEIRO, L. S. Avaliação do desempenho produtivo e reprodutivo de vacas F1 Holandês x Gir de alta produção de uma propriedade leiteira em minas gerais. 2016. 68f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ROCHE, J. R.; FRIGGENS, N. C.; KAY, J. K.; FISHER, M. W.; STAFFORD, K. J.; BERRY, D. P. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* v.92, p.5769-5801. 2009.

RUAS, J. R. M.; SILVA, M. A. E.; FERREIRA, J. J. Desempenho produtivo e reprodutivo de vacas F1 Holandês x Zebu em rebanhos da EPAMIG. In: Encontro de Produtores de Gado Leiteiro F1, 6, 2008, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: [s.n.], 2008. p.146-183.

SANTOS, S. A. Curvas de lactação e consumo de vacas F1 Holandês x Zebu em pastejo e em confinamento. 2011. 192f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

TANAKA, T.; ARAI, M.; OHTANI, S.; UEMURA, A. S.; KUROIWA, T.; KIM, S.; KAMOMAE, H. Influence of parity on follicular dynamics and resumption of ovarian cycle in postpartum dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v.108: 134-143, 2008..

TORQUATO, I. A. Desempenho produtivo e curva de lactação de animais mestiços Holandês X Gir na Região Agreste de Pernambuco. 2013. 44f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Campus Ciências Agrárias, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina.

VILELA, D. Cruzamento errado pode deteriorar genética. *Not. Tortuga*, São Paulo, ano 49, n. 432, Jul/Ago 2003.

WESTWOOD, C. T.; LEAN, I. J.; GARVIN, J. K.; WYNN, P.C. Effects of genetic merit and varying dietary protein degradability on lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 83, 2926–2940. 2000.

WOOD, P. D. P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*. v. 216, p. 164-165. 1967.

ZIMBLEMAN, R. B.; RHOADS, R. P.; BAUMGARD, L. H.; COLLIER, R. J. 2009. Revised temperature humidity index (THI) for high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 92(E-Suppl. 1):347 (Abstr.)

## ANEXO I

### Certificado da comissão de ética no uso de animais da UFMG



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**CEUA**

**COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS**

#### **CERTIFICADO**

Certificamos que o Protocolo nº. 370 / 2013, relativo ao projeto intitulado “Perfil metabólico e hormonal de vacas leiteiras Gir e mestiças, ½ e ¾, Holandês-Gir, entre o final da gestação e o início da lactação”, que tem como responsável Sandra Gesteira Coelho, está de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal, adotados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFMG), tendo sido aprovado na reunião de 13/03/2014. Este certificado espira-se em 13/03/2019.

#### **CERTIFICATE**

We hereby certify that the Protocol nº. 370 / 2013, related to the Project entitled “Metabolic and hormonal profile of dairy cows and crossbred Gir, ½ and ¾, Holstein-Gir between late gestation and early lactation”, under the supervision of Sandra Gesteira Coelho, is in agreement with the Ethical Principles in Animal Experimentation, adopted by the Ethics Committee in Animal Experimentation (CEUA/UFMG), and was approved in 13/03/2014. This certificates expires in 13/03/2019.

FRANCISNETE

GRACIANE

ARAUJO

MARTINS

Coordenador(a) da CEUA/UFMG

Belo Horizonte, 13/03/2014.

Atenciosamente.

Sistema CEUA-UFMG

<https://www.ufmg.br/bioetica/cetea/ceua/>

Universidade Federal de Minas Gerais  
Avenida Antônio Carlos, 6627 – Campus Pampulha  
Unidade Administrativa II – 2º Andar, Sala 2005.

