

UFRRJ
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**PCR-RFLP NO ÉXON II DO GENE DA LEPTINA E AVALIAÇÃO DAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA CARNE DE CAPRINOS MACHOS
INTEIROS SAANEN E CRUZADOS SAANEN X BOER.**

REBECCA BARBOSA SILVA

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PCR-RFLP NO ÉXON II DO GENE DA LEPTINA E AVALIAÇÃO DAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA CARNE DE CAPRINOS MACHOS
INTEIROS SAANEN E CRUZADOS SAANEN X BOER.**

REBECCA BARBOSA SILVA

*Sob a Orientação do Professor
Marcelo Jangarelli*

*e Co-orientação da Professora
Sabrina Luzia Gregio de Sousa*

*e Co-orientação da Professora
Elisa Cristina Modesto*

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção
do grau de **Mestre em
Ciências**, no Curso de Pós-
Graduação em Zootecnia, Área
de Concentração Produção
Animal.

Seropédica, RJ
Março de 2016

636.390821

S586p

T

Silva, Rebecca Barbosa, 1987-

PCR-RFLP no éxon II do gene da leptina e avaliação das características físicas da carne de caprinos machos inteiros saanen e cruzados saanen X boer / Rebecca Barbosa Silva. - 2016.

67 f.: il.

Orientador: Marcelo Jangarelli.

Dissertação (mestrado) -

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, 2016.

Inclui bibliografias.

1. Caprino - Genética - Teses. 2. Caprino - Reprodução - Teses. 3. Carne caprina - Controle de qualidade - Teses. 4. Polimorfismo (Genética) - Teses. 5. Marcadores genéticos - Teses. 6. Leptina - Teses. I. Jangarelli, Marcelo, 1979- II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Rebecca Barbosa Silva

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 04/03/2016



Sabrina Luzia Gregio de Sousa Drª. UFRRJ
(Co- Orientadora)



Maria Amélia Menck Soares Drª. UFRRJ



Erika Toriyama Drª. UFF

DEDICATÓRIA

Ao meu filho Lucas, meus pais Maria Conceição e Francisco Eduardo, minhas irmãs Graziella
e Raquel e minha família do coração Bruno e Maria da Glória;

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

A Deus, por me dar forças nos momentos difíceis, e por todas as coisas e pessoas maravilhosas que fizeram parte da minha vida durante esse processo.

À minha amada família, que conviveu com minha falta de tempo e minha ausência em muitos momentos, mas que sempre me apoiou. Em especial à minha mãe Conceição, a principal incentivadora da continuidade dos meus estudos.

Aos meus fiéis escudeiros Lucas e Bruno, por estarem comigo em todos os momentos.

Ao meu orientador Marcelo Jangarelli, pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho.

Às minhas co-orientadoras Elisa Cristina Modesto e Sabrina Luzia Gregio de Sousa, pelo apoio e companheirismo. Vocês foram muito mais do que mestres nesses dois anos.

Ao professor Otavio Cabral Neto, por todos os ensinamentos, ajuda e disponibilidade durante todo o processo.

À professora Maria Amélia Menck Soares, por todos os ensinamentos e colaborações e por possibilitar a realização das avaliações moleculares.

À professora Adriana Regina Bagaldo e ao Laboratório do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB, pela colaboração com os reagentes para as avaliações moleculares.

Ao pessoal do Laboratório de Genética do Instituto de Biologia da UFRRJ, Adriana, Leonardo, Amanda, Érica e Francisco, por toda a ajuda e aprendizagem.

Aos estagiários de Bovinocultura de Corte pela ajuda com o experimento.

Aos funcionários do Setor de Caprinocultura da UFRRJ Tatiana, Raul e Décio e aos estagiários do setor, por toda ajuda e boa vontade em todas as vezes que foi preciso.

Aos amigos, colegas e funcionários do Instituto de Zootecnia e Curso de Pós-graduação em Zootecnia, pelo apoio e convívio.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

Aos que direta ou indiretamente me ajudaram nessa caminhada.

BIOGRAFIA

REBECCA BARBOSA SILVA, filha de **Francisco Eduardo Barbosa Silva** e **Maria Conceição Silva Corrêa**, natural de Cabo Frio, estado do Rio de Janeiro, nascida em 05 de Setembro do ano de 1987.

Em 1994, iniciou seus estudos no ensino fundamental, o qual concluiu em 2001. Cursou o ensino médio entre os anos de 2002 e 2004.

Em agosto de 2008, ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), cidade de Seropédica – RJ, no curso de Bacharelado em Zootecnia, graduando-se em Fevereiro de 2014.

Em Março de 2014, ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, nível de Mestrado, na área de concentração em Produção Animal da UFRRJ, onde foi bolsista da Capes em tempo integral, sob orientação do Prof. Dr. Marcelo Jangarelli e Co-orientação da Profa. Dra. Elisa Cristina Modesto e da Profa. Dra. Sabrina Luzia Gregio de Sousa.

Nesta data, apresenta e defende a dissertação como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências, área de concentração Produção Animal com linha de pesquisa em Análise Molecular e Avaliação de Carne e Carcaça.

RESUMO

SILVA, Rebecca Barbosa. **PCR-RFLP no éxon II do gene da leptina e avaliação das características físicas da carne de caprinos machos inteiros Saanen e cruzados Saanen x Boer.** 2016. 67p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

Os marcadores moleculares são importantes ferramentas nos programas de seleção assistida por marcadores (MAS). A Leptina é um hormônio expresso principalmente nos adipócitos e está envolvido na regulação do metabolismo energético, deposição de gordura, regulação da glicemia e fisiologia reprodutiva e por isso tem sido investigado em estudos de associação a características de qualidade de carcaça e carne em diferentes espécies. Objetiva-se com este trabalho identificar o polimorfismo no gene da Leptina, as variações nas características qualitativas e quantitativas da carne e da carcaça de caprinos e relacionar as variações das características produtivas a possíveis polimorfismos. Foram utilizados para a genotipagem 38 cabritos machos inteiros, sendo 21 Saanen e 17 Cruzados Saanen x Boer. Os genótipos para o marcador foram identificados pela técnica de PCR-RFLP com base nos protocolos padronizados para o SNP305. Foram isoladas amostras de DNA genômico a partir de leucócitos e amplificados por intermédio da técnica de Reação em Cadeia de Polimerase (PCR). A PCR gerou fragmentos de 94 pares de bases (pb) que foram digeridos pela enzima *Kpn*2I, originando dois fragmentos de 75 (pb) e 19 (pb) para todos os indivíduos analisados, obtendo frequência alélica de 100% para o genótipo T. Dessa forma, não foi possível correlacionar os resultados obtidos na avaliação de qualidade de carne e carcaça aos resultados obtidos no estudo molecular. Para a avaliação de qualidade de carcaça e carne foram utilizados 18 machos inteiros, 9 Saanen e 9 Cruzados Saanen x Boer. Foi aplicado o teste t para amostras independentes do programa estatístico *BioEstat* a 5% de significância ($P<0,05$) para as medidas morfométricas, peso vivo, peso vivo após jejum, peso de carcaça quente, peso de carcaça fria, quebra de resfriamento, rendimentos de carcaça, perda por resfriamento, espessura de gordura de cobertura, cor, pH, capacidade de retenção de água e maciez da carne, peso e rendimento de cortes (paleta, serrote, carré, pernil e lombo) e índice de compacidade da carcaça. O grupamento dos animais Cruzados apresentou diferenças significativas ($P<0,05$) para largura de pernil e força de cisalhamento. Para os animais Saanen, houve diferença significativa ($P<0,05$) para o comprimento externo da carcaça. Embora os Cruzados tenham apresentado maiores valores de força de cisalhamento ($P<0,05$), os dois grupos obtiveram médias abaixo de $5,4 \text{ kg-f cm}^{-2}$, o que caracteriza carnes macias em caprinos (2,20 e $1,57 \text{ kg-f cm}^{-2}$ para Cruzados e Saanen, respectivamente). Os resultados mostraram que a utilização tanto dos animais Cruzados, quanto dos animais Saanen são uma opção viável aos produtores de leite que desejam diversificar as atividades, aproveitando os cabritos machos de descarte para a produção de carne.

Palavras-chave: Cabritos. Cruzamento. Genotipagem. Rendimento

ABSTRACT

SILVA, Rebecca Barbosa. **PCR-RFLP in exon II of the leptin gene and evaluation of the physical characteristics of meat from boars Saanen goats and crossed Saanen x Boer.** 2016. 67p. Dissertation (Masters in Animal Science). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

Molecular markers are important tools in the marker assisted selection programs (MAS). Leptin is expressed hormone mainly in the adipocytes and involved in the regulation of energy metabolism, fat deposition, regulation of glycemia and reproductive physiology and thus has been investigated in association studies quality carcass characteristics and meat in different species. Objective with this work identify the polymorphism in the Leptin gene, changes in qualitative and quantitative characteristics of meat and goat carcass and relate variations of productive features to potential polymorphisms. They were used for genotyping 38 goats intact males, 21 Saanen and 17 crusaders Boer x Saanen. Genotypes for the marker were identified by PCR-RFLP technique based on standardized protocols for SNP305. DNA samples were isolated from leukocyte genomic and amplified through reaction technique Polymerase Chain Reaction (PCR). The generated PCR fragments of 94 base pairs (bp) were digested by Kpn2I enzyme yielding two fragments 75 (bp), 19 (bp) for all individuals analyzed, obtaining allelic frequency of 100% for T. Thus genotype, it was not possible to correlate the results obtained in the evaluation of quality meat and carcass to the results of the molecular study. For the evaluation of carcass quality and meat was used 18 male, 9 Saanen and Saanen x 9 crusaders Boer. t test was used for independent samples of the statistical program BioEstat the 5% significance ($P<0.05$) for morphometric measurements, live weight, live weight after fasting, hot carcass weight, cold carcass weight, cooling breaks, carcass yield, loss of cooling, thick fat cover, color, pH, water holding capacity and tenderness of the meat, weight and yield cuts (shoulder, hand saw, rib set, ham and loin) and compactness index of carcass. The grouping of the Crusaders animals showed significant differences ($P<0.05$) for wide shank and shear force. For Saanen animals, there was a significant difference ($P<0.05$) for the external length of the housing. Although Crossed have shown higher shear strength values ($P<0.05$), the two groups had average below 5.4 kg-f cm⁻², featuring soft meats in goats (2.20 and 1, 57 kg f cm⁻² for Crossed and Saanen, respectively). The results showed that the use of both the Crusaders animals, as the Saanen animals are a viable option for dairy farmers who wish to diversify their activities, taking advantage of the disposal of male goats for meat production.

Keywords: Kid goats. Crossing. Genotyping. Performance.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Eletroforese contendo os produtos da amplificação por PCR para o SNP305 do gene leptina na região do éxon 2, com visualização dos fragmentos em gel de poliacrilamida 5,0%. M: Marcador de DNA 50 pb 31
- Figura 2.** Eletroforese contendo os produtos de digestão pela enzima de restrição *kpn*2I para o gene leptina na região do éxon 2, com visualização dos fragmentos em gel de poliacrilamida 5,0%. M: Marcador de DNA 50 pb 32

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

29

Tabela 1. Sequência dos pares de iniciadores (*primers*) para o gene da leptina em bovinos (Acesso AY138588)

CAPÍTULO II

45

Tabela 1. Média e coeficientes de variação (CV) das medidas morfofuncionais de caprinos machos inteiros em função do grupo genético

46

Tabela 2. Média e coeficiente de variação (CV) para peso vivo (PV), peso vivo pós-jejum (PVJ), peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), rendimentos de carcaça quente (RCQ) e fria (RCF) e perda por resfriamento (PPR) de caprinos machos inteiros em função do grupo genético

47

Tabela 3. Médias e coeficientes de variação dos pesos e rendimentos de cortes comerciais de caprinos machos inteiros em função do grupo genético

49

Tabela 4. Médias e coeficientes de variação da área de olho de lombo (AOL), comprimento externo (CE), comprimento interno (CI), perímetro torácico (PT), comprimento menor da perna (CA), comprimento maior da perna (CB), largura de pernil (LPR) e índice de compacidade da carcaça (ICC) de caprinos machos inteiros em função do grupo genético

Tabela 5. Médias e coeficientes de variação do pH, luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e amarelo (b*), força de cisalhamento e perda por cozimento de caprinos machos inteiros em função do grupo genético

LISTA DE SIGLAS

MAS	Seleção Assistida por Marcadores
PCR-RFLP	Reação em Cadeia da Polimerase – Polimorfismo do Tamanho do Fragmento de Restrição
DEP	Diferença Esperada na Progénie
GENECOC	Programa de Melhoramento Genético de Caprinos e Ovinos de Corte
EMEPA	Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
PCR	Reação em Cadeia da Polimerase
SNP	Single Nucleotide Polymorphism
Pb	Pares de Base
RNA	Ácido Ribonucleico
UTR	Untranslated Region
QTL	Quantitative Trait Locus
mRNA	Ácido Ribonucleico Mensageiro
GH	Growth Hormone
NPY	Neuropeptídeo Y
pH	Potencial Hidrogeniônico
DFD	Dark, Firm and Dry
PSE	Pale, Soft and Exudative
SRD	Sem Raça Definida
PPC	Perda de Peso por Cocção
CRA	Capacidade de Retenção de Água
CV	Coeficiente de Variação
AOL	Área de Olho de Lombo
CE	Comprimento Externo
CI	Comprimento Interno
PT	Perímetro Torácico
CA	Comprimento Menor da Perna
CB	Comprimento Maior da Perna
LPR	Largura de Pernil
ICC	Índice de Compacidade da Carcaça
PV	Peso Vivo
PVJ	Peso Vivo pós Jejum
PCQ	Peso de Carcaça Quente
PCF	Peso de Carcaça Fria
RCQ	Rendimento de Carcaça Quente
RCF	Rendimento de Carcaça Fria
PR	Perda por Resfriamento

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO GERAL	01
2 OBJETIVO GERAL	03
2.1 Objetivos Específicos	03
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	04
3.1 Caprinocultura Brasileira.....	04
3.2 Marcadores Moleculares.....	06
3.3 Polimorfismo de Base Única (“Single Nucleotide Polymorphism”)	07
3.4 Reação em Cadeia da Polimerase – Polimorfismo do Tamanho do Fragmento de Restrição (PCR-RFPL)	08
3.5 Leptina	09
3.6 Qualidade da Carne Caprina.....	11
3.6.1 Definição	11
3.6.2 Características Físicas da Carne	11
3.6.2.1 pH	11
3.6.2.2 Cor	12
3.6.2.3 Perda de Peso por Cocção	14
3.6.2.4 Maciez	14
3.6.3 Rendimento de Carcaça e Carne.....	15
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
5 CONCLUSÕES GERAIS	54

CAPÍTULO I	24
Identificação de polimorfismo no exón 2 do gene da leptina em caprinos Saanen e Cruzados Saanen x Boer	
Resumo	25
Abstract.....	26
Introdução	27
Material e Métodos	29
Resultados e Discussão.....	31
Conclusões.....	34
Referências Bibliográficas.....	35
CAPÍTULO II.....	37
Características de carcaça e análise física da carne de caprinos machos inteiros Saanen e cruzados Saanen x Boer	
Resumo	38
Abstract.....	39
Introdução	40
Material e Métodos	42
Resultados e Discussão.....	45
Conclusões.....	51
Referências Bibliográficas.....	52

1 INTRODUÇÃO GERAL

A espécie caprina consegue se adaptar a diferentes ecossistemas, climas e sistemas de criação, o que permite sua utilização nos mais variados ambientes. Por sua boa adaptação, a caprinocultura tem contribuído não só na geração de renda na pecuária mundial, como também na fixação do homem em áreas pouco agricultáveis, garantindo a segurança alimentar de milhares de famílias ao redor do mundo.

O Brasil possui alto potencial para produção de caprinos, visto que o país possui clima favorável à adaptação dos animais, área e oferta de forragem, proporcionando a criação dos animais a baixos custos. O mercado consumidor brasileiro de produtos caprinos como leite, queijos e carne, tem aumentado sua demanda nos últimos anos, tornando a atividade promissora. Mas apesar de todos esses aspectos, a caprinocultura ainda possui muitos entraves em sua cadeia produtiva, levando a incapacidade de atendimento do mercado de forma constante e satisfatória.

De acordo com o MAPA (BRASIL, 2015), a caprinocultura tem aumentado consideravelmente no cenário brasileiro, com rebanho estimado em 14 milhões de animais distribuído em 436 mil estabelecimentos agropecuários, colocando o Brasil em 18º lugar do ranking mundial de exportações. O volume de leite de cabra produzido foi de cerca de 21 milhões de litros, sendo a atividade leiteira desenvolvida principalmente em estabelecimentos agropecuários de pequeno porte nas regiões Sul e Sudeste, onde se utilizam raças especializadas para produção leiteira.

Apesar de apresentar números expressivos, a produção ainda é realizada de forma desorganizada, sem o manejo adequado dos rebanhos, onde a seleção dos animais ocorre normalmente sem embasamento científico, principalmente na região Nordeste onde se encontra a maior parte do rebanho nacional. Em muitas propriedades os reprodutores são selecionados e cruzados sem que haja o conhecimento real da genética do animal e da capacidade de transmissão dessa genética à sua progênie, gerando grandes perdas no desempenho dos animais. Isso ocorre pela falta de entendimento da importância e dos benefícios que o melhoramento genético baseado nas características quantitativas e moleculares pode trazer ao sistema de produção.

Alguns projetos visando o melhoramento genético de caprinos vêm sendo promovidos por empresas públicas e universidades. Em 1980, a Embrapa Caprinos deu início ao “Programa de Melhoramento Genético de Caprinos”, que buscava caracterizar e preservar as raças e tipos naturalizados e algumas raças exóticas. Os objetivos do projeto foram alcançados parcialmente, e atualmente, tenta-se promover a adesão de mais produtores a fim de aumentar o número de rebanhos observados e melhorar as avaliações genéticas (LÔBO et al., 2005).

A Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA) vem promovendo esforços para a importação de animais e avaliações de raças para sua inclusão nos programas de melhoramento. O BioBode é um projeto de diferentes instituições nordestinas, inclusive a Embrapa Caprinos, que busca identificar e caracterizar genes e proteínas que possibilitem o melhoramento genético caprino (SIDER, 2008). O Programa de Melhoramento Genético de Caprinos e Ovinos de Corte (GENECOC) é um serviço de assessoria genética proveniente da Embrapa Caprinos e Ovinos e seus parceiros, cujas finalidades são estimular e assessorar os participantes na escrituração zootécnica de seus rebanhos, gerando informações seguras e confiáveis através de programas de gerenciamento online (LÔBO e LÔBO, 2012).

Os programas de melhoramento tradicionais são utilizados há muitos anos e são baseados na análise das características quantitativas, como herdabilidade, Diferença Esperada

na Progênie (DEP) e correlações. Porém atualmente, a genética molecular tem se mostrado como uma ferramenta eficaz no melhoramento, devido a esforços realizados para integrar a técnica de avaliação quantitativa com a molecular. A associação das informações quantitativas e moleculares aos programas de melhoramento genético promovem grandes ganhos na seleção dos animais e deveriam ser ferramentas a serem exploradas em todos os programas de melhoramento.

Esses programas possuem o objetivo central de encontrar genes candidatos associados às características de interesse e a capacidade destes serem aplicados como marcadores moleculares para assessoramentos em acasalamentos dirigidos e em programas de seleção assistida por marcadores (MAS).

Em sistemas de produção de animais para corte, a avaliação das características de composição e qualidade de carcaça é fundamental para a aceitação e seleção de novas raças ou de seus cruzamentos nos programas de melhoramento genético. Dessa forma, a caracterização molecular de genes que se mostram envolvidos com características relacionadas à qualidade e composição da carcaça, pode auxiliar na melhora dos índices produtivos dos animais e eficiência dos sistemas produtivos.

Dentre os genes candidatos relacionados às características de carcaça, temos o gene da leptina (LEP), que é um hormônio polipeptídico constituído por 146 aminoácidos codificado pelo gene *obese* (*ob*) localizado no cromossomo 4 em ruminantes e está relacionada com o controle do consumo de alimento, balanço energético, fisiologia reprodutiva e sistema imunológico, e por isso, tem sido utilizado como gene candidato em estudos relacionados à qualidade da carne, deposição de gordura na carcaça, ganho de peso, precocidade sexual, maciez da carne, entre outros. Embora existam muitos estudos sobre a leptina em bovinos, para caprinos os estudos se mostram escassos, sendo necessárias novas pesquisas.

2 OBJETIVO GERAL

Objetivou-se com este trabalho identificar o polimorfismo no éxon 2 do gene da Leptina.

2.1 Objetivos Específicos

Avaliar as variações nas características qualitativas da carne e da carcaça.

Avaliar as variações nas características quantitativas da carne e da carcaça.

Correlacionar as variações das características qualquantitativas da carne e da carcaça a possíveis polimorfismos encontrados.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Caprinocultura Brasileira

O rebanho caprino brasileiro se formou a partir de raças trazidas por portugueses no início da colonização, entre 1515 e 1540, as quais sofreram processo de adaptação rigoroso durante várias gerações no nordeste brasileiro, o que lhes proporcionou um alto nível de adequação aos ambientes brasileiros, principalmente no semiárido, onde 90% das espécies são encontradas (McMANUS et al., 2010). O rebanho trazido na colonização era formado por raças portuguesas e espanholas. Somente a partir do século XX é que outras raças europeias, africanas e asiáticas foram introduzidas nos rebanhos com a finalidade de melhorar o desempenho produtivo dos animais. As raças exóticas comumente utilizadas são a Saanen, Toggemburg e Parda Alpina para a finalidade leiteira e Boer e Anglo-Nubiana para produção de carne. A maioria dos produtores brasileiros utiliza animais cruzados, raças nativas, ou até mesmo reaproveitam animais leiteiros para abate, com o intuito de diversificar a produção e gerar fontes alternativas de renda.

Devido a grande adaptação aos diferentes ambientes, a caprinocultura tem contribuído para a geração de renda, fixação do homem em áreas pouco agricultáveis e acima de tudo, tem garantido a segurança alimentar para milhares de famílias no Brasil, principalmente na região nordeste (NOGUEIRA FILHO e KASPRZYKOWSKI, 2006). Entretanto, entre 1990 e 2007 houve uma queda na rusticidade, adaptabilidade à região nordeste e nos incentivos das instituições para a atividade, o que representa um risco, uma vez que a atividade possui importância financeira e social em uma região com elevado índice de pobreza (NOGUEIRA et al., 2010).

A caprinocultura tem aumentado sua contribuição no agronegócio brasileiro nas últimas décadas. O rebanho brasileiro começou a ser contabilizado em 1974, onde apresentava 7,17 milhões de cabeças. Em 2012, o rebanho já apresentava 8,64 milhões de cabeças, ou seja, um aumento de 21% (DE ZEN et al., 2014). Segundo o IBGE (2013), o efetivo de caprinos foi de 8,779 milhões, registrando crescimento de 1,5% em relação ao número de cabeças de 2012. De acordo com o MAPA, o rebanho está distribuído em 436 mil estabelecimentos agropecuários, colocando o Brasil em 18º lugar do ranking mundial de exportações (BRASIL, 2015).

A maior parte do rebanho brasileiro se concentra no Nordeste (91,4% do total) segundo o IBGE (2013), principalmente nos estados da Bahia, Ceará, Piauí e Pernambuco com finalidade para a produção de carne, pele e leite. O volume de leite de cabra produzido é de cerca de 21 milhões de litros, sendo a atividade desenvolvida principalmente em estabelecimentos agropecuários de pequeno porte. Nesta mesma região, a caprinocultura está voltada predominantemente para a produção de subsistência e para o suprimento da demanda do mercado local (CARVALHO e SOUZA, 2008).

Entretanto, nas regiões Sul e Sudeste, a atividade vem ganhando espaço, principalmente as raças de produção leiteira na fabricação de queijos finos. Apesar de a região Sudeste corresponder a apenas 2,4% do rebanho nacional (IBGE, 2013), o crescimento da atividade tem se mostrado mais substancial em relação às demais regiões devido às suas características de desenvolvimento e culturais, aliadas a maior adaptação das raças caprinas especializadas na produção de leite às condições edafoclimáticas presentes (SILVA et al., 2001). Esse desenvolvimento proporcionou que as regiões Sul e Sudeste passassem a responder a mais de 50% da produção nacional de leite caprino (CORREIA, 2007).

Apesar de sua importância econômica e social, a caprinocultura se mostra menos desenvolvida em relação a outras atividades, como a bovinocultura, por exemplo. Uma das

razões é a ideia equivocada de que caprinos devem ser manejados em áreas desérticas, ou áreas impróprias para a criação de outros animais. De fato, quando não existe uma boa oferta de alimentos, os caprinos conseguem sobreviver melhor que outros ruminantes; um estudo demonstrando a rusticidade dos caprinos apontou que das 576 variedades de forragem de difícil consumo para bovinos, 449 foram aceitas por caprinos, mas somente por não haver outra forragem que lhes garantisse a sobrevivência (NOGUEIRA FILHO et al., 2010). Apesar dos caprinos apresentarem melhor aproveitamento das forragens existente nos ambientes, é necessário que estas garantam não só sua sobrevivência, mas também a produção de forma economicamente sustentável.

Além disso, grande parte das produções ocorre em sistemas extensivos e em propriedades de menor porte, com utilização de raças não especializadas, uso de práticas rudimentares de manejo, pouca assistência técnica aos produtores e baixo nível de organização e de gestão da unidade produtiva, o que impede a produção em escala. O manejo alimentar e sanitário são ineficientes, sendo as verminoses um problema comum, o que gera impacto considerável no desenvolvimento dos animais (SAMPAIO et al., 2006).

Outro desafio à atividade é o mercado consumidor brasileiro, que em sua maioria, não possui o hábito de consumo de produtos de origem caprina. Com exceção da região Nordeste, onde todos os produtos (leite, queijos, carne e pele) possuem boa aceitação, o consumo de carne caprina se mostra reduzido nas demais regiões do país. Essa é uma questão cultural e exige forte estratégia de marketing de todos os elos da cadeia produtiva (SOUZA, 2007).

De acordo com o mesmo autor, a produção em escala, a produtividade dos rebanhos, a precocidade do animal ao abate, a qualidade do produto final e estratégias de marketing são parâmetros essenciais para o desenvolvimento sustentável da atividade, porém, o Brasil enfrenta grandes desafios em relação a todos os itens, prejudicando o crescimento da atividade no agronegócio brasileiro. Vale ressaltar que numa cadeia produtiva organizada todos ganham com o processo, preservando o equilíbrio entre os vários elos, onde cada um deles cumpre sua missão específica.

Embora existam muitas dificuldades em relação à produção de carne caprina, a produção leiteira vem mostrando grande avanço e uma melhor organização geral da produção. A atividade tem se demonstrado rentável, sem necessidade de grandes investimentos iniciais e necessidade de menores áreas para seu desenvolvimento. Isso a tem tornado uma alternativa favorável para a geração de emprego e renda no campo, principalmente através dos programas de fortalecimento da agricultura familiar (HOLANDA JÚNIOR, et al., 2008).

Segundo Silva et al. (2012) o Brasil é o maior produtor de leite de cabra da América do Sul, sendo a produção nacional diária de 85.000 litros de leite. Seu consumo vem aumentando nos últimos anos, principalmente nas formas de leite pasteurizado, pasteurizado congelado, leite em pó e desde 1998, em embalagens tetrapak tipo longa vida UHT, esterilizado e aromatizado. Embora o Nordeste detenha a maior parte do rebanho, sua contribuição na comercialização nacional não passa de 17%. Os maiores produtores estão nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, onde quase todo o leite é destinado às usinas de pasteurização e produção de queijos. O poder aquisitivo da população nessas regiões é o principal fator para as diferenças na finalidade dos sistemas produtivos.

A produção de carne caprina no Brasil cresceu de forma estável nos últimos anos, tornando-se um negócio promissor e muitos produtores já investem na atividade. Apesar do consumo médio no Brasil ser pequeno (consumo menor que 1,0 kg por pessoa), o consumo em países Árabes e da Europa varia de 4,0 a 8,0 kg por pessoa (DANTAS, 2001). Ásia e Américas importam 87,0% da carne comercializada no mundo, sendo a Ásia o maior consumidor. Desde que atenda os padrões de qualidade para comercialização, a carne caprina poderá ser utilizada como “commodity”, gerando boa rentabilidade à cadeia produtiva. Porém, a inserção dos produtores nordestinos nesse tipo de mercado ainda levanta dúvidas

devido à baixa produtividade dos sistemas empregados, a falta regularidade na produção e ao alto consumo na região, inviabilizando a oferta ao mercado (NOGUEIRA et al., 2010).

3.2 Marcadores Moleculares

O melhoramento das características fenotípicas vem sendo realizado desde a domesticação dos animais, promovendo a seleção artificial para os caracteres desejados e alterando as constituições genotípicas dos mesmos (FORTES, 2007). Porém, o sucesso da seleção clássica está atrelado ao valor da herdabilidade da característica, que é influenciada por heranças poligênicas, dominâncias parciais e a influência do ambiente.

A descoberta das estruturas dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) principiou pesquisas sobre métodos que reproduzissem os eventos de replicação, transcrição e tradução *in vitro*, permitindo o estudo e caracterização de mapas genéticos de espécies animais e vegetais. Assim, a união das informações das análises moleculares e os registros fenotípicos promoveram o aumento da acurácia das respostas obtidas nos processos de seleção (DE VIRES et al., 1998).

Os primeiros marcadores utilizados no melhoramento genético de plantas foram os marcadores morfológicos. Os marcadores eram controlados por genes associados a características fenotípicas de fácil visualização e monitoramento (FERREIRA e GRATTAPAGLIA, 1998). A partir da década de 70 iniciou-se o uso dos marcadores que permitiam detectar a diferença entre indivíduos diretamente do DNA, o que possibilitou avanços substanciais no mapeamento de genes e regiões genômicas que controlam características de importância produtiva (CAIXETA et al., 2009). As técnicas de marcadores de DNA possibilitaram a detecção da variação genética adicional, a possibilidade de analisar o genótipo de um indivíduo sem a necessidade da ocorrência da expressão fenotípica, excluindo assim a influência causada pelo ambiente. Outro ponto é a possibilidade de observação total do genoma e não só das regiões ativas.

Segundo Ferreira e Grattapaglia (1998) os marcadores moleculares são definidos como todo e qualquer fenótipo molecular proveniente de segmentos específicos de DNA (correspondente a regiões expressas ou não do genoma) que apresentam polimorfismo entre indivíduos de uma mesma espécie. Os marcadores moleculares podem ser definidos também como marcadores de proteínas ou marcadores bioquímicos, que são utilizados para detectar variações no genoma (LEGUIZA, 2007).

Os polimorfismos podem apresentar ocorrência em todo o genoma (DEKKERS, 2004), podendo estar situados em tanto em regiões codificadoras como em regiões não codificadoras, como ítrons, promotores da região não traduzida 5' (UTR), regiões intergênicas e 3' (UTR). Quando ocorrem em regiões codificadoras e a mutação resulta na substituição de um aminoácido na cadeia proteica, gerando modificações na estrutura ou função da proteína é denominado polimorfismo não sinônimo. Já os polimorfismos sinônimos, que também ocorrem nas regiões promotoras, não acarretam alterações da cadeia proteica de forma direta, entretanto podem alterar a regulação da produção da proteína através de modificações da estrutura e estabilidade do RNA mensageiro (GUIMARÃES e COSTA, 2002). Por muitos anos achou-se que as regiões não codificadoras fossem apenas o DNA acumulado das inúmeras mutações que os genomas sofreram durante o processo de evolução, porém, atualmente sabe-se que estas regiões podem contribuir com a expressão de proteínas reguladoras da transcrição gênica.

Os marcadores podem ser estabelecidos em três tipos de acordo com sua relação com o loco responsável pela variação fenotípica. O primeiro são os funcionais, que podem agir de forma indireta quando se encontram ligados a QTLs (característica poligênica, herança quantitativa) ou de forma direta atuando como Genes Candidatos e *Major Gene*, onde a

variação na sequência do gene serve como marcador para a característica de interesse. Os dois últimos têm como particularidade demonstrarem maior associação entre genótipo e fenótipo (CURI; DEKKERS, 2004).

Muitos programas de melhoramento têm se direcionado na busca por genes candidatos associados às características de interesse e a capacidade dos mesmos de serem aplicados como marcadores moleculares na seleção assistida por marcadores (PAIVA e MACMANUS, 2012). Embora a maioria das características quantitativas seja determinada por muitos genes, determinar o número de genes e a contribuição de cada um na expressão fenotípica é de grande valia para o avanço do melhoramento animal.

A identificação dos genes candidatos tem sido realizada com base em três estratégias que são o mapeamento genético, a busca do gene principal e a expressão gênica diferencial (SIDER e ZAROS, 2008). No estudo dos genes candidatos, os genes utilizados são de ação biológica conhecida, e são correspondentes a características de interesse econômico. Os genes candidatos podem ser estruturais ou regulatórios, de modo que podem afetar direta ou indiretamente na expressão das características de interesse econômico. A utilização dos genes candidatos se baseia na hipótese de que a maior variância de um loci de característica quantitativa (QTL) ocorre devido à variação funcional dos genes envolvidos com a característica (SOLLER, 1998). Embora se mostre eficaz, essa estratégia fica restrita apenas a uma pequena porção de genes conhecidos, e o estabelecimento do gene candidato pode ser dificultado pelo fato da variante causal para um gene de efeito menor não ser de fácil determinação (COUTINHO et al., 2010). Em relação às outras metodologias, a de genes candidatos é menos dispendiosa, além de possuir ampla aplicabilidade, simplicidade operacional, validade estatística e aplicação bem sucedida à seleção assistida por marcadores (LÔBO, 2008).

Dentre os diferentes empregos dos marcadores moleculares, estão os estudos de divergência genética em populações, identificação de paternidade, taxonomia molecular, introgressão de genes, estudos evolucionários, diagnóstico genético precoce, mapeamento de QTL's (locos de características quantitativas), confecção de mapas genéticos de ligação e seleção assistida por marcadores (FERREIRA e GRATTAPAGLIA, 1998; CARVALHO e TORRES; POLIDO et al., 2012).

A utilização de marcadores moleculares apresenta muitas vantagens, como o alto grau de polimorfismos encontrados, o fato de não sofrerem influências do meio ambiente, poderem ser analisados em qualquer estágio do desenvolvimento do indivíduo, possibilitarem a avaliação de características com codominância e caracterizarem um indivíduo por suas células ou tecidos (FERREIRA e GRATTAPAGLIA, 1998). Por isso, muitos grupos de pesquisa em todo o mundo buscam desenvolver mapas genômicos para as diferentes espécies animais e vegetais, com o objetivo de encontrar marcadores para todos os cromossomos e possibilitar a determinação do potencial genético do indivíduo antes mesmo da expressão de seu fenótipo (GONÇALVES et al., 2005).

No melhoramento animal, as técnicas moleculares têm sido empregadas no conhecimento da diversidade genética das espécies, confirmação e correção de *pedigrees*, testes de paternidade, assessoramentos em acasalamentos dirigidos e em programas de seleção assistida por marcadores (MAS).

3.3 Polimorfismo de Base Única (“Single Nucleotide Polymorphism”)

Os polimorfismos de base única (“*Single Nucleotide Polymorphism*” - SNP) são polimorfismos resultantes da alteração de um único nucleotídeo (A, T, C, ou G) em determinada sequencia do DNA, diferindo entre indivíduos da mesma espécie ou até mesmo entre cromossomos homólogos de um mesmo individuo (FERREIRA e GRATTAPAGLIA,

1998). Incluem-se também nesse tipo de polimorfismo pequenas inserções e deleções que variam de um a três nucleotídeos (*in-dels*). Os SNPs são abundantemente distribuídos ao longo do genoma, correspondendo a 90% dos polimorfismos encontrados. Atualmente mais de seis milhões de SNPs validados são conhecidos (CAIXETA et al., 2009).

Os SNPs compreendem uma classe de polimorfismos mais frequentes, geralmente de natureza bi-alélica, ocorrendo tanto em regiões codificadoras, como em regiões não-codificadoras, onde são mais observados (CHING et al., 2002). Além disso, apresentam maior estabilidade quando em comparação a marcadores microssatélites (REGITANO e COUTINHO, 2001), caracterizando-os como marcadores mais eficientes, sendo boas ferramentas para estudos de características genéticas complexas e para o entendimento da evolução genômica. Para serem considerados SNPs, os polimorfismos devem apresentar frequência alélica mínima de 1% na população (CAIXETA et al., 2009).

Segundo Cordeiro et al. (2006), desde a criação da tecnologia do sequenciamento, os SNPs tem sido utilizados direta e indiretamente como base para diversos marcadores genéticos, como RFLPs (Restriction Fragment Length Polymorphisms), AFLPs (Amplified Fragment Length Polymorphisms) e RAPD (Random Amplification of Polymorphic DNA).

Para identificação dos SNPs nos organismos, diferentes técnicas podem ser utilizadas: bancos de dados de sequências de ESTs, resequenciamento de amplicons, análises de array, genomas resequenciados, tecnologia de sequenciamento next generation. A escolha da técnica de identificação dependerá da necessidade, aplicabilidade e das limitações da cada um dos métodos (VIGNAL et al., 2002).

A utilização dos SNPs pode significar a redução de tempo e custos na obtenção de genes de interesse quando comparado a outras técnicas disponíveis. Sua limitação consiste no custo elevado de desenvolvimento e genotipagem dos animais, porém, as elaborações de novas tecnologias permitirão a automatização dos mapeamentos de alta densidade, facilitando o uso da técnica (CAIXETA et al., 2009).

3.4 Reação em Cadeia da Polimerase – Polimorfismo do Tamanho do Fragmento de Restrição (PCR-RFPL)

Em meados da década de 80 a tecnologia da reação em cadeia de polimerase (PCR – “*Polymerase Chain Reaction*”) foi concebida pelo pesquisador britânico Kary Mullis. A técnica causou grandes avanços para a biologia, tanto no entendimento dos processos biológicos, como em diagnósticos e melhoramento genético de plantas e animais. Algumas características foram fundamentais para o sucesso e utilização da técnica em grande número de organismos vivos, como sua facilidade de reprodução, rapidez do procedimento, versatilidade e sensibilidade a segmentos específicos de DNA (FERREIRA e GRATTAPAGLIA, 1998; CAIXETA et al., 2009).

A técnica baseia-se em ciclos repetidos de replicação *in vitro* da molécula de DNA com objetivo de produzir uma quantidade significativa de um segmento específico a partir de uma pequena quantidade de amostra. No processo, cada nova molécula sintetizada em um ciclo é empregada como molde no ciclo posterior, resultando no aumento exponencial do número de moléculas (BORBA, 2002).

Cada ciclo da PCR é constituído de três fases: desnaturação do DNA molde, ligação ou anelamento (“annealing”) dos *primers* e polimerização do DNA. Na primeira etapa a temperatura é elevada para 92-95°C, onde ocorre a desnaturação das cadeias de dupla hélice de DNA. Após a separação das fitas duplas a temperatura da reação é reduzida para 35-60°C permitindo a hibridização dos *primers* às sequências complementares que flanqueiam as regiões-alvo da amplificação. Vale ressaltar que a temperatura de anelamento é dependente do tamanho da sequencia do *primer* utilizado. Na terceira e última etapa ocorre o aumento da

temperatura para aproximadamente 72°C, que é a temperatura ótima para a atividade da enzima *Taq* DNA polimerase, a qual irá realizar a extensão das novas fitas a partir de cada extremidade 3'-OH livre dos *primers*. Normalmente são utilizados de 30 a 35 ciclos. Dessa forma, duas novas cadeias são sintetizadas a partir da cadeia molde em cada ciclo completo, havendo ao fim de n ciclos 2^n vezes mais cópias do que no início (MULLIS, 1990; FERREIRA e GRATTAPAGLIA, 1998).

A PCR apresenta diversas vantagens, mas provavelmente a maior seria o fato de não ser necessário o isolamento do DNA alvo da amplificação, pela especificidade fornecida pelos *primers*. Porém, a técnica também apresenta suas limitações: a sequência amplificada pelos *primers* deve ser conhecida para que os mesmos sejam sintetizados; existe um risco alto de contaminação da amostra por outro DNA; a sequência a ser amplificada não deve ser maior que 5kb; pode haver a incorporação errônea de bases nitrogenadas durante a extensão.

Segundo Caixeta et al. (2009) na década de 70, Grodzicker et al. (1974) desenvolveram a primeira técnica capaz de detectar os polimorfismos diretamente do DNA, baseados em enzimas de restrição descobertas por Linn e Arber (1968) e Meselson e Yuan (1968) que atuariam como “tesouras” moleculares. Na técnica chamada RFLP (polimorfismos de comprimento de fragmentos de restrição), o DNA das amostras a serem analisadas é submetido à digestão por enzimas de restrição que irão gerar polimorfismos de no comprimento dos fragmentos.

De acordo com o observado por Regitano e Coutinho (2001) em sua revisão, as enzimas utilizadas reconhecem sequências de quatro a oito nucleotídeos e clivam o DNA nesses locais específicos chamados de sítios de restrição. Variações nas sequências de DNA desses sítios de restrição, podem levar a seu reconhecimento (se a sequência do sítio não for alterada) ou não (caso tenha ocorrido alterações na sequência) pela enzima de restrição. Como cada indivíduo possui sequências características de nucleotídeos, o número e o tamanho dos fragmentos obtidos pela digestão enzimática caracterizam seu DNA. A presença ou ausência dessas sequências específicas podem resultar de inserções, deleções, translocações e inversões de DNA, gerando o polimorfismo entre indivíduos. Essas mudanças acarretam a criação ou eliminação de alguns sítios de clivagem, o que leva a alteração do tamanho dos fragmentos da digestão enzimática, ou seja, estabelecem alelos codominantes em um lócus de DNA (FERREIRA e GRATTAPAGLIA, 1998).

Após a digestão enzimática, os produtos são analisados por meio de seu perfil eletroforético, em géis de agarose ou poliacrilamida, onde irão migrar seus fragmentos ao serem submetidos a um campo elétrico. O DNA apresenta carga negativa pela presença de seus grupos fosfato e assim migra na direção do polo positivo gerado pela cuba de eletroforese. De acordo com seu tamanho, cada fragmento irá se posicionar em um local diferente ao longo do gel, portanto, quanto maior o fragmento, menor será sua velocidade de migração no gel (CAIXETA et al., 2009 citando SOUTHERN, 1975).

No caso da união entre as técnicas, temos a PCR-RFLP (reação em cadeia da polimerase – polimorfismo do tamanho do fragmento de restrição), onde o produto obtido pela amplificação do DNA alvo através da PCR é submetido à digestão enzimática, gerando fragmentos de diferentes tamanhos. A vantagem da PCR-RFLP é poder realizar a digestão em segmentos específicos, ao invés de fazê-los por todo o DNA.

3.5 Leptina

Os estudos relacionados com a leptina, conhecido como o gene da obesidade (*ob*), iniciaram-se na década de 50 com experimentos envolvendo ratos. A ligação da corrente sanguínea de ratos obesos à de ratos magros resultou em definhamento dos ratos magros enquanto os ratos obesos continuavam a engordar. Suspeitou-se então que havia um fator

circulante responsável pelo controle do consumo de alimentos (AHIMA e FLIER, 2000; SALMAN e COSTA, 2006).

A leptina atua como sinal aferente que reflete o estado metabólico e dos depósitos de gordura corporal, agindo de forma funcional no sistema endócrino e imune via sistema nervoso central e núcleo hipotalâmico (HOSSNER, 1998). Os níveis de leptina funcionam como um *feedback* negativo para a manutenção da concentração de tecido adiposo no organismo, ou seja, o aumento da leptina leva a um balanço energético negativo, com redução da ingestão e aumento do gasto energético (AHIMA e FLIER, 2000).

De acordo com Sansinanea et al. (2001) a leptina influencia a regulação de carboidratos no metabolismo dos lipídios, estimula a produção hepática de glicose, regula a glicemia e consequentemente controla a síntese hepática de triglicerídeos, além de aumentar a oxidação de ácidos graxos. A insulina está intimamente ligada à regulação dos níveis de mRNA da leptina, atuando através de receptores agonistas b3-adrenérgicos que reduzem e receptores 17b-estradiol que estimulam a produção de mRNA (PROLO et al., 1998). Outros fatores hormonais como o GH e NPY podem alterar a produção de mRNA através de mecanismo de retroalimentação nos receptores cerebrais (CHILLIARD et al., 2001).

O gene da leptina se localiza no cromossomo 4 em bovinos, ovinos e caprinos, sendo este constituído de três exons, estando as regiões codificadoras nos exons 2 e 3. Essa região corresponde a 18,9 kb do genoma, sendo a sua organização exón-ítron muito conservada na evolução das espécies, mantendo 84 a 97% de homologia entre camundongos, humanos e bovinos (ZHANG et al., 1994; SALMAN e COSTA, 2006).

A leptina é um hormônio codificado pelo gene da obesidade (*ob*) e que se expressa nos adipócitos, principalmente no tecido adiposo branco, mas também no epitélio gástrico, músculo esquelético, epitélio mamário e na placenta em menores proporções (NEGRÃO et al.; AHIMA e FLIER, 2000; CHILLIARD et al., 2005). Apresenta cadeia polipeptídica de 167 aminoácidos, com uma sequência sinal de 21 aminoácidos que são descartados, dando origem a proteína madura com 16 kDa a qual é liberada na corrente sanguínea (ZHANG et al., 1994; PROLO et al., 1998; AZARI et al., 2012). A leptina é então transportada para o tecido-alvo onde interage com receptores específicos.

Os receptores da leptina são proteínas integrais de membrana (receptores transmembrânicos) pertencentes à classe I da família de receptores *cytokine*. Suas isoformas resultam do processamento alternativo do RNA mensageiro e podem ser classificadas em isoformas que apresentam cauda citoplasmática curta (isoformas a, c, d, f) ou longa (*ob-Rb*), sendo esta composta apenas pelo domínio extracelular (HILZENDEGER, 2009; BATISTA et al., 2013). Os modelos de obesidade encontrados em mamíferos não estão relacionados à deficiência de leptina, mas a sua resistência. Dessa forma, os efeitos estariam ocorrendo em seus receptores e não na produção do hormônio.

Polimorfismos nos genes que codificam a leptina foram descritos em diferentes espécies, podendo causar obesidade, infertilidade e resistência à insulina (CHILLIARD et al., 2005). Devido a grande importância que a leptina possui nos principais mecanismos fisiológicos, estudos de associação de polimorfismos e dos padrões de expressão do gene da obesidade às características de produção são de grande relevância para os programas de melhoramento genético animal.

Estudos relacionados com a expressão do gene da leptina em ruminantes se iniciaram em 1997 após a caracterização do gene e do mRNA da leptina bovina (SALMAN e COSTA, 2006). Polimorfismos no exão 2 e 3 de bovinos foram avaliados em alguns estudos (BUCHANAN et al., 2002; LAGONIGRO et al.; LIEFERS et al., 2003; SCHENKEL et al., 2005; ALMEIDA et al., 2007).

Barzehkaret al. (2009) avaliando ovinos das raças iranianas Shal e Zandi, detectaram mutações no exão 3 (A113G e T165C), com relação significativa em características na

carcaça. Polimorfismos no éxon 3 foram detectados por Hajihosseinlo et al. (2012) em estudo com a raça Makooei, onde houve correlação significativa com o ganho de peso dos animais. Lara et al. (2012) identificou o SNPC305T no éxon 2 nas raças Cara Curta, Cariri, Morada Nova, Santa Inês, Dorper e no cruzamento Dorper x Santa Inês.

Silva et al. (2012) avaliando marcadores moleculares para o peso ao nascer e ao desmame, relata a ocorrência de um único genótipo em todos os animais no exon 2 do gene da leptina para as raças caprinas Anglo-Nubiana e Boer. Rasmussen et al. (2008) verificaram que a expressão do mRNA e do mRNA do receptor da leptina na glândula mamária obtiveram correlação positiva com os níveis de leptina no leite nas raças Saanen e Black Danish.

Batista et al. (2013) avaliando a expressão e localização da leptina e de seu receptor em células ovarianas de cabras, detectou sua presença em células da granulosa, células da teca, células do cumulus e óocitos coletados a partir de folículos antrais grandes e pequenos. Os níveis de mRNA se mostraram bem mais altos nas células da granulosa dos folículos antrais grandes.

3.6 Qualidade da Carne Caprina

3.6.1 Definição

A qualidade da carne pode ser avaliada por alguns critérios que atendem as exigências do consumidor e da indústria de alimentos: composição química, estrutura morfológica, propriedades físicas, qualidades bioquímicas, valor nutritivo, propriedades sensoriais, contaminação microbiana, qualidade higiênica, propriedades tecnológicas e propriedades culinárias (ZAPATA, 1994).

A carne é um alimento altamente nutritivo, apresentando composição média de 16 a 22% de proteínas, 1 a 13% de gordura, 75 a 85% de água, 1% de carboidratos e minerais. Possui diferentes aminoácidos essenciais e grande variedade de lipídeos, vitaminas e sais minerais (PARDI et al., 2001). A composição química da carne varia de acordo com sua localização na carcaça, a categoria do animal (JARDIM, 2007), a alimentação, a raça (SAÑUDO et al., 2000) e o genótipo do animal (WHIPPLE et al., 1990).

A carne caprina se constitui em uma carne magra, com pouca gordura subcutânea, intermuscular e intramuscular (marmoreio), apresentando boa textura, maciez, boa digestibilidade e alto valor nutritivo, principalmente em proteína, minerais e vitaminas (HAENLEIN, 1992). Estes valores podem variar de acordo com o estado de acabamento do animal, resultando em diminuição das porcentagens de proteína e água e elevação do teor de gordura na carne (BONAGURIO et al.; SOUZA et al., 2002).

3.6.2 Características físicas

3.6.2.1 pH

O pH é utilizado para determinar o nível de acidificação e alcalinidade da carne e está associado com condições fisiológicas nos momentos pré abate, abate, a excitabilidade do animal, o potencial glicolítico do músculo e o resfriamento das carcaças. O pH afeta a qualidade da carne fresca, cor e aparência, maciez, capacidade de retenção de água, capacidade emulsificante e características organolépticas (ARAÚJO, 2012). A queda do pH também é importante do ponto de vista microbiológico, uma vez que o maior desenvolvimento microbiano se dá com o pH próximo da neutralidade (7,0).

Os dois fatores que provavelmente tem maior influência na redução do pH e em seu valor final são o tipo de fibra muscular predominante no músculo e o conteúdo de glicogênio

muscular no momento do abate. O pH tem relação inversa às reservas de glicogênio, ou seja, quanto maior o teor de glicogênio no músculo, menor será o pH final. O tipo de fibra, de contração rápida ou lenta, e sua proporção no músculo irão influenciar tanto o pH, quanto a quantidade de glicogênio presente (BONAGURIO, 2001; CEZAR & SOUSA, 2007).

A intensidade de declínio do pH é fator crucial no processo de amaciamento da carne após o abate, pois promove o aumento da concentração de cálcio no músculo devido a degradação do retículo sarcoplasmático no início da queda do pH e ativa as enzimas cálcio-dependentes (Calpaína, Calpastatina, Catepsinas) conforme o pH diminui durante o processo. Esses eventos têm influência direta no amaciamento da carne e nas propriedades bioquímicas e tecnológicas da carne (PARDI et al., 2001; RAMOS e GOMIDE, 2007). O pH inicial tem valor em torno de 7,30 a 7,0 e ao final do processo em torno de 5,80 a 5,50.

Alguns fatores podem acarretar em alterações nos valores finais de pH. O estresse nos momentos que precedem o abate pode levar ao acúmulo e decomposição acelerada do ácido láctico no músculo, o que resultará em uma queda brusca do pH na primeira hora após o abate do animal, antes mesmo da temperatura corporal diminuir. Essa carne é caracterizada como PSE e apresenta cor pálida (pale), flacidez (soft), baixa capacidade de retenção de água (exudative) e pH abaixo de 5,80. As elevadas reservas de glicogênio e a sensibilidade ao estresse devido à genética do indivíduo ou da própria fibra muscular são, dentre muitos fatores, a predisposição para este tipo de carne, que normalmente é encontrada em suínos. Em circunstância oposta, se ocorre um baixo declínio e o pH final permanece igual ou superior a 6,20, a carne apresentará cor escura (dark), superfície ao corte seca (firm) e forte ligação da água às proteínas das fibras (dry), caracterizando a carne DFD, que pode ser encontrada tanto em suínos como em ruminantes. Ao contrário da carne PSE, as reservas iniciais de glicogênio são baixas devido ao estresse prolongado antecedente ao abate, e a acidificação do músculo não ocorre completamente (BONAGURIO, 2001; MATURANO, 2003; MAGANHINI et al., 2007).

Ao avaliar as características químicas e sensoriais de cortes comerciais de caprinos Boer e Sem Raça Definida (SRD), Madruga et al. (2005) observaram que a carne caprina apresentou o pH final mais elevado em comparação a carne de outras espécies, com valores entre 5,80 a 6,99, o que resultou em uma carne de coloração mais escura, maior capacidade de retenção de água e consequentemente, menores perdas durante a cocção e maior suculência.

Caprinos das raças Angorá, Crioulo e cruzados Anglo-nubiano apresentaram pH final da carne entre 6,10 e 6,30, sem alterações na capacidade de retenção de água, maior pigmentação muscular e menor força de cisalhamento (LEMES et al., 2013). Amaral et al. (2007) avaliando cabritos da raça Saanen obtiveram valores de pH final entre 5,60 e 6,00 e elevada capacidade de retenção de água e maciez, mas sem alterações na coloração da carne.

Ao avaliar animais SRD com diferentes pesos ao abate, Beserra et al. (2001), observaram que os valores de pH não sofreram influência significativa pelo fator peso ao abate, porém, houve decréscimo no pH de 6,23 para 5,97 com o aumento do peso corporal dos caprinos, sendo esta variação pertencente às faixas citadas na literatura. Isso comprova o elevado pH da carne caprina em comparação a carne vermelha de outros animais. Essa diferença encontrada no pH pode ser uma característica inerente a espécie, acarretada pelo maior estresse nos momentos que antecedem ao abate.

3.6.2.2 Cor

A cor é um dos atributos mais importantes para o consumidor na escolha dos produtos no momento da compra, sendo relacionada ao estado químico e ao teor de hemoglobina do músculo, à qualidade e ao frescor. A escolha da cor é uma questão cultural, no Brasil o consumidor assumiu que a carne de coloração vermelho brilhante está associada a uma carne

de melhor qualidade, proveniente de animais mais jovens (FELÍCIO, 1999; OSÓRIO e OSÓRIO, 2005).

As variações encontradas na cor da carne são correspondentes ao tipo de fibra presente no músculo (fibras vermelhas ou brancas), onde a maior concentração de fibras vermelhas resulta em colorações mais escuras (MADRUGA, 2004). Outro fator é o estado químico da mioglobina que é responsável pelo transporte e armazenamento de oxigênio nos tecidos musculares. Sua quantidade vai variar de acordo com a espécie, idade, sexo, localização anatômica do músculo, atividade física, tipo de fibra muscular, o nível de sangria do animal no abate, tempo e forma de resfriamento, queda do pH e pH final (ABERLE et al., 2001).

O estado químico das mioglobinas depende da valência ferro presente em seu grupo heme. Em seu estado reduzido (Fe^{+2} ou Fe^{+3}) o íon ferro pode se ligar a uma molécula de água ou de oxigênio molecular. Na ausência de oxigênio, o íon Fe^{+2} se combina com a água e a mioglobina torna-se desoxi-mioglobina adquirindo uma coloração vermelho-escura, de baixa luminosidade. Em ambientes aeróbios, caso o Fe^{+2} se ligue ao oxigênio, a mioglobina se transformará em oxi-mioglobina (MbO_2), dando a carne uma coloração vermelho cereja, com maior luminosidade. Caso o íon ferro do heme se oxide (estado férrico, Fe^{+3}) sob baixa tensão de oxigênio, a mioglobina irá se transformar em metamioglobina (meta-Mb), dando uma coloração marrom à carne. As carnes frescas possuem a cor vermelho e brilhante, devido a grande presença da oximioglobina, que é resultado da combinação do oxigênio com mioglobina (FELÍCIO, 2000). A cor da carne fresca é dinâmica, sendo possível a conversão das três formas da mioglobina até o momento em que a carne passa por cozimento, estabelecendo a cor da metamioglobina irreversível (BONAGURIO, 2001).

Para determinação da cor, a dispersão de luz é outra propriedade avaliada. Após o abate, o músculo encontra-se escurecido devido sua translucência. A taxa de glicólise *post mortem* resulta na formação de ácido láctico, reduzindo o pH muscular. O baixo pH e a intensidade de frio que a carcaça é exposta após o abate, afetam o grau de desnaturação proteica e consequentemente a dispersão de luz (MACDOUGALL, 1994). De acordo com Olivo et al. (2001) a cor determinada na superfície das carnes corresponde a absorção seletiva da luz pela mioglobina e por outros componentes musculares, podendo ser influenciada também pela quantidade de líquido livre presente na carne.

Diversos métodos são utilizados para avaliação da cor da carne. Na avaliação subjetiva é realizado exame visual da cor da superfície da carne e esta recebe uma determinada nota de acordo com uma escala previamente estabelecida (CEZAR e SOUSA, 2007). O problema desse método é a influência que o avaliador pode impor à avaliação. Os métodos químicos determinam a quantidade de mioglobina presente por grama de carne. Os métodos instrumentais-físicos aumentam a objetividade das avaliações e são realizados com reflectômetros, espectrocolorímetros e colorímetros.

Dentre os métodos objetivos, o mais utilizado é o CIELAB, composto por um espaço de cores L^* , a^* , b^* , desenvolvido pelo CIE em 1976 e é um dos mais utilizados para medição de cores e objetos em diversas áreas. Neste espaço de cores o valor de L^* indica a luminosidade, variando de branco (100) a preto (0). O valor de a^* representa uma coordenada de cores que varia do vermelho (a^+) a verde (a^-). O valor de b^* representa uma coordenada de cores que varia do amarelo (b^+) a azul (b^-). Em cada uma das direções (eixos a e b), quando se caminha para as extremidades, tem-se a maior saturação da cor.

3.6.2.3 Perdas de peso por cocção

A perda de peso por cocção (PPC) representa as perdas decorrentes do aquecimento durante o processo de preparo da carne para consumo, sendo aferidas pelas diferenças encontradas entre os pesos iniciais e finais das amostras. Está ligado à aceitação da carne, já que pode causar alterações na cor, textura, e valor nutritivo (SÁ, 2004). A redução da suculência da carne é acarretada principalmente pela perda de água durante o cozimento e esta diretamente relacionada à capacidade de retenção de água (CRA). De acordo com Silva et al., (2008) a PPC varia de acordo com a genética, condições de manejo pré e pós-abate e a metodologia no preparo das amostras.

A aplicação de calor nos alimentos resulta em trocas físicas, químicas e estruturais de seus componentes. A forma como o calor é aplicado, a temperatura, a duração do processo, e o meio de cocção são os fatores responsáveis pelas alterações. O aquecimento altera os teores de proteína, gordura, cinzas e matéria seca da carne por causa da perda de nutrientes e água durante o processo (MONTE et al., 2012).

A PPC é uma característica de qualidade relacionada ao rendimento da carne no momento do consumo, sendo influenciada pela capacidade de retenção de água nas estruturas da carne. A capacidade de retenção de água é um termo utilizado para descrever a capacidade do músculo e dos produtos cárneos em manter a água ligada a si (FENNEMA, 1990). É definida como a aptidão da carne em reter total ou parcialmente a água presente na carne ou a adicionada durante seu processamento. Ou seja, é avaliada pela sua capacidade em manter o conteúdo aquoso mesmo com a aplicação de forças externas, como a compressão, o impacto e o cisalhamento ou, ainda, ao longo de um determinado processo, como o congelamento e o cozimento (MONTE et al., 2012).

O conteúdo de água varia em sua quantidade na carne crua em função de alguns fatores, como o teor de gordura muscular. A quantidade de água será inversamente proporcional à idade do animal, principalmente devido ao aumento da proporção de tecido adiposo. As alterações nos teores de tecido conjuntivo também contribuem, pois este diminui com a avançar da idade do animal (SÁ, 2004).

Durante o cozimento ocorre um encurtamento dos músculos pela grande perda de líquidos. Essas perdas em média ultrapassam os 40%; em carnes “mal cozidas” as perdas chegam a 30%, enquanto que em carnes “bem cozidas”, alcançam os 50%. As moléculas de miosina também sofrem alterações durante o cozimento, unindo-se e formando um gel que promove uma maior adesão entre as miofibrilas (ARAÚJO, 2012).

3.6.2.4 Maciez

A maciez é a característica de maior importância para o consumidor na avaliação da qualidade da carne. O termo “tenderness” é utilizado na avaliação de medidas de resistência física à compressão ou cisalhamento e qualificação da resistência à mastigação (FELÍCIO, 1999). A percepção da maciez pode ser dividida em três sensações: a primeira, que se apresenta como a facilidade de penetração dos dentes e o corte; a segunda, onde ocorre a resistência que a ruptura das fibras causa durante a mastigação; a última que seria a sensação de resíduo (OSÓRIO e OSÓRIO, 2005).

A textura pode ser mensurada de forma objetiva ou subjetiva. A subjetiva é realizada através de painel sensorial com provadores previamente treinados. Apesar de haver boa correlação entre os resultados da avaliação física e da sensorial, existe a dificuldade de treinamento e manutenção dos painéis de degustação, o que leva a uma preferência pela utilização das avaliações mecânicas (FELÍCIO, 1999). Entre os métodos objetivos, o mais

utilizado é o texturômetro, onde se mede a força de cisalhamento pela célula Warner Bratzler, que exibe a força máxima para romper uma amostra.

Vários fatores influenciam a maciez da carne, como a genética, idade, sexo, maturidade e acabamento do animal, exercício, nutrição, presença de tecido conjuntivo, espessura e comprimento do sarcômero, estresse pré abate, velocidade de resfriamento da carcaça, taxa de queda do pH, pH final e maturação (FELÍCIO, 1999; MADRUGA, 2004; ALVES e MANCIO, 2007).

Em suas revisões, Alvez e Mancio (2007) e Araújo (2012) destacam que após o abate é necessário que o músculo passe pelo processo de maturação para que a maciez seja estabelecida. Nos momentos posteriores ao abate ocorre o esgotamento do ATP e a acidificação muscular, com formação de um número elevado de ligações entre as proteínas miofibrilares actina e miosina, promovendo a contração muscular irreversível. A intensidade das contrações que ocorrem no estabelecimento do rigor vai influenciar a maciez final.

A temperatura durante o estabelecimento do *rigor mortis* é outro fator importante para a maciez. O músculo necessita de certo tempo para que a temperatura baixe e esse tempo vai depender da característica do músculo e da espécie animal (RAMOS e GOMIDE, 2007). A instalação do *rigor mortis* não deve se completar em temperaturas elevadas, próximo aos 40°, pois haverá um declínio rápido do pH, modificando a atuação das enzimas proteolíticas. Por outro lado, quando ocorre uma diminuição rápida e acentuada das temperaturas antes do estabelecimento do *rigor mortis*, pode ocorrer o encurtamento pelo frio, ou “*cold shortening*”, onde as fibras musculares se contraem bruscamente e ocorre a diminuição do sarcômero (BONAGURIO, 2001; CABRAL NETO, 2011).

O tecido conjuntivo é outro fator que influencia a maciez da carne. A maciez aumenta até a maturidade do animal, onde passa a diminuir gradativamente devido as mudanças que ocorrem na estrutura física e química das moléculas do colágeno (HADLICH et al., 2006). O número de fibras de colágeno se altera de maneira sutil com o aumento da idade do animal, porém, o número de ligações intra e intermoleculares nas fibras de colágeno aumenta, assim como sua densidade e a força das ligações cruzadas termoestáveis do colágeno. Isso acarreta em uma menor solubilidade do colágeno e consequentemente, uma menor maciez da carne (BONAGURIO, 2001).

De acordo com Kemp et al. (2010) a maciez final da carne depende da ação de vários complexos enzimáticos no grau de proteólise das proteínas estruturais associadas ao músculo. A genética do animal influencia a produção e funcionamento das enzimas envolvidas na proteólise muscular, as quais podemos citar as catpsinas, proteossomas, calpaínias, calpastatinas e caspases. O complexo calpaína-calpastatina é o principal mecanismo no processo enzimático de amaciamento. No músculo esquelético, o sistema calpaína é composto em por três proteases, a μ -calpaína, m-calpaína e calpaína 3, e um inibidor, a calpastatina (KOOHMARAIE e GEESINK, 2006).

3.6.3 Avaliação de Carcaça e Carne

A carcaça representa o principal componente da produção de corte, pois nela está contida a porção comestível do animal. A avaliação das características qualitativas e quantitativas das carcaças é fundamental nos sistemas de produção de carne para detectar diferenças favoráveis existentes entre animais, direcionando os cruzamentos realizados no melhoramento genético. Os animais devem apresentar carcaças com adequada deposição de tecidos comestíveis, acrescentando lucros aos setores de produção e comercialização (CARVALHO, 1998).

Segundo o artigo 18 do RIISPOA, a carcaça é definida como "os animais abatidos, formados das massas musculares e ossos, desprovidos da cabeça, mocotós, cauda, couro,

órgãos e vísceras torácicas e abdominais tecnicamente preparados" (BRASIL, 1952). De acordo com estudos realizados por Zapata et al., (2001) as carcaças caprinas apresentam peso médio de 12,5 a 14 kg na região nordeste brasileira. Além da carcaça, outros componentes do animal são comercializados, como cabeça, patas, pele, aparelho digestivo, coração, pulmões com traqueia, baço, fígado e rins (RAMOS e GOMIDE, 2007).

O rendimento de carcaça é normalmente o primeiro índice a ser avaliado, por ser utilizado para estimar não só o valor comercial da carcaça, mas também a proporção de cada componente que agregue valor a ela (HUIDOBRO e CAÑEQUE, 1993). O rendimento de carcaça e de cortes cárneos é definido como a relação percentual entre os pesos da carcaça e dos cortes e o peso do animal.

O rendimento de carcaça pode apresentar grandes variações pela influência de fatores intrínsecos (idade, genética, sexo, morfologia, peso ao abate, nutrição), fatores extrínsecos (manejo, alimentação, constância e homogeneidade das pesagens, tipo de jejum, etc.) e fatores relacionados com a própria carcaça (peso, comprimento, compacidade, conformação e acabamento) (SILVA SOBRINHO e GONZAGA NETO, 2001).

Os caprinos apresentam rendimento de carcaça quente variando entre 35 e 54% (BELLÁVER et al., 1983; TIMBÓ, 1995; SANTOS FILHO, 1997; EL KHIDIR et al., 1998; ANOUS e MAURAD 2001; MENEZES et al., 2009; COSTA et al., 2011), rendimento comercial ou de carcaça fria de 38,00 a 51,00% (CUNHA et al.; YAMAMOTO et al., 2000; DHANDA et al. 2003; COSTA et al., 2011) e rendimento verdadeiro ou biológico de 48,4 a 57% (YANEZ et al., 2006; PEREIRA FILHO; DHANDA et al. 2003; YAMAMOTO et al., 2000).

As carcaças podem ser comercializadas inteiras, como meia carcaça ou sob a forma de cortes cárneos (TONETTO et al., 2004). Os cortes cárneos e a boa apresentação são importantes para a diferenciação dos preços obtidos entre as diferentes regiões da carcaça. O sistema de cortes deve preconizar também o aproveitamento racional (sem desperdícios) e a composição física do produto (quantidade relativa de músculo, gordura e osso), versatilidade dos cortes obtidos (facilidade de uso pelo consumidor) e facilidade de realização do corte pelo operador (SANTOS e PEREZ et al.; SILVA SOBRINHO e SILVA, 2000). Apesar das variações encontradas, no Brasil os cortes cárneos seguem os padrões europeus, especialmente o francês e espanhol. Os cortes da paleta (corte de dianteiro) e do pernil (corte de traseiro) são considerados os mais importantes da carcaça, pois apresentam maior importância gastronômica e consequentemente financeira. O corte do lombo também é considerado um corte nobre quando comparado aos demais cortes da carcaça caprina (FRESCURA et al., 2005).

O rendimento de cortes em relação à carcaça se estabelece na faixa de 31,0 a 49,3% para o pernil, de 14,8 a 23,0% para a paleta e de 9,5 a 12,9% para o lombo, de acordo com o peso vivo do animal (SANTOS FILHO, 1999; MATTOS et al., 2006; PEREIRA FILHO et al.; AMORIM et al., 2008; GRANDE et al.; SOUSA et al., 2009).

Apesar da inconstância nos valores de rendimento da carcaça e dos cortes, Osório et al. (1998) ressalta que estas variações podem não representar um inconveniente para a comercialização. No Brasil o mercado de carne caprina apresenta peculiaridades regionais, portanto, a idade ao abate e o tipo de corte variam em cada região (SILVA SOBRINHO e SILVA, 2000). As variações podem, na verdade, ser um ponto positivo ao satisfazerem as diferentes demandas do mercado (OSÓRIO et al., 1998).

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERLE, E. D. et al. **Principles of meat science.** 4 ed. Iowa: Kendall//Hunt Publishing Company, 2001, 354p.
- AHIMA, R. S.; FLIER, J. S. Leptin. **Annual Review of Physiology**, 62:413-37, 2000.
- ALMEIDA, S. E. et al. Association between molecular markers linked to the leptin gene and weight gain in postpartum beef cows. **Ciência Rural**, v.37, n.1, p.206-211, 2007.
- ALVES, D. D.; MANCIO, A. B. Maciez da carne bovina: uma revisão. **Revista da FZVA**, v.14, n.1, p.193-216. 2007.
- AMARAL, C. M. C. et al. Características de carcaça e qualidade de carne de cabritos Saanen alimentados com ração completa farelada, peletizada e extrusada. **Ciência Rural**, v.37, n.2, 2007.
- AMORIM, G. L. et al. Substituição do milho por casca de soja: consumo, rendimento e características de carcaça e rendimento da buchada de caprinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.30, n.1, p.41-49, 2008.
- ANOUS, M. R.; MOURAD, M. Some carcass characteristics of Alpine kids under intensive versus semi-intensive systems of production in France. **Small Ruminant Research**, v.40, p.193-196, 2001.
- ARAÚJO, C. G. F. **Características da carcaça e qualidade da carne de ovinos terminados em pastagens cultivadas.** 2012. 60f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2012.
- AZARI, M. A. et al. Genetic polymorphism of leptin gene using PCR-RFLP method in three different populations. **Slovak Journal of Animal Science**, v.45, p.39-42, 2012.
- BARZEHKAR, R.; SALEHI, A.; MAHJOUBI, F. Polymorphisms of the ovine leptin gene and its association with growth and carcass traits in three Iranian sheep breeds. **Iranian Journal of Biotechnology**, v.7, p.241-246, 2009.
- BATISTA, A. M. et al. The expression and localization of leptin and its receptor in goat ovarian follicles. **Animal Reproduction Science**, v.141, p.142-147, 2013.
- BELLAVER, C. et al. Carcass characteristics of goats and sheep in Northeast Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.3, p.301-309, 1983.
- BESERRA, F. J. et al. Características físicas e físico-químicas da carne de caprinos SRD com diferentes pesos de abate. **Revista Tecnologia da Carne**, v.3, n.2, p.1-6, 2001.
- BONAGURIO, S. et al. Composição centesimal de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. In: IV SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2001.
- BORBA, V. S. **Marcadores Moleculares: Classificação e Aplicação.** 2002. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dbg/trab2002/GMOL/GMOL005.htm>> Acesso em: 28 de setembro de 2015.
- BRASIL, 1952. **Decreto nº 30.691**, de 29 de março de 1952. Aprova o Novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Diário Oficial, Brasília, DF, 29 de mar. 1952. Seção 1, p. 49.
- BRASIL, 2015. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/caprinos-e-ovinos> Acesso: 17 de setembro de 2015.
- CABRAL NETO, O. **Amaciamento da carne bovina de Nelore por Alta Pressão Hidrostática e Maturação.** 2011. 87f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

- CAIXETA, E. T. et al. **Tipos de marcadores moleculares**. In: BORÉM, A.; CAIXETA, E. T. (Ed.). Marcadores moleculares. 2. ed. Viçosa: UFV, p. 11-93, 2009.
- CARVALHO S. **Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais de cordeiros machos inteiros, machos castrados e fêmeas alimentados em confinamento**. 1998. 102 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998.
- CARVALHO, D. M.; SOUZA, J. P. Análise da cadeia produtiva de caprino-ovinocultura em Garanhuns. In: XLVI CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 2008, Rio Branco, AC. **Anais...** Rio Branco, AC, 2008.
- CARVALHO, D.; TORRES, G. A. **Marcadores Moleculares**. Lavras: Editora UFLA /FAEPE, p.35. 2002.
- CEZAR, M. F.; SOUSA, W. H. **Carcaças ovinas e caprinas: obtenção-avaliação-classificação**. Uberaba: Agropecuária Tropical, 2007. 232p.
- CHILLIARD, Y.; DELAVAUD, C.; BONNET, M. Leptin expression in ruminants: Nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. **Domestic Animal Endocrinology**, v.29, p.3-22, 2005.
- CHING, A. et al. SNP frequency, haplotype structure and linkage disequilibrium in elite maize inbred lines. **BMC Genetics**, v.3, n.14, p.1-14, 2002.
- COLOMER-ROCHER, F. et al. **Metodos normalizados para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales caprinas y ovinas**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1988. 41p. (Cuadernos INIA, 17).
- CORDEIRO, G. M. et al. Characterization of single nucleotide polymorphisms in sugarcane ESTs. **Theoretical and Applied Genetics**, v.113, p.331-343, 2006.
- CORREIA, F. W. S. **Perfil Setorial da Caprinovinocultura: No Mundo, Brasil Nordeste e Sergipe**. SEBRAE, 2007. 17p.
- COSTA, E. C. **Leptina: mais um hormônio na regulação do metabolismo**. Seminário apresentado na disciplina de Bioquímica do Tecido Animal – Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinária – UFRG. 2002.
- COSTA, L. S. **Composição e correlação de ácidos graxos da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo casca de soja**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.
- COSTA, R. G. et al. Qualidade física e sensorial da carne de cordeiros de três genótipos alimentados com rações formuladas com duas relações volumoso:concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.8, p.1781-1787, 2011.
- COUTINHO, L. L. et al. **Biotecnologia Animal**. Estudos Avançados, São Paulo, v.24, n.70, 2010.
- CUNHA, E. A. et al. Utilização de carneiros de raças de corte para obtenção de cordeiros precoces para abate em plantéis produtores de lã. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.243-252, 2000.
- DANTAS, A. **Posição dos abatedouros dentro de um Programa Nacional de ovinocaprinocultura**. In: MIZUTA, K. et al. Apoio à cadeia produtiva da ovinocaprinocultura brasileira: Brasília, DF MCT/CNPq/MAPA. Relatório Final. 2001. 69p.
- DE ZEN, S.; SANTOS, M. C.; MONTEIRO, C. M. **Evolução da caprino e ovinocultura**. Ativos da Pecuária de Caprino e Ovinocultura, v.1, p.1-3, 2014.
- DEKKERS, J.C.M. Commercial application of markers and gene-assisted selection in livestock: strategies and lessons. **Journal of Animal Science**, v.82, p.313-328, 2004.

- DHANDA, J. S.; TAYLOR, D. G.; MURRAY, P. J. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter. **Small Ruminant Research**, v.50, p.57-66, 2003.
- EGITO, A. A. **Diversidade genética, ancestralidade individual e miscigenação nas raças bovinas no Brasil com base em microsatélites e haplótipos de DNA mitocondrial: subsídios para a conservação.** 2007. 246f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- EL KHIDIR, I. A., BABIKER, S. A., SHAFIE, S. A. Comparative feedlot performance and carcass characteristics of Sudanese desert sheep and goat. **Small Ruminant Research**, v.30, p.147-151, 1998.
- FELÍCIO, P. E. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. In: XXXVI REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 1999.
- FENNEMA, O. R. Comparative water holding properties of various muscle food. **Journal of Muscle Foods**, n.1, p.363-381, 1990
- FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética.** 3 ed. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1998. 220 p.
- FORTES, M. R. S. **Polimorfismos dos genes CAPN1, CAST, LEP, TG e DGAT1 como possíveis indicadores da qualidade da carne em bovinos zebuínos e cruzados abatidos em idade jovem.** 2007. 85f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- FRESCURA, R. B. M. et al. Avaliação das proporções dos cortes da carcaça, características da carne e avaliação dos componentes do peso vivo de cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.167-174, 2005.
- GONÇALVES, T. M. et al. Detecção de locos de características quantitativas (QTL) afetando o crescimento e a carcaça de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1540-1552, 2005.
- GRANDE, P. A. et al. Desempenho e características de carcaça de cabritos da raça Saanen recebendo rações com farelo de glúten de milho e/ou farelo de soja. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.25, n.2, p.315-321, 2003.
- GRODZICKER, T. et al. Physical mapping of temperature-sensitive mutations adenoviruses. Cold Spring Harbor Symp. **Quantitative Biology**, v.39, p.439-446, 1974.
- GUIMARÃES, P. E. M.; COSTA, M. C. R. SNPs: Sutis diferenças de um código. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v.26, p.24-27, 2002.
- HADLICH, J. C. et al. Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.28, n.1, p.57-62, 2006.
- HAENLEIN, G. F. W. **Chevon - meat cuts.** 1992. Disponível em: <<http://www.inform.umd.edu/EdRes>>. Acesso em: 24 de setembro de 2015.
- HAJIHOSSEINLO, A.; HASHEMI, A.; SADEGHI, S. Association between polymorphism in exon 3 of leptin gene and growth traits in the Makooei sheep of Iran. **Livestock Research for Rural Development**, v.24, art.166, 2014.
- HASHEMI, A., et al. Allelic polymorphism of Makooei sheep leptin gene identified by polymerase chain reaction and single strand conformation polymorphism. **African Journal of Biotechnology**, v.10, p.17903-17906, 2011.
- HILZENDEGER, A. M. **Obesidade, leptina e sistema renina-angiotensina: importância no controle da pressão arterial e regulação autonômica em camundongos ob/ob e db/db.** 2009. 152f. Tese (Doutorado em ciências) - Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2009.

- HOSSNER, K. L. Cellular, molecular and physiological aspects of leptin: potential application in animal production. **Canadian Journal of Animal Science**, v.78, p.463-72, 1998.
- HUIDOBRO, F. R.; CAÑAQUE, V. Producción de carne em corderos de raza Manchega II. Conformación y estado de emagrecimiento de la canal y proporción de piezas em distintos tipos comerciales. **Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal**, v.8, n.3, p.233-243, 1993.
- IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. V.41, 2013. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 17 de setembro de 2015.
- JARDIM, R. D. et al. Composição tecidual e química da paleta e da perna em ovinos da raça Corriedale. **Revista Brasileira de Agrociências**, v.13, n.2, p.231-236, 2007.
- JESUS, O. N; FIGUEIRA, A; SILVA, S. O. Caracterização da constituição genômica de bananeira por meio de marcadores PCR-RFLP. In: LIV CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 2008. **Anais...** Salvador, BA, 2008.
- HOLANDA JÚNIOR, E. V. et al. Custo de produção de leite de cabra no Nordeste. In: VI SEMANA DE CAPRINOCULTURA E OVINOCTURA, 2008. **Anais...** João Pessoa: ABZ, PB, 2008.
- KEMP, C. M. et al. Tenderness – An enzymatic view. **Meat Science**, v.84, p.248 – 256, 2010.
- KOOHMARAIE, M.; GEESINK, G. H. Contribuition of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. **Meat Science**, v.74, p.34-43, 2006.
- LAGONIGRO, R., et al. A new mutation in the coding region of the bovine leptin gene associated with feed intake. **Animal Genetics**, v.34, p.371-374, 2003.
- LARA, M. A. C. et al. Caracterização genética de raças nativas e comerciais de ovinos com base em SNPs no gene leptina. **Actas Iberoamericanas de Conservación Animal**, AICA, p.215-219, 2012.
- LEGUIZA, C. D. P. **Marcadores microssatélites no MHC de ovinos: estudo de associação e diversidade genética na raça Santa Inês**. 2007. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- LEMES, J. S. et al. Características instrumentais e sensoriais da carne de caprinos da região do Alto Camaquã, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.19, ns.1/2, p.117-126, 2013.
- LIEFERS, S.C. et al. Association between leptin gene polymorphisms and production, live weight, energy balance, feed intake, and fertility in Holstein heifers. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.633-1638, 2002.
- LINN, S.; ARBER, W. Host specificity of DNA produced by *Escherichia coli*, X. *In vitro* restriction of phage fd replicative form. **Proceeding of the National Academy of Sciences**, v.59, p.1300-1306, 1968.
- LOBO, R. N. B. et al. Programas de melhoramento genético de caprinos e ovinos: importância prática. In: I SIMPÓSIO DE CAPRINOS E OVINOS DA ESCOLA DE VETERINÁRIA DA UFMG, 2005. **Anais...** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, MG, 2005.
- LÔBO, R. N. B.; LÔBO, A. M. B. O. Evolução do melhoramento de caprinos e ovinos no Brasil. In: XIX ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE; I SIMPÓSIO DE GENÉTICA HUMANA E MÉDICA DO NORDESTE; GENÉTICA NA PRAÇA, 2012, Petrolina, Juazeiro. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, PE, 2012.
- MACDOUGALL, D. B. **Colour meat: its basis and importance**. In: Pearson, A. M. e DUTSON. T. R. (Ed) Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish product: Advances in meat research series, vol.9, p. 34 –78, 1994.

- MACMANUS, C.; PAIVA S.; LOUVANDINI, H. 2010. **Caprinos no Brasil**. Disponível em: http://inctpecuaria.com.br/images/informacoes-tecnicas/serie_tecnica_caprinos.pdf. Acesso em: 20 de setembro de 2015.
- MADRUGA, M. S. et al. Características químicas e sensoriais de cortes comerciais de caprinos SRD e mestiços de Boer. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.713-719, 2005.
- MADRUGA, M. S. Processamento e caracaterísticas físicas e organolépticas das carnes caprina e ovina. In: IV SEMANA DA CAPRINOCULTURA E OVINOCULTURA BRASILEIRA, 2004. **Anais...** Sobral: Embrapa Caprinos, CE, 2004.
- MAGANHINI, M. B. et al. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suino numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, supl.1, p.69-72, 2007.
- MATTOS, C. W. et al. Características de carcaça e dos componentes não-carcaça de cabritos Moxotó e Canindé submetidos a dois níveis de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2125-2134, 2006.
- MATURANO, A. M. P. **Estudo do efeito do peso de abate na qualidade da carne de cordeiros da raça Merino Australiano e Ile de France x Merino**. 93f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- MENEZES, J. J. L. et al. Efeito do sexo, do grupo racial e da idade ao abate nas características de carcaça e maciez da carne de caprinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1769-1778, 2009.
- MESELSON, M.; YUAN, R. DNA restriction enzyme from *E. coli*. **Nature**, v.217, p.1110-1114, 1968.
- MONTE, A. L. S. et al. Qualidade da carne de caprinos e ovinos: uma revisão. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, n.3, p.11-17, 2012.
- MULLIS, K. B. The unusual origin of the polymerase chain reaction. **Scientific American**, v.262, p.36-42, 1990.
- NEGRÃO, A. B.; LICINIO, J. Leptina: o diálogo entre adipócitos e neurônios. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo**, v.44, n.3, p.205-214, 2000.
- NOGUEIRA FILHO, A.; KASPRZYKOWSKI, J. W. A. **O agronegócio da caprinoovinocultura no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2006.
- NOGUEIRA, F. A.; FIGUEIREDO, C. A. J.; YAMAMOTO, A. **Mercado de carne, leite e pele de caprinos e ovinos no nordeste**. Fortaleza. CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2010. 128p; (Série Documentos do Etene Nº 27).
- OLIVO, R. et al. Fatores que influenciam na cor de filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, v.25, n.289, p.44-49, 2001.
- OSÓRIO, J. C. S. et al. Morfologia e características comerciais da produção de carne em cordeiros não castrados. 1. Efeito do genótipo. In: XXXV REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1998. **Anais...** Botucatu: SBZ, SP, 1998.
- OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M. **Zootecnia de ovinos: raças, lã, morfologia, avaliação de carcaça, comportamento em pastejo, Programa Cordeiro Herval Preimum**. Pelotas: Editora Universitária PREC/UFPEL, 2005. 243 páginas.
- PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. 2 ed. Goiânia: GEGRAF-Universidade Federal de Goiás, v.1, 2001. 623p.
- PEREIRA FILHO, J. M. **Estudo do crescimento alométrico e das características de carcaça e impacto econômico da restrição alimentar de cabritos F1 Boer x Saanen**. 2003. 86f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.
- PEREIRA FILHO, J. M. et al. Características da carcaça e alometria dos tecidos de cabritos F1 Boer x Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.905-912, 2008.

- PAIVA, S. R.; MCMANUS, C. Utilização de marcadores moleculares na caracterização genética de ovinos. In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2012, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, PB, 2012.
- POLIDO, P. B.; FERREIRA, F. G.; ALBERTON, O.; SOUZA, S. G. H. Marcadores moleculares aplicados no melhoramento genético de bovinos. **Arquivos de Ciência Veterinária e Zoologia da UNIPAR**, v.15, n.2, p.161-169, 2012.
- PROLO, P.; WONG, M.; LICINIO, J. Molecules in focus: Leptin. **The International Journal of Biochemistry e Cell Biology**, v.30, p.1285-1290, 1998.
- RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. MG: Ed. UFV, 2007. 599p.
- RASMUSSEN, A. N. et al. Mammary gland leptin in relation to lactogenesis in the periparturient dairy goat. **Small Ruminant Research**, v.75, p.71-79, 2008.
- REGITANO, L. C. A.; COUTINHO, L. L. **Biologia molecular aplicada à produção animal**. EMBRAPA-INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA, 2001, 215 p.
- SÁ, E. M. F. A influência da água nas propriedades da carne. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v.325, p.26-32, 2004.
- SAINZ, R. D. Qualidade de carcaças e da carne bovina. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Fortaleza-CE. **Anais...** Fortaleza-CE, 1996.
- SALMAN, A. K. D.; GIACCHETTO, F.; MALAGO JÚNIOR, W. Marcadores moleculares na bovinocultura de corte. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.10, n.2, 2009.
- SAMPAIO, B. R.; et al. Perspectivas para a caprinocultura no Brasil: o caso de Pernambuco. In: XLIV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 2006, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza, CE, 2006.
- SANSINANEA, A. S. et al. Serum leptin levels in cattle with different nutritional conditions. **Nutrition Research**, v 21, p.1045-1052, 2001.
- SANTOS FILHO, J. M. **Efeito do peso vivo ao abate sobre algumas características quantitativas e qualitativas das carcaças de caprinos SRD no estado do Ceará**. 1995. 78 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.
- SANTOS FILHO, J. M. et al. Efeito do peso vivo ao abate sobre as características quantitativas da carcaça em caprinos Sem Raça Definida no Estado do Ceará. **Revista Científica de Produção Animal**, v.1, n.2, p.147-153, 1999.
- SANTOS, C. L.; PÉREZ, J. R. O. Cortes comerciais de cordeiros Santa Inês. In: I ENCONTRO MINEIRO DE OVINOCULTURA, 2000. **Anais...** Lavras, MG, p.149-168, 2000.
- SAÑUDO C. et al. Carcass and meat quality in light lambs from different fat classes in EU carcass classification system. **Meat Science**, v.56, p.89-94, 2000.
- SCHENKEL, F. S. et al. Association of single nucleotide polymorphism in the leptin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.38, p.2009-2020, 2005.
- SIDER, L. H.; ZAROS, L. G. **A Biologia Avançada e o Impacto da Genômica na Produção de Caprinos e Ovinos**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos Sobral: CE, v.47, 2008.
- SILVA SOBRINHO, A. G.; GONZAGA NETO, S. **Produção de carne caprina e cortes da carcaça**. 2001. Disponível em: <http://www.capritec.com.br/pdf/producao_carnecaprina.PDF>. Acesso em: 20 setembro de 2015.
- SILVA SOBRINHO, A. G.; SILVA, A. M. A. Produção de carne ovina. **Revista Nacional da Carne**, v.24, n. 285, p.32-44, 2000.

- SILVA, H. W.; GUIMARÃES, C. R. B.; OLIVEIRA, T. S. Aspectos da exploração da caprinocultura leiteira no Brasil. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.2, p.121-125, 2012.
- SILVA, N. M. V. et al. Polimorfismo genético da leptina e do receptor do hormônio do crescimento em caprinos. **Archivos de Zootecnia**, v.61 (234), p.187-195, 2012.
- SILVA, N. V. et al. Características de carcaça e carne ovina: uma abordagem das variáveis metodológicas e fatores de influência. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, n.4, p.103-110, 2008.
- SILVA, R. C. G. **Estudo de caracterização e associação de marcadores moleculares relacionados à leptina para características de crescimento e precocidade de acabamento em bovinos da raça Nelore**. 2008. 73f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.
- SOLLER, M. Candidates genes as QTL. In: IV PLANT & ANIMAL GENOME CONFERENCE, 1998. San Diego. **Anais...** San Diego, CA, 1998.
- SOUSA, W. H. O agronegócio da caprinocultura de corte no Brasil. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.1, n.1, p.51-58, 2007.
- SOUSA, W. H. et al. Características morfométricas e de carcaça de cabritos e cordeiros terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1340-1346, 2009.
- SOUTHERN, E. M. Detection os specific sequences among DNA fragments separated by electrophoresis. **Journal of Molecular Biology**, v.98, p. 503-517, 1975.
- SOUZA, X. R. et al. Composição centesimal do músculo bíceps femoris de cordeiros em crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, ed esp, p.1507-1513, 2002.
- TIMBÓ, M. O. P. **Estudo da evolução da composição centesimal de algumas características físicas e funcionais da carne de caprino de híbridos das raças Pardo-Alpina e Moxotó**. 1997. 101p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1997.
- TONETTO, C. J. et al. Ganho de peso e características da carcaça de cordeiros terminados em pastagem natural suplementada, pastagem cultivada de azevém (*Lolium multiflorum Lam.*) e confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.225-233, 2004.
- VIGNAL, A.; MILAN, D.; SANCRISTOBAL, M.; EGGEN, A. A review on SNP and other types of molecular markers and their use in animal genetics. **Genetics Selection Evolution**, v.34, p.274-305, 2002.
- WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M. E. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos Taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, v.68, p.2716–2728, 1990.
- YAMAMOTO, S. M. et al. Características de carcaça de caprinos jovens, terminados com proteína by pass. In: XXXVII REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2001. **Anais...** Viçosa: SBZ, MG, 2001.
- YÁÑEZ, E. A. et al. Restrição alimentar em caprinos: rendimento, cortes comerciais e composição de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2093-2100, 2006.
- ZAPATA, J. F. F. et al. Características de carcaça de pequenos ruminantes do nordeste do Brasil. **Ciência Animal**, v.11, n.2, p.79-86, 2001.
- ZAPATA, J. F. F. Tecnologia e Comercialização de Carne Ovina. IN: LEITE, E.R., ed. SEMANA DA CAPRINOCULTURA E DA OVINOCULTURA TROPICAL BRASILEIRA. 1994. **Anais...** Sobral: EMBRAPA-CNPC, CE, p.115-128, 1994.
- ZHANG, Y. et al. Positional cloning of the mouse obese gene and its human homologue. **Nature**, v.372, p.425-32, 1994.

CAPÍTULO I

**IDENTIFICAÇÃO DE POLIMORFISMO NO EXON 2 DO GENE DA
LEPTINA EM CAPRINOS SAANEN E CRUZADOS SAANEN X BOER**

Identificação de polimorfismo no exon 2 do gene da Leptina em caprinos Saanen e Cruzados Saanen x Boer

RESUMO: A Leptina é um hormônio polipeptídico codificado pelo gene *obese* (*ob*), que possui sua organização éxon-ítron muito conservada na evolução das espécies. Em ruminantes o gene está localizado no cromossomo 4 que consiste de três éxons, estando as regiões codificadoras nos éxons 2 e 3. Por apresentar relação direta com mecanismos de regulação da ingestão de alimentos, metabolismo energético, fisiologia reprodutiva e sistema imunológico de mamíferos, tem sido investigada em diferentes espécies domésticas. Objetivou-se com este trabalho avaliar a possível ocorrência de polimorfismo no éxon 2 do gene da leptina (LEPC305T), e relacioná-lo com as características de qualidade de carne e carcaça de 38 cabritos machos, sendo 21 Saanen e 17 Cruzados Saanen x Boer, pertencentes ao Setor de Caprinocultura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, a fim de verificar a ocorrência do polimorfismo LEPC305T nesta população de caprinos. Os genótipos para o marcador foram identificados pela técnica de PCR-RFLP com base nos protocolos padronizados para o SNP305. Foram isoladas amostras de DNA genômico a partir de leucócitos e amplificados técnica de Reação em Cadeia de Polimerase (PCR). A PCR gerou fragmentos de 94 pares de bases (pb) que foram digeridos pela enzima *Kpn*2I, originando dois fragmentos de 75 (pb) e 19 (pb) para todos os indivíduos analisados, obtendo frequência alélica de 100% para o genótipo T. Sendo assim, não foi possível correlacionar os resultados obtidos na avaliação de qualidade de carne e carcaça aos resultados obtidos no estudo molecular nesta população de caprinos.

Palavras-chave: Cabritos. Cruzamento. Genotipagem., PCR-RFLP.

Polymorphism identified in exon 2 of Leptin gene in Saanen goats and Crusaders Boer x Saanen

ABSTRACT: Leptin is a polypeptide hormone encoded by the obese (ob) gene, which has its exon-intron organization very conserved in the evolution of species. In ruminants the gene is located on chromosome 4 which consists of three exons, with the coding regions in exons 2 and 3. To introduce directly related to mechanisms that regulate food intake, energy metabolism, reproductive physiology and immune system of mammals has It has been investigated in domestic animals. Aim with this study was to evaluate the possible occurrence of polymorphism in exon 2 of the leptin gene (LEPC305T), and relate it to the quality characteristics of meat and carcass 38 goats bulls, 21 Saanen and 17 Crusaders Saanen x Boer, belonging to the Goat Husbandry Sector of the Rural Federal University of Rio de Janeiro in order to identify markers that may be useful in selecting animals with better genetic merit in the species. The genotypes for the marker were identified by PCR-RFLP technique based on standardized protocols for SNP305. DNA samples were isolated from leukocyte genomic and amplified reaction technique polymerase chain reaction (PCR). The generated PCR fragments of 94 base pairs (bp) were digested by Kpn2I enzyme yielding two fragments (75 bp) and 19 (bp) for all individuals analyzed, obtaining allelic frequency of 100% for genotype T. Therefore, it was not possible to relate the results obtained in the quality assessment of meat and carcass to the results of the molecular study in this population of goats.

Keywords: Goats. Cross breeding. Genotyping. PCR-RFLP.

INTRODUÇÃO

A caprinocultura é responsável por parte considerável da pecuária mundial por constituir uma atividade com boa adaptação aos diferentes ambientes e climas, fixando o homem em áreas pouco agricultáveis, o que estabelece uma atividade de importância econômico-social. No Brasil, a produção de carne caprina cresceu de forma estável nos últimos anos, tornando-se uma opção viável aos produtores. Portanto, a carne caprina pode ser utilizada como “*commodity*”, gerando boa rentabilidade na comercialização ao mercado consumidor interno e para exportação (NOGUEIRA et al., 2010).

A avaliação das características de composição e qualidade de carcaça é um fator importante para a aceitação e seleção de novas raças e animais ou de seus cruzamentos nos programas de melhoramento genético. Os programas de melhoramento genético baseados na seleção genotípica molecular tem como objetivo central a busca por genes candidatos associados às características de interesse e a capacidade dos mesmos de serem aplicados como marcadores moleculares na seleção assistida por marcadores (PAIVA e MACMANUS, 2012).

Embora a maioria das características quantitativas seja determinada por muitos genes, determinar o número de genes e a contribuição de cada um na expressão fenotípica é de grande valia para o avanço do melhoramento animal. Assim, o estudo de genes como a leptina, que estão envolvidos com as características de qualidade e composição da carcaça, pode auxiliar na melhoria dos índices e na eficiência dos sistemas de produção.

A leptina é um hormônio polipeptídico constituído por 146 aminoácidos. É codificada pelo gene *obese* (*ob*), que possui sua organização exon-ítron muito conservada na evolução das espécies, situado no cromossomo 4 em ruminantes. Se constitui de três exons, sendo as regiões codificadoras locadas nos exons 2 e 3 (AHIMA e FLIER, 2000) mantendo 84 a 97% de homologia entre camundongos, humanos e bovinos (SALMAN e COSTA, 2006).

Sua síntese ocorre nos adipócitos, principalmente nos adipócitos brancos, mas também no epitélio gástrico, músculo esquelético, epitélio mamário e na placenta em menores proporções (NEGRÃO et al.; AHIMA e FLIER, 2000; CHILLIARD et al., 2005). Está envolvida diretamente com mecanismos que regulam a ingestão de alimentos, o metabolismo energético, regulação da glicemia, fisiologia reprodutiva e sistema imunológico de mamíferos (HOSSNER; JI et al., 1998; SANSINANEA et al., 2001). Devido a sua grande relevância na fisiologia dos animais, a leptina tem sido utilizada como gene candidato em pesquisas relacionadas a características de interesse econômico, como deposição de gordura na carcaça, qualidade de carne, ganho de peso, precocidade sexual, porcentagem de gordura no leite e produção de leite (SALMAN e COSTA, 2006; LARA et al., 2012).

Em bovinos, polimorfismos no gene da leptina tem sido associados à deposição de gordura na carcaça (FITZSIMMONS et al., 1998; BUCHANAN et al., 2002), área de olho de lombo (TESSANNE et al., 1999) e à características de crescimento e precocidade de acabamento (OPRZADEK et al., 2003; YANG et al., 2007; SILVA, 2008) em gado de corte; ao balanço energético, peso vivo, fertilidade e produção de leite em gado leiteiro (LIEFERS et al., 2002). Em caprinos, existem poucos trabalhos e nestes o gene tem sido estudado na associação com a fisiologia reprodutiva (BATISTA et al., 2013; BONNET et al., 2009) e da lactação (RASMUSSEN et al., 2008), qualidade da carcaça (SINGH et al., 2009) e características de crescimento (SILVA et al., 2012).

Rasmussen et al. (2008) verificaram que a expressão do gene que codifica o receptor da leptina na glândula mamária obteve correlação positiva com os níveis de leptina no leite nas raças Saanen e Black Danish. Em estudo avaliando a influência da alimentação na concentração e síntese da leptina em cabras leiteiras, Bonnet et al. (2009) relatam que houve

correlação positiva entre a duração da lactação e a leptina plasmática, porém, sem correlação com os níveis de alimentação.

Bonnet et al. (2009) avaliando a influência da inclusão de grãos na dieta sobre os níveis de mRNA sugeriram que a leptinemia responde mal a fatores nutricionais em cabras em lactação. Batista et al. (2013) avaliando a expressão e localização da leptina e de seu receptor em células ovarianas de cabras, observaram que ambos estavam presentes em todas as células ovarianas, participando como regulador potencial na maturação e desenvolvimento dos folículos ovarianos.

Objetivou-se com este estudo avaliar o SNPC305T no éxon 2 do gene da leptina, associando possíveis polimorfismos à características de qualidade da carne e carcaça nesta população de caprinos machos inteiros Saanen e cruzados Saanen x Boer.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e Período do Experimento

O experimento foi conduzido nas instalações dos Institutos de Zootecnia, Biologia e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no período de maio de 2014 a setembro de 2015.

Caracterização dos Animais

Foram utilizados 38 cabritos machos inteiros, sendo 20 Saanen e 18 cruzados Saanen x Boer (3/4 e 7/8 Boer) provenientes do Setor de Caprinocultura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Campus de Seropédica, com aproximadamente 11 meses de idade. Os animais nasceram entre os meses de julho e agosto dos anos de 2013 e 2014, sendo o aleitamento realizado de forma coletiva e artificialmente com leite de cabra, fornecido em duas refeições diárias até os 2 meses. A partir da terceira semana os cabritos tiveram à disposição volumoso de capim elefante picado ao cocho *ad libitum*, feno de tifton e concentrado contendo milho moído, farelo de soja e farelo de trigo, assim como água fresca e limpa. Foram alojados em duas baías coletivas cobertas de piso ripado e elevado, segundo a combinação grupo racial. A identificação dos animais foi feita com brincos numerados e houve tratamento contra endoparasitas.

Extração do DNA Genômico

Aproximadamente 10 mL de sangue foram coletados em tubos *Vacutainers* contendo EDTA, em seguida, centrifugou-se a 2.500 g para isolar os leucócitos, depositados entre as hemácias e o plasma. Um volume de 8 mL de leucócitos foram adicionados a 500 mL de CTAB (tampão de extração) e mantidos durante uma hora a 65°C, com ocasional agitação. Após arrefecimento à temperatura ambiente, 500 mL de clorofórmio e álcool isoamílico (24:1 v:v) foram adicionados, com agitação subsequente. Após centrifugação durante 10 minutos a 10000 g, o sobrenadante foi transferido para tubos limpos, e a precipitação do DNA foi realizada por adição de 250 ml de isopropanol a 4°C, e mantida à mesma temperatura durante mais 30 minutos. O DNA foi precipitado por centrifugação a 12.000 g durante 20 minutos e enxaguado duas vezes em etanol a 75%. O DNA, foi dissolvido em água ultrapura e armazenado (SOARES et al., 2009).

Reação em Cadeia da Polimerase (PCR)

As análises do exon 2 do gene leptina foram realizadas pela técnica de PCR-RFLP, com base no protocolo padronizado para o SNPC305T em bovinos (Acesso AY138588). A amplificação dos fragmentos foram realizadas, segundo metodologia de Buchanan et al. (2002). As reações possuíram volume final de 25 µL, contendo 50 ng de DNA, tampão de PCR 1X (10 mM Tris-HCl pH 9,0; 1,5 mM MgCl₂ e 50 mM KCl), 0,15 µM de cada primer (Tabela 1), 200 µM de dNTP e 1 U de enzima *Taq*DNA polimerase.

Tabela 1. Sequência dos pares de iniciadores (*primers*) para o gene da leptina em bovinos (Acesso AY138588)

Nome do fragmento	Tamanho do fragmento	Sequência dos iniciadores (5' - 3')	Temp. anelamento (°C)	Referência
SNP305	94pb	ATGCGCTGTGGACCCCTGTATC TGGTGTCATCCTGGACCTTCC	65°C	Buchanan et al., 2002.

As reações de amplificação realizadas no aparelho termociclador BIOER tiveram o seguinte programa: 94° C (2 min) um ciclo; 94°C (20 s), 65°C (20 s), 72°C (1 min) trinta e cinco ciclos; e 72°C (5 min) um ciclo.

Digestão com a enzima *Kpn2I*

Foi realizada a digestão virtual com o programa Restriction Mapper a fim de verificar a eficácia da digestão da sequência amplificada com a enzima citada no trabalho. A enzima *Kpn2I* utilizada para o SNP305 reconheceu a sequência TCCGGA pela digestão virtual.

Cerca de 10µL dos fragmentos amplificados de 94 pb pela PCR, foram digeridos com 2 unidades de *Kpn2I* para a identificação do SNP305. Foi retirada uma alíquota da amostra amplificada e digerida e submetida à eletroforese para que os fragmentos de DNA gerados fossem separados em bandas de tamanhos diferentes. Esta etapa foi realizada em gel de poliacrilamida 5%. Após a eletroforese, os géis foram corados com nitrato de prata, analisados e depois fotografados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se a amplificação do marcador estudado em todas as amostras, tanto no grupamento dos animais Saanen, quanto no grupamento dos animais cruzados. Foi encontrado um alelo com 94 pb (padrão único), como citado por Buchanan et al. (2002) para o SNP305.

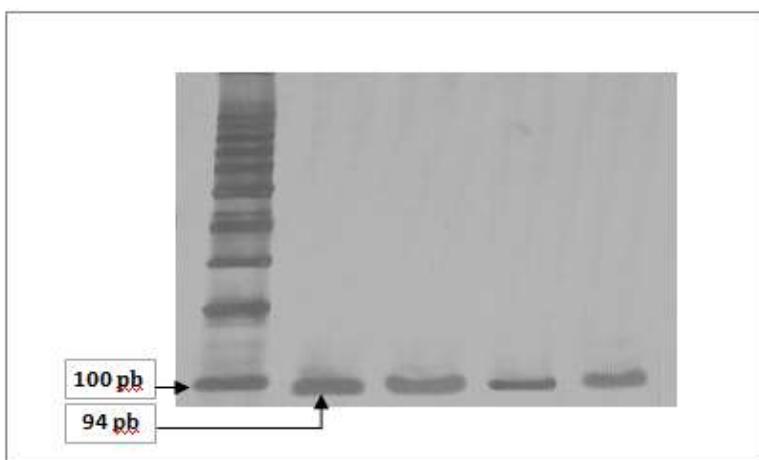


Figura 1. Eletroforese contendo os produtos da amplificação por PCR para o SNP305 do gene leptina na região do exón 2, com visualização dos fragmentos em gel de poliacrilamida 5,0%. M: Marcador de DNA 50 pb.

As amostras de PCR amplificados foram submetidas à digestão pela enzima *kpn2I* e a análise de RFLP revelou fragmentos de 75 e 19 pb (Figura 2), comprovando a eficácia da digestão pela enzima no exón 2 do gene da leptina em ambos grupamentos. Após a eletroforese em gel de agarose 5% verificou-se que houve somente o genótipo homozigoto com 75 e 19 pb, caracterizando monomorfismo na população em estudo. Dessa forma, não foi possível qualquer análise de associação entre o genótipo e as características de qualidade de carcaça e carne.

O SNP305 (LEP/SNPC305T) está localizado a 73 pb do inicio do exón 2 e se caracteriza pela transição de uma citosina por uma timina localizada na primeira posição de base do 25º códon durante a transcrição. Essa alteração leva a troca de uma arginina por cisteína durante a tradução. Em estudos sobre a mesma região do gene em bovinos, o alelo T está associado a raças taurinas e a maiores teores de gordura na carcaça, maior grau de marmorização e melhor acabamento de carcaça, enquanto que o alelo C a raças zebuínas, que possuem menores teores de gordura intramuscular.

A grande similaridade entre as espécies de ruminantes na região do gene da Leptina permite a utilização de metodologias semelhantes para o estudo dessa região do genoma, uma vez este SNP (LEP/SNPC305T) ainda não havia sido estudado na espécie caprina. Contudo, vale ressaltar que mesmo havendo similaridade de até 94% nas regiões codificadoras do gene da leptina (exón 2 e 3) entre bovinos e caprinos, as variantes genéticas encontradas podem não estar presentes em ambas espécies.

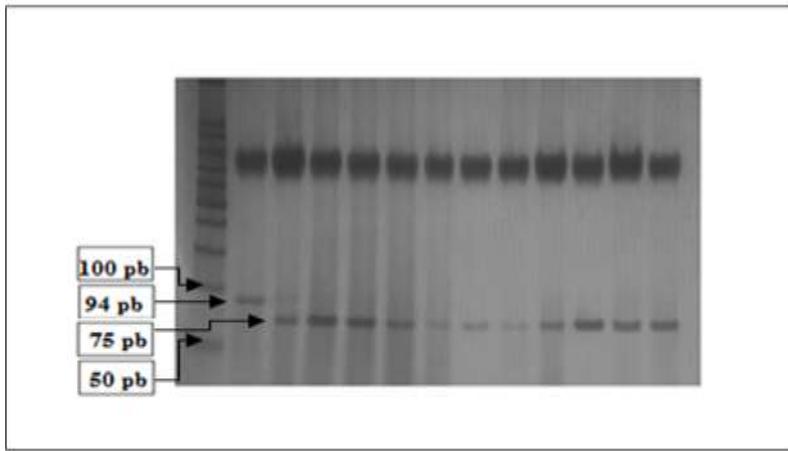


Figura 2. Eletroforese contendo os produtos de digestão pela enzima de restrição *kpn2I* para o gene leptina na região do exón 2, com visualização dos fragmentos em gel de poliacrilamida 5,0%. M: Marcador de DNA 50 pb.

Diferente do encontrado em bovinos por Buchanan et al. (2002), onde a frequência do alelo T (0,46) foi menor que do alelo C (0,54) nas raças Angus, Charolês, Hereford e Simental, nesta população de caprinos o alelo T se mostrou constante (1,0). Utilizando mesma metodologia citada por Buchana et al. (2002) em estudo do SNP305 em raças ovinas, Lara et al. (2012) detectou o polimorfismo nas raças Cara Curta, Cariri, Morada Nova, Santa Inês, Dorper e nos Cruzados Santa Inês x Dorper. As raças Barriga Negra, Ile de France, Poll Dorset, Suffolk e Texel não apresentaram o alelo T. Como encontrado em bovinos, o alelo C foi mais frequente nas raças europeias (0,9887 a 0,8649). Portanto, o polimorfismo não foi presente em todas as raças estudadas, indicando uma possível divergência genética entre as duas espécies.

Silva et al. (2012) avaliando marcadores moleculares para o peso ao nascer e ao desmame, concluiu que todos os animais apresentaram o mesmo genótipo no exón 2 do gene da leptina para as raças Anglo-Nubiana e Boer. Apesar de se tratar da mesma região do gene, mas com sequências amplificadas diferentes, o resultado é semelhante ao encontrado neste trabalho, onde o marcador utilizado para bovinos não se mostrou eficiente para a aplicação em caprinos.

Outros estudos foram realizados com o gene da leptina, com o objetivo de encontrar marcadores para características de carcaça em cabras. Singh et al. (2009) avaliaram polimorfismos na região do exón 2 e íntron 2 em cabras indianas das raças Barbari e Jamunapari, a análise das sequências confirmou a mutação no exón 2 e no íntron 2 em todas as amostras analisadas. Maitra et al. (2013) em estudo com cabras indianas identificaram vinte e duas variações no gene, sendo sete delas SNPs presentes no exón 2, íntron 2 e 3'UTR. Os autores indicam que estes SNPs podem ser incluídos em estudos de associação com qualidade de carne e carcaça. Embora os estudos tenham investigado variações no exón 2, as sequências analisadas e os SNPs encontrados não são os mesmos que os descritos no presente trabalho.

Em cabras chinesas das raças Guizhou White, Chuandong e Gulin Ma foram observados três SNPs (G128T, C270T e T166C) no gene do receptor da leptina. Os genótipos AB e EF foram relacionados a um número maior de filhotes por fêmea nas raças Gulin Ma e Ghizhou White, enquanto que os genótipos CC e DD à característica peso ao nascimento na raça Chuandong White (WANG et al., 2011).

Em estudo de genes candidatos para animais Boer, Javanmard et al. (2010) avaliaram seis genes (Leptina 1, 2 e 3, Calpastatina Miostatina SCD e POUF1) no intuito de

correlacionar polimorfismos à características de crescimento e qualidade de carcaça, utilizando a técnica de PCR-RFLP. Foram observados polimorfismos em todos os loci, exceto para IGFBP3 (1) e IGFBP (2), o que demonstra uma diversidade genética considerável na população de caprinos Boer utilizada.

O rebanho utilizado no presente estudo foi submetido a cruzamentos endogâmicos durante algumas gerações, o que possivelmente aumentou a consanguinidade entre os animais e consequentemente a redução da variabilidade genética. Caso o alelo C tenha frequência mais baixa nas raças utilizadas ou até mesmo na espécie caprina, a utilização de cruzamentos endogâmicos diminuiria as chances de detecção deste alelo. Portanto, um estudo mais amplo, envolvendo outras raças e com um número maior de animais se faz necessário para que se possa concluir sobre a utilização do SNPC305T como marcador molecular para características de qualidade de carne e carcaça nestas raças caprinas.

Assim, apesar do alelo T estar relacionado à melhor qualidade de carne e carcaça em outras espécies, os resultados obtidos na avaliação da qualidade física da carne e da carcaça não puderam ser relacionados aos resultados da análise molecular devido ao monomorfismo observado em todos os animais, inviabilizando a utilização do SNPC305T como marcador molecular para esta população de caprinos.

CONCLUSÃO

Considerando a população de caprinos analisada, o fragmento do gene estudado não pode ser considerado como um marcador molecular para características de qualidade de carne e carcaça, pois a aplicação da técnica PCR-RFLP com o uso da enzima *Kpn*2I permitiu identificar apenas o genótipo homozigoto T, com frequência alélica de 100%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHIMA, R. S.; FLIER, J. S. Leptin. **Annual Review of Physiology**, v.62, p.413-37, 2000.
- BATISTA, A. M. et al. The expression and localization of leptin and its receptor on goat ovarian follicles. **Animal Reproduction Science**, v.141, p.142-147, 2013.
- BONNET, M. et al. Sunflower-seed oil, rapidly-degradable starch, and adiposity up-regulate leptin gene expression in lactating goats. **Domestic Animal Endocrinology**, v.37, p.93-103, 2009.
- BUCHANAN, F. C. et al. Association of a missense mutation in the bovine leptin gene with carcass fat content and leptin mRNA levels. **Genetic Selection Evolution**, v.34, p.105-116, 2002.
- CHILLIARD, Y.; DELAVAUD, C.; BONNET, M. Leptin expression in ruminants: Nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. **Domestic Animal Endocrinology**, v.29, p.3-22, 2005.
- FITZSIMMONS, C. J. et al. A potential association between the BM 1500 microsatellite and fat deposition in beef cattle. **Mammalian Genome**, v.9, p.432-434, 1998.
- HOSSNER, K. L. Cellular, molecular and physiological aspects of leptin: potential application in animal production. **Canadian Journal of Animal Science**, v.78, p.463-72, 1998.
- JAVANMARD, A. et al. Allele frequencies at six candidate genes associated with growth and carcass quality traits in the Boer goats. **African Journal of Biotechnology**, v.9, n.43, p.7236-7238, 2010.
- JI, S. et al. Partial cloning and expression of bovine leptin gene. **Animal Biotechnology**, v.9, p.1-14, 1998.
- LARA, M. A. C. et al. Caracterização genética de raças nativas e comerciais de ovinos com base em SNPs no gene leptina. In: **Actas Iberoamericanas de Conservación Animal**, p.215-219, 2012.
- LIEFERS, S. C. et al. Association between leptin gene polymorphisms and production, live weight, energy balance, feed intake, and fertility in Holstein heifers. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.1633-1638, 2002.
- MAITRA, A. et al. Preliminary identification and characterisation of leptin gene polymorphism in Indian goats. **Journal of Applied Animal Research**, v.42, n.1, p.118-122, 2014.
- NEGRÃO, A. B.; LICINIO, J. Leptina: o diálogo entre adipócitos e neurônios. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo**, vol.44, n.3, p.205-214, 2000.
- NOGUEIRA, F. A.; FIGUEIREDO, C. A. J.; YAMAMOTO, A. **Mercado de carne, leite e pele de caprinos e ovinos no nordeste**. Fortaleza. CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2010. 128p; (Série Documentos do Etene Nº 27).
- OPRZADEK, J. et al. Polymorphisms at loci of leptin (LEP), Pit1 and STAT5A and their association with growth, feed conversion and carcass quality in Black-and-White bulls. **Animal Science Papers and Reports**, v. 21(3), p.135-145, 2003.
- PAIVA, S. R.; MCMANUS, C. Utilização de marcadores moleculares na caracterização genética de ovinos. IN: **IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL**, 2012. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, PB, 2012.
- RASMUSSEN, A. N. et al. Mammary gland leptin in relation to lactogenesis in the periparturient dairy goat. **Small Ruminant Research**, v.75, p.71-79, 2008.
- SALMAN, A. K. D.; COSTA, R. B. **Ação hormonal da leptina em ruminantes**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2006. 21 p.

- SANSINANEA, A. S. et al. Serum leptina levels in cattle with different nutritional conditions. **Nutrition Research**, v 21, p.1045-1052, 2001.
- SINGH, S. K. et al. Characterization of exon 2 and intron 2 of leptin gene in Indian goats. **Animal Biotechnology**, v.20, n.2, p.80-85, 2009.
- SILVA, N. M. V. et al. Polimorfismo genético da leptina e do receptor do hormônio do crescimento em caprinos. **Archivos de Zootecnia**, v.61 (234), p.187-195, 2012.
- SILVA, R. C. G. **Estudo de caracterização e associação de marcadores moleculares relacionados à leptina para características de crescimento e precocidade de acabamento em bovinos da raça Nelore**. 2008. 71f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.
- SOARES, M. A. M. et al. Polymorphism of alpha_{s1}-casein gene in a dairy goat herd in the southeastern region of Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.6, p.1026-1032, 2009.
- TESSANE, K.; HINES, H. C.; DAVIS, M. E. Relationships of polymorphisms in the bovine leptin gene with differences in beef carcass traits. **Ohio State University Extention Bulletin Research and Reviews: Beef and Sheeps**, Special Circular n.170, 1999.
- WANG, P. Q. et al. Identification of polymorphism on leptin receptor gene of goats in southwest China. **Small Ruminant Research**, v.96, p.120-125, 2011.
- YANG, D. et al. Association of Polymorphisms of Leptin Gene with Body Weight and Body Sizes Indexes in Chinese Indigenous Cattle. **Journal Genetics and Genomics**, vol.34, n.5, p.400-405, 2007.

CAPÍTULO II

**CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA
DA CARNE DE CAPRINOS MACHOS INTEIROS SAANEN E
CRUZADOS SAANEN X BOER**

Características de carcaça e análise física da carne de caprinos machos inteiros Saanen e cruzados Saanen x Boer

Resumo: A avaliação das características de qualidade de carcaça e carne é importante para introdução de raças e reprodutores nos programas de melhoramento. Foram utilizados 18 machos inteiros provenientes do Setor de Caprinocultura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, sendo 9 Saanen e 9 cruzados Saanen x Boer. Foi aplicado o teste t para amostras independentes do programa estatístico *BioEstat* a 5% de significância ($P<0,05$) para as medidas morfométricas, peso vivo, peso vivo após jejum, peso de carcaça quente, peso de carcaça fria, quebra de resfriamento, rendimentos de carcaça, perda por resfriamento, espessura de gordura de cobertura, cor, pH, capacidade de retenção de água e maciez da carne, peso e rendimento de cortes (paleta, serrote, carré, pernil e lombo) e índice de compacidade da carcaça. O grupamento dos animais Cruzados apresentou diferenças significativas ($P<0,05$) para perímetro torácico, peso de carcaça fria, paleta e carré, rendimento de pernil lombo e pescoço, luminosidade e pH. O grupamento dos animais Cruzados apresentou diferenças significativas ($P<0,05$) para largura de pernil e força de cisalhamento. Para os animais Saanen, houve diferença significativa ($P<0,05$) para o comprimento externo da carcaça. Embora os Cruzados tenham apresentado maiores valores de força de cisalhamento ($P<0,05$), os dois grupos obtiveram médias abaixo de $5,4 \text{ kg-f cm}^{-2}$, o que caracteriza carnes macias em caprinos ($2,20$ e $1,57 \text{ kg-f cm}^{-2}$ para Cruzados e Saanen, respectivamente). Os resultados mostraram que a utilização tanto dos animais Cruzados, quanto dos animais Saanen são uma opção viável aos produtores de leite que desejam diversificar as atividades, aproveitando os cabritos machos de descarte para a produção de carne.

Palavras-chave: Qualidade de carne de cabritos. Textura. Rendimento comercial. Cruzamento.

Carcass characteristics and physical analysis of meat from entire male goats Saanen and crossed Saanen x Boer

Abstract: Evaluation of carcass and meat quality characteristics is important for the introduction of breeds and breeders in breeding programs. They used 18 male from the Goat Husbandry Sector of the Rural Federal University of Rio de Janeiro, 9 Saanen and 9 crossed Saanen x Boer. t test was used for independent samples of the statistical program BioEstat the 5% significance ($P<0.05$) for morphometric measurements, live weight, live weight after fasting, hot carcass weight, cold carcass weight, cooling breaks, carcass yield, loss of cooling, thick fat cover, color, pH, water holding capacity and tenderness of the meat, weight and yield cuts (shoulder square, hand saw, rib set, ham and loin) and compactness index of carcass. The grouping of the crusaders animals showed significant differences ($P < 0.05$) Girth, cold carcass weight, shoulder and loin, shank fillet yield and neck, light and pH. The grouping of the crossed animals showed significant differences ($P < 0.05$) for wide shank and shear force. For Saanen animals, there was a significant difference ($P < 0.05$) for the external length of the housing. Although Crossed have shown higher shear strength values ($P < 0.05$), the two groups had average below 5.4 kg-f cm^{-2} , featuring soft meats in goats (2.20 and 1, 57 kg-f cm^{-2} for crossed and Saanen, respectively). The results showed that the use of both the crossed animals, as the Saanen animals are a viable option for dairy farmers who wish to diversify their activities, taking advantage of the disposal of male goats for meat production.

Keywords: Quality goat meat. Texture. Commercial lease. Crossing.

INTRODUÇÃO

A caprinocultura brasileira é uma atividade de relevância econômica e social. A boa adaptação dos caprinos a ambientes hostis e de alimentação limitada permitem a fixação do homem no campo, sendo uma atividade bem desenvolvida em estabelecimentos de pequeno e médio porte e até mesmo para produção de subsistência (KADIM et al., 2003). A atividade tem sido exercida em dois pontos distintos, de acordo com os níveis tecnológicos presentes. O primeiro é predominante na região Nordeste, onde o caráter da criação é de subsistência, com pouco ou nenhum controle zootécnico, utilizando animais sem padrão genético. O segundo é predominante nas regiões Sul e Sudeste, com a criação de animais leiteiros utilizando raças especializadas, e mais recentemente, a produção de carne de cabrito (PEREIRA FILHO et al., 2008). Segundo o mesmo autor, os produtores da região Sudeste têm introduzido reprodutores Boer em seus rebanhos leiteiros para cruzamento com parte das fêmeas leiteiras a fim de obter cabritos machos e fêmeas com maior ganho de peso e rendimento de carcaça para o abate.

Esta é uma alternativa encontrada pelos produtores ao modelo convencional onde o abate dos cabritos eliminava o “produto” que não seria utilizado, uma vez que o sistema não contava com tecnologia e manejo adequado para a cria desses animais, desperdiçando assim uma fonte de lucro extra na atividade (YÁÑEZ et al., 2006).

Apesar de apresentarem maior peso de carcaça, cabritos Saanen exibem redução no rendimento em importantes cortes cárneos como pernil, além do aumento no rendimento de pescoço (COLOMER-ROCHER et al., 1987). Já o desenvolvimento do lombo tem relação positiva com o aumento do peso da carcaça e da idade do animal (PEREIRA FILHO, et al., 2008). Os animais da raça Boer se caracterizam por uma excelente conformação, rápido crescimento, elevado índice de fertilidade e prolificidade, boa adaptação aos diferentes climas brasileiros, além de transmitirem aos seus descendentes suas características para produção de carne (SOUSA et al., 1998). Isso os torna uma boa opção em sistemas de cruzamento onde se almeja a melhora na conformação da carcaça e produção de carne.

Na produção de carne, as características qualitativas da carcaça são primordiais ao processo produtivo, pois se relacionam diretamente ao produto final, a carne (Silva et al., 2000). A avaliação dessas características é de extrema importância para oferecer ao mercado consumidor um produto com carcaça de boa conformação, elevada proporção de músculos e teor adequado de gordura (SOUSA et al., 2009). Segundo Guimarães Filho et al. (2000), o peso de abate dos animais pode variar entre 5 e 14 meses, de acordo com a região do país. No Brasil, não há uma padronização na comercialização de carcaça e dos cortes (YÁÑEZ, 2002), porém, essa característica pode representar uma vantagem ao satisfazer as diferentes demandas do mercado (OSÓRIO et al., 1998).

A característica de maior influência no valor da carcaça é o rendimento, pois reflete a porção de maior valor a ser comercializada (SAINZ, 1996). O rendimento comercial de carcaça varia entre 38,00 e 51,00% (YAMAMOTO et al., 2000; DHANDA et al. 2003; COSTA et al., 2010), e é influenciado pelo genótipo, sexo, peso e idade do animal e pela alimentação, tipo de jejum e manejo (SILVA SOBRINHO, 2001). A carcaça de caprinos se apresenta de forma pouco compacta, magra e com pouca ou nenhuma gordura de cobertura, com concentração de gordura na região perirrenal e em torno dos órgãos internos (RIBEIRO, 1997).

A carne caprina foi definida por Haenlein (1992) como uma carne de alto valor nutritivo, principalmente em relação ao teor de proteínas, minerais e vitaminas do complexo B, boa textura, baixo teor de gordura subcutânea, baixa concentração de gordura saturada e teor calórico, baixos teores de colesterol e alta digestibilidade. Em um cenário onde o

mercado consumidor se mostra interessado em manter uma alimentação saudável, a carne caprina se apresenta como uma boa alternativa, com alto potencial de expansão.

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da raça e do cruzamento sobre as características qualitativas e quantitativas da carcaça e dos cortes cárneos em cabritos machos inteiros Saanen e Cruzados Saanen x Boer.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e Período do Experimento

O experimento foi conduzido nas instalações dos Institutos de Zootecnia e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no período de junho de 2014 a setembro de 2015. O abate dos animais foi realizado no abatedouro Esteves (Matadouro Frigorífico Esteves Ltda), localizado no município de Três Rios, durante o mês de abril de 2015.

Caracterização dos Animais

Foram utilizados 18 cabritos machos inteiros, sendo 9 Saanen e 9 Cruzados Saanen x Boer (3/4 e 7/8 Boer) provenientes do Setor de Caprinocultura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Campus de Seropédica, com idade entre 9 e 10 meses de idade. Os animais nasceram entre os meses de julho e agosto do ano de 2014, sendo o aleitamento realizado de forma coletiva e artificialmente com leite de cabra fornecido em mamadeira, fornecido em duas refeições diárias até os 2 meses. A partir da terceira semana os cabritos tiveram à disposição volumoso de capim elefante picado ao cocho *ad libitum*, feno de tifton e concentrado contendo milho moído, farelo de soja e farelo de trigo, formulado para atender as exigências nutricionais segundo o NRC (1985). Tiveram à sua disposição água fresca e limpa.

Os animais foram alojados em duas baías coletivas cobertas de piso ripado e elevado, segundo a combinação grupo racial. A identificação dos animais foi feita com brincos numerados e houve tratamento contra endoparasitas.

Rendimentos de Carcaça e Cortes

Ao atingirem os 10 meses de idade, os animais foram levados ao abate. No dia anterior ao abate, foram tomadas as seguintes medidas biométricas (CEZAR e SOUSA, 2007): comprimento corporal, altura de cernelha, de garupa, perímetro torácico, perímetro de barril, largura do peito, do pernil, da garupa e comprimento de garupa. Foram aferidos os pesos vivos (PV) dos animais e estes foram postos em jejum de sólidos e dieta hídrica por 16 horas. Após o jejum foram novamente pesados para obtenção do peso vivo pós-jejum (PVJ).

Os abates ocorreram por meio de insensibilização com pistola pneumática, seguida de sangria. Em seguida obteve-se o peso de carcaça quente (PCQ) que foi utilizado para estimar o rendimento de carcaça quente (RCQ = PCQ/PVJ x 100). As carcaças foram transferidas para câmara fria a 4°C, onde foram mantidas por 24 horas, penduradas pelos tendões, em ganchos apropriados, para manutenção das articulações tarsometatarsianas distanciadas em 17 cm. Ao final das 24 horas, a carcaça resfriada foi retirada da câmara fria e pesada, obtendo-se o peso da carcaça fria (PCF) utilizado para estimar o rendimento de carcaça fria (RCF = PCF/PVJ x 100) e o percentual de perda pelo resfriamento (PR = (PCQ-PCF)/PCQ x 100). Foi realizada a avaliação visual do grau de conformação da carcaça, segundo metodologia de Colomer-Rocher et al. (1988), atribuindo-se valores de 1 a 3 para gordura perirrenal.

Após o resfriamento, as carcaças foram divididas longitudinalmente. Com o auxílio de uma fita métrica, foram feitas as seguintes medidas na carcaça: comprimento externo da carcaça (CE), comprimento interno da carcaça (CI), comprimento da perna menor (CPA) e maior (CPB), perímetro torácico (PT) e largura de pernil (LPR).

Em seguida foram seccionadas em seis regiões anatômicas (pescoço, paleta, serrote, carré, lombo e pernil) para obtenção dos cortes comerciais. Os cortes foram pesados individualmente para então se calcular a porcentagem de cada um em relação ao peso da carcaça fria, e assim obter-se o rendimento de carcaça e dos cortes.

O índice de compacidade da carcaça (ICC) foi calculado pelo quociente entre o peso da carcaça fria e o comprimento interno da carcaça segundo descrito por Cezar e Sousa (2007).

No momento da obtenção do corte serrote, foi medido o pH e a temperatura, utilizando-se de pHmetro digital (PH-MV-TEMP Meter-206, LUTRON) inserido na altura do músculo *semitendinosus*, para confirmação do estabelecimento adequado do processo de *rigor mortis*.

A área de olho de lombo (AOL) foi mensurada com o auxilio de grade quadriculada (10mm x 10mm) entre a 12^a e 13^a vértebra torácica, onde foi realizado um corte para expor a secção transversal do músculo *Longissimus dorsi* no momento de separação dos cortes.

Análise Física da Carne

Cor e pH

Para realização das análises de cor e pH, foi utilizado um bife de cada animal proveniente do músculo *Longissimus dorsi*, com aproximadamente 2,5 cm de espessura. O pH foi medido em cada bife utilizando-se pHmetro digital (PH-MV-TEMP Meter-206, LUTRON) inserido no sentido longitudinal das fibras musculares.

A cor do músculo foi analisada pelo sistema colorimétrico CIE L*a*b*, utilizando-se um colorímetro da marca Hunter Lab, modelo Color Quets XE, calibrado para um padrão branco em ladrilho, com abertura de 1 cm de diâmetro (BRESSAN e BERQUET, 1998). Os bifes foram descongelados por um período de 24 horas, à temperatura de 6°C, e foram realizadas 6 (seis observações) por bife, totalizando então 54 observações por tratamento.

Força de cisalhamento e perdas por cozimento

Para realização da análise de textura instrumental por força de cisalhamento, foi utilizado um bife de cada animal proveniente do músculo *Longissimus dorsi*, com aproximadamente 2,5 cm de espessura. Os bifes foram assados em “grill” elétrico, dotado de chapas aquecedoras onduladas nas partes superior e inferior. O “grill” foi previamente aquecido com a tampa abaixada e regulado para que a temperatura se mantivesse em 170°C. Cada bife foi pesado e acondicionado sobre a chapa inferior do “grill”, que foi imediatamente fechado. Ao atingirem a temperatura interna de 72°C, os bifes foram retirados do “grill”.

O controle da temperatura interna nos bifes foi realizado através de um termômetro de haste metálica, inserido na região central do bife. Após retirar os bifes do “grill”, os mesmos foram pesados, calculando-se assim as perdas de peso por cozimento. Após atingirem a temperatura ambiente, os bifes foram embalados em sacos plásticos, devidamente identificados, e levados ao refrigerador à temperatura de 4°C, por um período de 24 horas (AMSA, 1995). Cinco cilindros de 1,25 cm de diâmetro por bife foram retirados paralelamente ao sentido longitudinal das fibras musculares. A determinação da força de cisalhamento foi realizada por meio de um texturômetro marca TA-HD (Texture Technologies Corp./ Stable Micro Systems, UK), equipado com lâmina de Warner-Bratzler, de 1 mm de espessura.

O equipamento foi calibrado com um peso de 5kg com padrão rastreável. A velocidade de subida e descida da lâmina foi fixada em 200mm/min (AMSA, 1995) e a

distância da mesma à plataforma em 25,0 mm. Cada cilindro foi cortado uma única vez e o resultado expresso em Kgf.

Análise Estatística

Foi aplicado o teste t para amostras independentes do programa estatístico *BioEstat* a 5% de significância ($P<0,05$). No teste estatístico serão avaliados: medidas morfométricas, peso vivo, peso vivo após jejum, peso de carcaça quente, peso de carcaça fria, quebra de resfriamento, rendimento de carcaça quente, rendimento de carcaça fria, índice de quebra ao resfriamento, espessura de gordura de cobertura, gordura perirrenal, cor, pH, capacidade de retenção de água e maciez da carne, peso e rendimento de cortes (paleta, serrote, carré, pernil e lombo). O grupo contemporâneo foi composto por animais nascidos no mesmo local, em uma mesma estação e ano de nascimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas morfométricas auxiliam no entendimento do desenvolvimento da estrutura exterior do animal, possibilitando estimar o peso corporal e as características da carcaça, mesmo antes do abate. Yáñez et al. (2004) em estudo com cabritos Saanen, correlacionaram as medidas morfométricas às características de carcaça na predição de seus valores.

Não houve efeito significativo entre os genótipos ($P>0,05$) para todas as características morfométricas (Tabela 1). Foram encontrados maiores valores em perímetro torácico e perímetro de barril para os animais Cruzados (77,44 e 92,11 cm respectivamente) em relação aos Saanen. Essas medidas estão relacionadas à capacidade respiratória e digestiva dos animais, proporcionando aos animais Cruzados uma possível vantagem em seu desenvolvimento. Para largura de pernil, houve diferença significativa para os Cruzados ($P<0,05$), o que pode refletir em ganhos na comercialização, dado que o corte pernil é considerado um corte nobre.

A altura de cernelha foi de 60,11 cm nos Cruzados e 63,66 cm nos Saanen, valores um pouco abaixo do encontrado por Sousa et al. (2009) em animais mestiços Boer (61,5 cm) e por Yáñez et al. (2004) em animais Saanen (52 a 59,9 cm). As maiores alturas ocorreram nos animais Saanen e de acordo com Gomes et al. (2011), esses valores associados a não diferença no peso vivo pós-jejum (PVJ) dos animais (Tabela 2), representam um menor escore corporal, menor quantidade de tecido corporal por unidade de comprimento e menor largura dos músculos.

As medidas lineares, como comprimento corporal (57,55 cm), altura de cernelha (63,66 cm), altura de garupa (62,88 cm) foram numericamente maiores nos Saanen. O mesmo comportamento foi observado para as medidas circulares e referentes à amplitude da carcaça, como perímetro de barril (92,11 cm), perímetro torácico (77,44), largura do peito (18,11 cm) e largura da garupa (14,11 cm) nos Cruzados. Essas diferenças podem ser explicadas pela aptidão de produção dos animais. Animais tipo carne, como os da raça Boer possuem carcaças mais compactas e largas (SOUZA et al., 1998), enquanto animais com aptidão leiteira como os da raça Saanen, carcaças com maior altura e comprimento.

Tabela 1. Média e coeficientes de variação (CV) das medidas morfofuncionais de caprinos machos inteiros em função dos grupos genéticos

Variável (cm)	Tratamento						Significância
	Cruzados			Saanen			
	N	μ	CV%	N	μ	CV%	
Comprimento corporal	9	55,11a	7,51	9	57,55a	8,11	0,2568
Largura do peito	9	18,11a	14,20	9	17,78a	14,00	0,7835
Altura de cernelha	9	60,11a	9,32	9	63,66a	7,28	0,1616
Altura de garupa	9	62,66a	8,52	9	62,88a	4,46	0,9133
Comprimento de garupa	9	15,11a	16,36	9	15,33a	10,31	0,8232
Largura de garupa	9	14,11a	13,92	9	13,22a	5,04	0,2308
Largura de pernil	9	32,00a	10,48	9	28,89b	8,90	0,0421
Perímetro torácico	9	77,44a	4,43	9	76,44a	5,44	0,5855
Perímetro de barril	9	92,11a	3,97	9	87,44a	4,51	0,0191

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente pelo Teste t de Student ($P<0,05$).

A espessura de gordura não diferiu entre os grupos genéticos ($P>0,05$), recebendo grau zero em todos os animais. Bueno et al. (1997) em estudo com cabritos Saanen relataram que independente da idade e peso dos animais ao abate, as carcaças apresentaram ausência de

gordura de cobertura. Em animais cruzados Boer x Saanen, Hashimoto et al. (2007) encontraram média de 3,04 para gordura de cobertura, valor substancialmente maior ao encontrado para o grupamento Cruzados.

De acordo com Ribeiro (1997), os caprinos possuem carcaças magras, com pouca ou nenhuma cobertura de gordura e maior deposição de gordura na região perirrenal. Em conjunto com a peculiaridade inerente à espécie, a alimentação pode ter contribuído para o resultado. Embora não tenham apresentado gordura de cobertura, a alimentação fornecida garantiu o crescimento contínuo dos animais, proporcionando rendimentos de carcaça dentro das faixas citadas pela literatura (ZAPATA, 2001).

O rendimento de carcaça é o principal parâmetro na avaliação da porção comestível destas, apresentando-se, muitas vezes, como única avaliação realizada na cadeia de comercialização (YÁÑEZ et al., 2006). Para pesos e rendimentos de carcaça (Tabela 2), o grupo genético não exerceu influência ($P>0,05$). Apesar disso, as médias dos Cruzados para os rendimentos de carcaça quente (42,44%) e fria (41,42%) corroboram com os rendimentos encontrados em estudos avaliando mestiços Boer com as raças Alpino, Mohair, Saanen, SRD e Feral (44,55 a 55,06 para RCQ e 37,90 a 48,80% para RCF) (DHANDA et al., 2003; PEREIRA FILHO, 2003; MENEZES et al., 2009; MARTINS, 2011).

Ao avaliar mestiços Boer, Anglo-nubiano e SRD, Oliveira et al. (2008) constataram que caprinos com maiores pesos ao abate (25 a 30kg) apresentaram carcaças de melhor conformação, maiores rendimentos de carcaça e menores perdas por resfriamento. Os rendimentos de carcaça fria dos animais Saanen se encontram dentro do observado por Grande et al. (2003) e Yáñez et al. (2006), com média variando entre 43,26 a 44,10% e 47,2 a 43,8%, respectivamente.

A perda por resfriamento (PPR) reflete a diferença de peso após o resfriamento da carcaça quente, sendo influenciada principalmente pela gordura de cobertura, condição corporal e pela perda de umidade da carcaça. Não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre os grupos genéticos, com valor médio de 2,72% (Tabela 2), resultado semelhante ao relatado por Dhanda et al. (2003) em mestiços Boer (2,6 a 3,7%) e inferior ao encontrado por Pereira Filho et al. (2008) e Grande et al. (2009) em mestiços Boer x Saanen (2,93 a 3,62%) abatidos com pesos similares. Apesar da menor quantidade de gordura subcutânea, as perdas por resfriamento se mantiveram em níveis aceitáveis (OLIVEIRA et al., 2008; SOUSA et al., 2009), mas abaixo do descrito por Mattos et al. (2006) (média 4,78%) e por Costa et al. (2010) (6,51 a 6,85%).

Tabela 2. Média e coeficiente de variação (CV) para peso vivo (PV), peso vivo pós-jejum (PVJ), peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), rendimentos de carcaça quente (RCQ) e fria (RCF) e perda por resfriamento (PPR) de caprinos machos inteiros em função do grupo genético

Variável	Tratamento						Significância
	Cruzados			Saanen			
	N	μ	CV%	N	μ	CV%	
Peso vivo (kg)	9	35,000a	12,50	9	31,377a	17,13	0,1364
Peso vivo pós-jejum (kg)	9	32,555a	13,29	9	30,166a	12,65	0,2320
Peso de carcaça quente (kg)	9	14,911a	16,83	9	14,264a	15,80	0,5732
Peso de carcaça fria (kg)	9	14,494a	16,97	9	13,886a	15,75	0,5872
Perda por resfriamento (%)	9	2,810a	15,18	9	2,630a	13,66	0,3593
Rendimento de carcaça quente (%)	9	42,440a	6,06	9	46,020a	16,80	0,2194
Rendimento de carcaça fria (%)	9	41,240a	6,08	9	44,810a	16,87	0,2120

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente pelo Teste t de Student ($P<0,05$).

Para pesos e rendimentos dos cortes comerciais não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre os animais Cruzados e os Saanen. Essa similaridade pode ser explicada pelo grande potencial para ganho de peso nos Saanen, conferindo aos animais elevado peso adulto. Ainda assim, o grupo de animais Cruzados obteve médias numericamente maiores para pesos de paleta, pernil, carré, serrote e pescoço e rendimentos de pernil, serrote e pescoço (Tabela 3). Essa tendência dos valores nos Cruzados ocorreu possivelmente pela conformação para corte dos animais Boer utilizados nos cruzamentos. Contudo, os rendimentos dos cortes nos Cruzados apresentaram valores abaixo dos encontrados em estudos com cruzamentos Saanen x Boer (HASHIMOTO et al., 2007; PEREIRA FILHO et al., 2008; GRANDE et al., 2009). Os animais Saanen também apresentaram rendimentos de cortes um pouco abaixo dos citados pela literatura (YÁÑEZ, 2002; GRANDE et al., 2003; YÁÑEZ et al., 2006). Os resultados podem ser explicados pelas diferenças nas dietas e peso ao abate dos animais dos experimentos.

As medidas biométricas tem importante função na predição do peso e das características da carcaça. O grupo Saanen apresentou médias significativamente ($P<0,05$) maiores para área de olho de lombo ($16,66 \text{ cm}^2$), comprimento externo (42,44 cm), comprimento interno (63,77 cm), comprimento menor da perna (40,33 cm) e comprimento maior da perna (53,77 cm). Os valores apresentados (Tabela 4) são semelhantes aos encontrados por Yáñez et al. (2004) em animais Saanen com peso ao abate entre 20 e 35 kg.

Tabela 3. Médias e coeficientes de variação dos pesos e rendimentos de cortes comerciais de caprinos machos inteiros em função do grupo genético

Variável	Tratamento						Significância
	Cruzados			Saanen			
	N	μ	CV%	N	μ	CV%	
Peso de paleta (kg)	9	1,608a	18,13	9	1,582a	18,39	0,8528
Rendimento de paleta (%)	9	16,760a	8,11	9	17,080a	5,93	0,5777
Peso de pernil (kg)	9	2,298a	14,97	9	2,159a	14,72	0,4043
Rendimento de pernil (%)	9	23,630a	3,55	9	23,360a	5,38	0,5980
Peso de carré (kg)	9	1,042a	25,87	9	1,032a	29,22	0,9412
Rendimento de carré (%)	9	10,500a	9,74	9	10,820a	17,86	0,6665
Peso de serrote (kg)	9	0,925a	12,04	9	0,878a	16,42	0,4483
Rendimento de Serrote (%)	9	9,770a	13,72	9	9,530a	14,50	0,7147
Peso de lombo (kg)	9	0,645a	19,45	9	0,692a	19,11	0,5370
Rendimento de Lombo (%)	9	6,340a	8,02	9	6,260a	16,08	0,8252
Peso de pescoço (kg)	9	1,554a	19,28	9	1,462a	19,70	0,5181
Rendimento de Pescoço (%)	9	10,780a	16,15	9	10,570a	14,63	0,7848

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente pelo Teste t de Student ($P<0,05$).

Apesar de não apresentarem diferença significativa ($P>0,05$), o perímetro torácico, largura de pernil e compacidade da carcaça apresentaram maiores médias no grupamento dos Cruzados, reafirmando as características em animais para corte, apresentando carcaças mais largas e com maior deposição muscular. A área de olho de lombo dos Cruzados ($15,33 \text{ cm}^2$) se encontra próximo a média descrita por Hashimoto et al. (2007) ($13,96 \text{ cm}^2$) e superior a de Dhanda et al. (2003) ($10,50 \text{ cm}^2$). Cunha et al. (2004) em estudo com mestiços Boer x Saanen abatidos com 25 kg de peso vivo encontraram valores entre 10,10 e $10,30 \text{ cm}^2$ para área de olho de lombo. A análise dos valores encontrados nos trabalhos indica que ocorre um aumento da área de olho de lombo de acordo com o aumento do peso dos animais ao abate.

O índice de compacidade de carcaça (ICC) não apresentou diferença significativa ($P>0,05$) entre os grupos genéticos (Tabela 4), sendo semelhantes aos descritos por Menezes et al. (2009) avaliando pesos ao abate em mestiços Boer x Alpino e Grande et al. (2009) em

cruzamentos Boer x Saanen alimentados com diferentes oleaginosas. Hashimoto et al. (2007) avaliando níveis de alimentação com o mesmo tipo de cruzamento, também obtiveram índices de compacidade de carcaça semelhantes aos encontrados neste trabalho. Gomes et al. (2011) encontrou valores inferiores em mestiços Boer x Alpino, com índices de compacidade de carcaça de 0,18 e 0,19 kg/cm. De acordo com Osório (1992) o índice de compacidade da carcaça está relacionado à proporção de tecidos das carcaças, ou seja, quanto maior o índice, maior será a proporção de músculo e gordura na carcaça do animal.

Tabela 4. Médias e coeficientes de variação da área de olho de lombo (AOL), comprimento externo (CE), comprimento interno (CI), perímetro torácico (PT), comprimento menor da perna (CA), comprimento maior da perna (CB), largura de pernil (LPR) e índice de compacidade da carcaça (ICC) de caprinos machos inteiros em função do grupo genético

Variável	Tratamento						Significância
	Cruzados			Saanen			
	N	μ	CV%	N	μ	CV%	
AOL (cm ²)	9	15,330a	18,45	9	16,660a	8,49	0,2239
CE (cm)	9	35,880a	11,61	9	42,440b	14,81	0,0190
CI (cm)	9	62,220a	5,89	9	63,770a	4,94	0,3489
PT (cm)	9	63,550a	7,00	9	61,880a	6,44	0,4146
CA (cm)	9	39,440a	5,96	9	40,330a	5,11	0,4063
CB (cm)	9	53,220a	6,29	9	53,770a	3,69	0,6741
LPR (cm)	9	37,220a	5,82	9	36,000a	8,22	0,3321
ICC (kg/cm)	9	0,233a	16,60	9	0,217a	13,85	0,3226

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente pelo Teste t de Student ($P<0,05$).

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para o valor de pH (Tabela 5). A maior média correspondente aos Cruzados (6,17), ou seja, os animais Saanen apresentaram melhor valor de pH (6,14), dado que o pH final ideal em carnes de mamíferos varia entre 5,5 e 5,6. Em muitos experimentos com caprinos, a carne apresenta pH mais elevado em comparação a outras espécies. Madruga et al. (2005), ao avaliar as características químicas e sensoriais de cortes comerciais de caprinos Boer e Sem Raça Definida (SRD) observaram pH final elevado com valores entre 5,80 e 6,99, o que resultou em uma carne de coloração mais escura, maior capacidade de retenção de água e menores perdas durante a cocção. Em estudo com as raças Angorá, Crioulo e cruzados Anglo-nubiano obteve-se pH final da carne entre 6,10 e 6,30, sem alterações na capacidade de retenção de água, maior pigmentação muscular e menor força de cisalhamento (LEMES et al., 2013).

Amaral et al. (2007) avaliando cabritos da raça Saanen obtiveram valores de pH final entre 5,60 e 6,00 e elevada capacidade de retenção de água e maciez, mas sem alterações na coloração da carne, resultado semelhante ao encontrado no grupamento Saanen deste trabalho (6,14). Ao avaliar animais SRD com diferentes pesos ao abate, Beserra et al. (2001), observaram que os valores de pH não sofreram influência significativa pelo fator peso ao abate, porém, houve decréscimo no pH de 6,23 para 5,97 com o aumento do peso corporal dos caprinos, sendo esta variação pertencente às faixas citadas na literatura. Marques et al. (2013) avaliando animais Boer, Alpino, Anglo-Nubiano e seus cruzamentos encontrou média de pH de 6,53. Isso comprova o elevado pH da carne caprina em comparação a carne vermelha de outros animais. Essa diferença encontrada no pH pode ser uma característica inerente a espécie, acarretada pelo maior estresse nos momentos que antecedem ao abate.

Para os fatores relacionados à cor da carne, luminosidade (L^*), intensidade do vermelho (a^*) e do amarelo (b^*), não foi observada diferença significativa ($P>0,05$). As maiores médias de L^* correspondem aos Cruzados (39,02) e de a^* e b^* aos Saanen (12,87 e 11,53, respectivamente). Segundo Monte et al. (2007) quanto maior o teor de L^* , mais clara é

a carne, portanto, os animais Cruzados apresentaram a carne menos escura em comparação aos Saanen. Essa característica pode apresentar uma vantagem na comercialização, pois o consumidor tende a associar carnes escuras a animais mais velhos e carne menos macia.

Avaliando cabritos Saanen em diferentes idades, Amaral et al. (2007) encontraram valores de 44,7 a 47,5 para L*, 9,2 a 10,3 para a* e 1,4 a 1,9 para b*, com decréscimo dos valores conforme o aumento da idade dos animais, valores menores aos encontrados no mesmo grupamento deste estudo para a* e b* e consequentemente, carnes menos escuras. Marques et al. (2007) relata para mestiços Boer x Anglo-Nubiano médias entre 34,22 e 35,20 para L*, 12,61 a 12,66 para a* e 2,90 a 3,09 para b*, valores inferiores aos encontrados nos Cruzados. Para os mestiços Boer x SRD, Monte et al. (2007) obteve valores de 34,46 a 37,76 para L*, 15,75 a 16,24 para a* e 2,19 a 2,71 para b*. Os valores de L* e a* dos estudos citados são semelhantes aos encontrados nos genótipos deste estudo, porém, para a característica que representa a intensidade do amarelo (b*) os valores foram todos inferiores aos encontrados. Isto pode ter ocorrido devido ao pH mais elevado que normalmente está relacionado à coloração mais escura.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para perda por cozimento entre os genótipos. O grupo de animais cruzados teve perda maior (48,11%) que o grupo de animais Saanen (42,42%). Os valores se encontram elevados quando comparados aos descritos por Monte et al. (2007), que obteve valor médio de 28,30% de perda. Menezes et al. (2009) obteve perda de 7,39% em avaliação do músculo *Longissimus dorsi*, valor muito inferior ao encontrado neste estudo. As perdas por cozimento estão relacionadas à capacidade de retenção de água e esta positivamente correlacionada com o pH, ou seja, o aumento de um acarreta a elevação do outro.

Tabela 5. Médias e coeficientes de variação do pH, luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e amarelo (b*), força de cisalhamento e perda por cozimento de caprinos machos inteiros em função do grupo genético

Variável	Tratamento						Significância
	Cruzados			Saanen			
	N	μ	CV%	N	μ	CV%	
Ph	9	6,17a	5,59	9	6,14a	5,67	0,8724
L*	48	39,02a	8,33	54	38,82a	8,69	0,7616
a*	48	12,74a	12,03	54	12,87a	9,46	0,6367
b*	48	11,52a	14,67	54	11,53a	11,25	0,9978
Perda por cozimento (%)	9	48,11a	25,12	9	42,42a	20,14	0,2660
Força de cisalhamento (N/cm ²)	43	21,58a	16,13	46	15,39b	14,76	<0,0001

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente pelo Teste t de Student ($P<0,05$).

A maciez da carne é um dos fatores mais importantes na avaliação da qualidade pelo consumidor. Carnes com maciez aceitável podem ser definidas como aquelas que apresentam força de cisalhamento inferior a 4,5 kg-f cm⁻² (ALVES e MANCIO, 2007). A força de cisalhamento foi significativamente maior nos animais Cruzados ($P<0,05$), apresentando média de 21,58 N/cm². Levando em conta que 1 kg-f cm⁻² é igual a 9,80665 Newton, as médias de força de cisalhamento para os grupamentos genéticos neste estudo foram 2,20 e 1,57 kg-f cm⁻² para Cruzados e Saanen, respectivamente. Portanto, ambos os grupamentos genéticos apresentaram maciez elevada na carne, com valores inferiores a 4,5 kg-f cm⁻².

Marques et al. (2013) encontrou valores superiores aos descritos para os Cruzados neste experimento (6,70 e 6,11 kg-f cm⁻²) em animais mestiços Boer. Monte et al. (2007) também relata maiores médias para força de cisalhamento (4,39 e 5,77 kg-f cm⁻²) em mestiços Boer. Lemes et al. (2013) avaliando cabritos crioulos e seus cruzamentos, obteve médias de

6,1 e 6,3 kg-f cm⁻², com os animais mais velhos apresentando menor maciez. Menezes et al. (2009) em cruzamentos Boer x Alpino observou valores de 3,12 e 3,67, com acréscimo da maciez conforme o aumento da idade. Assim como ocorre em raças bovinas de origem africana, a força de cisalhamento foi maior no grupo genético que utilizou caprinos oriundos da mesma região (Boer) quando comparado ao grupo que utilizou raças de origem europeia (Saanen).

CONCLUSÃO

A utilização de animais da raça Boer nos cruzamentos causou influência positiva em algumas características como perímetro torácico, peso de carcaça fria, paleta e carré, rendimento de pernil, lombo e luminosidade, mas sem significância. Ainda assim, esta pode ser uma alternativa para sistemas de produção leiteiros, onde há diversificação de atividades e venda de cabritos para corte. Os animais Saanen também apresentaram rendimentos e pesos satisfatório, reforçando a possibilidade de utilização dos machos de descarte para a produção de carne.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, C. M. C. et al. Características de carcaça e qualidade de carne de cabritos Saanen alimentados com ração completa farelada, peletizada e extrusada. **Ciência Rural**, v.37, n.2, 2007.
- BESERRA, F. J. et al. Características físicas e físico-químicas da carne de caprinos SRD com diferentes pesos de abate. **Revista Tecnologia da Carne**, v.3, n.2, p.1-6, 2001.
- CEZAR, M. F.; SOUSA, W. H. **Carcaças Ovinas e Caprinas:** obtenção, avaliação e classificação. Editora Agropecuária Tropical, Uberaba, 2007. 147 p.
- COLOMER-ROCHER, F. et al. **Metodos normalizados para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales caprinas y ovinas.** Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1988. 41p. (Cuadernos INIA, 17).
- COSTA, R. G. et al. Influência do sexo do animal e do sistema de produção nas características de carcaça de caprinos da raça Blanca Serrana Andaluza. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.382-386, 2010.
- CUNHA, E. A. et al. Desempenho e característica de carcaças de cabritos Saanen e mestiços Boer x Saanen abatidos com diferentes pesos. **Boletim da Indústria Animal**, v.61, n.1, p.57-67, 2004.
- DHANDA, J. S.; TAYLOR, D. G.; MURRAY, P. J. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of genotype and live weight at slaughter. **Small Ruminant Research**, v.50, p.57-66, 2003.
- GOMES, H. F. B. et al. Características de carcaça de caprinos de cinco grupos raciais criados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.411-417, 2011.
- GRANDE, P. A. et al. Desempenho e características de carcaça de cabritos da raça Saanen recebendo rações com farelo de glúten de milho e/ou farelo de soja. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.25, n.2, p.315-321, 2003.
- GRANDE, P. A. et al. Características quantitativas da carcaça e qualitativas do músculo *Longissimus dorsi* de cabritos ¾ Boer + ¼ Saanen confinados recebendo rações contendo grãos de oleaginosas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.6, p.1104-1113, 2009.
- GUIMARÃES FILHO, C. et al. Sistema de produção de carne caprina e ovina no semi-árido nordestino. IN: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 2000. **Anais...** João Pessoa, EMEPA, PB, 2000.
- HAENLEIN, G. F. W. **Chevon - meat cuts.** 1992. Disponível em: <<http://www.inform.umd.edu/EdRes>>. Acesso em: 24 de setembro de 2015.
- HASHIMOTO, J. H. et al. Características de carcaça e da carne de caprinos Boer x Saanen confinados recebendo rações com casca do grão de soja em substituição ao milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.165-173, 2007.
- KADIM, I. T. et al. An evaluation of the growth, carcass and meat quality characteristics of Omani goat breeds. **Meat Science**, v.66, p.203-210, 2003.
- LEMES, J. S. et al. Características instrumentais e sensoriais da carne de caprinos da região do Alto Camaquã, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.19, ns.1/2, p.117-126, 2013.
- MARQUES, R. O. et al. Qualidade física da carne de cabritos em função do peso de abate e grupo racial. **Synergismus scyentifica UTPFR**, v.8, n.2, 2013
- MARTINS, S. R. **Características quali-quantitativas de carcaça e carnes de caprinos nativos e mestiços boer.** 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina. 2011.

- MENEZES, J. J. L. et al. Efeito do sexo, do grupo racial e da idade ao abate nas características de carcaça e maciez da carne de caprinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1769-1778, 2009.
- OSÓRIO, J. C. S. **Estudio de la calidad de canales comercializadas en el tipo ternasco según La procedencia:** bases para la mejora de dicha calidad en Brasil. 1992. 335f. Tese (Doutorado em Veterinária) - Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 1992.
- OSÓRIO, J. C. S. et al. Morfologia e características comerciais da produção de carne em cordeiros não castrados. 1. Efeito do genótipo. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1998. **Anais...** Botucatu: SBZ, SP, 1998.
- PEREIRA FILHO, J. M. et al. Características da carcaça e alometria dos tecidos de cabritos F1 Boer x Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.905-912, 2008.
- RIBEIRO, S. D. A. **Caprinocultura:** criação racional de caprinos. Editora Nobel, São Paulo, 1997. 311p.
- SAINZ, R. D. Qualidade de carcaças e da carne bovina. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1996. **Anais...** Fortaleza, CE, 1996.
- SILVA SOBRINHO, A. G. Aspectos quantitativos e qualitativos da produção de carne ovina. IN: A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS, 2001. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, SP, 2001.
- SILVA, L. F. et al. Crescimento de regiões da carcaça de cordeiros abatidos com diferentes peso. **Ciência Rural**, v.30, p.481-484, 2000.
- SOUZA, W. H. et al. Características morfométricas e de carcaça de cabritos e cordeiros terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1340-1346, 2009.
- SOUZA, W. H.; LEITE, R. M. H.; LEITE, P. R. M. **Raça Boer – caprino tipo carne.** João Pessoa, PB, 1998. 31p.
- YAMAMOTO, S. et al. Características de carcaça de caprinos jovens, terminados com proteína by pass. IN: 37ª REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2000. **Anais...** Viçosa, MG: 2000.
- YAÑEZ, E. A. **Desenvolvimento tecidual e características da carcaça de cabritos Saanen, com diferentes pesos e níveis nutricionais.** 2002. 85p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.
- YAÑEZ, E. A. et al. Utilização de medidas biométricas para predizer características de carcaça de cabritos Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1564-1572, 2004.
- YAÑEZ, E. A. et al. Restrição alimentar em caprinos: rendimento, cortes comerciais e composição da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2093-2100, 2006.

5 CONCLUSÕES GERAIS

A avaliação molecular revelou monomorfismo em toda a população de caprinos em estudo. A análise de PCR-RFLP resultou em dois fragmentos de 75 (pb) e 19 (pb) com frequência alélica de 100% para o genótipo T. Portanto, não foi possível correlacionar os resultados da avaliação molecular com os de qualidade de carne e carcaça, inviabilizando o uso do SNP LEPC305T como marcador molecular para características de qualidade de carne e carcaça nesta população de caprinos. Estudos complementares com um número maior de animais e que envolvam outras raças se fazem necessários para embasar os resultados observados neste estudo.

A avaliação da qualidade física da carcaça e carne demonstrou que a utilização de animais da raça Boer nos cruzamentos causou influência positiva em algumas características como perímetro torácico, peso de carcaça fria, paleta e carré, rendimento de pernil, lombo e luminosidade, mas sem significância estatística. Mesmo assim, os animais apresentaram características satisfatórias nos parâmetros analisados, podendo ser inseridos como uma alternativa para sistemas de produção leiteiros, onde há diversificação de atividades e venda de cabritos para corte. Os animais Saanen também apresentaram rendimentos e pesos satisfatório, reforçando a possibilidade de utilização dos machos de descarte para a produção de carne, atuando como recurso para o aumento das fontes de renda nas propriedades leiteiras.