

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ANÁLISE MULTIVARIADA DE CARACTERÍSTICAS DE
QUALIDADE DE CARÇAÇA E DA CARNE DE BOVINOS
ANGUS-NELORE TERMINADOS EM CONFINAMENTO**

**Lucas Silva Ferlin Lopes
Zootecnista**

2019

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ANÁLISE MULTIVARIADA DE CARACTERÍSTICAS DE
QUALIDADE DE CARCAÇA E DA CARNE DE BOVINOS
ANGUS-NELORE TERMINADOS EM CONFINAMENTO**

Discente: Lucas Silva Ferlin Lopes

Orientador: Prof. Dr. Luis Artur Loyola Chardulo

Co-Orientador: Prof. Dr, Danísio Prado Munari

**Dissertação apresentada à Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias –
Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como
parte das exigências para a obtenção
do título de Mestre em Genética e
Melhoramento Animal**

2019

L864a

Lopes, Lucas Silva Ferlin

Análise multivariada de características de qualidade de carcaça e da carne de bovinos angus-nelore terminados em confinamento / Lucas Silva Ferlin Lopes. -- Jaboticabal, 2019

46 p. : il., tabs. + 1 CD-ROM

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Luis Artur Loyola Chardulo

Coorientador: Danísio Prado Munari

1. Análise multivariada. 2. Bovino de corte. 3. Carne Qualidade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ANÁLISE MULTIVARIADA DE CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE CARÇAÇA E DA CARNE DE BOVINOS ANGUS-NELORE TERMINADOS EM CONFINAMENTO

AUTOR: LUCAS SILVA FERLIN LOPES

ORIENTADOR: LUIS ARTUR LOYOLA CHARDULO

COORIENTADOR: DANISIO PRADO MUNARI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em GENÉTICA E MELHORAMENTO ANIMAL, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. LUIS ARTUR LOYOLA CHARDULO
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / FMVZ/UNESP - Botucatu



Pesquisadora Dra JÉSSICA MORAES MALHEIROS
EMBRAPA / São Carlos/SP



Prof. Dr. ROGERIO ABDALLAH CURI
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / FMVZ / UNESP - Botucatu

Jaboticabal, 15 de maio de 2019

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Lucas Silva Ferlin Lopes, nascido em 14 de outubro de 1994, na cidade de São Paulo – SP, filho de Regina Magalhães da Silva e Flávio Antônio Ferlin Lopes. Iniciou em fevereiro de 2012 o curso de graduação em Zootecnia na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Campus de Botucatu – SP, obtendo o título de Bacharel em Zootecnia em dezembro de 2016. Durante a graduação foi bolsista PIBIC de Iniciação Científica sob orientação do Prof. Dr. Antônio Celso Pezzato e coorientação do Dr. Everton Moreno Muro. Em Março de 2017 ingressou no programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal na Faculdade de Ciências Agrária e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal – SP como bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) obtendo o grau de Mestre em Genética e Melhoramento Animal em 15 de maio de 2019, sob orientação do Prof. Dr. Luis Artur Loyola Chardulo e coorientação do Prof. Dr. Danísio Prado Munari.

“Talvez não tenha conseguido
fazer o melhor, mas lutei para
que o melhor fosse feito. Não sou
o que deveria ser, mas Graças a
Deus, não sou o que era antes”.

(Martin Luther King)

Dedico

À minha mãe, Regina, pelo amor e apoio incondicionais em todos os momentos da minha vida, pela pessoa que sou e por tudo o que me foi possível alcançar.

Ao meu pai, Flávio (*in memoriam*) por não ter sido possível que estivesse presente ao início e fim deste ciclo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Regina, pelo amor, incontestável e absoluto. Por sua dedicação e apoio incondicionais, sem os quais, esta e tantas outras etapas não teriam sido possíveis. Não há palavras ou gestos que expressem tamanhos sentimentos e gratidão.

Agradeço ao meu orientador, Luis Artur Loyola Chardulo, o Capado, pela oportunidade, pela amizade desde minha graduação, e pela ajuda e crescimentos pessoal e profissional. Ao meu coorientador Danísio Prado Munari pela amizade, por me acolher em seu grupo de trabalho desde o primeiro dia em Jaboticabal, e pelas diversas conversas e orientações acadêmicas e/ou pessoais ao longo do mestrado.

Agradeço aos dois sócios fundadores de um grupo de caráter questionável, e grandes amigos que Jaboticabal me deu: Guilherme Batista do Nascimento e Rafael Nakamura Watanabe (em ordem alfabética e de titulação) pela amizade, pelos conselhos e besteiras ditas e ouvidas nesses últimos anos, sem vocês não só não existiria o grupo, como também me sentiria muito menos como parte de um grupo em Jaboticabal, obrigado meus caros!

Ao meu maior amigo, Tobias Terceiro, pela década de amizade que fala por si só, pela presença, confiança e por ser um irmão que a vida me deu.

À minha namorada Sabrina, pelo amor, pela paciência nos momentos difíceis e pela compreensão nos quais não pudemos estar juntos, pela ajuda e conselhos em todas as áreas da minha vida e pelo companheirismo exemplar.

À minha irmã Anahí pela parceria, amor e pelas sessões gratuitas de psicologia não diplomadas.

Ao amigo Eliéder, “Macumbinha” pela ajuda nos momentos de chegada e partida de Jaboticabal e em momentos críticos de sobrevivência na cidade.

Aos amigos do departamento de Ciências Exatas: Rebeqa, Jaque, Ana, Luara, Alejandro, Elisandra, Samla, Letícia e Záfia, pelos cafés intermináveis e intermitentes, pelas conversas e pela fácil convivência durante a minha estadia em Jaboticabal.

Aos meus dois “tutores” de genética, genômica, estatística, programação, e acima de tudo amigos, Tatiane Chud e Rodrigo Savegnago, por todos os ensinamentos e por serem os primeiros exemplos que eu tive na área.

Às amigas Carol, Yasmim, Mari, Talita, Ludmyla e Natália, pelas amizades e por toda a paciência do mundo com um ser humano que insiste em perturbar vocês sempre que possível!

Ao Marcus Vinícius “Markin” pela longa amizade, conselhos, conversas, jogos e eventos mais incomuns possíveis.

Aos amigos de república em Jaboticabal e Botucatu, Murilo “Mocotó”, Leandro “Big Joe”, Guilherme “Smigo”, Laércio, Fábio “Derramado”, Deoclécio “Irmãozinho”, e Girlânio, pela pseudo-família formada, e pela experiência ímpar de conhecê-los e poder dividir a mesma casa.

Aos amigos da graduação pelas amizades que se fazem presentes até hoje: Detefon, Calvina, Prega e Paça. Obrigado por não deixarem o tempo e a distância atrapalharem nossas amizades.

Ao Ricardo, o Tuga, pela ajuda antes mesmo do mestrado, sem ela, este mestrado não teria sido sequer iniciado.

Aos Doutores Jéssica Malheiros e Welder Baldassini pela assistência no decorrer de todo o projeto.

Por último, mas de forma alguma menos importante, à Universidade Estadual Paulista - UNESP, seus professores e funcionários, indispensáveis para a realização de quaisquer sonhos que sejam criados dentro de suas portas. minha segunda casa para o resto da vida.

**obrigado a todos que de alguma maneira
participaram e tornaram isto possível**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) -Código de Financiamento 001

Sumário

RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
1-INTRODUÇÃO	1
2.REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1-Bovinocultura de Corte	3
2.2-Qualidade de carcaça	5
2.3- Conversão do músculo em carne	6
2.4-Qualidade de Carne	7
2.4.1-Cor da carne	8
2.4.2-Maciez	10
2.4.3-Gordura Subcutânea e marmoreio	12
2.4.4-Retenção de Água	13
2.4.5-Composição centesimal	14
2.5-Análise de Componentes Principais (PCA) e de agrupamento <i>k-means</i>	15
3-OBJETIVO	17
4-MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1- Confinamento experimental	17
4.2- Abate e características de carcaça	18
4.3- Determinação da Qualidade da carne	18
4.3.1- Força de cisalhamento e Perdas Por Cozimento	18
4.3.2- Coloração instrumental da carne	19
4.3.4- Composição centesimal da carne	19
4.4- Análise estatística	20
5-RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
6-CONCLUSÃO	37
7-REFERÊNCIAS	38

ANÁLISE MULTIVARIADA DE CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE CARÇAÇA E DA CARNE DE BOVINOS ANGUS-NELORE TERMINADOS EM CONFINAMENTO

RESUMO - A produção brasileira apresenta alta variabilidade na qualidade da carcaça e da carne bovina. Ao ser influenciada por todos os elos da cadeia produtiva, a qualidade final da carne precisa ser avaliada e assegurada. Análises estatísticas multivariadas como a análise de componentes principais (PCA) e métodos de agrupamento não-hierárquico como o *k-means* configuram opções para compreender as interações entre as características relacionadas à qualidade. O presente estudo teve como objetivo avaliar características de qualidade de carcaça e de carne de novilhos $\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore terminados em confinamento por meio da PCA. Bem como realizar a separação dos animais por análise de agrupamento não hierárquico *k-means*. Os quatro primeiros componentes principais (PC) explicaram aproximadamente 58% da variabilidade total e as variáveis de cor da carne foram mais efetivas para definir o primeiro PC. Peso de carcaça e retenção de água definiram o segundo, rendimento de carcaça definiu o terceiro e o teor de gordura definiu o quarto PC. Na análise de agrupamento, três grupos de *chroma* foram formados e projetados no plano definido por PC1 e PC2. As médias de *chroma* nos grupos foram $18,07 \pm 1,90$; $22,75 \pm 1,15$; $26,08 \pm 0,79$; com 25, 48 e 24 animais em cada grupo, respectivamente. O aumento para *chroma* nos grupos foi acompanhado por maiores valores de PCQ, PCF, COL, PRT, PPE, PT, e por menores valores de PPG, FC e UMD. Portanto, a PCA e *k-means* mostraram que a cor pode ser utilizada como ferramenta de identificação de animais e de carnes com qualidade superior.

Palavras-chave: Bovinocultura de corte, *K-means*, PCA, Qualidade de carne.

MULTIVARIATE ANALYSIS OF CARCASS AND MEAT QUALITY TRAITS FROM ANGUS-NELLORE CATTLE FINISHED IN FEEDLOT

ABSTRACT - Brazilian production presents high variability in carcass and beef quality. Influenced by all links in the production chain, the final quality of the meat needs to be evaluated and ensured. Multivariate statistical analyzes such as principal component analysis (PCA) and non-hierarchical clustering methods such as k-means configure options to understand the interactions between quality related traits. The aim of the present study was to evaluate carcass and meat quality traits from ½ Angus x ½ Nelore steers finished in feedlot, through PCA. As well as performing the clustering of the animals through non-hierarchical k-means cluster analysis. The first four principal components (PC) explained roughly 58% of the total variability and meat color variables were most effective in defining the first PC. Carcass weight and water holding capacity defined the second, carcass yield defined the third and the fat content defined the fourth PC. In cluster analysis, three chroma groups were formed and projected in the space defined by PC1 and PC2. Chroma mean values in the groups were 18.07 ± 1.90 ; 22.75 ± 1.15 ; 26.08 ± 0.79 ; with 25, 48 and 24 animals in each group, respectively. The increase for chroma in the groups was followed by higher values of PCQ, PCF, COL, PRT, PPE, PT, and by lower values of PPG, FC and UMD. Therefore, PCA and k-means have shown that color can be used as a tool to identify animals and meat of higher quality.

Keywords: Beef cattle, beef quality, k-means, PCA.

1- INTRODUÇÃO

O Brasil tem hoje, alta representatividade na bovinocultura de corte mundial, possuindo o maior rebanho de caráter comercial, além de ser o maior exportador, segundo maior produtor e terceiro maior consumidor de carne bovina (USDA - *United States Department of Agriculture*, 2018). Para isto, a produção de bovinos brasileira baseou-se em sistemas extensivos e na utilização de animais zebuínos (*Bos Taurus indicus*), especificamente da raça Nelore e seus cruzados com *Bos Taurus taurus*. Esta raça possui boa capacidade adaptativa ao clima tropical e ao sistema de criação extensiva, elevada capacidade de digestão de fibras de baixa qualidade, resistência natural a parasitas e baixo metabolismo quando comparado aos *Bos Taurus taurus* (ACNB, 2014). No entanto a produção brasileira por vezes não apresenta índices satisfatórios, sendo os animais abatidos em média com 36 meses de idade e com peso médio de carcaça de 250 kg (Ferraz e Felício, 2010). Isto, aliado a grande variação climática presente no Brasil faz com que se torne necessária a busca e utilização de diversos sistemas produtivos no país, levando a uma desuniformidade da produção e conseqüente maior variabilidade da qualidade da carne bovina brasileira. Portanto, tornam-se necessários ajustes e adaptações recorrentes na produção, para que os sistemas se tornem mais eficientes, lucrativos e com um produto final superior (Torres Filho, 2015).

Sistemas de produção eficientes são os que otimizam seus recursos genéticos, ambientais, suas interações e o manejo em cada um dos componentes do ciclo produtivo: reprodução, produção e produto final (Barbosa, 2002). Neste contexto, existem diferentes maneiras de se aproveitar a diversidade dos recursos genéticos. A utilização de animais de raças taurinas, por possuírem maior potencial de crescimento, configura uma alternativa para diminuir o tempo de permanência dos animais na fazenda e aumentar a produtividade. Contudo, a baixa adaptabilidade destes animais ao ambiente tropical reduz sua utilização em larga escala, restringindo-a às regiões sul e sudeste do Brasil (Marcondes et al., 2011).

Diferenças morfológica e fisiológicas entre raças podem ser justificadas por diferentes pressões de seleção às quais as mesmas foram submetidas ao longo dos anos. Raças taurinas passaram por extensos processos de melhoramento genético e,

portanto, são hoje mais produtivas (Barbosa, 2002). Porém, tais diferenças podem ser aproveitadas por meio da utilização de cruzamentos, sendo uma forma de aplicação da disparidade genética de modo permanente e contínuo. Barbosa (1990) justifica que dentre os motivos para a utilização de cruzamentos se encontra o aproveitamento dos efeitos da complementaridade.

A complementaridade das raças é fundamental para o sucesso dos cruzamentos e melhores índices produtivos são alcançados pelas combinações de animais zebuínos com os de raças taurinas (Barcellos, 2017). Desta maneira, são utilizados métodos de melhoramento animal como o cruzamento industrial ou terminal, o qual contribui positivamente para as características de crescimento dos animais, bem como para as de carcaça e de carne (Arboitte, 2004; Silva et al., 2015). Informações como estas, justificam a utilização de animais cruzados quando o intuito é aumentar os índices produtivos e melhorar a qualidade dos produtos finais. Não obstante, a qualidade de carne é fundamental para as oportunidades de expansão do mercado de carne bovina brasileira. Para que o consumidor deseje comprar e consumir determinado alimento, suas percepções a respeito dele devem ser positivas. Neste sentido, além de informações como preço, marca e tipo de exposição, o consumidor utiliza características intrínsecas ao alimento que deseja consumir, como cor, maciez, marmoreio e suculência sendo exemplos de atributos avaliados na carne. Vale notar, porém, que nem todos estes podem ser observados antes do consumo.

A carne brasileira ainda tem sua produção majoritariamente destinada para atender o mercado *commodity*, no qual a qualidade apesar de não negligenciada, não se configura como foco da produção. Em função disso, iniciativas que visam a produção de carnes com qualidade superior às encontradas no mercado já existem e buscam avaliar o perfil do consumidor para chegar a um produto próximo do “ideal” em relação aos parâmetros de cor, maciez, retenção de água e marmoreio (Luiz, 2018). Para descrever as características qualitativas da carne, tipos de análise diferentes são necessários e o processamento dos dados obtidos por esses métodos permite obter informações importantes. No entanto, este processamento se torna trabalhoso e aumenta a demanda de tempo à medida em que o número de variáveis analisadas também aumenta. Além disso, avaliar variável por variável não proporciona uma visão global a respeito de suas interrelações. Para que isso seja possível,

métodos estatísticos multivariados como a análise de componentes principais (PCA) e a de agrupamento não hierárquico (*K-means*) podem ser utilizados. A PCA torna possível identificar as direções mais importantes de variabilidade, sem que a informação contida originalmente seja perdida como demonstrado por Destefanis et al., (2000). O *k-means* é um dos métodos de análise de agrupamento não hierárquico disponíveis e permite classificar os indivíduos em subgrupos, além de identificar também os indivíduos e fatores que mais se assemelham. Sendo assim, ambas as análises configuram opções para buscar compreender o comportamento e interações das variáveis relacionadas à qualidade da carcaça e da carne.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1- Bovinocultura de Corte

O Brasil ocupa uma posição de destaque na bovinocultura de corte mundial, tanto na produção quanto exportação ou consumo de carne bovina, possuindo o maior rebanho comercial do mundo e ocupando os lugares de maior exportador de carne *in natura*, segundo maior produtor e terceiro maior consumidor de carne bovina de acordo com os dados da USDA (USDA - United States Department of Agriculture, 2018). Não obstante, a pecuária foi responsável por 31% do PIB do agronegócio brasileiro em 2017 (ABIEC, 2018).

Para alcançar este patamar, a produção de bovinos de corte brasileira foi alicerçada em sistemas extensivos e na utilização de animais zebuínos (*Bos taurus indicus*), em especial a raça Nelore a qual possui boa adaptação ao ambiente tropical, e aos tipos de pastagens presentes no país (Leme et al., 2003). Contudo, a produção brasileira ainda enfrenta alguns problemas, visto que por vezes os animais não apresentam índices produtivos satisfatórios, sendo abatidos em média aos 36 meses, tendo recebido baixa quantidade de alimento concentrado, e com peso médio de carcaça de 250 kg (Ferraz e Felício, 2010). Isto, em conjunto com a grande variação climática presente no Brasil, faz com que se torne necessária a busca e utilização de diversos sistemas produtivos no país, o que leva a uma despadroneização e

consequente maior variabilidade dos atributos de qualidade da carne bovina brasileira levando a sua menor remuneração no mercado internacional, tonando necessários ajustes e adaptações recorrentes na produção, para que os sistemas se tornem mais eficientes (Torres Filho, 2015).

Segundo Barbosa (2002), de maneira geral, os sistemas de produção mais eficientes são os que otimizam seus recursos genéticos, ambientais, as interações entre estes e o manejo em cada um dos três componentes primordiais do ciclo de produção: reprodução (aumento em número de animais), produção (crescimento dos animais) e produto (melhoria na qualidade). Neste sentido, existem diferentes maneiras de se utilizar a diversidade dos recursos genéticos, o que traz como consequência a existência de uma grande gama de sistemas de produção que podem ser escolhidos. Dessa maneira, a utilização de bovinos de raças taurinas (*Bos Taurus taurus*), os quais possuem maior potencial de crescimento, configura uma alternativa para diminuir o tempo de permanência dos animais na fazenda e aumentar a produtividade. Todavia, a baixa adaptabilidade de animais taurinos ao ambiente tropical diminui as chances de sua utilização em larga escala, restringindo esta às regiões sul e sudeste do Brasil em função das temperaturas mais baixas (Marcondes et al., 2011).

Diferenças entre raças quanto a características morfológicas, fisiológicas em seus índices zootécnicos podem ser justificadas por diferentes pressões de seleção às quais foram submetidas durante o processo evolutivo e de seleção ao longo dos anos. Raças taurinas já passaram por extensos processos de melhoramento genético e, portanto, são hoje mais produtivas (Barbosa, 2002). Porém, segundo Dickerson (1969), essas diferenças podem ser utilizadas de três maneiras: criação ou introdução da "raça pura" mais adaptada ao sistema de produção; criação de novas raças (caso não haja uma "raça pura" que melhor se adapte ao sistema); e utilização de cruzamentos entre raças, que é uma forma de aplicação da disparidade genética de modo permanente e contínuo. Barbosa (1990) justifica que os motivos para a utilização de cruzamentos são: aproveitar os efeitos da heterose máxima ou o vigor híbrido para uma determinada característica; utilizar as diferenças genéticas entre raças para a mesma ou aproveitar os efeitos favoráveis da combinação de duas ou mais características nos animais cruzados (complementaridade), bem como servir de

base para a formação de novas raças ou dar flexibilidade aos sistemas de produção. Os três primeiros motivos são de natureza genética, os dois últimos são de natureza operacional e estratégica.

A complementaridade das raças é fundamental para o sucesso dos cruzamentos e diversos estudos demonstraram que os melhores índices produtivos são alcançados pelas combinações de animais zebuínos com os de raças taurinas ou europeia (Barcellos, 2017). Cruzamentos entre *Bos Taurus taurus* e *Bos Taurus indicus* se mostram proveitosos a medida em que otimizam o uso de efeitos não-aditivos (heterose) e aditivos (complementaridade de raças), principalmente quanto aos aspectos relacionados à carcaça (Baker et al., 1989). Assim, a utilização de animais taurinos, com maior potencial de crescimento, providencia uma opção para diminuir o tempo de permanência dos animais na fazenda e aumentar a produtividade. (Barbosa, 2002).

Desta maneira, são utilizados métodos de melhoramento animal como o cruzamento industrial ou terminal, o qual contribui principalmente nas características de crescimento dos animais (Silva et al., 2015). Entre os benefícios que o cruzamento industrial utilizando raças zebuínas x taurinas proporciona à pecuária bovina de corte, está a busca por genótipos mais adequados a um sistema de produção que atenda à demanda do mercado, principalmente no quesito qualidade de carcaça e de carne (Arboitte, 2004).

Informações como estas, justificam a utilização de animais cruzados (*Bos Taurus taurus* x *Bos Taurus indicus*) quando o intuito é aumentar os índices produtivos dos animais e melhorar a qualidade dos produtos finais, carcaça e carne.

2.2- Qualidade de carcaça

Dentre as variáveis envolvidas na eficiência de produção e na qualidade da carne encontram-se as relativas à carcaça (Fernandes et al., 2008). Uma carcaça deve apresentar relação adequada entre as partes que a compõem, contendo o máximo de músculos, o mínimo de ossos e a quantidade adequada de gordura subcutânea e intramuscular para garantir condições de armazenamento e palatabilidade (Oliveira et al., 2010).

Peso de carcaça se torna uma característica importante, a medida em que está diretamente associado com o valor comercial do animal, onde maiores pesos de abate levam a maiores pesos de carcaça, o que melhora a conformação e a cobertura de gordura. Restle et al. (1997) relataram que os frigoríficos pagam mais por carcaças mais pesadas, resultando em maior rendimento por unidade animal abatida, além de cortes comerciais de maior tamanho e peso, com maior aceitação no mercado externo e interno. Embora a nutrição seja um fator influente na composição de carcaça, pois é altamente relacionada à quantidade de gordura corporal (Luchiari Filho, 1986; Felício, 1997), o fator genético também tem participação expressiva neste quesito. Em trabalho comparativo entre animais cruzados $\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore, $\frac{1}{2}$ Limousin x $\frac{1}{4}$ Angus x $\frac{1}{4}$ Nelore a animais Nelore puros para características de carcaça e maciez, Pereira et al., (2009) concluíram que os animais $\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore apresentaram melhor desempenho produtivo, e a qualidade de carcaça e carne dos animais cruzados foi superior à dos animais puros.

A identificação de fatores influentes à carcaça, bem como a padronização desta, otimizam o processamento dos produtos cárneos e dão retorno ao produtor de maneira eficiente, sem o risco deste ter que produzir um animal pelo qual não será recompensado.

2.3- Conversão do músculo em carne

Seguinte ao abate dos animais e a falência sanguínea o músculo sofre alterações bioquímicas nos processos conhecidos como *rigor mortis* e *postmortem*. A compreensão da sequência nestes processos bioquímicos no músculo após a morte do animal é crucial para as práticas pós-abate, as quais são designadas para otimizar a qualidade da carne.

O fenômeno *rigor mortis*, também chamado de rigidez cadavérica, pode ser definido como processo de conversão do músculo em carne, o qual ocorre devido a alterações metabólicas, físicas e estruturais (Mir et al., 2017). É também definido como a contração muscular irreversível que ocorre após a morte do animal, na qual se caracteriza pela incapacidade de extensão e pela rigidez dos músculos.

Após a morte do animal, inicia-se a falência sanguínea e com esta, o aporte de oxigênio e nutrientes é interrompido nas células do tecido muscular. No entanto, o músculo continua suas atividades adaptando-se a um ambiente com redução de oxigênio e reservas energéticas (Lana, Zolla, 2016). No intuito de manter o relaxamento muscular, a produção de energia celular (ATP) torna-se necessária. O ADP se liga à fosfocreatina no sarcoplasma e é convertido em ATP. Os níveis de ATP tornam-se insuficientes para que actina e miosina mantenham-se separadas. Assim, ocorre a união destas levando a formação da actomiosina ocasionando no encurtamento do sarcômero e a rigidez muscular o que conclui o *rigor mortis*.

Considera-se carne o músculo que tenha passado pelo *rigor mortis* e a resolução deste é indicada pela maciez da massa muscular e resulta de alterações causadas pela degradação da estrutura da fibra muscular (Palma, 2017). Entretanto, a conversão de músculo em carne segue por meio da degradação enzimática e da desnaturação proteica das fibras musculares.

Durante o armazenamento após o abate, a degradação das proteínas do citoesqueleto leva a perda da integridade estrutural do músculo e, portanto, uma diminuição na tensão muscular (resolução do *rigor mortis*). O estabelecimento da maciez durante o *postmortem* origina-se do enfraquecimento da estrutura miofibrilar (HUANG et al., 2011). Isto ocorre em função da acidificação do meio, pois com a depleção das reservas energéticas, as células musculares passam a utilizar o glicogênio como fonte de energia, por meio da glicólise anaeróbica, levando a formação de ácido láctico (Lana e Zolla, 2016). O acúmulo do lactato leva a diminuição gradual de cerca de 7,2 no tecido muscular para um pH final próximo de 5,6 na carne (Hollung e Veseth-Kent 2012). Fatores como condições ambientais e manipulação de pré e pós-abate podem alterar significativamente o declínio do pH (Matarneh, 2017).

O declínio do pH após a morte, prolongado ou insuficiente, influencia negativamente a cor da carne, a maciez e a capacidade de retenção de água.

2.4- Qualidade de Carne

As oportunidades de expansão do mercado de carne bovina estão intimamente associadas à capacidade competitiva do setor produtivo e, nesse aspecto, a qualidade

é ponto fundamental. A carne bovina é considerada alimento de alto valor do ponto de vista nutricional, devido a sua composição rica em proteínas e aminoácidos essenciais, lipídios, vitaminas e sais minerais (Costa et al., 2002). Além da qualidade nutricional, para que o consumidor queira comprar e consumir um determinado alimento, suas percepções a respeito dele devem ser positivas. Para isso, a percepção de quesitos de qualidade pelo consumidor, contribuem para a decisão da compra (Torres Filho, 2015). Neste sentido, além do preço e informações como marca e exposição, o consumidor utiliza características intrínsecas ao alimento que pretende consumir.

Especificamente na carne, a cor, maciez, marmoreio e suculência são exemplos de características avaliadas pelo consumidor. Porém nem todos estes são passíveis de julgamento antes da compra ou consumo. Além disso, a carne brasileira ainda tem sua produção majoritariamente destinada ao mercado *commodity*, com baixo valor agregado ao produto, no qual a qualidade apesar de não negligenciada, não se configura como foco da produção. Entretanto, já existem iniciativas que visam a produção de carnes com qualidade superior às comumente encontradas no mercado interno quanto aos parâmetros de maciez, cor e gordura intramuscular (Luiz, 2018). Tais iniciativas avaliam o perfil do consumidor para que seja possível produzir um produto que atenda as necessidades do mesmo.

Uma vez influenciada por toda a cadeia produtiva, antes, durante e depois do abate do animal, a qualidade final da carne precisa ser assegurada por meio da padronização dos procedimentos de produção (Alves et al., 2005).

2.4.1- Cor da carne

Conforme ressaltado por Andrés et al. (2008), a coloração é o primeiro fator avaliado pelo consumidor no momento de compra do produto. Isto ocorre, devido a cor ser visivelmente perceptível no momento da decisão da aquisição da carne (Muchenje et al., 2009).

A cor da carne bovina *in natura* depende principalmente da concentração e da forma química do pigmento mioglobina e de características físicas, tais como as propriedades de reflexão e absorção da luz (Torres Filho, 2015), composição e estado

físico do músculo e a estrutura da carne (Abril et al., 2001). A mioglobina é o principal pigmento responsável pela coloração da carne e o estado químico do átomo de ferro na sua composição é ponto chave no mecanismo de reações da cor sofridas pelos seus pigmentos (Passett et al., 2016).

A deoximioglobina (Mb^+) contém ferro no estado ferroso (Fe^{+2}) e é responsável pela coloração vermelho púrpura da carne logo após o corte ou armazenada a vácuo. A oximioglobina (O^2Mb) é a responsável pela cor “vermelho cereja” da carne bovina *in natura*, considerada ideal e preferida pelos consumidores. Essa coloração vermelho brilhante é formada após a exposição da Mb^+ ao oxigênio atmosférico (*blooming*). As formas químicas Mb^+ e O^2Mb podem se transformar em meta mioglobina (MMb) pela oxidação do ferro no estado ferroso (Fe^{+2}) ao estado férrico (Fe^{+3}), o que impossibilita a sua ligação com o oxigênio, proporcionando uma coloração amarronzada à carne fresca, a qual não é bem aceita pelos consumidores (Troy e Kerry, 2010). No entanto, diversos fatores podem influenciar a coloração da carne, desde as condições nas quais o animal foi produzido, como nos procedimentos de manejo pré-abate, *post-mortem* e condições de armazenamento da carcaça.

Outro fator influente na coloração da carne é o valor e velocidade de queda do pH no *post mortem*. A cor escurece progressivamente à medida que o pH aumenta de 5,8 para 7,0. O alto pH final minimiza as perdas de pigmento de carne e a desnaturação das fibras musculares, aumentando assim a absorção de luz, o que confere à carne coloração mais escura, (Matarneh, 2017). Segundo Field (1971), a coloração da carne se deve à presença de estresse pré-abate nos animais, o que afeta as reservas de glicogênio no músculo, levando a uma menor redução do pH, influenciando a cor da carne. A velocidade da queda do pH influencia no estabelecimento e resolução do *rigor mortis* e seu valor final após as 24 de resfriamento influenciam a qualidade da carne, principalmente as variáveis de cor e maciez.

Se o pH final da carne for alto, o estado físico das proteínas estará acima do ponto isoelétrico e neste contexto se associam com a água no músculo e, portanto, as fibras se tornarão compactadas. A essa carne se dá o nome de DFD (escura, firme e seca), sendo alvo de rejeição tanto pela indústria quanto pelo consumidor (Alves et al., 2005)

Na indústria, a cor dos alimentos é comumente avaliada por colorímetros que utilizam o CIELab, um padrão internacional aceito pela L*a*b* CIE (Commission Internationale d'Eclairage) em 1976 (Leon et al., 2006). Neste método, L* representa a luminosidade e varia de 0 a 100; a* é um componente cromático que varia de -120 a +120, no espectro que vai de verde a vermelho; e b* é um componente cromático que varia de -120 a +120, entre as cores azul e amarela (Tarlak, 2016), sendo desejáveis na carne, valores próximos aos limites superiores de vermelho e luminosidade.

2.4.2- Maciez

Dentro do grupo de variáveis qualitativas da carne bovina, a maciez se apresenta como uma das principais, sendo considerada como a característica organoléptica de maior influência na aceitação da carne por parte dos consumidores (Polkinghorne e Thompson 2010).

A apreciação subjetiva da carne pelo consumidor ou pelo profissional treinado pode ser utilizada como uma forma de mensuração da maciez, sendo uma alta pontuação desejada em ambas as avaliações. Por outro lado, uma maneira objetiva de se avaliar a maciez é a força necessária para cortar ou cisalhar uma peça padronizada de carne, na qual baixos valores de cisalhamento são desejados (Hopkins et al., 2006). Boleman et al. (1997) determinaram a capacidade de percepção por parte dos consumidores de carne para diferentes níveis de maciez medidos por força de cisalhamento, e concluíram que os consumidores americanos não só foram capazes de detectar as diferenças na maciez, como estariam dispostos a pagar mais por carnes nas quais a maciez fosse notada.

Comumente a maciez é avaliada usando medidas mecânicas objetivas, pois são de menor custo, consomem menos tempo e removem grande parte da natureza subjetiva dos testes sensoriais (Hopkins, 2017). Vale ressaltar que dentro do conjunto de variáveis qualitativas a maciez é afetada pelos fatores de produção e processamento em maior grau (Young et al., 2005). Dentre os fatores que podem ser considerados como influentes na maciez final podem ser citados: conteúdo de colágeno (maior em animais mais velhos, acarretando em carnes com valores de força

de cisalhamento maiores), contração muscular durante o início do *rigor mortis* e taxa de amaciamento durante o *post mortem* (Hopkins e Geesink, 2009).

No *post mortem*, dois processos antagônicos (endurecimento e amaciamento) ocorrem durante o armazenamento, sendo que o processo de endurecimento pode ser minimizado limitando a extensão do encurtamento muscular durante o desenvolvimento do *rigor mortis* (Hopkins e Thompson, 2001).

A maior idade do animal no momento do abate se correlaciona a diminuição da maciez da carne. Hopkins (2017) indica que isso se encontra relacionado tanto ao aumento do número de ligações cruzadas de colágeno na carne, quanto ao aumento do volume (em músculo) e da gordura das carcaças com a idade, visto que estes influenciam a resposta às condições de resfriamento durante o encurtamento dos sarcômeros pelo frio. A maciez da carne é reduzida quando há grande quantidade e estabilidade do tecido conjuntivo no músculo, sendo que as ligações cruzadas do colágeno se tornam mais estruturadas e numerosas seja por maior atividade física ou com o avanço da idade do animal (Chriki et al., 2012).

Há ainda de se considerar que o grupo genético influencia na maciez. (King et al, 2006), visto que aproximadamente 46% das variações na maciez da carne bovina ocorrem em função das diferenças genéticas dos animais quando o estudo é realizado entre raças diferentes. Koohmaraie et al, (2003)

Leme et al, (2000) obtiveram menor força de cisalhamento para animais cruzados Nelore x Angus em comparação com outros 11 grupos genéticos, no mesmo estudo o grupo obteve os menores valores em três abates consecutivos.

Stolowski et al, (2006), em trabalho com animais cruzados de raças Taurinas x Zebuínas, também verificaram que o grupo racial pode influenciar a maciez, devido à diferença muscular, em parte ligada às taxas de maturação e à atividade de calpastatina, maior no segundo grupo.

Pereira et al, (2009) concluíram que os grupos genéticos $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus $\frac{1}{2}$ x Nelore e $\frac{1}{2}$ Limousin $\frac{1}{4}$ Aberdeen Angus $\frac{1}{4}$ Nelore apresentam superioridade aos Nelore para parâmetros de qualidade da carne, em específico a maciez, o que aponta para a superioridade dos dois primeiros grupos para produção de animais precoces e com carne mais macia.

2.4.3- Gordura Subcutânea e marmoreio

A gordura da carne, pode ser dividida em duas partes, a que se encontra na parte externa do músculo, chamada de gordura subcutânea e a que se encontra entremeada às fibras musculares, o marmoreio. Ambas possuem funções específicas e influenciam na qualidade geral da carcaça, e da carne dos animais.

Nas últimas décadas, a gordura de cobertura se tornou um importante indicador de qualidade, pois além de estar relacionado ao tipo de alimentação recebida pelo bovino e o sistema de produção utilizado, ainda afeta diretamente a velocidade de resfriamento da carcaça, comportando-se como um isolante térmico e interferindo no processo de conversão do músculo em carne. Em função deste último fator, a gordura subcutânea é priorizada pela indústria pois ao servir de isolamento térmico, evita os efeitos do encurtamento rápido dos sarcômeros no músculo (*cold shortening*), o que auxilia na produção de carnes macias (Baldassini et al., 2017).

Por ser classificada como um parâmetro de qualidade gustativo e visual, o marmoreio tem sua principal função nos momentos de escolha da carne pelo consumidor, e durante o consumo, visto que a palatabilidade geral da carne aumenta significativamente de acordo com o aumento da gordura intramuscular (Thompson, 2002). Além disso, o marmoreio tem efeito positivo direto na maciez, suculência e consequentemente palatabilidade da carne (Costa et al., 2002). As maiores alterações na porcentagem de gordura intramuscular se devem ao tipo de terminação adotado, no qual animais terminados em dietas ricas em grãos apresentam maior porcentagem de gordura de marmoreio em relação aos terminados com dietas à base de forragens (George, 2001; Pethick et al., 2004).

A genética também tem papel fundamental na deposição de gordura (subcutânea ou intramuscular) dos animais, sendo comum a atribuição de maiores deposições intramusculares em animais europeus, e maior cobertura em animais zebuínos, neste sentido a utilização de animais cruzados consegue explorar e apresentar valores satisfatórios para ambas as características, como demonstrado por Leme et al (2000).

2.4.4- Retenção de Água

A perda de água da carne bovina é importante para a indústria em função de sua implicação econômica. Menor retenção de água pode causar maiores perdas de peso e de rendimento em carcaças, cortes e produtos cárneos (Ramos e Gomide, 2007). A capacidade de retenção de água é determinada pela quantidade de água perdida com processamento, como corte, aquecimento, trituração ou prensagem do tecido muscular. (De Paula et al., 2013) Uma menor capacidade de retenção de água acarreta perdas do valor nutritivo pelo exsudato liberado, e resulta em carnes mais secas e com menor maciez. De acordo com Felício (1997), a mensuração desta característica pode ser feita por meio de três procedimentos distintos nos quais: 1) nenhuma força é aplicada; 2) há aplicação de força mecânica, e 3) aplicação de calor.

As perdas por cocção representam as perdas por aplicação de calor, comuns à etapa de preparo da carne para consumo, sendo calculadas pela diferença entre o peso inicial e final da amostra (Torres Filho, 2015). A importância em medir a perda de líquido durante a cocção está em sua associação com a qualidade visual durante a compra e com a suculência (*juiciness*) da carne durante a degustação. (Costa, 2002). A capacidade de retenção de água na carne impacta a aceitabilidade visual, portanto influencia o consumidor no momento da compra. A retenção de água ainda determina as perdas de água durante todas as etapas de produção e consumo: transporte, armazenamento, processamento e cozimento. O músculo que se torna carne, é composto por aproximadamente 75% de água (Warner, 2017) e a consequência da baixa retenção resulta em altas perdas por cozimento ou refrigeração, acarretando em uma carne não necessariamente dura, mas considerada seca, com pouca suculência.

Economicamente, a retenção de água é importante não só pela perda de peso do produto, mas também por uma perda de proteína em torno de 100mg por mililitro de líquido não retido (Savage et al., 1990). A maior parte dessas proteínas são as mioglobinas, o que leva à coloração avermelhada do exsudato, dando ao consumidor uma negativa impressão de presença de sangue na embalagem do produto, gerando rejeição deste e uma consequente diminuição de vendas (Warner, 2017).

A carne ainda pode perder uma grande quantidade de água durante a cocção dependendo da temperatura, do método e do tempo de cozimento, pois ocorre um aumento rigidez da estrutura miofibrilar com o cozimento em razão da desnaturação das proteínas (Kondjoyan et al., 2014).

2.4.5- Composição centesimal

O conhecimento a respeito da composição da carne se mostra relevante para o entendimento da eficiência nos sistemas de produção (Paulino et al., 2009), visto que estudos que avaliem alimentos ou o crescimento dos animais (Bonilha et al., 2007), que busquem determinar as exigências nutricionais dos animais (Valadares Filho et al., 2005) ou que procurem identificar os principais fatores que afetam a deposição dos tecidos corporais, contribuem para a compreensão da deposição dos constituintes químicos da carne, com isso se pode direcionar a produção dos animais para atingir a composição desejada.

A composição centesimal da carne varia de acordo com a espécie, sexo, idade, músculo de origem e teor de gordura. Já a composição química dos músculos é relativamente constante, sendo ela: cerca de 19 a 25% de proteínas e 1 a 2% de minerais e carboidratos e 75% de água, (Geay et al. 2001).

Animais jovens possuem menor teor de gordura, maior quantidade de músculos e maior porcentagem de teor de água, por outro lado, em músculos com maior teor de gordura essa proporção diminui (EMBRAPA, 2002). De acordo com o avanço da idade do animal e grau de engorda, há decréscimos de teores de proteínas, cinzas e água devido à desaceleração do crescimento muscular, onde há menor ganho de proteína por quilo de ganho de peso corporal vazio à medida que se eleva o peso do animal, ao mesmo tempo em que ocorre maior desenvolvimento do tecido adiposo (Stern, 2016). Existem variações no teor proteico da carne em relação aos cortes cárneos, idade, alimentação, sexo e raça do animal (EMBRAPA, 2002).

De acordo com Paulino et al, (2009), são vários fatores de ordem genética e ambiental os quais exercem influências no padrão de deposição dos tecidos com destaque para grupo genético, idade, sexo e nível nutricional. López-Bote, (2017), afirma as proteínas da carne representam 19% (com variação de 16 a 22%) da sua

composição e demonstram um dos componentes mais importantes no que diz respeito ao aspecto nutricional, além de que animais não castrados tendem a apresentar maior taxa de crescimento, com composição do ganho, caracterizada por maior teor de proteína e menos gordura, resultando em maior eficiência alimentar quando comparados à animais castrados ou fêmeas, dentro de um mesmo grupo contemporâneo.

2.5- -Análise de Componentes Principais (PCA) e de agrupamento *k-means*

A qualidade da carne pode ser afetada por diversos fatores, como a raça, sistema de criação, transporte e abate dos animais e por técnicas de tratamento *post mortem* das carcaças e da carne. Para descrever as características qualitativas da carne, tipos de análise diferentes são necessários, sejam estes físicos, químicos ou sensoriais.

O processamento dos dados obtidos por esses métodos, junto aos que são gerados na produção dos animais, nos permite obter informações importantes a respeito de cada variável isoladamente. No entanto, este processo se torna trabalhoso e aumenta a demanda de tempo à medida em que o número de variáveis analisadas também aumenta. Além disso, avaliar variável por variável não proporciona uma visão global a respeito da interrelações entre as variáveis, muito menos permite agrupar as que tenham tido comportamentos semelhantes. Para que isso seja possível, métodos estatísticos multivariados como a análise de componentes principais (PCA) e a de agrupamento não hierárquico (*K-means*) podem ser utilizados.

A PCA torna possível identificar as direções mais importantes de variabilidade nos dados e os apresenta na forma de um gráfico de coordenadas. Ou seja, a PCA informa se um conjunto grande de variáveis pode ser reduzido ou comprimido a um único, ou ao menor número possível de componentes, nos quais as variáveis originais são combinadas sem que a informação contida originalmente seja perdida. Estes componentes são construídos de maneira ortogonal, ou seja, de modo onde um não tenha correlação com o outro, a fim de evitar redundância na informação dada por estes componentes (Destefanis et al., 2000).

Como explicado por Destefanis et al, (2000) e Naes et al, (1996), os resultados a respeito das variáveis (*loading plot*) e de objetos (*score plot*) e suas correlações com os eixos são mostrados em um plano cartesiano XY. O eixo X corresponde ao primeiro componente principal e o eixo Y corresponde ao segundo. Amostras ou indivíduos (objetos) à direita no *score plot* têm valores altos para as variáveis à direita no *loading plot*, o mesmo vale para aqueles à esquerda, ao topo e abaixo no gráfico. Portanto, indivíduos próximos uns aos outros possuem características semelhantes e variáveis próximas umas as outras são correlacionadas positivamente, enquanto as que se posicionam de maneira oposta, tendem a ter correlações negativas. Variáveis que se encontram mais distante da origem dos eixos ($x = 0, y = 0$) podem ser consideradas bem representadas no eixo em que estão, ou seja, são as mais influentes no eixo, o mesmo vale para os indivíduos.

Baldassini et al, (2017) analisaram 12 variáveis qualitativas da carne de um grupo de animais Nelore por meio da PCA e obtiveram 4 componentes principais que explicaram 66% da variação em todas as variáveis (onde cada componente era uma combinação das variáveis originais). O que vale ser notado é que 100% da variação dos dados poderia ser explicado por 12 componentes, porém, o objetivo da PCA é explicar o máximo possível do que se tem de informação, com o menor número de componentes possível para isso, reduzindo a dimensionalidade (n) dos dados e tornando mais simples a inferência a respeito da variação e das relações entre os mesmos

O *k-means* é um dos métodos de análise de agrupamento não hierárquico disponíveis e permite classificar os indivíduos em subgrupos através da maximização da homogeneidade de indivíduos, aliada a diminuição da variância dentro de cada grupo e maximizando a heterogeneidade (diferenças) e a variância entre estes. Com isto pode se identificar também os indivíduos e fatores que mais se assemelham ao se utilizar um ou mais critérios de separação (Ding e He, 2004).

Sendo assim, análises estatísticas multivariadas e de agrupamento, em especial a PCA e o método *k-means*, configuram opções para buscar compreender o comportamento de diversos fatores produtivos, identificar os mais importantes e com isto poder obter a carne que atenda aos critérios desejados.

3- OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o comportamento, bem como as interrelações das características de qualidade de carne e de carcaça em bovinos cruzados Angus-Nelore através das metodologias estatísticas multivariadas: análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamento não hierárquico *k-means*. A fim de identificar as variáveis mais influentes dentro de um sistema de produção de bovinos de corte e os diferentes tipos de animal formados de acordo com a interação entre essas variáveis.

4- MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos com os animais seguiram os padrões éticos de pesquisa, estabelecidos pela comissão de ética no uso de animais (CEUA) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP Campus de Botucatu, sob o protocolo 0067/2017.

4.1- Confinamento experimental

. O estudo foi conduzido na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP Botucatu, no confinamento experimental do Departamento e Melhoramento de Nutrição Animal, entre os meses de agosto a novembro de 2017. Foram utilizados 97 bovinos, machos não castrados, F1 Angus- Nelore, com peso inicial médio de $369,58 \pm 49,17$ kg, oriundos de rebanho comercial. Os animais foram mantidos em baias coletivas com dimensionamento de 5x6 metros, piso de concreto, equipadas com bebedouro tipo concha e área de cocho de 3,75 metros com lotação de cinco animais por baia. Os animais foram alimentados com dieta total contendo feno de Tifton, bagaço de cana-de-açúcar, milho grão seco moído, farelo de soja, grão úmido de destilaria de milho, núcleo mineral. Os animais foram alimentados por 129 dias e as dietas foram fornecidas ad libitum, duas vezes ao dia (10 a.m. e 4 p.m.). Ao final

do período experimental (129 dias), foi registrado o peso corporal final de 615,09 ± 57,53 kg.

4.2- Abate e características de carcaça

Os animais abatidos em frigorífico comercial (Frigoestrela, Estrela D'oeste, São Paulo, Brasil), sob regime de inspeção federal, sendo precedido de jejum de sólidos e líquidos por no mínimo 16 horas. As carcaças foram identificadas, pesadas e refrigeradas entre 2 a 4 °C por 48h. As mensurações nas carcaças foram: peso da carcaça quente (PCQ), rendimento de carcaça quente (RCQ), peso de carcaça fria (PCF), perdas por resfriamento (PPR), pH (48h pós abate) e espessura de gordura subcutânea (EGS) entre a 12^a e 13^a costelas, mensurada por paquímetro após o resfriamento. Subsequentemente, na desossa foram coletados 4 bifes (2,54 cm) do músculo *Longissimus thoracis* (LT) para análises físico-químicas da carne, sendo que o primeiro bife foi coletado entre a 12^a e 13^a costela e os outros foram coletados em seguida no sentido cranial da carcaça.

4.3- Determinação da Qualidade da carne

4.3.1- Força de cisalhamento e Perdas Por Cozimento

Para a avaliação da força de cisalhamento (FC) e das perdas por cozimento foi adotado o procedimento previamente descrito por (Wheeler et al., 1996), com as adaptações necessárias. As amostras foram colocadas em uma grelha sobreposta à uma refrataria de vidro e pesadas para obtenção do peso inicial. Posteriormente, foi inserido um termopar no centro geométrico das amostras, acoplado a um termômetro digital modelo DT-612 (ATP Instrumentation, Ashby-de-la-Zouch, England), para monitorar a temperatura interna. As amostras de carne foram assadas em forno industrial elétrico modelo Feri90 Venâncio (Venâncio Aires, RS, Brazil) pré-aquecido a 170 °C e equipado de um termostato para inibir a variação de temperatura. No momento em que a temperatura interna do bife atingiu 40 °C a amostra foi virada e permaneceu no forno até que a temperatura interna atingisse 71 °C. Após o cozimento, as amostras foram mantidas em temperatura ambiente por 15 minutos,

pesadas e então refrigeradas a 4 °C por 24h. A perda por cozimento foi determinada pela diferença de peso antes e após o cozimento da amostra. Foi calculada a perda de peso total por cocção (PT), dividida em perdas por gotejamento (PPG) e perdas por evaporação.

Após a refrigeração, a fim de se obter maior precisão nos resultados obtidos, oito cilindros de 1,27 cm de diâmetro foram retirados no sentido paralelo da fibra muscular usando um vazador acoplado a uma furadeira industrial. A FC foi mensurada utilizando equipamento mecânico Salter Warner-Bratzler Shear Force (G-R Manufacturing), com capacidade de 25 kg e velocidade de seccionamento de 20 cm/minuto, reportando-se a média da FC em quilogramas..

4.3.2- Coloração instrumental da carne

A cor da carne (L^* , luminosidade; a^* , teor de vermelho; b^* , teor de amarelo) foi medida usando o sistema CIELab pelo colorímetro CR-400 (fonte de luz A, ângulo de observação 10°, tamanho de abertura 5 cm, Konica Minolta Sensing, Inc Tóquio, Japão) como descrito por Borges et al. (2014). A unidade foi calibrada utilizando uma placa padrão preta e uma branca e as leituras das cores foram feitas em três locais da amostra do músculo LT após 30 minutos de exposição da amostra ao ar (*blooming time*). À temperatura ambiente (~ 20 °C), calculou-se uma média a partir destas medições. O índice colorimétrico chroma (saturação de cor) foi calculado a partir da fórmula $[(a^*)^2 + (b^*)^2] \times 0,5$ e hue (cor real) foi calculado a partir de $[\tan^{-1}(b^* / a^*)]$, como adotado por Cañeque et al., (2004) e Baldassini et al., (2017).

4.3.4- Composição centesimal da carne

As análises de composição centesimal foram conduzidas por espectroscopia de infravermelho em equipamento FoodScan™ (FOSS, Hillerød, Dinamarca), determinando-se os teores de colágeno (COL), gordura (GOR), proteína (PRT), umidade (UMD), e cinzas (CNZ). As amostras foram descongeladas a 4 °C por 24h, e com o auxílio de um bisturi foi retirada a gordura subcutânea do músculo LT. Em seguida o bife foi moído e homogeneizado por 5 minutos utilizando um mixer, sendo

utilizado aproximadamente 180 g de amostra (Anderson, 2007). Foram conduzidas três leituras por amostra, sendo que a cada leitura as amostras foram retiradas da placa, novamente homogeneizadas e recolocadas na placa para a leitura seguinte

4.4- Análise estatística

Os dados foram analisados numa abordagem multivariada conforme estudo recentemente conduzido com bovinos Nelore (Baldassini et al., 2017). As relações entre as variáveis (PPE, PPG, PT, L*, a*, b*, FC, *Chroma*, Hue, PCQ, PCF, RC, PPR, pH, EGS, COL, GOR, PRT, UMD e CNZ), foram estudadas por análise de componentes principais (PCA) e de agrupamento não hierárquico (*K-means*). Nesta abordagem, foi utilizado o *software* R versão 3.5.2 (Vienna, Austria – <http://www.R-project.org>).

Correlações de Pearson foram utilizadas para estimar as correlações fenotípicas entre as variáveis. A fim de eliminar as diferenças nas magnitudes nas unidades de medidas, a PCA foi efetuada a partir dos dados centralizados para média zero e variância igual a 1 para que fosse calculada a matriz de correlação.

Com o intuito de classificar os indivíduos em relação aos seus valores nas variáveis de qualidade de carcaça e carne foi utilizado o método de agrupamento não hierárquico *K-means* utilizando distâncias Euclidianas na matriz de correlação das variáveis. Foi considerada como critério de separação a variável mais influente na análise de componentes principais. Foram utilizados 3 grupos ($k = 3$) na análise de agrupamento para que os indivíduos fossem separados de acordo com o primeiro e terceiro quartis da distribuição da variável selecionada. Desta maneira foram delimitados os limites inferior e superior de classificação nos Grupo, nos quais aqueles com valor abaixo do valor do primeiro quartil foram agrupados no primeiro grupo, animais acima do valor do 3º quartil, no terceiro e os que se encontravam entre os dois quartis no segundo grupo. Os três grupos foram projetados no gráfico definido por PC 1 e PC 2 a fim de compreender a relação entre a classificação dos animais para a variável selecionada e o comportamento das variáveis restantes.

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados na Tabela 1 os valores de média, desvios-padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) das características relacionadas à qualidade de carne e carcaça.

Os valores para as variáveis de perdas por cozimento (totais, evaporação e gotejamento) tiveram média de 20,68%, valor que pode ser considerado padrão para animais cruzados terminados em confinamento de mesma idade (Rivaroli et al., 2016). Os valores para composição centesimal tiveram pouca variação entre as amostras, sendo o coeficiente de variação maior que 10% apenas para a variável de gordura na carne. (Pereira et al, 2009) em trabalho com animais cruzados Angus-Nelore encontraram valores de composição centesimal semelhantes ao deste trabalho, tendo umidade (75,57%), cinzas (1,08%), proteína (22,20%), e pH final de 5,67, considerados dentro dos padrões para o grupo genético. O pH da carne é importante devido ao fato de que amostras com pH superior a 6,0 (declínio lento do pH no *postmortem*) são definidas como carnes DFD, e estas passam por mudanças bioquímicas e físico-químicas que alteram principalmente a cor que apresentam, saindo do vermelho claro, e passando ao marrom avermelhado, diminuindo progressivamente os valores de L*, a* e b* analisados, como descrito por Purchas (1999), e isto leva a uma maior rejeição por parte do consumidor, além de impactar negativamente outras variáveis relacionadas ao pH como maciez e retenção de água. Ao avaliar animais zebuínos em duas idades de abate Manço (2006) encontrou valores médios de umidade iguais a 74.91%, proteína 22,22%, gordura 1,34% e cinzas 1,20%. Costa et al. (2007) analisando carne in natura de animais jovens encontraram valores médios de proteína (23,1%), gordura (2,4%) e cinzas (1,5%), L* (34 a 39) e a* (18 a 22), segundo os autores esses valores são condizentes com os encontrados em carnes de animais precoces no Brasil.

Tabela 1 Média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) das medidas de carcaça e qualidade de carne de novilhos Angus - Nelore.

Variáveis	Média	DP	CV (%)
PCQ (kg)	346,57	33,49	9,66
RCQ (%)	0,57	0,05	8,11
PCF (kg)	331,51	32,36	9,76
PPR (%)	4,35	1,26	28,88
pH	5,65	0,09	1,62
EGS (mm)	7,92	2,37	29,91
L*	37,58	3,54	9,41
a*	20,24	2,75	13,56
b*	9,47	1,83	19,34
CHR	22,37	3,17	14,17
HUE	24,91	2,63	10,55
FC (kg)	3,43	0,99	28,69
PPE (%)	18,09	4,04	22,33
PPG (%)	2,58	0,94	36,42
PT (%)	20,68	4,34	20,98
COL (%)	1,47	0,14	9,66
GOR (%)	2,39	0,79	33,02
PRT (%)	23,11	0,54	2,34
UMD (%)	74,28	0,87	1,17
CNZ (%)	1,11	0,08	6,87

Peso da carcaça quente (PCQ); rendimento de carcaça (RC); peso da carcaça fria (PCF); perdas por refrigeração (PPR); pH; espessura de gordura subcutânea (EGS); luminosidade (L*); teor de vermelho (a*); teor de amarelo (b*); *chroma* (CHR); cor real (hue); força de cisalhamento (FC); perdas por evaporação (PPE); Perdas por gotejamento (PPG); perdas totais (PT); colágeno (COL); gordura (GOR); proteína (PRT); umidade (UMD); cinzas (CNZ)..).

Em trabalho de revisão, Muchenje et al. (2009) descreveram que para bovinos as médias de luminosidade (L^*) variam entre 33 e 41, as de cor vermelha (a^*) entre 11 e 23,5 e as de cor amarela (b^*), entre 6 e 11. Em bovinos jovens, Abularach et al. (1998) classificaram carnes escuras quando L^* era menor 29,7 e carnes claras quando maior que 38,5; em relação à intensidade de vermelho, consideraram a^* menor que 14,8 como baixa e maior que 29,2 como alta; e para a intensidade de amarelo, b^* menor que 3,4 como baixa e maior que 8,28 como alta.

Os valores para as variáveis colorimétricas L^* , a^* , b^* e para os índices *chroma* e *hue*, portanto, podem ser considerados como estando dentro do padrão desejável.

A força de cisalhamento média observada ($FC = 3,43\text{kg}$) caracteriza a carne como macia (Oliveira et al., 2011), Shackelford et al, (1997) indicaram que os valores para força de cisalhamento devem ser menores que 6kg e Johnson et al, (1988) valores menores que 4,5kg para que a carne seja considerada macia. Oliveira et al, (2011) em estudo comparativo de animais cruzados Nelore x Angus, Nelore x Simental e Nelore puro, obtiveram média de 3,49kg para força de cisalhamento do primeiro cruzamento, o que indica que animais cruzados tendem a ter carne macia, como demonstrado no presente estudo.

A Tabela 2 mostra os coeficientes de correlação entre as 20 variáveis de qualidade de carcaça e carne. Diversas correlações fenotípicas significativas foram observadas entre as variáveis de carcaça e carne, entre elas, magnitudes próximas a 1,0 foram encontradas entre PT e PPE ($r = 0,98$; $p = 0,01$), CHR e a^* ($r = 0,99$; $p = 0,01$), PCQ e PCF ($r = 0,99$; $p = 0,01$).

Tabela 2 Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre características de carcaça e qualidade de carne de novilhos Angus - Nelore.

	PCQ	RCQ	PCF	PPR	pH	EGS	L.	a.	b.	chr	hue	FC	PPE	PPG	PT	COL	GOR	PRT	UMD
RCQ	0.47**																		
PCF	0.99**	0.45**																	
PPR	0	0.1	-0.14																
pH	-0.18	-0.12	-0.18	0.02															
EGS	0.25*	0.02	0.26*	-0.07	-0.11														
L.	0.06	-0.07	0.06	-0.02	0.18	-0.03													
a.	0.17	0.11	0.17	0.02	0	0.06	0.65**												
b.	0.14	0.09	0.13	-0.01	0.1	0.05	0.71**	0.88**											
CHR	0.17	0.1	0.17	0.01	0.02	0.06	0.68**	0.99**	0.93**										
HUE	0.01	0.05	0.02	-0.03	0.2*	0.01	0.52**	0.36**	0.76**	0.47**									
FC	-0.05	0.09	-0.06	0.11	-0.12	0.2*	-0.39**	-0.26**	-0.27**	-0.27**	-0.14								
PPE	-0.15	0.05	-0.15	0.06	0.07	-0.12	0.05	0.22*	0.18	0.22*	0.06	0.14							
PPG	-0.04	0	-0.04	0.04	-0.02	0.29**	-0.04	-0.02	0.02	-0.01	0.06	0.25	0.21*						
PT	-0.14	0.04	-0.15	0.07	0.06	-0.05	0.03	0.21*	0.17	0.20*	0.07	0.19*	0.98**	0.41**					
COL	0.15	0.14	0.16	-0.05	0.02	0.1	0.45**	0.39**	0.51**	0.43**	0.49**	-0.08	0.02	-0.03	0.01				
GOR	0.06	-0.18	0.06	0.01	0.03	0.26*	0.12	0.06	0.09	0.07	0.08	-0.12	-0.13	-0.02	-0.13	0.08	-		
PRT	0.23*	0.22*	0.21*	0.14	-0.05	0.15	0.32**	0.38**	0.4**	0.39**	0.26**	0.04	0.14	-0.06	0.11	0.26*	-0.24*	-	
UMD	-0.07	0.16	-0.06	-0.05	-0.06	-0.29**	-0.32**	-0.27**	-0.28**	-0.28**	-0.19	0.06	0.16	0.11	0.17	-0.12	-0.72**	-0.21*	-
CNZ	0.12	0.12	0.13	-0.1	0.05	-0.01	-0.02	-0.16	-0.12	-0.15	-0.01	0.09	0.05	0.07	0.06	0.1	0	-0.05	0.09

Significância: * = $p \leq 0.05$; ** = $p \leq 0.01$; Peso da carcaça quente (PCQ); rendimento de carcaça quente (RCQ); peso da carcaça fria (PCF); perdas por refrigeração (PPR); pH; espessura de gordura subcutânea (EGS); luminosidade (L*); teor de vermelho (a*); teor de amarelo (b*); *chroma* ou saturação de cor (CHR); ângulo hue (HUE); força de cisalhamento (FC); perdas por evaporação (PPE); Perdas por gotejamento (PPG); perdas totais (PT); colágeno (COL); gordura (GOR); proteína (PRT); umidade (UMD); cinzas (CNZ).

Correlações positivas e significativas foram observadas para todas as variáveis colorimétricas entre si ($r = 0,52$ a $0,88$, $p = 0,01$), enquanto foram observadas inversamente correlacionadas as variáveis UMD e GOR ($r = -0,72$; $P 0,01$). Estes resultados corroboram os apresentados por Wulf et al, (1997), Page (2001), Pflanzner (2011), López (2012), e Baldassini et al, (2017). Os três valores colorimétricos (L^* , a^* e b^*) foram intercorrelacionados; a relação mais forte ocorreu entre a^* e b^* ($r = 0,88$). Dada esta alta correlação entre a^* e b^* , bem como entre estas e as demais variáveis, pode-se dizer que a^* e b^* oferecem a mesma quantidade de informações a respeito da qualidade quando se mede a cor da carne fresca no momento da classificação da carcaça. Entretanto a^* é provavelmente mais útil que b^* ao medir a estabilidade de cor da carne ao longo do tempo visto que a^* indica o valor de cor no espectro de vermelho a verde e a formação de metamioglobina muda a cor da carne vermelha para marrom esverdeada. (Page, 2001).

Assim como CHR e a^* , PCQ e PCF demonstraram a maior correlação dentre as variáveis analisadas ($r = 0,99$) López et al (2012) ao avaliar as correlações entre peso de carcaça quente e fria em cordeiros também encontrou uma correlação muito próxima de 1,0. Isto pode ser compreendido como uma relação muito forte entre PCF e PCQ, sendo a segunda um preditor quase perfeito da primeira, visto o fato de ser mensurada anterior cronologicamente. Também pode ser considerada a não utilização de uma das duas variáveis, vista a alta correlação e, portanto, redundância entre a informação gerada por ambas.

De maneira geral a força de cisalhamento foi correlacionada negativamente com todas as medidas de coloração muscular, sendo a maior correlação com o valor de L^* . A relação entre as variáveis de cor e FC foi mais forte que a relação entre FC e EGS, e maior do que FC e GOR, a qual se suporia intermediária ou alta como apontado por Oliveira et al (2011), porém no presente estudo a correlação não atingiu a significância para o baixo valor de $r = 0,12$. A observação de que cor foi um melhor preditor da maciez do que a gordura subcutânea ou intramuscular pode significar que utilizar a cor seja mais proveitoso ao inferir sobre a maciez da carne, isto é, uma carne macia (com baixos valores para FC) terá uma cor diferente, mais clara e com maiores teores de vermelho do que a carne com valores intermediários ou altos para FC. Wulf et al, (1997) relataram que carcaças bovinas com carnes mais escuras produziram

bifes com maiores valores FC do que carcaças com músculo de coloração normal, os quais também apresentaram bifes com maior FC em relação a carnes com coloração mais pálida (L^* mais alto), e não necessariamente estas carnes possuíam mais ou menos gordura.

A cor observada na superfície da carne é resultado da absorção da luz pela mioglobina e por outros componentes tais como fibras musculares e suas proteínas, sendo também influenciada pela quantidade de água no espaço extracelular. Quanto menor o nível de dispersão da luz incidente, mais escura será carne. Isso acontece porque a absorção da luz incidente depende do seu grau de penetração nas fibras musculares, e quanto maior o grau de penetração, maior será a absorção de luz pelos pigmentos.

O grau de dispersão da luz está associado à condição estrutural das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas ao poder de reflexão da superfície e à diferença entre os índices de refração do sarcoplasma e das miofibrilas. Geralmente, quanto menor o teor de proteínas sarcoplasmáticas sobre a superfície das miofibrilas, menor será a dispersão da luz, originando carnes escuras (Torres Filho, 2015). Além disso, uma diminuição inadequada do pH levará ao encurtamento das fibras, isto leva a uma diferença entre os índices de refração das miofibrilas e do sarcoplasma e conseqüentemente a uma menor deposição de exsudato na superfície das fibras musculares, contribuindo para a redução da dispersão da luz, gerando carnes mais escuras, como ocorre em carnes DFD (*dark firm and dry* - escuras, firmes e secas (Ramos e Gomide, 2007)

O conteúdo de gordura (GOR) e umidade (UMD) apresentaram uma alta e negativa correlação ($r = -0,72$), este resultado corrobora o obtido por Pflanzler (2011), que obteve correlação ainda maior ($r = -0,92$) para as duas variáveis em animais Nelore, o autor infere que este tipo de resultado se torna interessante a medida em que torna possível a predição da quantidade de gordura da carne a partir dos valores de umidade. Esta relação está associada com a deposição dos tecidos na carne. Ao conter mais gordura, a carne perde proporcionalmente em valores de umidade em relação ao total de sua composição, pois a gordura se deposita entre as fibras musculares onde está localizada a maior parte da água do músculo.

Os resultados do PCA são mostrados na Tabela 3 para os primeiros dez componentes, os quais explicam aproximadamente 87% da variação total da qualidade da carne.

Considerando o critério de Kaiser, ou seja, autovalores maiores que 1,0 (Kaiser 1960), apenas os sete primeiros componentes seriam necessários para explicar a variação total da qualidade da carcaça e da carne, somando 75% da variância total do conjunto de dados. No entanto, a análise do declínio da variância explicada pelos componentes por meio do *elbow method* (Cattell, 1966) na Figura 1 leva à utilização para os quatro primeiros componentes com um total de 58% da variação do conjunto de dados sendo explicada.

Tabela 3 – Resultados da análise de componentes principais (PCA) para os primeiros 10 componentes

	Auto valores	Porcentagem da variância	Porcentagem da variância acumulada
PC1	4,77	23,84	23,84
PC2	2,69	13,46	37,30
PC3	2,38	11,91	49,21
PC4	1,76	8,79	58,00
PC5	1,30	6,51	64,50
PC6	1,15	5,75	70,25
PC7	1,08	5,40	75,66
PC8	0,87	4,36	80,02
PC9	0,82	4,12	84,14
PC10	0,72	3,58	87,72

Além disso, com exceção das variáveis perda por refrigeração (PPR) e umidade (UMD), os auto vetores das variáveis a partir do 5º componente não possuíam correlação maior do que 50% com os componentes. Ou seja, possuíam uma relação muito fraca com o componente, não sendo capaz de caracterizar individualmente o mesmo. Não obstante, foram observadas repetições para as variáveis de maior associação aos componentes a seguintes ao PC 5, o que confirma a redundância inferida através do *elbow method*.

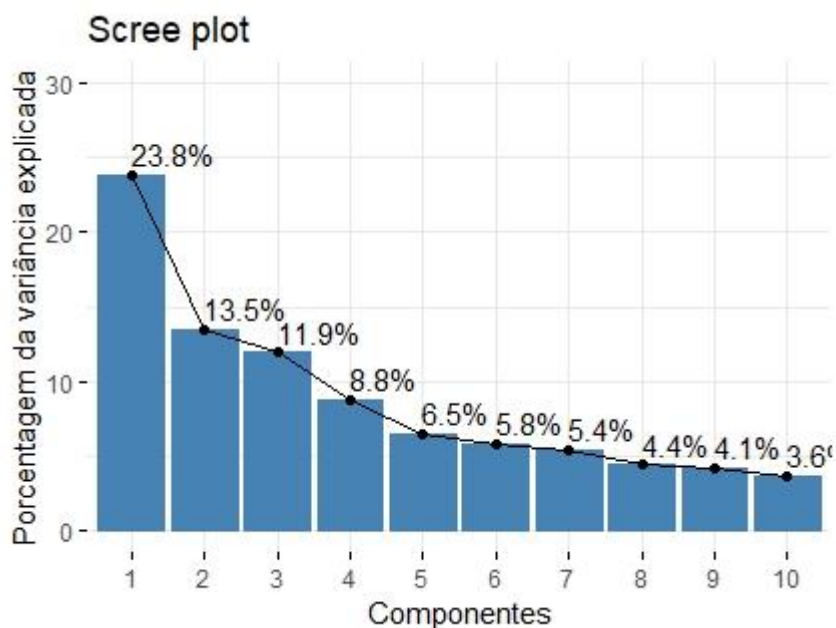


Figura 1 *scree plot* da porcentagem da variância explicada pelos 10 primeiros componentes

A Tabela 4 mostra os coeficientes de associação (auto vetores) das variáveis de qualidade da carcaça e da carne para os quatro primeiros PC. Para a caracterização dos componentes, foi adotada a utilização de variáveis com auto vetores maiores que 0,6 com o intuito utilizar variáveis que tivessem mais de 50% de influência na formação dos componentes, bem como a de evitar a utilização de um número elevado de variáveis nos componentes, o que tornaria a inferência sobre o comportamento das variáveis pouco prática e demasiadamente complexa.

Tabela 4 – Coeficientes dos auto-vetores (*loadings*) para os quatro primeiros componentes para as características de carcaça e qualidade de carne de novilhos Angus - Nelore.

	Cor da carne	Peso de carcaça e Retenção de água	Rendimento de carcaça	Teor de gordura
PCQ	0,282	-0,727	0,503	-0,011
RCQ	0,156	-0,308	0,608	-0,203
PCF	0,278	-0,737	0,487	-0,019
PPR	0,003	0,125	0,076	0,07
pH	0,087	0,265	-0,27	-0,065
EGS	0,12	-0,339	0,131	0,662
L*	0,79	0,083	-0,25	-0,107
a*	0,887	0,105	0,026	-0,045
b*	0,953	0,13	-0,049	-0,046
CHR	0,924	0,114	0,007	-0,047
HUE	0,663	0,13	-0,119	-0,031
FC	-0,31	0,101	0,401	0,413
PPE	0,178	0,708	0,474	0,167
PPG	-0,01	0,276	0,347	0,513
PT	0,163	0,719	0,517	0,267
COL	0,596	-0,07	0,025	-0,041
GOR	0,157	-0,268	-0,468	0,63
PRT	0,507	-0,051	0,294	-0,053
UMD	-0,39	0,268	0,463	-0,56
CNZ	-0,09	-0,077	0,232	0,034

Peso da carcaça quente (PCQ); rendimento de carcaça (RC); peso da carcaça fria (PCF); perdas por refrigeração (PPR); pH; espessura de gordura subcutânea (EGS); luminosidade (L*); teor de vermelho (a*); teor de amarelo (b*); *chroma* ou saturação de cor (CHR); cor real (HUE); força de cisalhamento (FC); perdas por evaporação (PPE); Perdas por gotejamento (PPG); perdas totais (PT); colágeno (COL); gordura (GOR); proteína (PRT); umidade (UMD); cinzas (CNZ).

O PC 1 foi caracterizado por medições de cor (b*, *chroma*, L*, a*, hue), enquanto PC 2 por variáveis de peso de carcaça (PCF e PCQ) e retenção de água (PT e PPE). O PC 3 foi caracterizado pela variável rendimento de carcaça (RC), PC 4 por variáveis de gordura intramuscular e de cobertura GOR e EGS respectivamente. No presente estudo, PC 1, PC 2, PC 3 e PC 4 podem ser chamados de "Cor da carne", "Peso de carcaça e retenção de água", "Rendimento de carcaça" e "Teor de gordura" respectivamente. A Figura 2 mostra o mapa de fatores (*loading plot*) das variáveis de

qualidade de carcaça e de carne no plano delimitado por PC 1 - "Cor da carne" x PC 2 - "Peso de carcaça e retenção de água". Esse gráfico permite indicar correlações entre as variáveis e entre estas e o PC. Todas as variáveis de cor da carne estão positiva e altamente correlacionadas ao PC 1, estas mesmas variáveis são negativamente correlacionadas (isto é, inversamente, $\sim 180^\circ$) às variáveis FC e UMD, ou seja, carnes com valores mais altos para as medidas de cor, tenderam a ser mais macias, porém menos úmidas, como visto anteriormente.

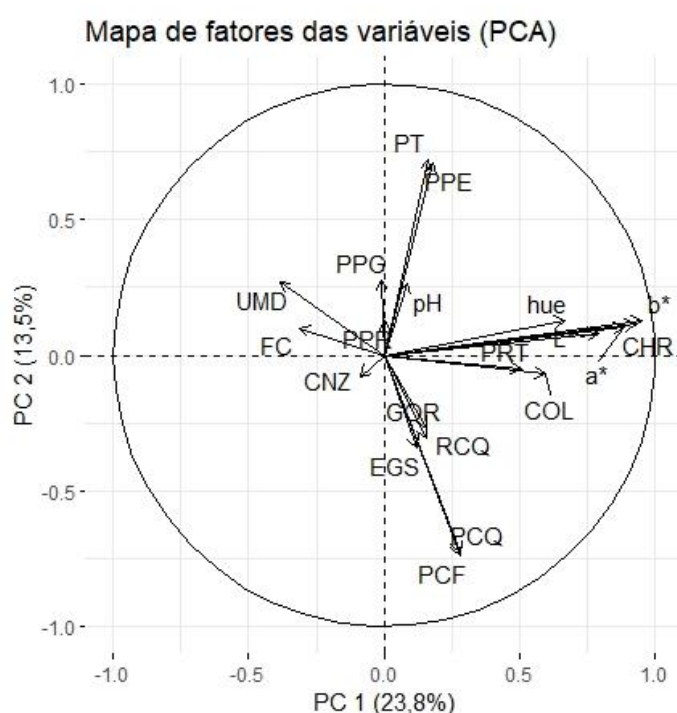


Figura 2 - Loading plot de correlação entre as variáveis e os componentes principais (PC). PC 1 (Cor da carne) e PC 2 (Peso de carcaça e retenção de água). Peso da carcaça quente (PCQ); rendimento de carcaça quente (RCQ); peso da carcaça fria (PCF); perdas por refrigeração (PPR); pH; espessura de gordura subcutânea (EGS); luminosidade (L^*); teor de vermelho (a^*); teor de amarelo (b^*); *chroma* ou saturação de cor (CHR); ângulo hue (HUE); força de cisalhamento (FC); perdas por evaporação (PPE); Perdas por gotejamento (PPG); perdas totais (PT); colágeno (COL); gordura (GOR); proteína (PRT); umidade (UMD); cinzas (CNZ).

A cor da carne (PC 1) é um dos aspectos que mais influencia as escolhas dos consumidores (Nam et al. 2009). Para examinar a relação entre características de qualidade de carne (cor, umidade, retenção de água, perdas por cozimento, textura e análise sensorial) em cordeiros machos da raça Manchego, Cañeque et al, (2004)

utilizaram a PCA e concluíram que as variáveis de cor (L^* , *chroma* e hue) foram as mais influentes. De maneira similar, Baldassini et al, (2017) utilizaram a PCA para avaliar características de qualidade da carne bovina de machos Nelore, separando os mesmos em três grupos, de acordo com o grau de cobertura de gordura e também encontraram resultados apontando para uma maior influência das variáveis de cor. No presente estudo, mostrando resultados semelhantes para novilhos Angus-Nelore, as medidas de cor da carne foram também mais efetivas para o PC 1, sendo este caracterizado por todas as variáveis colorimétricas. De acordo com Chardulo et al. (2013) o consumidor brasileiro usa características como aspecto de cor da carne para classificar a carne em termos de maciez. Da mesma forma, escores baixos da cor da carne na classificação da carcaça estão associados à redução da qualidade da carne e à rejeição dos consumidores (Hughes et al., 2014).

As variáveis PT e PPE se encontram positivamente correlacionadas ao PC 2 enquanto PCF e PCQ são negativamente correlacionadas ao eixo. Assim, amostras com valores maiores de PT e PPE (carnes com baixa retenção de água e maiores perdas por cozimento) mostraram valores menores de PCQ e PCF. O gráfico também mostra que PCQ e PCF foram positivamente associadas, ainda que em menor grau às variáveis EGS e GOR e que estas também são correlacionadas como demonstrado por Baldassini et al, (2017). Isto leva a identificação de animais leves, com pouca gordura na carne e com maiores perdas por cozimento, bem como a identificação de animais pesados com maior cumulo de gordura tendo menores perdas por cozimento, ao topo e na parte de baixo do gráfico respectivamente. Com isto é possível identificar a interação da gordura intramuscular e subcutânea com a retenção de água das amostras.

A água representa cerca de 75% da composição química do músculo, sendo o restante dividido em proteína (20%), lipídeos (5% podendo variar, influenciando o conteúdo de água), carboidratos (1%), vitaminas e minerais (1%, comumente chamados de cinzas) (Offer e Knight, 1988). A correlação negativa entre água e gordura informa que quando uma das variáveis aumenta, a outra diminui. Isto implica em um dos quesitos de maior importância para o consumidor, a suculência. A suculência é uma variável de caráter sensorial e altamente subjetiva, mas que determina aproximadamente 10% da aceitação geral do produto avaliado em painéis

sensoriais. (Watson et al., 2008). Pode-se definir a suculência como a impressão de umidade e lubrificação quando da mastigação da carne. Ainda podemos separá-la em duas partes, a inicial, definida pela rápida liberação de fluidos e conseqüentemente relacionada ao conteúdo de água da carne; e a segunda parte sendo definida como a suculência mantida ao longo do tempo, sendo relacionada ao conteúdo de gordura, a qual tem efeito estimulante na produção de saliva durante o consumo. (Winger e Hagyard, 1994). As perdas por água aumentam a medida em que a temperatura de cozimento aumenta, com isso, tem-se uma perda de suculência. Não obstante, a percepção sensorial tanto da suculência inicial, quanto da tardia são positivamente influenciadas pela quantidade de gordura intramuscular. Carnes com maiores índices de gordura, obtiveram maiores pontuações por parte dos consumidores para maciez, sabor e suculência, isto explica a preferência por carnes que apresentem maior teor de gordura, bem como os maiores preços atribuídos a estes tipos de carne. (Warner, 2017)

A Figura 3 mostra o mapa de fatores (*loading plot*) das variáveis de qualidade de carcaça e de carne no plano delimitado por PC 3 - "Rendimento de carcaça" x PC 4 - "Teor de gordura". A variável rendimento de carcaça (RC) foi positiva e altamente correlacionada ao PC 3, além de ser correlacionada com UMD, PCQ, PCF e variáveis de perdas por cozimento (PPE, PPG e PT) e força de cisalhamento (FC). As variáveis RC e UMD ainda foram negativamente correlacionadas à gordura intramuscular (GOR) e em menor grau às variáveis de cor. O componente, portanto, define animais com maiores valores de peso de carcaça, maior rendimento de carcaça, menor retenção de água e menor conteúdo de gordura, com carne mais dura sem que isso gere uma influência relevante na coloração. Isto mostra que os componentes são ortogonais, e que variáveis influentes no PC 1, foram diferentes das de PC 2 e PC 3. O PC 4, foi caracterizado por ambas as variáveis relacionadas ao conteúdo de gordura dos animais, seja a subcutânea ou a intramuscular. Estas variáveis foram correlacionadas positivamente, e pode ser identificada uma correlação negativa entre estas e a variável UMD, novamente reforçando a relação entre tais variáveis.

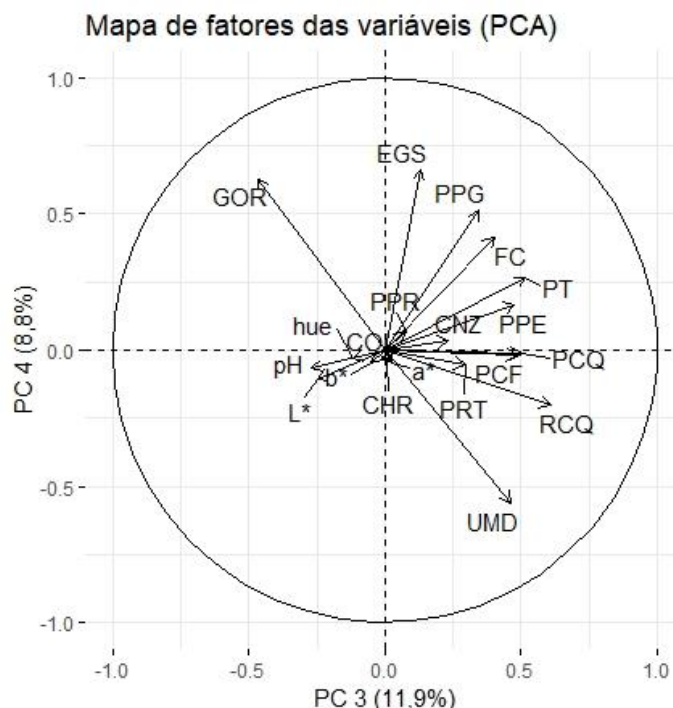


Figura 3 *Loading plot* de correlação entre as variáveis e os componentes principais (PC). PC 3 (Rendimento de carcaça) e PC 4 (Teor de gordura). Peso da carcaça quente (PCQ); rendimento de carcaça quente (RCQ); peso da carcaça fria (PCF); perdas por refrigeração (PPR); pH; espessura de gordura subcutânea (EGS); luminosidade (L^*); teor de vermelho (a^*); teor de amarelo (b^*); chroma ou saturação de cor (CHR); ângulo hue (HUE); força de cisalhamento (FC); perdas por evaporação (PPE); Perdas por gotejamento (PPG); perdas totais (PT); colágeno (COL); gordura (GOR); proteína (PRT); umidade (UMD); cinzas (CNZ).

Um maior peso de carcaça aliado a um maior rendimento, configura animais com maior quantidade de carne total, ou seja, maior proporção de músculos. Portanto, pode ser estabelecida uma outra relação, inversamente proporcional para quantidade de músculo e de gordura. Essa relação aparece na literatura comumente e pode ser explicada pela idade dos animais, visto que animais jovens que possuam maiores musculaturas tendem a depositar menos gordura (Rezende et al. 2012).

Grupos heterogêneos de qualidade de carne dos animais Angus-Nelore foram identificados através do agrupamento *K-means* após a identificação da influência das medidas de cor no conjunto de dados através da PCA. Três grupos foram derivados (Figura 4) com base no objetivo do estudo e apoiados por interpretação prática e biológica.

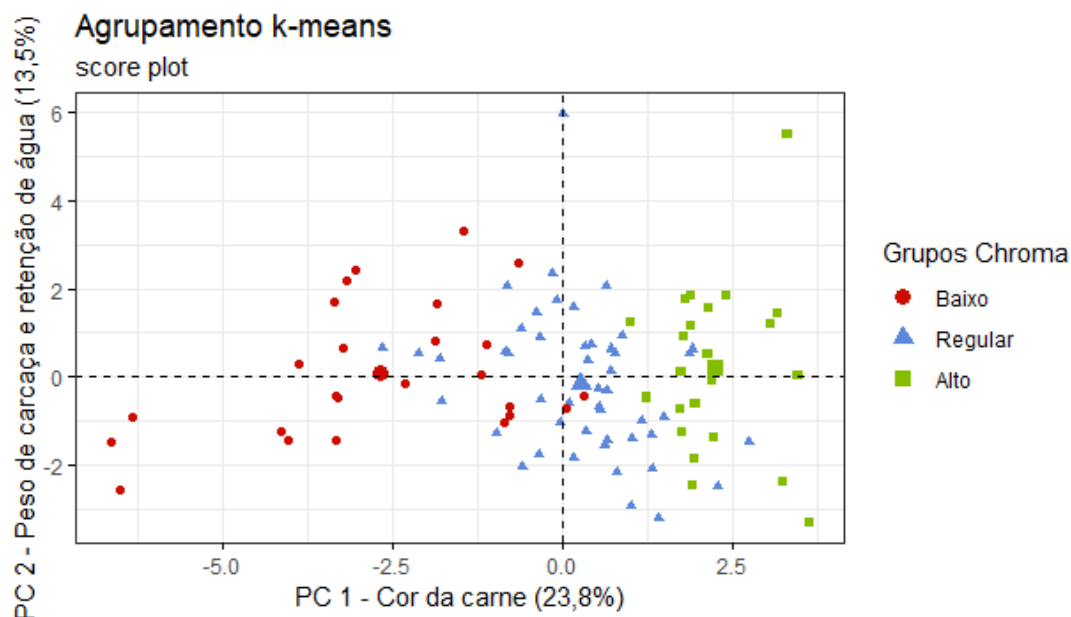


Figura 4 - *Score plot* dos dados de qualidade de carcaça e carne dos três grupos obtidos da análise de agrupamento *K-means* no espaço multivariado definido por “Cor da carne” ou componente principal 1 (PC 1) (variância explicada: 23,8%) x “peso de carcaça e retenção de água” (PC 2) (variância explicada: 13,5%). As médias de chroma nos grupos foram $18,07 \pm 1,90$ (1), $22,75 \pm 1,15$ (2), $26,08 \pm 0,79$ (3), com 25, 48 e 24 animais em cada grupo respectivamente. Símbolos de grupo: ● (Baixo), ▲ (Regular) e ■ (Alto).

A solução para separação em três grupos se mostrou mais adequada graficamente ao utilizar *chroma* (CHR) como critério de separação, tanto em função de sua alta correlação com PC 1, como por ser um índice que utiliza a interação entre as variáveis a^* e b^* , e não uma variável colorimétrica isolada. A projeção dos grupos permitiu distinguir a coloração entre as amostras. Os tamanhos dos grupos formados foram de 25 animais no grupo “Baixo”, 48 no “Regular” e 24 no “Alto”, representando 24,25%, 46,56% e 23,28% do total de animais respectivamente.. O grupo “Alto” ficou ao lado inferior direito no gráfico e identifica as amostras com maiores valores para variáveis de coloração.

Os valores de média, desvios-padrão, mínimo e máximo das variáveis para cada grupo formado encontram-se na Tabela 5.

Com base nos resultados da separação dos grupos, nota-se que todos podem ser considerados como de qualidade para as variáveis colorimétricas, visto que as médias para estas variáveis dentro dos três grupos foram superiores aos limites inferiores descritos por Abularach et al, (1998) e Muchenje et al, (2009), bem como

todos os grupos apresentaram indivíduos acima dos limites considerados altos para as variáveis pelos mesmos autores.

A diferença dos grupos, portanto, se dá em relação a influência da variáveis de cor sobre as outras, pois, sendo estas maiores no grupo “Alto”, as demais variáveis acompanharam seu comportamento, visto que apenas RC, pH e CNZ não alteraram entre os grupos. De maneira geral o aumento nos valores de *chroma*, ou seja, do grupo “Baixo” ao “Alto”, causado por aumentos em todas as variáveis de cor (L^* , a^* , b^* e hue), foi acompanhado por maiores pesos de carcaça (PCQ e PCF), quantidade de colágeno (COL) e proteína (PRT) na carne, perdas por evaporação (PPE) e totais (PT) ao cozimento, além de aumentos nos valores de gordura subcutânea (EGS). Ao mesmo tempo em que aumento em *chroma* foi acompanhado por diminuições nas perdas por gotejamento (PPG), força de cisalhamento (FC) e umidade da carne.

Tabela 5 - Médias, desvios-padrão (DP), valores mínimos e máximos de *Chroma* (CHR) e características de qualidade de carcaça e de carne de novilhos Angus-Nelore caracterizados pela PCA e divididos pelo análise de clusters k-means (com matriz de distância euclidiana), considerando *Chroma* (CHR) como um critério de separação

variáveis	<i>Chroma</i>											
	Grupo “Baixo” (n = 25) Média = 18,07 ± 1,90				Grupo “Regular” (n = 48) Média = 22,75 ± 1,15				Grupo “Alto” 3 (n = 24) Média = 26,08 ± 0,79			
	Amplitude de <i>Chroma</i>											
	CHR = 13,19 a 20,34				CHR = 20,41 a 24,66				CHR = 24,97 a 27,86			
	Média	DP	mín.	máx.	Média	DP	mín.	máx.	Média	DP	mín.	máx.
PCQ	331,92	29,82	270,50	383,00	351,01	33,95	266,50	415,00	352,96	32,88	297,00	420,00
RC	0,56	0,04	0,48	0,64	0,57	0,04	0,44	0,71	0,57	0,05	0,41	0,70
PCF	316,88	29,35	259,00	367,00	335,98	32,45	254,00	395,50	337,81	31,69	284,00	403,00
PPR	4,54	1,76	3,95	12,95	4,27	1,23	3,32	12,25	4,29	0,42	3,29	5,42
pH	5,66	0,11	5,49	6,00	5,64	0,08	5,44	5,79	5,67	0,08	5,55	5,81
EGS	7,75	2,45	3,13	12,87	7,79	2,34	3,95	16,31	8,34	2,38	4,33	14,00
L*	34,36	3,26	28,82	41,13	38,09	2,71	32,30	43,60	39,91	2,93	34,78	48,67
a*	16,48	1,62	12,65	18,79	20,61	0,99	18,23	22,15	23,42	0,69	22,49	25,05
b*	7,28	1,70	3,76	10,68	9,62	0,76	8,16	11,32	11,46	0,61	10,20	12,67
Hue	23,60	4,52	16,56	33,97	25,01	1,23	22,51	28,63	26,07	1,04	23,21	28,01
FC	3,80	1,07	2,36	7,16	3,43	1,04	2,01	8,16	3,07	0,61	1,97	4,84
PPE	17,51	3,00	12,91	25,24	17,83	3,65	10,77	29,80	19,22	5,45	12,61	41,10
PPG	2,67	0,89	1,12	5,50	2,56	0,96	0,93	4,74	2,55	0,99	0,61	5,20
PT	20,18	3,20	14,84	27,61	20,38	4,15	12,80	33,68	21,77	5,57	13,23	42,39
COL	1,40	0,19	0,97	1,72	1,49	0,12	1,20	1,71	1,52	0,10	1,34	1,72
GOR	2,36	0,66	1,23	3,44	2,31	0,62	1,18	3,74	2,58	1,15	1,11	5,72
PRT	22,83	0,41	21,97	23,48	23,16	0,57	21,72	24,31	23,32	0,50	22,41	24,29
UMD	74,53	0,77	73,11	75,74	74,31	0,75	73,01	76,37	73,98	1,11	71,62	75,65
CNZ	1,14	0,08	0,98	1,31	1,11	0,07	0,97	1,36	1,10	0,08	0,95	1,33

Peso da carcaça quente (PCQ); rendimento de carcaça quente (RCQ); peso da carcaça fria (PCF); perdas por refrigeração (PPR); pH; espessura de gordura subcutânea (EGS); luminosidade (L*); teor de vermelho (a*); teor de amarelo (b*); ângulo hue (HUE); força de cisalhamento (FC); perdas por evaporação (PPE); Perdas por gotejamento (PPG); perdas totais (PT); colágeno (COL); gordura (GOR); proteína (PRT); umidade (UMD); cinzas (CNZ).

Considerando os quesitos atribuídos a carne para que esta seja considerada de qualidade, pode-se concluir que os animais do grupo “Alto” apresentaram os valores mais satisfatórios do conjunto de dados, possuindo carnes com os mais altos valores de *chroma* ($26,08 \pm 0,79$), portanto possuindo cores mais atrativas, macias ($1,97$ a $4,84\text{kg}$), tendo sido o grupo com a menor variação nesta variável ($DP = 0,61\text{kg}$) e com maiores teores de proteína ($23,32 \pm 0,50\%$) configurando um alimento de maior valor biológico. No que diz respeito às carcaças dos animais, o grupo apresentou os maiores resultados para EGS ($8,34 \pm 2,38$), PCQ ($352,96 \pm 32,88$) e PCF ($337,81 \pm 31,69$), sendo carcaças de animais mais pesados e conseqüentemente mais produtivos no sistema. O confinamento de bovinos de corte gera animais com maior qualidade e padronização da carcaça e da carne (Baldassini et al., 2017), neste sentido, estes resultados podem ser atribuídos ao fato de os animais serem abatidos mais jovens e confinados (Baldin et al. 2013).

6- CONCLUSÃO

Este estudo mostra que novilhos (24 meses) Angus-Nelore confinados apresentam qualidade de carcaça e carne elevadas. As análises multivariadas PCA e de agrupamento *K-means* mostraram que a cor da carne é possui forte associação com qualidade e pode servir como um meio de adequado de identificar animais superiores devido à sua relação positiva com maciez, gordura, proteína, e quantidade de carne produzidos. Além disso, os resultados da PCA e *k-means* podem ser utilizados para confirmar a relação entre a cor da carne e maciez, e embora estes resultados signifiquem o abate de animais para a obtenção das variáveis, em estudos futuros, os grupos identificados podem ser utilizados para indicar quais características de qualidade da carne devem ser medidas em animais F1 Angus-Nelore para predizer a qualidade da carne. Sendo um quesito fundamental na escolha do produto final pelo consumidor, a cor da carne pode ser vista como preditora e indicadora de qualidade geral para as demais variáveis, configurando assim uma ferramenta importante na detecção e escolha de carnes superiores a partir de parâmetros visuais, além de tornar possível inferir sobre o tipo de animal produzido.

7- REFERÊNCIAS

ABIEC 2018. perfil da pecuária no Brasil – relatório anual. São Paulo, 49 p.

Abularach MLS, Rocha CE, Felício PE de (1998) Características de qualidade do contrafilé (m. l. dorsi) de touros jovens da raça Nelore. **Ciência e Tecnologia Alimentar**. 18, 205–210. <https://doi.org/10.1590/S0101-20611998000200012>

ACNB – **Associação dos Criadores de Nelore do Brasil**. Caracterização da Raça Nelore. Disponível em: <http://www.nelore.org.br/Raca/Caracterizacao>

Andrés S, Silva A, Soares-Pereira AL, Martins C, Bruno-Soares AM, Murray I, (2008) The use of visible and near infrared reflectance spectroscopy to predict beef M. longissimus thoracis et lumborum quality attributes. **Meat Science**. 78, 217–224.

Anderson S. (2007). Determination of Fat, Moisture, and Protein in Meat and Meat Products by Using the FOSS FoodScan™ Near-Infrared Spectrophotometer with FOSS Artificial Neural Network Calibration Model and Associated Database: Collaborative Study. **Journal of the Association of Official Agricultural Chemists, Journal of the Association of Official Analytical Chemists**.90, 1073–108

Alves DD, Goes RH de T e B de, Mancio AB (2005) Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**. 6, 135–149.

Arboitte MZ, Restle J, Alves Filho DC, Brondani IL, Pacheco PS, Menezes LFG de, Perottoni J (2004) Composição física da carcaça, qualidade da carne e conteúdo de colesterol no músculo Longissimus dorsi de novilhos 5/8 Nelore - 3/8 Charolês terminados em confinamento e abatidos em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 33, 959–968.

Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (2018) Perfil da Pecuária no Brasil.

Baker JF, Long CR, Posada GA, McElhenney WH, Cartwright TC (1989) comparison of cattle of a five-breed diallel: size, growth, condition and pubertal characters of second-generation heifers. **Journal of Animal Science**. 67, 1218–1229.

Baldin S, Millen D, Martins C, Pereira A, Barducci R, Arrigoni M (2013) Feedlot performance, carcass characteristics and meat quality of Nellore and Canchim bulls fed diets supplemented with vitamins D and E. **Acta Scientiarum Animal Sciences** 35, 403–410. doi:10.4025/actascianimsci. v35i 4.18801

Baldassini WA, Chardulo LAL, Silva JAV, Malheiros JM, Dias VAD, Espigolan R, Baldi FS, Albuquerque LG, Fernandes TT, Padilha PM (2017) Meat quality traits of Nellore bulls according to different degrees of backfat thickness: a multivariate approach. **Animal Production Science**. 57, 363. <https://doi.org/10.1071/AN15120>

Barbosa PF (2002) Cruzamento Industrial: Onde, quando e porque?, in: **ENCONTRO NACIONAL DO NOVILHO PRECOCE**. Embrapa Pecuária Sudeste., Cuiabá.

Barbosa PF (1990) Cruzamentos para produção de carne bovina no Brasil, in: **SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**. SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Piracicaba, p. 146.

Barcellos VC, Mottin C, Passetti RAC, Guerrero A, Eiras CE, Prohmann PEF, Vital ACP, Prado IN do (2017) Carcass characteristics and sensorial evaluation of meat from Nellore steers and crossbred Angus vs. Nellore bulls. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. 39, 437. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i4.36692>

Benkeblia N (2012) **Omics technologies : tools for food science**. Taylor & Francis.

Boleman SJ, Boleman SL, Miller RK, Taylor JF, Cross HR, Wheeler TL, Koohmaraie M, Shackelford SD, Miller MF, West RL, Johnson DD, Savell JW (1997) Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. **Journal of Animal Science**. 75, 1521–4.

Bonilha SFM, Packer IU, Figueiredo LA de, Resende FD de, Alleoni GF, Razook AG (2007) Efeito da seleção para peso pós-desmame sobre a composição corporal de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 36, 1282–1287.

Cañeque V, Velasco S, Díaz MT, Huidobro FR De, Pérez C, Lauzurica S (2003) Use of whole barley with a protein supplement to fatten lambs under different management systems and its effect on meat and carcass quality. **Animal Research**. 52, 271–285.

Cañeque V, Pérez C, Velasco S, Lauzurica S, Alvarez I, Ruiz de Huidobro F., Onega E, De la Fuente J (2004) Carcass and meat quality of light lambs using principal component analysis. **Meat Science**. 67, 595–605.

Cattell RB (1966) The Scree Test For The Number Of Factors. **Multivariate Behavioral Research**. 1, 245–276. https://doi.org/10.1207/s15327906mbr0102_10

Chardulo LAL, Silveira AC, Vianello F (2013) **Analytical Aspects for Tropical Meat Quality Assessment, in: Food Quality, Safety and Technology**. Springer Vienna, Vienna, pp. 53–62. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1640-1_4

Chriki S, Gardner GE, Jurie C, Picard B, Micol D, Brun JP, Journaux L, Hocquette JF (2012) Cluster analysis application identifies muscle characteristics of importance for beef tenderness. **BMC Biochemistry**. 13, 29.

Costa EC, Restle J, Vaz FN, Alves Filho DC, Bernardes RALC, Kuss F (2002) Características da Carcaça de Novilhos Red Angus Superprecoces Abatidos com Diferentes Pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 31, 119–128.

Costa C, Meirelles PR de L, Savastano S, Arrigoni M de B, Silveira AC, Roça R de O, Mourão GB (2007). Efeito da castração sobre a qualidade da carne de bovinos superprecoces., in: Veterinária E Zootecnia. **Veterinária e zootecnia**, v. 14, n. 1, p. 115-123, jun. 2007., pp. 115–123.

De Paula EFE, Stivari TSS, Salgado JÁ, Fernandes MAM, Gilaverte S, Monteiro ALG. 2013 Determinação da qualidade da carne com uso da espectroscopia de reflectância **Scientia Agraria Paranaensis** 12 - 4, 301-307,

Destefanis G, Barge MT, Brugiapaglia A, Tassone S (2000) The use of principal component analysis (PCA) to characterize beef. **Meat Science**. 56, 255–259.

Ding C, He X (2004) **Cluster Structure of K-means Clustering via Principal Component Analysis**. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 414–418.

EMBRAPA Gado de Corte (1999) Conhecendo a carne que você consome. **Embrapa Gado Corte**. Documentos. 77.

Felício PE (1997) FATORES ANTE E POST MORTEM QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DA CARNE BOVINA. Piracicaba.

Fernandes ARM, Sampaio AAM, Henrique W, Oliveira EA, Tullio RR, Perecin D, Detmann E, De Queiroz AC, Cecon PR, Zervoudakis JT, Paulino MF, De Campos Valadares Filho S, Da Silva Cabral L, De Paula Lana R, Leme PR, Boin C, Célia R, Margarido C, Tedeschi LO, Carlos J, Vanini OF, Alleoni GF, Filho AL (2008) Desempenho em Confinamento e Características de Carcaça de Bovinos Machos de Diferentes Cruzamentos Abatidos em Três Faixas de Peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 60, 2347–2353.

Ferraz JBS, Felício PE (2010) Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**. 84, 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.006>

Ferro Palma S (2017) **Transformação Do Músculo Em Carne - Influência Na Qualidade Da Carne**. Beja.

Field RA (1971) Effect of castration on meat quality and quantity. **Journal of Animal Science**. 32, 849–58.

Geay Y, Bauchart D, Hocquette JF, Culioli J (2001) Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. **Reproduction, nutrition, development**. 41, 1–26.

George MH (2001) **Managing cattle feeding programs for marbling**. Marbling Symposium.

Hedrick HB, Paterson JA, Matches AG, Thomas JD, Morrow RE, Stringer WG, Lipsey RJ (1983) Carcass and Palatability Characteristics of Beef Produced on Pasture, Corn Silage and Corn Grain. **Journal of Animal Science**. 57, 791–801.

Hollung K, Veiseth-Kent E. 2012. Omics Technologies: Tools for food science. Nouredine Benkeblia, **University of the West Indies**, Kingston, Jamaica. CRC Press, p. 313-338,.

Hopkins DL (2017) **The Eating Quality Of Meat**, in: Lawrie's Meat Science. Elsevier, p. 713.

Hopkins DL, Geesink G (2009) **Protein degradation post mortem and tenderisation**, in: Editors: Du, M. and McCormick, R. (Ed.), Applied Muscle Biology and Meat Science. CRC Press, pp. 149–17.

Hopkins DL, Hegarty RS, Walker PJ, Pethick DW (2006) Relationship between animal age, intramuscular fat, cooking loss, pH, shear force and eating quality of aged meat from sheep. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. 46, 879.

Hughes JM, Oiseth SK, Purslow PP, Warner RD (2014) A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**. 98.

Hughes JM, Kearney G, Warner RD (2014) Improving beef meat colour scores at carcass grading. **Animal Production Science** 54, 422–429.

Johnson DD, Lunt DK, Savell JW, Smith GC (1988) Factors Affecting Carcass Characteristics and Palatability of Young Bulls. **Journal of Animal Science**. 66, 2568.

Kaiser HF (1960) Directional statistical decisions. **Psychological review**. 67, 160–7.

King DA, Morgan WW, Miller RK, Sanders JO, Lunt DK, Taylor JF, Gill CA, Savell JW (2006) Carcass merit between and among family groups of Bos indicus crossbred steers and heifers. **Meat Science**. 72, 496–502.

Koger M (1980) Effective crossbreeding systems utilizing Zebu cattle. **Journal of Animal Science**. 50, 1215–20.

Kondjoyan A, Kohler A, Realini CE, Portanguen S, Kowalski R, Clerjon S, Gatellier P, Chevolleau S, Bonny JM, Debrauwer L (2014) Towards models for the prediction of beef meat quality during cooking. **Meat Science**. 97, 323–331.

Koohmaraie M, Wheeler TL, King DA, Shackelford SD (2003) Understanding and Managing Variation in Meat Tenderness, in: **Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia**. Sociedade Brasileira De Zootecnia, Santa Maria.

Lana A, Zolla L (2016) Proteolysis in meat tenderization from the point of view of each single protein: A proteomic perspective. **Journal of Proteomics**. 147, 85–97.

Leme PR, Boin C, Margarido RCC, Tedeschi LO, Hausknecht JCOV, Alleoni GF, Filho AL. (2000). Desempenho em confinamento e características de carcaça de bovinos machos de diferentes cruzamentos abatidos em três faixas de Peso. **Revista brasileira de zootecnia.**, 29(6):2347-2353

Leme PR, Silva SDL, Pereira ASC, Putrino SM, Lanna DPD, Nogueira Filho JCM. (2003) Utilização do bagaço de cana-de-açúcar em dietas com elevada proporção de concentrados para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia.** 32, 1786–1791.

López-Bote C (2017) **Chemical and Biochemical Constitution of Muscle**, in: Lawrie's Meat Science. Elsevier, pp. 99–158. 2

López EJ, Peraza-Mercado G, Holguiny FM, Fabian M, Itzá-Ortiz (2012) Relationship Between Live Animal Weight, Warm and Cold Carcass Weight and Carcass Principal Components. **Global Veterinaria** 9, 179–183.

Luchiari Filho A (1986) **Characterization and prediction of cutability traits of zebu and crossbreed types of cattle produced in southeast Brazil.** Kansas State University.

Luiz FP (2016) **Efeito do uso combinado de monensina sódica e virginiamicina sobre as características da carne de bovinos Nelore terminados em confinamento.** Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Maggioni D, Marques J de A, Perotto D, Rotta PP, Ducatti T, Matsushita M, Silva RR, Prado IN do (2009) Bermuda Grass Hay or Sorghum Silage with or without Yeast Addition on Performance and Carcass Characteristics of Crossbred Young Bulls Finished in Feedlot. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.** 22, 206–215.

Maggioni D, Marques J de A, Rotta PP, Perotto D, Ducatti T, Visentainer JV, Prado IN do (2010) Animal performance and meat quality of crossbred young bulls. **Livestock Science.** 127, 176–182.

Manço MCW (2006) **Características físico-químicas, sensoriais e higiênicas da carne bovina em duas classes de maturidade e sob influência da maturação.** 121 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Unesp, Botucatu.

Marcondes MI, Valadares Filho SDC, Oliveira IM De, Paulino PVR, Valadares RFD, Detmann E (2011) Eficiência alimentar de bovinos puros e mestiços recebendo alto ou baixo. **Revista Brasileira de Zootecnia.** 40, 1313–1324.

Matarneh SK, England EM, Scheffler TL, Gerrard DE (2017) **The Conversion of Muscle to Meat**, in: Lawrie's Meat Science. Elsevier, pp. 159–185.

Mir NA, Rafiq A, Kumar F, Singh V, Shukla V (2017) Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. **Journal of Food Science and Technology**. 54, 2997–3009.

Muchenje V, Dzama K, Chimonyo M, Strydom PE, Hugo A, Raats JG. (2009) Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. **Food Chemistry**, 112 (2) p 279-289

Naes T, Baardseth P, Helgesen H, Isaksson T (1996) Multivariate techniques in the analysis of meat quality. **Meat Science**. 43, 135–149.

Nam YJ, Choi YM, Lee SH, Choe JH, Jeong DW, Kim YY, Kim BC (2009) Sensory evaluations of porcine longissimus dorsi muscle: Relationships with postmortem meat quality traits and muscle fiber characteristics. **Meat Science**. 83, 731–736.

Offer G, Knight P (1988) **Structural basis of water-holding in meat. 1. General principles and water uptake in meat processing**. Developments in meat science.

Oliveira EA, Sampaio AAM, Fernandes ARM, Henrique W, Andrade AT de, Rosa BL, Pivaro TM (2010) Métodos de mensuração da área de olho de lombo e suas relações entre componentes da carcaça de touros jovens confinados. **Agrarian**. 3, 216–223.

Oliveira IM de, Paulino PVR, Marcondes MI, Valadares Filho S de C, Cavali J, Prados LF, Duarte M de S, Detmann E (2011) Beef quality traits of Nellore, F1 Simmental x Nellore and F1 Angus x Nellore steers fed at the maintenance level or ad libitum with two concentrate levels in the diet. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 40, 2894–2902.

Page JK, Wulf DM, Schwotzer TR (2001) A survey of beef muscle color and pH. **Journal of Animal Science**. 79, 678–87.

Passett R, Torrecilhas J, Ornaghi M, Mottin C, Guerrero A (2016) Determinação da coloração e a disposição de compra pelos consumidores da carne bovina. **PubVet**. 10, 179–189.

Paulino PVR, Valadares Filho S de C, Detmann E, Valadares RFD, Fonseca MA, Marcondes MI (2009) Deposição de tecidos e componentes químicos corporais em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 38, 2516–2524.

Paz CCP, Luchiari Filho A (2000) **Melhoramento genético e diferenças de raças com relação à qualidade da carne bovina**. Pecuária de Corte 58–63.

Pereira DH, Pereira OG, Valadares Filho SdeC, Garcia R, Oliveira AP, Martins FH, Viana V (2006) Consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos de corte recebendo silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e diferentes proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 35, 282–291.

Pereira PMRC, Pinto MF, Abreu UGP de, Lara JAF de (2009) Características de carcaça e qualidade de carne de novilhos superprecoces de três grupos genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 44, 1520–1527.

Perotto D, Jorge J, Moletta JL (2000) Características Quantitativas de Carcaça de Bovinos Zebu e de Cruzamentos Bos taurus x Zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 29, 2019–2029.

Pethick DW, Harper GS, Oddy VH (2004) Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. 44, 705.

Pflanzer SB, de Felício PE (2011) Moisture and fat content, marbling level and color of boneless rib cut from Nellore steers varying in maturity and fatness. **Meat Science**. 87, 7–11.

Pinheiro, RSB, Silva Sobrinho AG, Souza HBA, Yamamoto SM, Polizel Neto, A. Capacidade de retenção de água e das perdas de água por cocção da carne de ovinos de diferentes categorias. In: ZOOTEC, 2007, Londrina – PR. **Anais...** Londrina – PR, 2007, CD-ROM.

Polkinghorne RJ, Thompson JM (2010) Meat standards and grading. **Meat Science**. 86, 227–235.

Prado IN, Maggioni D, Abrahão JJ, Zawadz F, Valero MV, Marques JA, Haruyosi Ito R, Perotto D (2008) Carcass characteristics and chemical composition of the Longissimus muscle of Purunã and ½ Purunã vs. ½ Canchin bulls. **Asian Australasian Journal of Animal Science**. 21, 1296–1302.

Prado IN, Maggioni D, Abrahão JS, Zawadzki F, Velandia Valero M, de Araújo Marques J, Haruyosi Ito R, Perotto D (2011) Composição química e perfil de ácidos graxos do músculo Longissimus de bovinos de diferentes grupos genéticos alimentados com silagem de sorgo ou cana-de-açúcar e terminados com 3,4 ou 4,8 mm de espessura de gordura de cobertura. **Semina Ciências Agrárias**. 32, 1461–1476.

Priolo A, Micol D, Agabriel J (2001) Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. **Animal Research**. 50, 185–200.

Purchas RW (1990) An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. **Meat Science**. 27, 129–140.

Purchas RW, Yan X, Hartley DG (1999) The influence of a period of ageing on the relationship between ultimate pH and shear values of beef m. longissimus thoracis. **Meat Science**. 51, 135–41.

Ramos EM, Gomide LA (2007) **Avaliação da Qualidade de Carnes 2ª Edição - Fundamentos e Metodologias**, 2nd ed. UFV, Viçosa.

Restle J, Keplin LA da S., Vaz FN (1997) Desempenho em confinamento de novilhos Charoles terminados com diferentes pesos. - Portal Embrapa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 32, 851–860.

Restle J, Vaz FN, Feijó GLD, Brondani IL, Alves Filho DC, Bernardes RAC, Faturi C, Pacheco PS (2000) Características de carcaça de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes composições aciais Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 29, 1371–1379. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000500015>

Rezende PL de P, Restle J, Fernandes JJ de R, Freitas Neto MD de, Prado CS, Pereira MLR (2012) Carcass and meat characteristics of crossbred steers submitted to different nutritional strategies at growing and finishing phases. **Ciência Rural**. 42, 875–881. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000500019>

Rivaroli DC, Guerrero A, Velandia Valero M, Zawadzki F, Eiras CE, Campo M del M, Sañudo C, Mendes Jorge A, Nunes do Prado I (2016) Effect of essential oils on meat and fat qualities of crossbred young bulls finished in feedlots. **Meat Science**. 121, 278–284.

Roça RO, Modificações pós-morte da carne. 2001. <<http://www.fca.unesp.br>>. Acesso em: 21 mai. 2018.

Rodrigues LDS, Moura AFD, Pacheco RF, Paula PCD, Brondani IL, Alves Filho DC (2015) Características da carcaça e da carne de vacas de descarte abatidas com distintos pesos e grau de acabamento – abordagem meta-analítica. **Ciência Animal Brasileira**. 16, 508–516. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v16i434519>

Santos CL, Pérez JRO, Cruz CAC, Muniz JÁ, Santos IPA, Almeida TRV. Análise centesimal dos cortes da carcaça de cordeiros Santa Inês e Bergamácia. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.1, p.51- 59, jan.mar., 2008.

Savage AWJ, Warriss PD, Jolley PD (1990) The amount and composition of the proteins in drip from stored pig meat. **Meat Science**. 27, 289–303.

Shackelford SD, Wheeler TL, Koohmaraie M (1997) Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef longissimus shear force at 1 or 2 days postmortem as a predictor of aged beef tenderness. **Journal of Animal Science**. 75, 2417–22.

Silva MR, de Paula EJH, Oliveira DFP, Cervelati KF, Pinheiro MSM. (2011) Importância da deposição de gordura em bovinos de corte e sua mensuração através da técnica de ultrassonografia. **PUBVET**, Londrina, 162.

Silva, JAII de V, Ribeiro CB, Maiorano AM, Hadlich JC, Curi RA, Oliveira HN, Lamare M, Meirelles PR de L (2015) Influência de fatores ambientais sobre pesos pré-desmama de bovinos cruzados Aberdeen Angus x Nelore. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 16, 278–289.

Stern GG. (2016) **Parâmetros Físico-Químicos E Composição Centesimal Dos Músculos De Bovinos Holandeses Alimentados Com Dietas De Alto Concentrado**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Stolowski GD, Baird BE, Miller RK, Savell JW, Sams AR, Taylor JF, Sanders JO, Smith SB (2006) Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. **Meat Science**. 73, 475–483.

Thompson J (2002) Managing meat tenderness. **Meat Science**. 62, 295–308.

Torres Filho R de A (2015) **Avaliação da qualidade da carne bovina de Nelore e Aberdeen Angus durante a maturação por Biospeckle Laser**. Universidade Federal de Lavras.

Troy DJ, Kerry JP (2010) Consumer perception and the role of science in the meat industry. **Meat Science**. 86, 214–226.

USDA - United States Department of Agriculture (2018). **Livestock and Poultry: World Markets and Trade** | USDA Foreign Agricultural Service.

Valadares Filho SC, Paulino PVR, Magalhães KA (2015) Exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil: desafios, in: **Congresso Brasileiro De Zootecnia – ZOOTEC**. Campo Grande.

Warner RD (2017) The Eating Quality of Meat-IV Water-Holding Capacity and Juiciness, **Lawrie's Meat Science: Eighth Edition**. Elsevier Ltd.

Watson R, Gee B A, Polkinghorne R, Porter M (2008) Consumer assessment of eating quality-development of protocols for Meat Standards Australia (MSA) testing. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. 48, 1360–1367.

Wheeler T, Koohmaraie M, Cundiff L, Dikeman M (1994) Effects of cooking and shearing methodology on variation in Warner-Bratzler shear force values in beef. **Journal of Animal Science** 72, 2325–2330.

Winger RJ, Hagyard CJ (1994) **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**, in: *Quality Attributes and Their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products*. Springer, p. 505.

Wulf DM, O'Connor SF, Tatum JD, Smith GC (1997) Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**. 75, 684–92.

Young OA, Hopkins DL, Pethick DW (2005) Critical control points for meat quality in the Australian sheep meat supply chain Critical control points for meat quality in the Australian sheep meat supply chain. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. 45, 593. <https://doi.org/10.1071/EA04006>.