

LUIZ HENRIQUE PEREIRA SILVA

**EFEITO DO PLANO NUTRICIONAL PRÉVIO SOBRE O DESEMPENHO  
PRODUTIVO E AS CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E DA CARNE DE  
MACHOS NELORE NÃO CASTRADOS TERMINADOS EM  
CONFINAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586e  
2014  
Silva, Luiz Henrique Pereira, 1989-  
Efeito do plano nutricional prévio sobre o desempenho  
produtivo e as características de carcaça e da carne de machos  
Nelore não castrados terminados em confinamento / Luiz  
Henrique Pereira Silva. – Viçosa, MG, 2014.  
x, 73f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Pedro Veiga Rodrigues Paulino.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Bovino de corte - Alimentação. 2. Bovino de corte -  
Carcaça. 3. Nelore. 4. Produtividade. I. Universidade Federal de  
Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-graduação  
em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.20852

LUIZ HENRIQUE PEREIRA SILVA

**EFEITO DO PLANO NUTRICIONAL PRÉVIO SOBRE O DESEMPENHO  
PRODUTIVO E AS CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E DA CARNE DE  
MACHOS NELORE NÃO CASTRADOS TERMINADOS EM  
CONFINAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 21 de fevereiro de 2014.

---

Sebastião de Campos Valadares Filho  
(Coorientador)

---

Mário Fonseca Paulino  
(Coorientador)

---

Mário Luiz Chizzotti

---

Fernando de Paula Leonel

---

Pedro Veiga Rodrigues Paulino  
(Orientador)

## DEDICATÓRIA

Dedico esta vitória aos meus pais Ricardo e Germina, por sempre me apoiarem em meus sonhos e aspirações.

Aos meus irmãos Robson, Renata e Diêgo, por todo apoio e incentivo que sempre me deram.

À minha namorada Márcia por todo o seu amor e compreensão em minhas ausências.

À minha Vozinha Joaquina e Vô Luiz (in memoriam) pelos exemplos de vida que sempre me deram.

À cada um dos meus familiares por sempre acreditarem em mim, me apoiaram e sempre me recordaram em seus pensamentos e orações.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pelos dons que me concedeu.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial o Departamento de Zootecnia-DZO, por proporcionar toda a estrutura necessária para o meu aprendizado e formação profissional.

À todos os professores do Departamento de Zootecnia, que contribuíram com minha formação, em especial aos meus coorientadores Sebastião Campos e Mário Paulino, por contribuírem de forma direta com a realização de minha pesquisa. Ao professor Mário Chizzotti, por toda a orientação já me concedida em tão pouco tempo.

Ao Professor Pedro Veiga, pela amizade e por toda orientação a mim conferida, durante toda a minha graduação e mestrado, Meu muito obrigado!

Aos funcionários do DZO, em especial o Natanael (Pum), Joécio, Zezé, Mauro Godoy, Junior (in memoriam), por todo o apoio dado durante a realização do experimento. Em especial à Juliana, pelo apoio nas análises de carne.

Agradeço aqui também aos eternos LPVs, colegas para quem pude trabalhar e que se tornaram meus grandes amigos e que contribuíram muito para minha formação pessoal e profissional. Marcim, Rafael (Gaúcho), Ivanna, Simone, Pedrão e João Paulo (Toquinho). Agradeço também a Juliana Chaves, pela ajuda com as análises no laboratório de carnes.

À comissão organizadora do SIMCORTE, pela amizade, pelos bons momentos compartilhados e pela troca de experiências proporcionada.

Ao amigo mexicano Maurício Miguel pela amizade e o apoio dedicado durante o experimento.

Aos grandes amigos Zootecnistas da turma ZOO7, em especial ao Daniel (Chu), Leandro, William (O doido), João Paulo (Black), Alex (Tony), César (Cesinha) e Felipe (Dida), certamente amigos para toda a vida.

Agradeço à todos os amigos estagiários, que com toda certeza contribuíram diretamente para a realização deste trabalho por tornarem o trabalho prazeroso. Agradeço então ao Matheus, Jaqueline, Rafael, Larissa, Nara, Debora, Karen, Gutierrez, Mari, Gabriela, Isabela, Luana, João, Tiago, Bruno. Muito obrigado, sem a ajuda fundamental de vocês este trabalho não seria possível.

Às atuais colegas da pós-graduação, Taiane e Lyvian, que sempre me deram suporte no que precisei.

Aos demais amigos e colegas da pós-graduação por me ajudarem e contribuírem com meu aprendizado.

Aos irmãos da família 1632 (No Lomba), que sempre torceram por mim.

Agradeço também aos meus irmãos Alex (Tony) e o Tarciso (Tche) pelo todo o convívio, amizade e apoio durante todo o meu mestrado.

À CNPQ pela concessão da bolsa de estudos.

Agradeço também à Nutron/Cargill pelo fornecimento do núcleo mineral para composição das dietas experimentais.

A todos que contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho, meu muito OBRIGADO!

## **BIOGRAFIA**

Luiz Henrique Pereira Silva, filho de Germina Pereira Silva e Ricardo Pereira Matos, nasceu em 4 de Abril de 1989, na cidade de Janaúba, Minas Gerais.

Ingressou-se no curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa no ano de 2007, graduando-se em Zootecnia em janeiro de 2012.

Em março de 2012 ingressou-se no curso de Mestrado em Zootecnia, no programa de pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Submeteu-se à defesa de dissertação em 21 de fevereiro de 2014.

# ÍNDICE

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	ix
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
LITERATURA CITADA .....	8
CAPÍTULO 1- Efeito do plano nutricional prévio sobre o desempenho produtivo e as características de carcaça de machos Nelore não castrados terminados em confinamento ....	12
INTRODUÇÃO .....	14
MATERIAL E MÉTODOS .....	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
CONCLUSÃO .....	47
LITERATURA CITADA .....	48
CAPÍTULO 2- Efeito do plano nutricional prévio sobre as características qualitativas da carne de machos Nelore não castrados terminados em confinamento .....	52
INTRODUÇÃO .....	54
MATERIAL E MÉTODOS .....	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	61
CONCLUSÃO .....	70
LITERATURA CITADA .....	70

## RESUMO

SILVA, Luiz Henrique Pereira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Efeito do plano nutricional prévio sobre o desempenho produtivo e as características de carcaça e da carne de machos nelore não castrados terminados em confinamento.** Orientador: Pedro Veiga Rodrigues Paulino. Coorientadores: Sebastião de Campos Valadares Filho e Mário Fonseca Paulino.

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da restrição alimentar na fase de crescimento, após o desmame, sobre o desempenho produtivo e as características da carcaça e da carne produzida por tourinhos Nelore terminados em confinamento com dieta de alto grão. Os dados foram apresentados em dois capítulos, sendo no primeiro descrito o desempenho produtivo e as características de carcaça, enquanto o segundo capítulo abordou as características qualitativas da carne. Foram utilizados 39 machos não castrados Nelore, com idade média inicial de  $8,5 \pm 0,2$  meses e peso corporal médio de  $230,4 \pm 5,6$ kg, que foram confinados. Inicialmente, foram abatidos cinco animais para determinar a composição corporal inicial, os demais foram distribuídos nos tratamentos, que consistiram de baixo ganho na fase de crescimento e alto na terminação (BA, n=10), médio ganho na fase de crescimento e alto na terminação (MA, n=12) e alto ganho em ambas as fases (AA, n=12). Ao final da fase de crescimento cinco animais do tratamento BA e seis dos MA e AA foram abatidos. Os demais permaneceram no experimento sendo abatidos ao final da fase de terminação. O consumo em kg/d de MS e dos nutrientes na terminação não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. O consumo de MS e FDN<sub>cp</sub>, quando expressos em  $g \cdot kg \text{ BW}^{-1} \cdot d^{-1}$ , não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos MA e BA, que foram maiores que o AA. O tratamento BA apresentou maiores ( $P < 0,05$ ) ganhos médios diários de peso vivo (PV), peso de corpo vazio (PCVZ), de carcaça e de proteína e água na carcaça em relação aos tratamentos MA e AA que não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre si. O ganho de componentes não carcaça foi menor para o tratamento AA em relação aos demais e não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos BA e MA. O tratamento BA apresentou maior eficiência alimentar e melhor conversão alimentar de carcaça que os demais tratamentos. O PV e o PCVZ ao final da fase de terminação foi maior ( $P < 0,05$ ) para o tratamento AA, menor para o BA e intermediário para o MA que não diferiu ( $P > 0,05$ ) dos demais tratamentos. Os valores de peso de carcaça e rendimento de carcaça foram maiores para o tratamento AA em relação aos demais. Os animais do tratamento AA apresentou maior ( $P < 0,05$ ) espessura de gordura subcutânea. Ao final da fase de crescimento, foi observada diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para o comprimento final do sarcômero, sendo o valor médio maior para o tratamento AA, menor para o BA e intermediário para o MA que não diferiu dos outros

dois tratamentos. Ao final da fase de crescimento foi observado também, um menor ( $P < 0,05$ ) valor de intensidade de vermelho ( $a^*$ ) para os animais do tratamento BA em relação aos tratamentos MA e AA, que não diferiram entre si. No abate ao final da fase de crescimento, foi encontrada diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para o valor de intensidade de amarelo ( $b^*$ ) da carne, sendo o maior valor médio obtido para o tratamento AA, o menor para o BA e valor intermediário foi obtido para o tratamento MA, que não diferiu dos demais. Não foram observadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) para as demais características avaliadas nos bifes obtidos ao final da fase de crescimento. Não foi observada nenhuma diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os valores médios dos tratamentos para as características qualitativas avaliadas nos bifes obtidos ao final da fase de terminação. Conclui-se então que, animais Nelore jovens submetidos à restrição alimentar quali e quantitativa prévia, apresentam maiores ganhos diários dos componentes corporais. Quando submetidos previamente à uma moderada restrição qualitativa, compensam na fase de terminação todo o peso que deixaram de ganhar durante a restrição, sem no entanto aumentarem expressivamente o seu ganho médio diário. Animais previamente restritos, apresentam maior consumo relativo de MS e de fibra, maior ganho de componentes não constituintes da carcaça, menor transferência do ganho de peso vivo para a carcaça, menor rendimento de carcaça e produzem carcaças mais leves e mais magras. Apesar dos animais em crescimento compensatório terem apresentado melhor conversão alimentar de carcaça na fase de terminação, considerando o período total do experimento, os animais em crescimento contínuo são mais eficientes na conversão de alimento em carcaça. Quanto às características qualitativas da carne, pode-se concluir que a restrição alimentar após o desmame não afeta as características qualitativas da carne quando os animais passam por longo período de terminação. Os resultados obtidos sugerem que, em condição de resfriamento da carcaça similar à do presente trabalho, as carcaças devem ter um mínimo de 3,6 mm de espessura de gordura subcutânea para prevenir impactos negativos do cold shortening sobre o comprimento final do sarcômero e conseqüentemente sobre a maciez da carne.

## ABSTRACT

SILVA, Luiz Henrique Pereira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2014. **Effect of previous nutritional plane on animal performance, carcass traits and meat quality of Nelore young bulls finished in feedlot.** Adviser: Pedro Veiga Rodrigues Paulino. Co-adviser: Sebastião de Campos Valadares Filho and Mário Fonseca Paulino.

The present work was conducted aiming to evaluate the effects of feed restriction during post-weaning growing phase on animal performance, carcass traits and meat quality of Nelore feedlot finished with high-grain diet. To better discussing, the data were divided into two chapters; the first is about animal performance and carcass traits, while the second chapter is about meat quality. 39 young bulls with  $8.5 \pm 0.2$  months old and initial body weight of  $230.4 \pm 5.6$  kg, were used in this trial. At the beginning, five animals were slaughtered as reference group and the thirty-five remaining were allocated in one of the treatments, that were: low gain in growing phase and high gain in finishing (LH), medium gain in growing phase and high in finishing (MH) and high gain in both phases (HH). At the end of growing phase 5 LH, 6 MH and 6 HH animals were slaughtered and the remaining started the finishing phase and were slaughtered in the end of this phase. The intakes of dry mater (DM) and all nutrients did not differ ( $P > 0.05$ ) among the treatments when expressed as kg/d. However when DM and NDFap were expressed in  $\text{g.kg BW}^{-1}.\text{d}^{-1}$ , were higher ( $P < 0.05$ ) for MH and LH than HH. The LH animals showed in the finishing phase greater ( $P < 0.05$ ) daily gain of body weight (BW) and empty body weight (EBW), greater carcass gain, greater carcass protein gain and greater carcass water gain than MH and HH. The LH and MH gain of non-carcass components was greater ( $P < 0.05$ ) than HH. The LH treatment had greater ( $P < 0.05$ ) feed efficiency and better carcass feed conversion than MH and HH. The BW and the EBW at the end of finishing phase were greatest for the HH animals, lowest for the LH and intermediate for MH that did not differ than HH and LH. The carcass weight and carcass dressing percentage were higher ( $P < 0.05$ ) for HH than others treatments. The HH treatment had greater ( $P < 0.05$ ) fat thickness. About the beef quality, at the end of growing phase significant difference ( $P > 0.05$ ) was observed for the final sarcomere length, with the highest average value to HH treatment, the lowest to LH and intermediate for MH that did not differ from the others two treatments. At the end of growing phase, the LH treatment showed a lower ( $P < 0.05$ ) redness ( $a^*$ ) than MH and HH treatments, that did not differ among themselves. At the end of growing phase, was found significant difference ( $P < 0.05$ ) for the beef yellowness ( $b^*$ ), the HH treatment had the highest average value, the LH treatment had the lowest and the MH had intermediate value, which did not differ from the others. At the end of finishing phase did not significant differences ( $P > 0.05$ ) were observed among the treatments for all evaluated

beef traits. It is concluded that young Nellore cattle previously submitted to qualitative and quantitative food restriction, have higher daily gains of body components and are more efficient to convert food to carcass. Young Nellore cattle when previously submitted to qualitative restriction, exhibit complete catch up during finishing phase, without exhibit compensatory gain. Previously restricted animals have greater relative intakes of DM and fiber, higher gain of non-carcass components, lower transference from live weight gain to carcass gain, lower carcass dressing percentage and produce lighter and leaner carcasses. About the beef quality, it is concluded that dietary restriction post-weaning does not affect the beef quality after a long finishing phase. The evidences suggest that in the chilling conditions of this trial, the carcasses should be a minimum of 3.6 mm back fat thickness to prevent negative impacts of cold shortening on final sarcomere length and consequently on meat tenderness.

## INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária de corte brasileira tem um papel muito importante no fornecimento de carne bovina para atender, tanto ao crescente e cada vez mais exigente mercado interno, quanto o mercado externo. Em 2013, o Brasil exportou cerca de 20% de sua produção (ANUALPEC, 2013), representando aproximadamente 20% da carne comercializada no mercado mundial (USDA, 2013), enquanto o consumo doméstico do Brasil absorveu aproximadamente 80% da produção total de carne, o que coloca o país como segundo maior consumidor de carne bovina (ANUALPEC, 2013). O aumento da demanda mundial de carnes, principalmente por parte dos países em desenvolvimento, onde se inclui o Brasil, traz consigo a oportunidade para que os países produtores possam aumentar sua produção. Contudo, no Brasil esta maior produção deve ser sustentada principalmente pela melhoria no desempenho animal, visto que, até os anos 80 a expansão das áreas de pastagens foi importante para o crescimento da produção de carne bovina no país, porém desta década até os dias atuais a melhoria na performance animal é o principal fator que alavanca o crescimento da produção de carne bovina brasileira (Martha et al., 2012).

Desta maneira é preciso, primeiramente compreender as peculiaridades e a situação atual da pecuária brasileira para então tomar medidas que possam melhorar o desempenho animal e por consequência aumentar a produção de carne de forma eficiente e lucrativa. O sistema de produção de bovinos de corte do Brasil é, de maneira geral, baseado na utilização de animais predominantemente de raças zebuínas (*Bos taurus indicus*) criados em pastagens tropicais (Ripamonte, 2002). Desta maneira, o crescimento animal pode ser prejudicado pela sazonalidade da produção de forragem, tanto de forma quantitativa quanto qualitativa.

Quando os animais permanecem em sistemas de pastejo com nível tecnológico de médio a baixo, é comumente observado um desempenho acima do normal nos animais ao início do período chuvoso do ano, logo após os mesmos passarem por um período de seca onde o ganho de peso foi baixo devido à falta de alimento em quantidade e ou qualidade suficiente (Euclides et al., 1998; Figueiredo et al., 2007). Este ganho mais acelerado que geralmente é expresso pelos bovinos nestas condições é chamado de crescimento compensatório.

Em sistemas de produção onde são fornecidas aos animais as condições ambientais necessárias para exteriorizarem seu máximo potencial produtivo, como a criação intensiva de bovinos para produção de novilho superprecoce, a curva de crescimento, que

descreve o peso do animal em função do tempo, segue um padrão sigmoidal (Owens et al., 1993). No entanto, apenas pequena porção do rebanho bovino brasileiro é criada neste sistema de produção (Ferraz & Felício, 2010), sendo que, nos sistemas tradicionais, os animais normalmente passam por planos nutricionais alternados quanto à disponibilidade de nutrientes, desta forma estes podem apresentar o crescimento compensatório quando as condições ambientais se apresentarem favoráveis.

Para que o crescimento compensatório ocorra é preciso que o animal sofra uma depleção em seu crescimento, cujas causas são variadas, como doenças, condições ambientais desfavoráveis ou restrição alimentar, sendo esta última o motivo mais comum pelo qual os animais têm seu crescimento reduzido (Boersma & Wit, 1997). O crescimento compensatório pode ser definido também como o ganho mais acelerado que o normal, apresentado pelos animais após um período onde o crescimento foi restrito abaixo do mérito genético (Lawrence & Fowler, 2002).

Apesar dos zebuínos, tradicionalmente criados no Brasil, não terem passado por alta pressão de seleção para desempenho, o potencial genético destes animais permite com que os mesmos sejam abatidos com idade de 15 a 18 meses, apresentando bom peso e características de carcaça (Figueiredo et al., 2007; Rubiano et al., 2009). Entretanto, atualmente a idade média de abate dos bovinos criados no Brasil está entorno de 30 - 42 meses (Ferraz & Felício, 2010), desta forma pode-se concluir que, de maneira geral, os bovinos criados no Brasil passam por alguns períodos onde o seu crescimento está abaixo do seu mérito genético e assim estão passíveis de expressarem o crescimento compensatório caso as condições ambientais se reestabeleçam, o que naturalmente ocorre na estação chuvosa ou quando os animais provindos de sistemas de pastejo com baixo desempenho são confinados. Observa-se então que, o crescimento compensatório ocorre frequentemente na bovinocultura brasileira. Uma das possíveis causas para este fato é que, nem sempre é economicamente viável manter os animais expressando elevado desempenho próximo ao potencial genético para crescimento, principalmente durante o período de baixo crescimento das plantas forrageiras, quando se faz necessário o fornecimento de altos níveis de suplementação (Euclides et al., 2001; Figueiredo et al., 2007).

O crescimento compensatório já é desde muito tempo conhecido e estudado, entretanto há ainda algumas lacunas no conhecimento deste fenômeno a serem preenchidas (Boersma & Wit, 1997). Durante o crescimento compensatório o animal tenta compensar o que deixou de ganhar no período onde o crescimento foi restrito, no entanto esta compensação nem sempre se dá de maneira plena, podendo ocorrer

basicamente três tipos de ganho compensatório, sendo estes o ganho compensatório total, parcial ou nulo onde o animal consegue compensar todo, parte ou nada do peso que deixou de ganhar, respectivamente (Jobling, 2009).

Esta habilidade em expressar este tipo de crescimento é observada em várias espécies como humanos (Boersma & Wit, 1997), peixes (Jobling, 2009), ovinos (Homem Junior et al., 2007), bovinos (Alves, 2003), suínos (Kristensen et al., 2002) dentre outras, porém os herbívoros em particular apresentam uma maior capacidade em compensar o peso que deixaram de ganhar (Lawrence & Fowler, 2002), possivelmente devido à restrição alimentar ser naturalmente frequente na vida selvagem destes animais.

Apesar dos mecanismos que desencadeiam o crescimento compensatório não estarem bem elucidados ainda, sabe-se que estes são ativados durante o período de restrição, sendo o binômio tempo e severidade da restrição o fator mais preponderante para que o ganho compensatório ocorra (Drouillard et al., 1991; Lawrence & Fowler, 2002).

Várias são as alterações que podem explicar o crescimento compensatório, dentre as quais pode-se citar o aumento na ingestão de alimentos, crescimento diferencial dos órgãos internos, mudanças na exigência de energia para manutenção, alterações endócrinas, alterações musculares e a composição do ganho em peso (Alves, 2003), no entanto, nem todas estas alterações sempre ocorrem durante o crescimento compensatório. Estas alterações fisiológicas que ocorrem durante a fase de restrição têm como intuito aumentar a eficiência de utilização dos nutrientes, tendo como consequência, na maioria dos casos, uma diminuição das exigências de manutenção (Almeida et al., 2001; Connor et al., 2009), porém, isto nem sempre é encontrado (Hersom et al., 2004; Sainz et al., 1995).

Frequentemente é observado nos animais em ganho compensatório um maior consumo de matéria seca (Sainz et al., 1995; Hornick et al., 1998), contudo, este resultado não é encontrado em todos os trabalhos (Yambayamba et al., 1996a). A ingestão de alimentos é a variável que mais afeta o desempenho animal (BR-CORTE, Valadares Filho et al., 2010), provavelmente por isto o aumento no consumo pode explicar, em alguns casos, 60% ou mais do ganho compensatório (Sainz et al., 1995). Este maior consumo talvez possa ser explicado também por alterações hormonais, como o baixo nível circulante de leptina presente em animais que sofreram restrição (Hersom et al., 2004; Luna-Pinto & Cronjé, 2000). Por outro lado também, animais que sofreram uma restrição qualitativa apresentam um aumento no volume do rúmen e retículo podendo reduzir o efeito negativo da repleção ruminal sobre o consumo (Sainz et al., 1995; Alves, 2003).

Os órgãos esplâncnicos possivelmente por estarem diretamente relacionados à digestão são os primeiros a sofrerem mudanças com a restrição alimentar. Vários trabalhos demonstram que há uma diminuição da massa do fígado quando os animais sofrem uma restrição alimentar, independente do tipo de restrição (Yambayamba et al., 1996a; Sainz & Bentley, 1997; Hersom et al., 2004; Connor et al., 2009). A redução da massa do fígado é uma alteração que tem como consequência a redução na energia necessária para a manutenção, visto que este órgão possui um alto metabolismo consumindo 18-25% do oxigênio inspirado pelo animal (Connor et al., 2009). Além da massa, outras alterações metabólicas parecem ocorrer neste órgão tornando-o mais eficiente (Connor et al., 2009).

Durante o período de realimentação o fígado apresenta um elevado crescimento, como mostrado por Yambayamba et al. (1996a) que estudaram o crescimento deste órgão durante o período de realimentação e observaram que com apenas 29 dias de realimentação, o peso relativo deste órgão já era igual entre o grupo de animais que foram restritos e o grupo controle, sendo ainda que com o avançar da realimentação os animais que estavam expressando o ganho compensatório tiveram um maior desenvolvimento deste órgão e por volta dos 50 dias de realimentação o fígado dos animais que estavam apresentando o ganho compensatório já era maior que dos animais mantidos em crescimento contínuo.

As alterações no trato gastrointestinal parecem ocorrer em função do tipo de restrição imposta aos animais. O trabalho de Sainz & Bentley (1997) demonstra claramente a diferença entre uma restrição qualitativa, onde o desempenho animal é limitado pelo maior teor de volumoso da dieta e por consequência menor energia, e a restrição quantitativa, cujo desempenho é limitado pela redução no fornecimento de matéria seca de uma dieta com maior proporção de concentrado. Em relação à massa do trato gastrointestinal, enquanto para a restrição quantitativa não houve alteração, a restrição qualitativa, por outro lado, aumentou comparativamente nos animais em crescimento contínuo de mesmo peso. Desta maneira a restrição quantitativa foi efetiva para a redução das exigências energéticas de manutenção, de maneira contrária, na restrição qualitativa as exigências foram aumentadas comparativamente ao grupo controle (Sainz et al., 1995). Houve ganho compensatório para os dois grupos de animais, porém o desempenho dos animais que sofreram restrição quantitativa foi maximizado pela redução do requerimento de energia para manutenção, enquanto para o outro grupo foi devido à maior ingestão de matéria seca da dieta.

Estas alterações nos órgãos internos aparentemente são rápidas e as primeiras a ocorrerem durante o crescimento compensatório, visto que, os estudos que avaliaram o efeito da restrição e realimentação sobre os órgãos internos demonstram que estes tecidos apresentam uma grande sensibilidade às variações no status nutricional (Carstens et al., 1991; Yambayamba et al., 1996a). Há alguns casos onde o ganho compensatório pode ser explicado apenas pelo aumento na massa dos órgãos internos, sendo que neste caso o ganho não se estende mais de 28 dias (Fontes et al., 2007).

O padrão hormonal dos animais sofre alteração de acordo com o status nutricional. Os hormônios mais comumente estudados em trabalhos sobre o crescimento compensatório são o hormônio do crescimento (GH), o fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-I), a insulina e os hormônios da tireoide (T3 e T4) (Yambayamba et al., 1996b). Algumas alterações ocorrem frequentemente durante a restrição alimentar, como a redução dos níveis plasmáticos do IGF-1, insulina, leptina e hormônios T3 e T4, por outro lado a concentração de GH circulante se eleva nesta fase (Hayden et al., 1993; Luna-Pinto & Cronjé, 2000; Therkildsen, 2005). Além das variações plasmáticas dos hormônios, a sensibilidade dos órgãos aos hormônios, também parece ser alterada (Hayden et al., 1993; Therkildsen, 2005). O nível circulante dos hormônios retorna aos padrões normais na fase de realimentação, onde será expresso o crescimento compensatório. Por estes hormônios estarem relacionados ao metabolismo animal, as alterações nos níveis plasmáticos destes podem afetar o crescimento e eficiência animal. Não se sabe ainda qual a real importância dos hormônios no ganho compensatório, porém acredita-se que estas alterações podem estar relacionadas com o desencadeamento e prolongamento deste fenômeno (Hornick et al., 2000).

Podem ser observadas também alterações no tecido muscular, principalmente quanto às frequências dos tipos de fibra muscular e as taxas de síntese e degradação das proteínas miofibrilares. Com a restrição alimentar uma maior frequência das fibras musculares vermelhas (contração lenta ou tipo I) e uma menor frequência das fibras brancas (contração rápida ou tipo IIX) é frequentemente observado (Yambayamba & Price, 1991; Arrigoni et al., 1998; Picard et al., 2012). No entanto, após um período de realimentação a proporção entre os tipos de fibra muscular tende a retomar ao padrão para a raça e idade, de forma que com maior tempo de realimentação as diferenças entre os animais que sofreram a restrição e os que tiveram o crescimento contínuo vai se reduzindo (Yambayamba & Price, 1991). A taxa fracional de degradação das proteínas musculares é geralmente reduzida durante a restrição alimentar (Van Eenaeme et al., 1998), isto ocorre porque há uma redução na atividade das calpainas (Muir et al., 2001; Therkildsen,

2005) e/ou um aumento na atividade da calpastatina neste período (Muir et al., 2001). Estas alterações são reversíveis, retornando ao normal após um período de realimentação (Therkildsen, 2005).

Outra alteração no crescimento que ocorre é a variação na composição do ganho de peso, ou seja, quanto da energia retida no corpo do animal está na forma de proteína e quanto está na forma de gordura, este fator também pode influenciar o crescimento compensatório. De maneira geral, no início do crescimento compensatório há uma maior deposição de tecido magro em resposta ao rápido aumento da taxa de síntese proteica, que com o avançar do período de realimentação decresce e então o ganho de gordura corporal aumenta, sendo esta uma das explicações para o elevado ganho de peso frequentemente demonstrado por animais em crescimento compensatório no início da fase de realimentação (Hornick et al., 2000).

Alguns resultados de pesquisa demonstram que o crescimento compensatório pode ser utilizado como uma ferramenta para produzir com maior eficiência alimentar e por consequência reduzir os custos (Yambayamba et al., 1996a; Kamalzadeh et al., 1998; Homem Junior et al., 2007). No entanto, para se explorar este tipo de crescimento para produção de carne de maneira mais eficiente é preciso se entender mais sobre este fenômeno, como demonstrado em outros trabalhos, o fato do animal sofrer uma restrição alimentar não garante que o mesmo apresentará crescimento compensatório após ser realimentado (Hersom et al., 2004; Homem Junior et al., 2007).

A fase da vida do animal onde ocorre a restrição alimentar está intimamente ligada à capacidade do animal em conseguir compensar o peso que deixou de ganhar. Como mostrado por Owens et al. (1993), durante o crescimento animal há uma diferenciada taxa de crescimento dos tecidos corporais, desta forma, dependendo de quando o animal sofre a restrição o desenvolvimento de um determinado tecido será mais prejudicado que outros. Quando restrições são impostas aos animais nas fases iniciais de vida, incluindo desde a vida intrauterina ao desmame, suas consequências são mais graves e podem ser irreversíveis, comprometendo o potencial de crescimento do animal, podendo até reduzir o peso a maturidade do animal (Wegner et al., 2000; Alves, 2003; Rehfeldt & Kuhn, 2006; Du et al., 2010). Espera-se que quando os animais sofrem restrição na fase de cria, estes apresentem um ganho compensatório nulo quando posteriormente são realimentados satisfatoriamente, independente da severidade da restrição (Berge, 1991). Desta forma, os bovinos na fase de cria não devem sofrer restrição alimentar, sendo assim, a suplementação utilizando o creep-feeding uma boa opção para evitar restrição alimentar nesta fase e possíveis impactos negativos no potencial de crescimento do animal.

Entretanto, quando uma restrição alimentar ocorre na fase de recria é mais frequentemente observado o ganho compensatório posteriormente na fase de terminação. Na fase de recria, onde o animal geralmente possui uma idade acima dos sete meses, é a fase onde são observados maiores índices de compensação (Berge, 1991) Provavelmente isto se deve ao fato de que é nesta fase que o crescimento ósseo se finaliza e o principal tecido em desenvolvimento é o muscular, que possui uma alta plasticidade fenotípica.

A fase de terminação é onde tradicionalmente o ganho compensatório é explorado nos sistemas de produção de gado de corte no Brasil, principalmente quando esta fase é executada em confinamento (Paulino et al., 2010). Isto ocorre com maior frequência porque o produto final desta fase é geralmente a principal fonte de renda da pecuária de corte, considerando uma propriedade que trabalha com o ciclo completo, assim uma maior atenção geralmente é dada aos animais que estão nesta fase. É importante destacar que quando animais com um peso muito próximo ao peso à maturidade são restritos dificilmente estes expressarão ganho compensatório durante a realimentação (Alves, 2003).

Estudos demonstraram que o ganho médio diário, bem como o ganho compensatório podem alterar a taxa de proteólise muscular *in vivo* (Therkildsen, 2005; Leonardo et al., 2008). Desta forma, tem sido proposto que esta taxa de degradação proteica *in vivo* pode influenciar a proteólise no *post mortem* e por consequência na qualidade da carne produzida, podendo ter maior impacto sobre a característica de maciez carne (Kristensen et al., 2002). Resultados de trabalhos mais recentes sugerem que o ganho compensatório pode ser utilizado como uma ferramenta para produzir carne mais macia (Therkildsen et al., 2011; Pordomingo et al., 2012). Therkildsen et al. (2011) estudando o efeito do ganho compensatório sobre a maciez da carne de vacas holandesas de descarte, encontraram que quando utilizada esta estratégia, foi produzida uma carne mais macia e mais suculenta, tanto para o músculo *Longissimus dorsi* quanto para o *semimembranosus*. No entanto, o ponto de abate parece ser o determinante para a obtenção de carne mais macia utilizando esta ferramenta (Therkildsen, 2005).

Tendo em vista que o ganho compensatório está presente na maioria dos sistemas de produção de bovinos de corte no Brasil, se faz necessário entender melhor como se desencadeia este fenômeno, quais as alterações ocorrem no corpo dos animais e quais os impactos que estas alterações podem trazer para o sistema produtivo e à qualidade do produto final.

Na literatura internacional há vários trabalhos experimentais que foram delineados para se estudar o crescimento compensatório, no entanto estes têm sido desenvolvidos

principalmente com animais taurinos (*Bos taurus taurus*), sendo importante então que estudos sejam desenvolvidos com os animais tradicionalmente criados nos sistemas brasileiros, visto que trabalhos nacionais e internacionais demonstram que há diferenças entre as raças taurinas e zebuínas quanto ao seu crescimento e à carne produzida (Whipple et al., 1990; Rubiano et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito do plano nutricional na fase de crescimento, após o desmame, sobre o desempenho produtivo e as características da carcaça e da carne de animais Nelore terminados em confinamento com dieta contendo alto teor de concentrado.

### LITERATURA CITADA

- Almeida, M.I.V.; Fontes, C.A.A.; Almeida, F.Q.; Valadares Filho, S.C.; Campos, O.F. Conteúdo corporal e exigências líquidas de energia e proteína de novilhos mestiços Holandês-Gir em ganho compensatório. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.205-214, 2001.
- Alves, D. Crescimento compensatório em bovinos de corte. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.98, p.61-67, 2003.
- ANUALPEC - Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo, FNP, 2013.
- Arrigoni, M.B.; Vieira, P.F.; Silveira, A.C.; Furlan, L.R.; Dal Pai, V.; Chardulo, L.A.L.; Oliveira, H.N. Estudo dos efeitos da restrição alimentar nas características das fibras musculares de bovinos jovens confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.7, p.1121-1127, 1998.
- Berge, P. Long-term effects of feeding during calthood on subsequent performance in beef cattle (a review). **Livestock Production Science**, v.28, n.3, p.179-201, 1991.
- Boersma, B.; Wit, J.M. Catch-up growth. **Endocrine reviews**, v.18, n.5, p.646-61, 1997.
- Carstens, G.E.; Johnson, D.E.; Ellenberger, M.A.; Tatum, J.D. Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. **Journal of animal science**, v.69, p.3251-3264, 1991.
- Connor, E.E.; Kahl, S.; Elsasser, T.H.; Parker, J.S.; Li, R.W.; Van Tassell, C.P.; Baldwin, R.L.; Barao, S.M. Enhanced mitochondrial complex gene function and reduced liver size may mediate improved feed efficiency of beef cattle during compensatory growth. **Functional & integrative genomics**, v.10, n.1, p.39-51, 2009.
- Drouillard, J.S.; Ferrell, C.L.; Klopfenstein, T.J.; Britton, R.A. Compensatory growth following metabolizable protein or energy restrictions in beef steers. **Journal of animal science**, v.69, n.1, p.811-818, 1991.
- Du, M.; Tong, J.; Zhao, J.; Underwood, K.R.; Zhu, M.; Ford, S.P.; Nathanielsz, P.W. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. **Journal of animal science**, v.88, n.13 Suppl, p.E51-60, 2010.

- Euclides, V.P.B.; Euclides Filho, K.; Costa, F.P. Desempenho de novilhos F1s Angus-Nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.470-481, 2001.
- Euclides, V.P.B.; Filho, K.E.; Arruda, Z.J. Desempenho de novilhos em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.2, p.246-254, 1998.
- Ferraz, J.B.S.; Felício, P.E. Production systems-an example from Brazil. **Meat science**, v.84, n.2, p.238-43, 2010.
- Figueiredo, D.M.; Oliveira, A.S.; Sales, M.F.L.; Paulino, M.P.; Vale, S.M.L.R. Análise econômica de quatro estratégias de suplementação para recria e engorda de bovinos em sistema pasto-suplemento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1443-1453, 2007.
- Fontes, C.A.A.; Guimarães, R.F.M.; Almeida, M.I.V.; Campos, O.F.; Almeida, F.Q.; Sant'Ana, N.F. Avaliação do ganho compensatório em novilhos mestiços Holandês-Gir: consumo e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.698-708, 2007.
- Hayden, J.M.; Williams, J.E.; Collier, R.J. Plasma growth hormone, insulin-like growth factor, insulin, and thyroid hormone association with body protein and fat accretion in steers undergoing compensatory gain after dietary energy restriction. **Journal of animal science**, v.71, n.12, p.3327-38, 1993.
- Hersom, M.J.; Horn, G.W.; Krehbiel, C.R.; Phillips, W.A. Effect of live weight gain of steers during winter grazing : I. Feedlot performance, carcass characteristics, and body composition of beef steers. **Journal of animal science**, v.82, n.1, p.262-272, 2004.
- Homem Junior, A.C.; Sobrinho, A.G.S.; Yamamoto, S.M.; Pinheiro, R.S.B.; Buzzulini, C.; Lima, C.S.A. Ganho compensatório em cordeiras na fase de recria : desempenho e medidas biométricas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.111-119, 2007.
- Hornick, J.L.; Van Eenaeme, C.; Clinquart, A.; Diez, M.; Istasse, L. Different periods of feed restriction before compensatory growth in Belgian Blue bulls : I. animal performance, nitrogen balance, meat characteristics, and fat composition. **Journal of animal science**, v.76, n.1, p.249-259, 1998.
- Hornick, J.L.; Van Eenaeme, C.; Gérard, O.; Dufrasne, I.; Istasse, L. Mechanisms of reduced and compensatory growth. **Domestic animal endocrinology**, v.19, n.2, p.121-32, 2000.
- Jobling, M. Are compensatory growth and catch-up growth two sides of the same coin? **Aquaculture International**, v.18, n.4, p.501-510, 2009.
- Kamalzadeh, A.; Koops, W.J.; Van Bruchem, J.; Bangma, G.A. Effect of duration of feed quality restriction on body dimensions in lambs. **Journal of animal science**, v.76, n.1, p.735-742, 1998.
- Kristensen, L.; Therkildsen, M.; Riis, B.; Sørensen, M.T.; Oksbjerg, N.; Purslow, P.P.; Ertbjerg, P. Dietary-induced changes of muscle growth rate in pigs: Effects on in

- vivo and postmortem muscle proteolysis and meat quality. **Journal of animal science**, v.80, n.1, p.2862-2871, 2002.
- Lawrence, T.; Fowler, V. **Growth of farm animals**. 2nd ed. London: CABI International, 2002.
- Leonardo, E.F.; Delgado, E.F.; Bagaldo, A.R.; Lanna, D.P.D.; De Paz, C.C.P. Differential growth retardation and myofibrillar fragmentation in rats submitted to feed restriction and realimentation. **Scientia Agricola**, v.65, n.2, p.122-129, 2008.
- Luna-Pinto, G.; Cronjé, P.B. The roles of the insulin-like growth factor system and leptin as possible mediators of the effects of nutritional restriction on age at puberty and compensatory growth in dairy heifers. **South African Journal of Animal Science**, v.30, n.2, p.155-163, 2000.
- Martha, G.B.; Alves, E.; Contini, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, v.110, p.173-177, 2012.
- Muir, P.D.; Smith, N.B.; Dobbie, P.M.; Smith, D.R.; Bown, M.D. Effects of growth pathway on beef quality in 18-month-old Angus and South Devon x Angus pasture-fed steers. **Animal Science**, v.72, p.297-308, 2001.
- Owens, F.N.; Dubeski, P.; Hanson, C.F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of animal science**, v.71, n.11, p.3138-50, 1993.
- Paulino, M.F.; Detmann, E.; Valadares Filho, S.C.; Silva, A.G.; Cabral, C.H.A.; Valente, E.E.L.; Barros, L.V.; Paula, N.F.; Lopes, S.A.; Couto, V.R.M. Bovinocultura Programada. In. **VII SIMCORTE**, anais, p.267-298, Viçosa-MG, 2010.
- Picard, B. Relationship between muscle fibers, growth efficiency and beef quality. In. **VIII SIMCORTE**, anais, p.51-80, Viçosa – MG, 2012.
- Pordomingo, A.J.; Grigioni, G.; Carduza, F.; Lagreca, G.V. Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: I. Animal performance, carcass and meat quality. **Meat science**, v.90, n.4, p.939-46, 2012.
- Rehfeldt, C.; Kuhn, G. Consequences of birth weight for postnatal growth performance and carcass quality in pigs as related to myogenesis. **Journal of animal science**, v.84, n.2, p.113-123, 2006.
- Ripamonte, P. **Estimativa da participação do genoma de Bos taurus no rebanho Nelore**. Pirassununga. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2002. 57p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2002.
- Rubiano, G.A.G.; Arrigoni, M.D.B.; Martins, C.L.; Rodrigues, E.; Gonçalves, H.C.; Angerami, C.N. Desempenho , características de carcaça e qualidade da carne de bovinos superprecoces das raças Canchim , Nelore e seus mestiços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2490-2498, 2009.
- Sainz, R.D.; Bentley, B.E. Visceral organ mass and cellularity in growth-restricted and refeed beef steers. **Journal of animal science**, v.75, n.1, p.1229-1236, 1997.

- Sainz, R.D.; Torre, F.; Oltjen, J.W. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refed beef steers. **Journal of animal science**, v.73, n.1, p.2971-2979, 1995.
- Therkildsen, M. Muscle protein degradation in bull calves with compensatory growth. **Livestock Production Science**, v.98, n.3, p.205-218, 2005.
- Therkildsen, M.; Stolzenbach, S.; Byrne, D.V. Sensory profiling of textural properties of meat from dairy cows exposed to a compensatory finishing strategy. **Meat science**, v.87, n.1, p.73-80, 2011.
- USDA- United States Department of Agriculture**, Livestock and Poultry: World Markets and Trade. USDA-, 2013.
- Valadares Filho, S.C.; Marcondes, M.I.; Chizzotti, M.L.; Paulino, P.V.R. Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados-BR CORTE. segunda ed. Viçosa-MG: Suprema Gráfica LTDA, 2010.
- Van Eenaeme, C.; Evrard, M.; Hornick, J.L.; Baldwin, P.; Diez, M.; Istasse, L. Nitrogen balance and myofibrillar protein turnover in double muscled Belgian Blue bulls in relation to compensatory growth after different periods of restricted feeding. **Canadian Journal of Animal Science**, v.78, n.4, p.549-559, 1998.
- Wegner, J.; Albrecht, E.; Fiedler, I.; Teuscher, F.; Papstein, H J.; Ender, K. Growth- and breed-related changes of muscle fiber characteristics in cattle. **Journal of animal science**, v.78, n.6, p.1485-96, 2000.
- Whipple, G.; Koohmaraie, M.; Dikeman, M.E.; Crouse, J.D.; Hunt, M.C.; Klemm, R.D. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of animal science**, v.68, n.9, p.2716-28, 1990.
- Yambayamba, E.; Price, M.A. Fiber-type proportions and diameters in the longissimus muscle of beef heifers undergoing catch-up (compensatory) growth. **Canadian Journal of Animal Science**, v.71, n.1, p.1031-1035, 1991.
- Yambayamba, E.S.K.; Price, M.A.; Jones, S.D.M. Compensatory growth of carcass tissues and visceral organs in beef heifers. **Livestock Production Science**, v.46, n.1, p.19-32, 1996a.
- Yambayamba, E.S.K.; Price, M.A.; Foxcroft, G.R. Hormonal status, metabolic changes, and resting metabolic rate in beef heifers undergoing compensatory growth. **Journal of animal science**, v.74, n.1, p.57-69, 1996b.

## **CAPÍTULO 1- Efeito do plano nutricional prévio sobre o desempenho produtivo e as características de carcaça de machos Nelore não castrados terminados em confinamento**

**Resumo:** Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito da restrição alimentar na fase de crescimento, após o desmame, sobre o desempenho produtivo e as características da carcaça produzida por Nelore na fase de terminação. Foram utilizados 39 Nelores, machos não castrados, com idade média de  $8,5 \pm 0,2$  meses e peso corporal médio de  $230,4 \pm 5,6$  kg. Inicialmente, foram abatidos cinco animais para determinar a composição corporal inicial, os demais foram distribuídos nos tratamentos, que consistiram de: baixo ganho na fase de crescimento e alto na terminação (BA, n=10), médio ganho na fase de crescimento e alto na terminação (MA, n=12) e alto ganho em ambas as fases (AA, n=12). Ao final da fase de crescimento cinco animais do tratamento BA e seis dos tratamentos MA e AA foram abatidos, tendo o restante abatido ao final da terminação. O consumo em kg/d de matéria seca (MS) e dos nutrientes na terminação não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. Os consumos de MS e FDNcp, quando expressos em  $g \cdot kg \text{ BW}^{-1} \cdot d^{-1}$ , não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos MA e BA, que foram maiores ( $P < 0,05$ ) que o AA. O tratamento BA apresentou maiores ( $P < 0,05$ ) ganhos médios diários de peso vivo (PV), de peso de corpo vazio (PCVZ), de carcaça, e de proteína e água na carcaça em relação aos tratamentos MA e AA que não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre si. O ganho de componentes não carcaça foi menor para o tratamento AA e não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos BA e MA. O tratamento BA apresentou maior eficiência alimentar e melhor conversão alimentar de carcaça ( $P < 0,05$ ) na fase de terminação. O PV e PCVZ ao final da fase de terminação foi maior ( $P < 0,05$ ) para o tratamento AA, menor para o BA e intermediário para o MA, que não diferiu dos demais tratamentos. O peso de carcaça e o rendimento de carcaça foram maiores para o tratamento AA em relação aos demais. O tratamento AA apresentou maior ( $P < 0,05$ ) espessura de gordura subcutânea. Conclui-se que, Nelore jovens submetidos à restrição alimentar quali e quantitativa prévia, apresentam posteriormente maiores ganhos diários dos componentes corporais. Quando submetidos previamente à moderada restrição qualitativa, compensam na fase de terminação todo o peso que deixaram de ganhar durante a restrição, sem no entanto aumentarem expressivamente o seu ganho diário. Considerando todo o período de criação, animais em crescimento contínuo são mais eficientes em converter alimento em carcaça e produzem carcaças mais pesadas e com maior espessura de gordura.

**Palavras chave:** área de olho de lombo, crescimento compensatório, espessura de gordura subcutânea, ganho médio diário, rendimento de carcaça.

## **Effect of previous nutritional plane on animal performance and carcass traits of Nellore young bulls finished in feedlot**

**Abstract:** This trial was conducted aiming to evaluate the effect of feed restriction in growing phase post-weaning on animal performance and carcass traits of Nellore in feedlot finishing phase. 39 young bulls with  $8.5 \pm 0.2$  months old and initial body weight of  $230.4 \pm 5.6$  kg, were used in this trial. At the beginning, five animals were slaughtered as reference group and the thirty-five remaining were allocated in one of the treatments, that were; low gain in growing phase and high gain in finishing (LH, n=10), medium gain in growing phase and high in finishing (MH, n=12) and high gain in both phases (HH, n=12). At the end of growing phase 5 LH, 6 MH and 6 HH animals were slaughtered and the remaining started the finishing phase and were slaughtered in the end of this phase. The intakes of dry matter (DM) and all nutrients did not differ ( $P > 0.05$ ) among the treatments when expressed as kg/d. However when DM and NDFa were expressed in  $\text{g.kg BW}^{-1}.\text{d}^{-1}$ , were higher ( $P < 0.05$ ) for MH and LH than HH. The LH animals showed in the finishing phase greater ( $P < 0.05$ ) daily gain of body weight (BW) and empty body weight (EBW), greater carcass gain, greater carcass protein gain and greater carcass water gain than MH and HH. The LH and MH gain of non-carcass components was greater ( $P < 0.05$ ) than HH. The LH treatment had greater ( $P < 0.05$ ) feed efficiency and better carcass feed conversion than MH and HH. The BW and the EBW at the end of finishing phase were greatest for the HH animals, lowest for the LH and intermediate for MH that did not differ than HH and LH. The carcass weight and carcass dressing percentage were higher ( $P < 0.05$ ) for HH than others treatments. The HH treatment had greater ( $P < 0.05$ ) fat thickness. It is concluded that young Nellore cattle previously submitted to qualitative and quantitative food restriction, have higher daily gains of body components and are more efficient to convert food to carcass. Young Nellore cattle when previously submitted to qualitative restriction, exhibit complete catch up during finishing phase, without exhibit compensatory gain. Previously restricted animals have greater relative intakes of DM and fiber, higher gain of non-carcass components, lower transference from live weight gain to carcass gain, lower carcass dressing percentage and produce lighter and leaner carcasses.

**Key words:** average daily gain, backfat thickness, carcass dressing percentage, compensatory growth, longissimus muscle area.

## INTRODUÇÃO

Nos países de clima tropical e que possuem sistemas de produção de gado de corte baseados em pastagens, como o caso do Brasil, é comum que o crescimento das forrageiras ocorra de maneira sazonal, respondendo às alterações nas variáveis climáticas como precipitação, comprimento do dia e temperatura média. Este crescimento sazonal das plantas forrageiras gera também sazonalidade na oferta de alimento para os herbívoros, fazendo com que o crescimento destes animais também ocorra de maneira sazonal, caso não haja interferência humana. O fato é que, animais criados em sistemas de pastejo frequentemente estão sujeitos a passar por restrições qualitativas ou quantitativa e em casos mais extremos quali e quantitativas.

Com o passar dos anos, os estudos sobre suplementação para animais em pastejo e manejo de pastagens foram gerando aportes tecnológicos, que quando utilizados reduzem o efeito da sazonalidade do crescimento da forrageira sobre o desempenho animal. Contudo, nem sempre é economicamente viável manter os animais com ganhos elevados próximo ao seu potencial genético. Assim, os animais criados em sistemas de pastejo geralmente são submetidos à algum grau de restrição alimentar.

A restrição alimentar não deve ser imposta da mesma forma para todas as categorias de animais, haja visto que há evidências de que os animais não devem sofrer restrição muito severa nas fase iniciais de vida, tanto na fase pré-natal (Du et al., 2010) quanto na fase em que os animais ainda são lactentes (Ryan, 1990; Lawrence & Fowle, 2002), pois podem ter seu crescimento comprometido para o resto de sua vida produtiva. Contudo, restrições após estas fases iniciais de vida são passíveis de serem realizadas gerando menores impactos para o sistema produtivo como um todo. Isto porque, após sofrerem uma restrição, geralmente os animais apresentam taxa de crescimento maior que o esperado podendo compensar parte ou totalmente o peso corporal que deixaram de ganhar durante a restrição (Hornick et al., 2000). A ocorrência deste fenômeno já é conhecida há muito tempo, porém os mecanismos utilizados pelos animais para desencadeá-lo ainda não estão bem elucidados (Connor et al., 2009).

Entre as razões para o maior ganho apresentado pelos animais em crescimento compensatório estão o aumento na ingestão de alimentos, aumento no conteúdo do trato gastrointestinal, maior crescimento dos órgãos internos, mudança na composição química do ganho, redução da energia de manutenção e mudanças endócrinas (Alves, 2003).

Considerando que o crescimento compensatório é desencadeado após o animal passar por um período onde seu crescimento foi abaixo do potencial genético (Lawrence & Fowle, 2002), isto explica, em parte, as diferenças encontradas entre raças (Wilson &

Osbourn, 1960; Coleman & Evans, 1986). Desta forma é preciso entender melhor como cada raça responde ao crescimento compensatório após passar por restrição alimentar de diferentes intensidades.

Considerando a raça Nelore como sendo a raça mais difundida e utilizada para a produção de carne no Brasil, existem poucos trabalhos sobre o crescimento compensatório destes animais, e há também carência quanto aos efeitos deste crescimento compensatório sobre as características quantitativas e qualitativas das carcaças produzidas.

Com isto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da restrição alimentar na fase de crescimento, após o desmame, sobre o desempenho produtivo e as características da carcaça produzida por animais da raça Nelore na fase de terminação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### Local e animais

O experimento foi conduzido nas dependências do Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, na cidade de Viçosa (MG). O confinamento experimental que foi utilizado é composto por seis baias coletivas, sendo cada uma capaz de comportar até seis animais. Todas as baias são equipadas com sistema de porteiros eletrônicas individuais (tipo Calan Gate) que dão acesso ao cocho para o respectivo animal, desta maneira o consumo foi controlado individualmente mesmo os animais estando em grupo.

O confinamento experimental possui piso concretado com uma área de 45 m<sup>2</sup> por baia, disponibilizando uma área de 7,5 m<sup>2</sup> por animal, sendo 12 m<sup>2</sup> de área coberta na região do cocho. Cada baia possui um bebedouro que fornece água de maneira contínua aos animais.

Foram utilizados 39 bezerros Nelore, machos não castrados, com idade média inicial de 8,5 ±0,25 meses e peso vivo médio inicial de 230,44 ±5,62 kg. Os animais foram encaminhados para o confinamento logo após a desmama, sendo todos oriundos de sistema com suplementação durante a fase de cria (creep-feeding), que possibilitou aos animais ganharem em torno de 0,850 kg de peso vivo por dia durante esta fase.

### Tratamentos, Dietas Experimentais e período

Os tratamentos experimentais foram BA (baixo desempenho na fase de crescimento e alto na terminação), MA (médio desempenho na fase de crescimento e alto na terminação) e AA (alto desempenho na fase de crescimento e alto na terminação). Para a fase de crescimento o ganho médio diário (GMD) almejado foi de 0,0, 0,6 e 1,2 kg/dia

para os tratamentos BA, MA e AA respectivamente. Para a fase de terminação uma mesma dieta foi formulada para todos os tratamentos com o intuito de obter um GMD de 1,5 kg/dia. Todas as dietas foram formuladas segundo as exigências previstas pelos modelos apresentados pelo BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010). Para a fase de crescimento foi utilizado como único volumoso a silagem de cana de açúcar com 0,5% de cal (base da matéria natural) como aditivo químico. Para a fase de terminação foi utilizado o bagaço de cana in natura como volumoso. As composições das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 1. O milho fornecido durante a fase de crescimento foi moído finamente utilizando peneira de 1 mm, e durante a fase de terminação este alimento foi moído grosseiramente utilizando peneira de 6 mm.

**Tabela 1-** Proporção dos ingredientes e composição química e bromatológica das dietas experimentais.

Itens	Fase de crescimento			Terminação
	BA	MA	AA	
<b>Ingredientes (%MS)</b>				
Bagaço de Cana	-	-	-	16,13
Silagem de Cana <sup>1</sup>	80,68	60,23	36,94	-
Milho	8,42	22,58	44,63	57,73
Farelo de Soja	5,54	12,90	14,24	10,42
Algodão Caroco	-	-	-	11,68
Uréia	2,06	1,10	1,07	1,00
Fosfato Bicálcico	0,30	0,12	-	-
Núcleo Mineral <sup>2</sup>	3,00	3,05	3,12	3,04
<b>Composição química</b>				
(g/kg de MN)				
MS	387,49	512,15	654,82	864,30
(g/kg de MS)				
MO	928,40	933,69	942,59	952,08
PB	130,14	146,97	164,83	167,82
EE	21,25	27,91	36,70	38,88
FDNcp	507,19	407,64	291,21	266,84
CNFcp	314,45	378,63	476,91	504,09

<sup>1</sup>Silagem de cana de açúcar com 0,5% de cal, com base na matéria natural.

<sup>2</sup>Composição por kg: 150g de Ca, 17g de P, 23g de S, 45g de K, 14g de Mg, 57g de Na, 360mg de Cu, 21,6mg de Co, 415mg de Fe, 21mg de I, 715mg de Mn, 6mg de Se, 397g PB (NNP) e 714mg de Monensina Sódica.

Durante a fase de crescimento, foi fornecida para os animais do tratamento BA, 1,2% do peso vivo em MS da respectiva dieta, enquanto para os animais dos demais tratamentos as dietas foram fornecidas ad libitum, utilizando manejo de cocho limpo,

onde se preconizou manter o cocho com um mínimo de sobras, porém não totalmente limpo pelo animal, desta forma as sobras somente foram retiradas quando eram excessivas, como descrito por Lawrence (2000). Este mesmo manejo de cocho foi também utilizado durante a fase de terminação, onde os animais de todos os tratamentos receberam uma mesma dieta. As rações foram fornecidas duas vezes ao dia, sendo cerca de 60% às 7h30min e o restante às 14h00min.

O experimento teve duração de 257 dias, sendo divididos em adaptação inicial (24 dias), fase de crescimento (90 dias), fase de transição (21 dias para os tratamentos MA e AA e 31 dias para o tratamento BA) e fase de terminação (112 dias).

Durante os vinte e quatro primeiros dias do experimento, que antecederam a fase de crescimento, os animais foram adaptados às dietas e condições experimentais. Neste período todos os animais receberam uma mesma dieta com uma relação de 50:50 (volumoso:concentrado), nesta ocasião também, os animais foram vermifugados contra ecto e endoparasitas.

Após os 24 dias iniciais de adaptação, cinco animais foram aleatoriamente escolhidos e abatidos, compondo assim o grupo de animais referência. Os trinta e quatro animais restantes, foram então pesados após 14 horas de jejum e distribuídos aleatoriamente em cada tratamento, compondo dez repetições para o tratamento BA e doze para os demais (MA e AA).

A fase de crescimento, que teve uma duração de 90 dias, foi dividida em três períodos experimentais de 30 dias cada. Ao final desta fase cinco animais do tratamento BA e seis do tratamentos MA e AA foram aleatoriamente selecionados para serem abatidos, tendo o restante dos animais permanecido para a fase de transição.

A fase de transição teve duração de vinte e um dias para os animais dos tratamentos MA e AA e de trinta e um dias para o tratamento BA. Durante a fase de transição, os animais dos tratamentos MA e AA tiveram suas respectivas dietas, da fase de crescimento, substituídas gradativamente pela dieta da fase de terminação para adaptação dos mesmos à nova dieta, para tanto, foi substituído 15% da MS da dieta da fase de crescimento pela dieta da terminação, a cada três dias. Os animais do tratamento BA receberam inicialmente a mesma dieta do tratamento MA ad libitum por dez dias, posteriormente sua dieta foi substituída gradativamente pela da terminação da mesma maneira dos demais tratamentos.

Os 112 dias da fase de terminação foram subdivididos em quatro períodos experimentais de 28 dias cada. Ao final desta fase todos os animais foram abatidos.

## Consumo dos nutrientes

O fornecido foi pesado diariamente, bem como as sobras que eventualmente ocorreram. Foram realizadas amostragens dos alimentos concentrados, volumosos e das sobras de cada período experimental. A amostra do alimento volumoso foi obtida a partir de amostragens diárias durante cada período experimental. As amostras dos ingredientes do concentrado foram coletadas todas as vezes que a mistura foi realizada, compondo posteriormente uma amostra para cada período.

As amostras de alimentos volumosos e das sobras foram secas em estufa de ventilação forçada com temperatura de 55° C por um período de 72 horas. Posteriormente todas as amostras de alimentos e sobras foram moídas em moinho de facas tipo willey utilizando peneira com porosidade de 1 mm e então colocadas em potes plásticos devidamente identificados, que foram armazenados para posteriores análises.

O consumo de MS foi calculado como sendo a diferença entre a quantidade ofertada e a quantidade de sobras, dividida pelo período de avaliação. O consumo dos nutrientes seguiu o mesmo cálculo, sendo a quantidade de cada nutriente na oferta e nas sobras estimadas a partir do teor de cada nutriente nos alimentos e nas sobras de cada período experimental. O consumo também foi calculado em termos relativos, dividindo-se o consumo diário em gramas pelo peso vivo médio ou pelo peso de corpo vazio médios da fase avaliada.

## Ensaio de digestibilidade

Para estimar o coeficiente de digestibilidade, foram realizados ensaios de digestibilidade no terço médio de cada fase experimental. As amostras de fezes foram coletadas no piso concretado logo após a defecação, durante três dias consecutivos, sendo que no primeiro dia a coleta ocorreu entre as 07h00min e 08h00min, no segundo por volta das 12h00min e no terceiro dia no período entre 16h00min e 17h00min. A partir do dia anterior ao início da coleta de fezes e durante os dois primeiros dias, amostras de alimentos e sobras que eventualmente ocorreram foram coletadas, pesadas e amostradas.

As amostras de alimentos volumosos, sobras e fezes foram secas em estufa de ventilação forçada com temperatura de 55° C por um período de 72 horas. Posteriormente todas as amostras foram moídas em moinho de facas tipo willey, utilizando peneira com porosidade de 2 mm, para posterior incubação in situ. Metade da amostra moída à 2 mm foi moída novamente no mesmo moinho utilizando uma peneira com porosidade de 1 mm. Todas as amostras foram colocadas em potes plásticos devidamente identificados,

quanto à amostra e porosidade da peneira utilizada, e foram então armazenados para posteriores análises.

As amostras dos alimentos, sobras e fezes provenientes dos ensaios de digestibilidade, foram analisadas quanto ao seu teor de fibra insolúvel em detergente neutro e indigestível (FDNi). Desta forma, foi possível estimar a produção de matéria seca fecal (MSf), utilizando o FDNi como indicador interno, segundo a equação:

$$\text{MSf (kg)} = \text{FDNi consumido (g)} / \text{teor de FDNi nas fezes (g/kg)}$$

A excreção dos nutrientes foi obtida multiplicando o teor de cada nutriente na matéria seca das fezes pela excreção de MSf. Os coeficientes de digestibilidade foram obtidos subtraindo da quantidade consumida a quantidade do nutriente que saiu nas fezes, dividindo o resultado pela quantidade consumida.

A partir do consumo e dos coeficientes de digestibilidade foram calculados o consumo de energia digestível (ED), como descrito no NRC (2001) utilizando as equações apresentadas abaixo.

$$\text{ED} = \text{DPB} \times 5,6 + \text{DEE} \times 9,4 + \text{DCNFcp} \times 4,2 + \text{DFDNcp} \times 4,2$$

Onde: DPB = fração digestível da PB, DEE = fração digestível do extrato etéreo, DCNFcp = fração digestível dos carboidratos não fibrosos, DFDNcp = fração digestível da fibra insolúvel em detergente neutro.

Foi estimada então o consumo de energia e metabolizável (EM), multiplicando-se a ED por 0,82 como descrito no NRC (2000).

$$\text{EM} = \text{ED} \times 0,82$$

Onde: 0,82 é a eficiência de conversão da EM em ED.

### Desempenho Animal

Os animais foram pesados após jejum de sólidos de 14 horas ao início e ao final das fases de crescimento e terminação. O ganho médio diário (GMD) foi calculado como sendo o peso vivo em jejum ao final da fase avaliada menos o peso vivo em jejum no início da fase, dividido pelo período de avaliação em dias. Foram realizadas também pesagens intermediárias a cada 14 dias para monitoramento do peso dos animais.

### Abates e avaliação das carcaças

No decorrer do experimento foram realizados três abates, sendo um inicial onde foram abatidos cinco animais referência, o segundo abate foi realizado ao final da fase de

crescimento onde foram abatidos cinco animais do tratamento BA e seis animais dos tratamentos MA e AA, o restante foi abatido ao final da fase de terminação.

O abate foi conduzido de maneira humanitária, onde os animais foram insensibilizados através de injúria cerebral promovida pela pistola pneumática com dardo cativo penetrativo, logo em seguida, os animais foram sangrados via veia jugular. O sangue foi coletado e pesado, bem como todos os outros componentes não carcaça (couro, patas, cabeça, calda, órgão reprodutor, fígado, rins, baço, gordura visceral, gordura pélvica e renal, coração, diafragma, pulmões, traqueia e língua), incluindo o trato gastrointestinal que foi esvaziado e lavado antes de ser pesado. Também foi obtido o peso de carcaça quente, para que somado com o peso dos componentes não carcaça obter-se o peso de corpo vazio dos animais.

O rendimento de carcaça quente foi obtido, dividindo-se o peso de carcaça quente pelo peso vivo em jejum do animal tomado anteriormente ao abate. O rendimento de carcaça verdadeiro foi obtido pela divisão do peso de carcaça quente pelo peso de corpo vazio obtido para o referido animal.

As meia-carcaças foram refrigeradas por 24 horas em câmara fria ajustada para 4°C, decorrido este tempo as meia-carcaças foram novamente pesadas, obtendo-se então o peso de carcaça fria. A perda por resfriamento foi calculada como sendo a diferença de peso da carcaça quente e fria, dividida pelo peso de carcaça quente, o valor foi então multiplicado por 100 para ser expresso em percentagem. Após o período de 24 horas de resfriamento da carcaça, foram tomados o pH e a temperatura das carcaças, no músculo Longissimus dorsi na altura da 13ª costela da meia carcaça esquerda.

Da meia carcaça esquerda foram separados e pesados os cortes comerciais. Para isto, a carcaça foi dividida entre a 5ª e 6ª costela obtendo assim os quartos dianteiro e traseiro. Da porção dianteira foi obtida a paleta e o acém, e da porção traseira a ponta de agulha, alcatra completa e o coxão. Os cortes comerciais foram então expressos em percentagem da carcaça, dividindo-se o valor de cada porção pelo peso de carcaça fria e multiplicando por 100 para expressar em percentagem. Desta mesma meia-carcaça foi tomada a medida de comprimento, sendo considerada a distância entre a porção anterior medial da primeira costela e a borda anterior do osso púbis.

Para a mensuração da área de olho de lombo (AOL) foi coletado o perímetro do músculo Longissimus dorsi na face compreendida entre a 12ª e 13ª costela da meia-carcaça esquerda, com o auxílio de um papel milimetrado. Esta mesma região do músculo foi utilizada para a mensuração da espessura de gordura subcutânea (ESG), que foi

tomada com o auxílio de um paquímetro, à três quartos da altura do músculo Longissimus dorsi, sempre em perpendicular à face externa do músculo.

A meia-carcaça direita foi utilizada para obter a seção HH segundo a técnica descrita em BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010), esta amostra foi então dissecada para obter-se a proporção de músculo, gordura e osso. Posteriormente foram moídas e homogeneizadas para obter a amostra do tecido muscular+gordura e outra do tecido ósseo para cada animal. A proporção de cada tecido presentes na seção HH, obtido após a dissecação, foi utilizada para estimar da composição física da carcaça, utilizando as equações propostas por Marcondes et al. (2012) descritas a seguir:

$$C_G = 1.93 + 0.43 \times HH_G + 0.020 \times PCVZ$$

$$C_M = 55.17 + 0.22 \times HH_M - 0.025 \times PCF$$

$$C_O = 18.54 + 0.27 \times HH_O - 0.025 \times PCF$$

Onde:  $C_G$  = percentagem de tecido adiposo na carcaça,  $HH_G$  = percentagem de tecido adiposo na seção HH,  $C_M$  = percentagem de tecido muscular na carcaça,  $HH_M$  = percentagem de tecido muscular na seção HH,  $C_O$  = percentagem de tecido ósseo na carcaça,  $HH_O$  = percentagem de tecido ósseo na seção HH,  $PCVZ$  = peso de corpo vazio e  $PCF$  = peso de carcaça fria.

Para estimar a composição química da carcaça foram utilizadas as equações descritas no BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010), como segue abaixo:

$$EE_c (\%) = 4,31 + 0,31 \times EE_{HH} + 1,37 \times GV$$

$$PB_c (\%) = 17,92 + 0,60 \times PB_{HH} - 0,17 \times RC$$

$$A_c (\%) = 48,74 + 0,28 \times A_{HH} - 0,017 \times PCVZ$$

Onde:  $EE_c$  = extrato etéreo na carcaça,  $EE_{HH}$  = extrato da seção HH,  $PB_c$  = proteína bruta na carcaça,  $PB_{HH}$  = proteína bruta na seção HH,  $A_c$  = água na carcaça,  $A_{HH}$  = água na seção HH,  $GV$  = percentagem de gordura visceral no peso de corpo vazio,  $RC$  = rendimento de carcaça,  $PCVZ$  = peso de corpo vazio.

#### Ganho de componentes corporais e componentes químicos da carcaça

Para estimar o peso de corpo vazio, peso da carcaça, peso dos componentes não carcaça e a composição química e física da carcaça no início da fase de crescimento, foram utilizadas as médias obtidas para a percentagem de cada componente em relação ao PVJ dos animais referência. Assim, ao multiplicar esta percentagem pelo peso vivo em jejum de cada animal que permaneceu no experimento, obteve-se o peso inicial do componente corporal. O peso final destes componentes foi obtido de maneira direta no

abate dos animais ao final da fase de crescimento. Desta forma, o ganho de cada componente corporal pôde ser calculado como sendo a diferença entre o peso final e inicial, dividida pelo número de dias do período de avaliação.

Os ganhos dos componentes corporais para a fase de terminação foram obtidos da mesma forma como descrito anteriormente para a fase de crescimento. No entanto, para estimar a composição inicial da fase de terminação foram utilizadas as médias encontradas para as percentagens dos componentes corporais de cada tratamento, obtidas no abate ao final da fase de crescimento. Desta forma, o grupo de animais de um tratamento abatido ao final da fase de crescimento, foi utilizado como referência para estimar a composição corporal inicial dos animais deste mesmo tratamento, que permaneceram no experimento para a fase de terminação. O ganho relativo dos componentes não carcaça foi calculado dividindo-se o ganho diário em mg pelo peso de corpo vazio médio do período, sendo então os ganhos expresso em  $\text{mg.kg PCVZ}^{-1}.\text{d}^{-1}$ .

#### Procedimentos e análises laboratoriais

As amostras de alimentos, sobras e fezes que foram moídas utilizando peneira de 1 mm foram submetidas à análises químicas e bromatológicas, que foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV. As amostras foram analisadas quanto aos seus teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), cinza insolúvel em detergente neutro (CIDN) e proteína insolúvel de detergente neutro (PIDN) segundo as recomendações propostas por Detmann et al. (2012).

As amostras provenientes dos ensaios de digestibilidade, que foram moídas utilizando peneiras de 2 mm foram analisadas quanto ao seu teor de fibra insolúvel em detergente neutro e indigestível (FDNi), que foi obtida por incubação in situ, utilizando sacos F57 (Ankom®) segundo as técnicas recomendadas por Detmann et al. (2012).

As amostras de músculo+gordura e do tecido ósseo obtidas da seção HH, foram analisadas quanto aos seus teores de água e proteína bruta segundo a metodologia recomendada por Detmann et al. (2012). E quanto ao teor de extrato etéreo, foram utilizados sacos XT4 (Ankom®) seguindo a marcha analítica recomendada pelo fabricante.

#### Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Para avaliar o efeito do plano nutricional sobre as características estudadas os dados foram submetidos à análise de variância, sendo que quando houve efeito significativo, as médias foram

comparadas utilizando-se o teste Tukey. O peso vivo inicial na fase de crescimento foi utilizado como covariável para todas as avaliações realizadas para a fase de crescimento e para as avaliações dos pesos corporais e de carcaça na fase de terminação. Para todos os procedimentos estatísticos foi adotado  $\alpha=0,05$ . Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o procedimento PROC GLM do SAS 9.0 (Statistical Analysis System Institute, Inc.).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como objetivado neste trabalho, a restrição alimentar em que os animais foram submetidos durante a fase de crescimento foi capaz de gerar diferenças significativas ( $P<0,05$ ) no consumo de matéria seca (MS) quando expressa tanto em termos absolutos (kg/d), quanto em termos relativos ( $\text{g.PV}^{-1}.\text{d}^{-1}$ ). Desta forma, como o consumo de MS diferiu entre os tratamentos e as dietas fornecidas na fase de crescimento possuíam composições distintas quanto aos teores dos nutrientes (Tabela 1), houve diferença ( $P<0,05$ ) no consumo de todos os nutrientes, com exceção do consumo de fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), que foi semelhante entre os tratamentos AA e MA ( $P>0,05$ ), sendo ainda menor ( $P<0,05$ ) para o tratamento BA (Tabela 2). No entanto, quando o consumo foi de FDNcp foi expresso em relação ao peso vivo, este foi maior para o tratamento MA, menor para o BA e intermediário para o AA.

O resultados encontrados podem ser explicados em virtude de que na restrição qualitativa o consumo pelo animal ser restrito pelo efeito de repleção ruminal causado pela maior proporção de volumoso e conseqüentemente de fibra na dieta (Detmann et al., 2003), como foi observado para o tratamento MA. Segundo Galyean & Defoor (2003), o teor de FDN da dieta de animais em confinamento pode explicar até 92% da variação na ingestão de MS pelos animais, desta forma, no presente trabalho o consumo de MS para os animais do tratamento MA durante a fase de crescimento, foi limitado pela maior proporção de FDN na dieta dos mesmos, da mesma forma, observa-se que o consumo de FDNi também foi maior para este tratamento. Para o tratamento BA no entanto, o consumo de fibra foi mais baixo porque estes animais passaram na fase de crescimento por uma restrição quali e quantitativa, recebendo 1,2% do peso vivo em MS da respectiva dieta, que apresentava maior teor de FDNcp. Assim, para este grupo de animais, pôde ser observado então menor consumo de FDNcp, sendo o consumo relativo de FDNi semelhante ao tratamento AA, isto devido ao restrição quantitativa imposta à estes animais.

**Tabela 2-** Médias do consumo de matéria seca energia metabolizável e dos nutrientes para os tratamentos durante as fases de crescimento e terminação.

Variáveis <sup>1</sup>	Fase de Crescimento			EPM <sup>2</sup>	P-Valor	Fase de Terminação			EPM <sup>2</sup>	P-Valor
	AA	MA	BA			AA	MA	BA		
	(n=12)	(n=12)	(n=10)			(n=6)	(n=6)	(n=5)		
MS (kg/d)	6.55 <sup>a</sup>	5.35 <sup>b</sup>	2.83 <sup>c</sup>	0.206	<0.001	7.55	8.13	7.76	0.491	0.663
(g.PV <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> )	22.60 <sup>a</sup>	19.91 <sup>b</sup>	12.06 <sup>c</sup>	0.566	<0.001	18.35 <sup>b</sup>	21.34 <sup>a</sup>	22.35 <sup>a</sup>	0.616	0.001
(g.PCVZ <sup>-0.75</sup> .d <sup>-1</sup> )	99.36 <sup>a</sup>	85.83 <sup>a</sup>	49.18 <sup>b</sup>	4.767	<0.001	88.93 <sup>b</sup>	103.22 <sup>a</sup>	108.12 <sup>a</sup>	3.435	0.002
FDNcp (kg/d)	2,00 <sup>a</sup>	2.17 <sup>a</sup>	1.40 <sup>b</sup>	0.073	<0.001	2.09	2.26	2.16	0.138	0.6176
(g.PV <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> )	6.91 <sup>b</sup>	8.11 <sup>a</sup>	5.90 <sup>c</sup>	0.256	<0.001	5.07 <sup>b</sup>	5.94 <sup>a</sup>	6.22 <sup>a</sup>	0.173	<0.001
PB (kg/d)	1.06 <sup>a</sup>	0.78 <sup>b</sup>	0.38 <sup>c</sup>	0.040	<0.001	1.33	1.43	1.37	0.087	0.679
EE (kg/d)	0.25 <sup>a</sup>	0.15 <sup>b</sup>	0.06 <sup>c</sup>	0.008	<0.001	0.41	0.44	0.42	0.027	0.683
CNFcp (kg/d)	3.06 <sup>a</sup>	2.03 <sup>b</sup>	0.90 <sup>c</sup>	0.089	<0.001	3.56	3.81	3.64	0.227	0.6950
EM (Mcal/d)	18.32 <sup>a</sup>	13.75 <sup>b</sup>	6.70 <sup>c</sup>	0,537	<0.001	20.01	21.63	21.20	1.310	0.6202
FDNi (kg/d)	0.812 <sup>b</sup>	1.011 <sup>a</sup>	0.703 <sup>c</sup>	0.032	<0.001	0.797	0.858	0.819	0.052	0.6615
(g.PV <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> )	2.804 <sup>b</sup>	3.778 <sup>a</sup>	2.948 <sup>b</sup>	0.118	<0.001	1.936 <sup>b</sup>	2.252 <sup>a</sup>	2.359 <sup>a</sup>	0.065	<0.001

<sup>1</sup>MS = matéria seca, FDNcp = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, CNFcp = carboidratos não fibrosos corrigido para cinzas e proteína, EM = energia metabolizável, FDNi = fibra insolúvel em detergente neutro e indigestível.

<sup>2</sup>EPM = erro padrão da média.

O consumo de energia metabolizável (EM) em Mcal por dia. Este resultado se justifica pela diferença encontrada na ingestão de MS entre os tratamentos, aliada à diferença nas densidades energéticas das dietas. O consumo diário de energia metabolizável em Mcal para o tratamento BA foi abaixo da exigência de manutenção estimada segundo o BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010) para o peso médio destes animais, que é de aproximadamente 7,02 Mcal, enquanto este grupo de animais consumiu diariamente em média 6,62 Mcal. Este resultado explica a variação negativa no peso destes animais durante a fase de crescimento (Tabela 4). Os animais dos tratamentos AA e MA tiveram um consumo de EM maior que a exigência predita segundo o BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010), que são de aproximadamente 16,33 e 11,46 Mcal por dia respectivamente, considerando o peso médio e o ganho almejado de cada tratamento. O desempenho apresentado pelos animais do tratamento MA durante a fase de crescimento foi maior que o esperado, no entanto os animais do tratamento AA ganharam diariamente em média cem gramas a menos que o esperado para a fase de crescimento (Tabela 4).

Durante a fase de terminação o consumo de matéria seca e dos nutrientes em quilogramas por dia não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos, bem como o consumo de EM. No entanto, quando a ingestão de matéria seca foi expressa em relação ao peso vivo e peso de corpo vazio metabólico, os consumos foram maiores para os animais dos tratamentos MA e BA, que não diferiram entre si. Comportamento similar foi observado para o consumo de FDNcp que quando analisado em termos absolutos não diferiu entre os tratamentos ( $P = 0,60$ ), porém o consumo em relação ao peso vivo foi maior para os animais que passaram pela restrição durante a fase de crescimento. Este resultado comprova que animais em crescimento compensatório apresentam maior capacidade de ingestão de fibra comparativamente aos animais em crescimento contínuo. Isto ocorreu porque, durante a fase de restrição houve um crescimento do rúmen+retículo, em termos relativos ( $\text{mg.kg PCVZ}^{-1}.\text{d}^{-1}$ ), igual entre todos os tratamentos (Tabela 6), mesmo os animais dos tratamentos MA apresentando menor taxa de ganho em relação ao AA e os animais do tratamento BA apresentando perda de peso durante esta fase (Tabela 4). Adicionalmente, o ganho diário de rúmen+retículo durante a fase de terminação foi maior para o tratamento BA, menor para o AA e intermediário para o tratamento MA, que não diferiu dos demais (Tabela 7), este resultado corrobora como os descrito por Lawrence & Fowle (2002), que destacaram o aumento relativo do rúmen como sendo um dos fatores relacionados ao aumento no consumo de animais após passarem por uma restrição.

Resultados similares são encontrados na literatura, sendo este aumento no consumo uma resposta peculiar de animais que estão expressando crescimento compensatório

(Hersom et al., 2004; Jobling et al., 2009). Alguns trabalhos reportam ainda consumos absolutos de MS maiores para os animais que sofreram restrição alimentar prévia (Sainz et al., 1995; Hornick et al., 1998; Fiems et al., 2002) independentemente do tipo de restrição imposta aos animais (Sainz et al., 1995). Quando o animal passa por uma restrição qualitativa o aumento no consumo de MS é o fator que mais explica a melhoria no desempenho animal (Sainz et al., 1995).

Na Tabela 3 estão apresentados os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO e dos nutrientes. Para a fase de crescimento, foram observados maiores valores ( $P < 0,01$ ) para a digestibilidade aparente da MS e MO para a dieta do tratamento AA seguida pela dieta do tratamento MA que foi maior que a dieta do tratamento BA. Estes resultados encontrados eram esperados, pois para submeter os animais à uma restrição qualitativa a proporção do alimento volumoso na dieta foi aumentando. A relação volumoso:concentrado das dietas foi de aproximadamente 37:63, 60:40 e 81:19 para os tratamentos AA, MA e BA, respectivamente (Tabela 1). Com o aumento da porção volumosa na dieta e consequentemente do teor de fibra na dieta há redução da digestibilidade da MS da dieta. Resultado similar foi encontrado por Costa et al. (2005) que encontraram um aumento linear na digestibilidade da MS da dieta ao aumentar o nível de concentrado na dieta de novilhos zebuínos em crescimento.

Durante a fase de crescimento foi observada redução gradativa na digestibilidade aparente do EE, com o maior valor médio para o tratamento AA, menor para o BA e intermediário para o MA que não diferiu ( $P > 0,05$ ) dos demais. Esta redução gradativa pode ter ocorrido em função do aumento da participação de volumoso na dieta e consequentemente redução no teor de EE, assim dietas que proporcionam baixa ingestão de EE aumentam a participação das perdas endógenas nas fezes, o que reduz o coeficiente de digestibilidade aparente. Resultados similares foram encontrados por Bürger et al. (2000), que ao aumentarem de 10 para 70% a participação de volumoso na MS da dieta observaram uma queda de quase 50% no coeficiente de digestibilidade aparente do EE. Este resultado também está de acordo com o encontrado por Ítavo et al. (2002), que em análise de regressão observaram um resposta linear decrescente para o coeficiente de digestibilidade do EE com o aumento de volumoso na dieta.

Foi observado um menor coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos (CNFcp) para o tratamento BA durante a fase de crescimento em comparação aos tratamentos MA e AA, que não se diferiram ( $P > 0,05$ ). Considerando que esta dieta possui maior proporção de silagem, este resultado se torna similar ao relatado por Costa et al. (2005), que obtiveram uma regressão linear crescente para o coeficiente de

digestibilidade do CNF com o aumento do nível de concentrado na dieta. Da mesma maneira como observado para o EE, o aumento na participação da fração endógena de CNF nas fezes reduz o coeficiente de digestibilidade aparente deste nutriente. No presente trabalho, a menor digestibilidade do CNFcp encontrada para o tratamento BA pode estar relacionada também à redução no intestino delgado ocorrida durante a fase de crescimento (Tabela 6), o que possivelmente reduziu a capacidade de digestão e absorção intestinal destes carboidratos, que apesar serem digeridos em grande extensão no rúmen, como demonstrado por Cardoso et al. (2000) utilizado dietas similares as utilizadas neste trabalho, cerca de 17% dos carboidratos podem ser digeridos no intestino delgado.

Durante a fase de terminação, onde os animais consumiram a mesma dieta, não foram encontradas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) quanto aos coeficientes de digestibilidade aparente da MS e MO das dietas, bem como para os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, quando o ensaio de digestibilidade foi realizado 62 dias após o início da fase de realimentação (terminação). Os estudos que avaliaram a digestibilidade da MS da dieta em animais em crescimento compensatório apresentam resultados contraditórios. No trabalho realizado por Hayden et al. (1993), quando a digestibilidade da MS da dieta foi avaliada em ensaio realizado 42 dias após o início da realimentação, foi observada menor digestibilidade para os animais que apresentavam o crescimento compensatório. Por outro lado, em trabalho de revisão sobre crescimento compensatório, Hornick et al. (2000) citaram que Williams & Macdearmid (1985) encontraram aumento na digestibilidade dos nutrientes em animais desempenhando crescimento compensatório. Van Eenaeme et al. (1998) reportaram também, maior digestibilidade do nitrogênio em animais que foram previamente restritos.

**Tabela 3-** Médias dos tratamentos para os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica e dos nutrientes nas fases de crescimento e terminação.

Variáveis <sup>1</sup>	Fase de Crescimento			EPM <sup>2</sup>	P-Valor	Fase de Terminação			EPM <sup>2</sup>	P-Valor
	AA	MA	BA			AA	MA	BA		
	(n= 12)	(n= 12)	(n= 10)			(n= 6)	(n= 6)	(n= 5)		
MS	68,89 <sup>a</sup>	62,48 <sup>b</sup>	54,76 <sup>c</sup>	0,637	<0.001	66,30	67,13	68,60	2,532	0.7993
MO	74,78 <sup>a</sup>	69,93 <sup>b</sup>	64,09 <sup>c</sup>	0,570	<0.001	68,08	68,43	70,14	2,632	0.8326
PB	77,23	77,40	76,99	0,883	0.9407	78,55	78,85	79,86	1,194	0.7092
EE	90,97 <sup>a</sup>	85,85 <sup>a</sup>	75,51 <sup>b</sup>	1,895	<0.001	86,32	88,88	87,90	1,435	0.4012
FDNcp	50,95 <sup>b</sup>	53,39 <sup>ab</sup>	54,67 <sup>a</sup>	0,781	0.0043	50,42	49,68	57,70	4,354	0.3607
CNFcp	88,32 <sup>a</sup>	85,60 <sup>b</sup>	76,44 <sup>c</sup>	0,791	<0.001	72,37	73,56	72,06	2,705	0.9067

<sup>1</sup>MS = matéria seca, FDNcp = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, CNFcp = carboidratos não fibrosos corrigido para cinzas e proteína.

<sup>2</sup>EPM = erro padrão da média.

O ganho médio diário (GMD) para os tratamentos durante a fase de crescimento foi de 1,09, 0,67 e de -0,06 quilogramas para os tratamentos AA, MA e BA respectivamente (Tabela 4). O desempenho médio dos animais dos diferentes tratamentos foi estatisticamente diferente ( $P < 0,01$ ), sendo bem próximos aos ganhos diários almejados, que eram de 1,2 para o tratamento AA, 0,6 para o tratamento MA e 0,0 para o tratamento BA. O mesmo resultado foi observado quando o ganho foi expresso em relação ao peso vivo.

Ao início da fase de crescimento não foi observada diferença significativa ( $P = 0,911$ ) quanto ao peso vivo em jejum entre os tratamentos (Tabela 4). No entanto, ao final da fase de crescimento, por conta dos diferentes planos nutricionais, foram observadas diferenças entre os animais dos diferentes tratamentos quanto ao peso vivo em jejum e o peso de corpo vazio, sendo os valores médios maiores para o tratamento AA, menores para o BA e intermediários para o MA, esta diferença foi mantida durante a fase de transição até o início da fase de terminação (Figura 1).

O ganho diário de peso de corpo vazio também diferiu ( $P < 0,01$ ) entre os tratamentos durante a fase de crescimento, assim como o ganho de carcaça e dos componentes não constituintes da carcaça, sendo os maiores valores obtidos para o tratamento AA, seguido pelo MA e os valores mais baixos para o BA, que teve uma variação negativa na massa dos componentes corporais supracitados.

Esta diferença no ganho de peso de corpo vazio e de carcaça se refletiu na diferença observada ao final da fase de crescimento para o peso de corpo vazio final (PCVZF) e para o peso de carcaça fria final (PCF).

Os resultados dos desempenhos obtidos durante a fase de crescimento, podem ser explicados pelo consumo de MS e dos nutrientes mostrados na Tabela 2, pois como descrito no BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010), a ingestão de MS é a variável que mais afeta o desempenho animal.

Embora o tratamento MA tenha apresentado menor GMD comparativamente ao AA durante a fase de crescimento, a taxa de transferência do ganho de peso vivo para a carcaça (GC/GMD) não diferiu ( $P = 0,117$ ) entre esses tratamentos, sendo de aproximadamente 0,6 (ou 60%). Contudo, o tratamento AA apresentou melhor ( $P = 0,015$ ) conversão alimentar de carcaça (CAC) e maior eficiência alimentar ( $P < 0,01$ ) em relação ao tratamento MA durante a fase de crescimento, sendo este resultado reflexo da melhor dieta consumida pelos animais do tratamento AA.

**Tabela 4-** Médias dos tratamentos para os ganhos e pesos corporal, da carcaça e de componentes não carcaça, eficiência alimentar e conversão alimentar de carcaça e relações entre os pesos sem jejum nas fases de crescimento e terminação.

Variáveis <sup>1</sup>	Fase de Crescimento			EPM <sup>2</sup>	P-Valor	Fase de Terminação			EPM <sup>2</sup>	P-Valor
	AA	MA	BA			AA	MA	BA		
	(n=12)	(n=12)	(n=10)			(n=6)	(n=6)	(n=5)		
GMD (kg/d)	1,09 <sup>a</sup>	0,67 <sup>b</sup>	-0,06 <sup>c</sup>	0,051	<0,001	0,91 <sup>b</sup>	1,12 <sup>b</sup>	1,45 <sup>a</sup>	0,083	0,001
PVJI (kg)	240.04	239.25	245.85	12.147	0.911	366.26 <sup>a</sup>	320.81 <sup>b</sup>	255.32 <sup>c</sup>	6.330	<0.001
PVJF (kg)	339.75 <sup>a</sup>	301.84 <sup>b</sup>	236.29 <sup>c</sup>	4.607	<0.001	469.46 <sup>a</sup>	446.20 <sup>ab</sup>	416.10 <sup>b</sup>	10.345	0.009
EA (GMD/CMS)	0,16 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>	-	0,006	<0,001	0,12 <sup>b</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,010	0,001
	(n=6)	(n=6)	(n=5)			(n=6)	(n=6)	(n=5)		
GPCZ (kg/d)	1,02 <sup>a</sup>	0,58 <sup>b</sup>	-0,17 <sup>c</sup>	0,086	<0,001	0,87 <sup>b</sup>	1,09 <sup>b</sup>	1,38 <sup>a</sup>	0,070	<0,001
PCVZF (kg)	304.58 <sup>a</sup>	265.12 <sup>b</sup>	197.50 <sup>c</sup>	7.710	<0.001	427.87 <sup>a</sup>	400.73 <sup>a</sup>	364.42 <sup>b</sup>	8.784	0.008
GC (kg/d)	0,65 <sup>a</sup>	0,36 <sup>b</sup>	-0,14 <sup>c</sup>	0,055	<0,001	0,63 <sup>b</sup>	0,70 <sup>b</sup>	0,90 <sup>a</sup>	0,051	0,005
PCF (kg)	188.98 <sup>a</sup>	164.33 <sup>b</sup>	119.90 <sup>c</sup>	4.860	<0.001	274.98 <sup>a</sup>	249.37 <sup>b</sup>	225.72 <sup>b</sup>	6.881	0.004
GCNC (kg/d)	0,38 <sup>a</sup>	0,22 <sup>b</sup>	-0,03 <sup>c</sup>	0,035	<0,001	0,24 <sup>a</sup>	0,39 <sup>b</sup>	0,49 <sup>b</sup>	0,027	<0,001
GC/GMD	0,64	0,57	-	0,029	0,117	0,69 <sup>a</sup>	0,63 <sup>b</sup>	0,62 <sup>b</sup>	0,016	0,009
CAC (CMS/GC)	10,16 <sup>b</sup>	15,40 <sup>a</sup>	-	1,270	0,015	12,21 <sup>a</sup>	11,84 <sup>a</sup>	8,65 <sup>b</sup>	0,837	0,015
PVJF/PVF	0.97	0.97	0.98	0.004	0.471	0.97	0.97	0.97	0.005	0.662
PCVZF/PVJF	0.90 <sup>a</sup>	0.87 <sup>b</sup>	0.83 <sup>c</sup>	0.008	<0.001	0.91 <sup>a</sup>	0.90 <sup>a</sup>	0.88 <sup>b</sup>	0.006	0.005
PCVZF/PVF	0.87 <sup>a</sup>	0.84 <sup>b</sup>	0.80 <sup>c</sup>	0.007	<0.001	0.89 <sup>a</sup>	0.87 <sup>ab</sup>	0.85 <sup>b</sup>	0.006	0.002

<sup>1</sup>GMD = ganho médio diário, GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio, GC = ganho de carcaça, GCNC = ganho de componentes não carcaça, EA = eficiência alimentar, CAC = conversão alimentar de carcaça, PVJI = peso vivo após jejum de 14 horas ao início da fase, PVJF = peso vivo após jejum de 14 horas ao final da fase, PCVZF = peso de corpo vazio ao final da fase, PVF = peso vivo sem jejum ao final da fase.

<sup>2</sup>EPM = erro padrão da média.

Os dados de taxa de transferência do ganho de peso vivo para a carcaça (GC/GMD), eficiência alimentar e conversão alimentar de carcaça não foram calculados para o tratamento BA, pois os animais deste tratamento apresentaram variação negativa no peso vivo e de carcaça durante a fase de crescimento.

Não foi encontrada diferença significativa ( $P=0,471$ ) entre os tratamentos para a relação PVJF/PVF ao final da fase de crescimento, apesar de estarem recebendo dietas diferentes durante esta fase, este mesmo resultado foi observado para esta variável durante a fase de terminação. Observa-se então que os animais de todos os tratamentos e nas duas fases estudadas perderam em média 3% do seu peso vivo após um jejum de sólidos por 14 horas.

No entanto, a relação PCVZF/PVJF foi diferente entre os tratamentos ao final da fase de crescimento, sendo os valores encontrados maiores para AA, menores para BA e intermediários para MA. Observa-se então que o conteúdo remanescente do trato gastrointestinal após o jejum foi proporcionalmente maior para o tratamento BA, intermediário para o MA e menor para o AA, esta mesma consideração pode ser traçada para o conteúdo total do trato gastrointestinal pois a relação PCVZF/PVF seguiu o mesmo comportamento. Esta diferença pode ser justificada pelo diferente tempo de retenção da dieta no trato gastrointestinal dos animais, onde as dietas com maiores teores de fibra apresentam maiores tempos de retenção.

Durante a fase de terminação, o valor médio obtido para o GMD do tratamento BA foi maior que os demais tratamentos. Apesar dos animais do grupo MA ganharem em média duzentos gramas de peso vivo por dia mais que o tratamento AA, esta diferença não foi estatisticamente significativa. Resultado semelhante foi também encontrado quando o GMD foi expresso em relação ao peso corporal (Tabela 4)

Os ganhos diários de peso de corpo vazio e de carcaça durante a fase de terminação foram maiores para o tratamento BA, e não diferiu entre os tratamentos AA e MA. Este maior ganho de carcaça do tratamento BA pode ser explicado pelo maior ganho de proteína na carcaça e concomitantemente maior ganho de água, que foi observado para este tratamento. Os tratamentos MA e AA não diferiram entre si, quanto aos ganhos dos componentes químicos da carcaça durante a fase de terminação. Não foi observada diferença significativa ( $P=0,20$ ) entre os tratamentos para o ganho diário de extrato etéreo na carcaça durante a fase de terminação.

Comumente animais que passaram por restrição alimentar apresentam posteriormente, durante a realimentação, um maior GMD em comparação com os animais que não sofreram a restrição, sendo esta maior taxa de ganho conhecida como crescimento

compensatório (Hornick et al., 2000). Isso pode explicar o maior GMD apresentado pelos animais do tratamento BA. No entanto, o fato do animal passar por uma restrição não garante que posteriormente, quando o animal for alimentado de maneira satisfatória, o mesmo apresentará o crescimento compensatório (White et al., 1987; Hersom et al., 2004; Neto et al., 2011), como foi observado no presente trabalho para o tratamento MA, que o GMD não diferiu do tratamento AA.

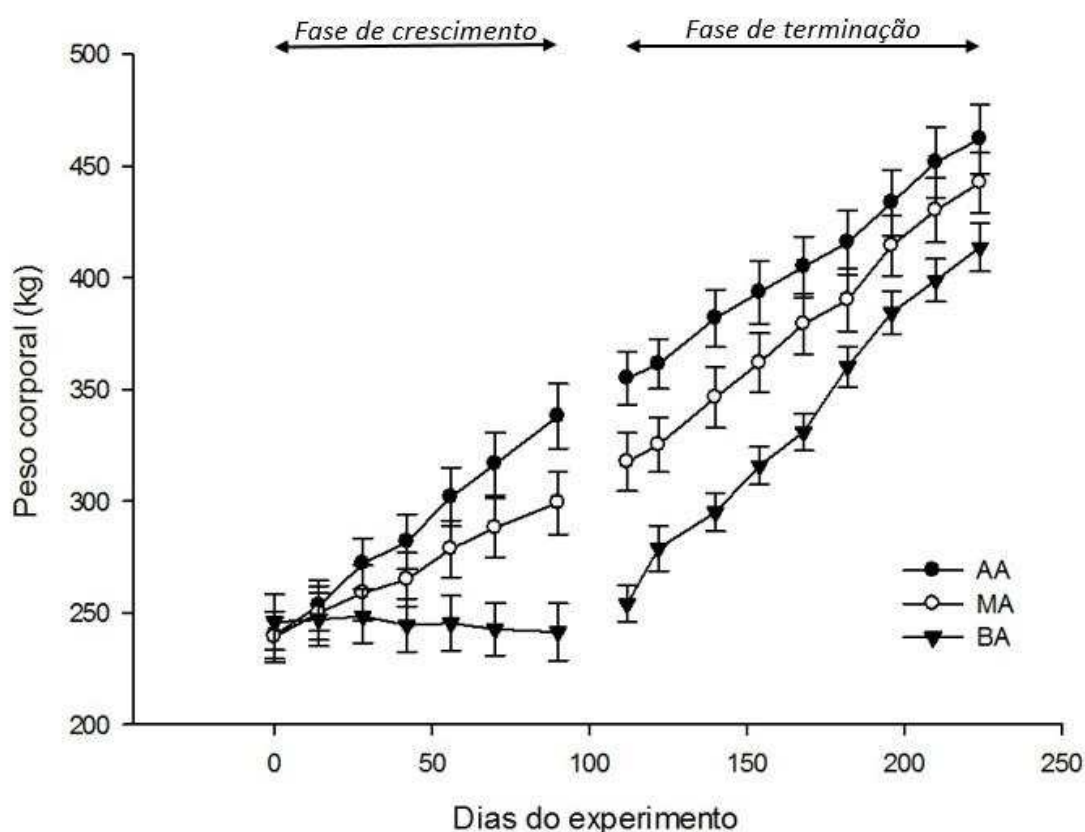
Uma das explicações para a não ocorrência do crescimento compensatório após o animal passar por uma restrição qualitativa é o aumento na exigência de energia para a manutenção que geralmente é apresentado por estes animais (Hersom et al., 2004). No trabalho de Sainz et al. (1995) também foi observado aumento na demanda energética para manutenção em animais que foram submetidos a uma restrição alimentar qualitativa, no entanto, houve um crescimento compensatório neste grupo de animais, sendo este explicado pelo maior consumo de MS absoluto apresentado por estes animais. No presente trabalho como demonstrado na Tabela 2, o consumo de MS em quilogramas por dia não diferiu estatisticamente entre os tratamentos, e apesar do tratamento MA ter apresentado maior ingestão de MS em  $\text{g.PCVZ}^{-0.75} \cdot \text{d}^{-1}$  em relação ao tratamento AA, possivelmente o aumento no requerimento de manutenção tenha ocorrido em mesma proporção impedindo que fosse observado diferença significativa no GMD entre os tratamentos MA e AA.

O aumento no ganho proteico dos animais que estão desempenhando crescimento compensatório é descrito como sendo uma das razões para o maior ganho de peso vivo destes animais, pois na deposição de tecido magro além do ganho proteico há também uma maior retenção de água no corpo (Hornick et al., 2000). No entanto, a composição do ganho durante o crescimento compensatório parece estar relacionada à maturidade do animal e ao período de avaliação durante a realimentação (Alves, 2003). Animais mais jovens em crescimento compensatório geralmente apresentam maior ganho proteico na carcaça (Fox et al., 1972; Carstens et al., 1991), possivelmente devido ao potencial de deposição proteica destes animais serem mais altos em relação aos animais mais próximos ao peso à maturidade. Segundo os resultados encontrados por Fox et al. (1972), durante o crescimento compensatório, há inicialmente uma maior deposição de proteína na carcaça e posteriormente a deposição proteica diminui e a deposição de gordura na carcaça aumenta. Devido ao período longo de realimentação, no presente trabalho, o aumento da deposição de gordura ao final desta fase foi suficiente para que não fosse mais observada menor deposição de gordura nos animais em crescimento compensatório

(tratamento BA) quando todo o período foi avaliado, no entanto a maior deposição proteica ainda foi observada para estes animais.

O valor médio de peso vivo em jejum ao final da fase de terminação foi menor para o tratamento BA maior para o tratamento AA e intermediário para o tratamento MA que não se diferiu dos demais.

Diferentemente do esperado, os animais do tratamento MA não apresentaram uma maior taxa de ganho em relação ao tratamento AA durante a fase de terminação (Tabela 4). Contudo, ao final da fase de terminação não foi observada diferença significativa entre o peso vivo e peso de corpo vazio destes dois grupos (Tabela 4 e Figura 1). Este resultado aparentemente é obtido quando a diferença no peso vivo entre o grupo restrito e o controle ao final da fase de restrição não é muito grande e/ou quando os animais são submetidos à um período prolongado de realimentação, como reportado também em outros trabalhos (Tolla et al., 2003; Tomkins et al., 2006; Neto et al., 2011).



**Figura 1-** Peso corporal médio dos tratamentos durante o experimento.

Com este resultado, pode-se dizer que não houve crescimento compensatório significativo para os animais do tratamento MA durante a fase de terminação, mas houve compensação do peso corporal ao final da fase. Pode parecer contraditório, mas este

resultado é possível de acontecer, pois quanto maior o desvio do animal da curva normal de crescimento maior é o crescimento compensatório e menor é a possibilidade do animal em reestabelecer o seu peso ideal para a idade, da mesma forma, quanto menor o desvio, menor é o crescimento compensatório e maior é a possibilidade do animal reestabelecer seu peso ideal para a idade (Hornick et al., 2000). Isto explica os resultados encontrados para os tratamentos BA e MA neste trabalho, onde o GMD foi maior no tratamento BA, no entanto estes animais não conseguiram reestabelecer seu peso ao final da fase de terminação.

Por outro lado, os animais do grupo MA tiveram um menor desvio na curva de crescimento, ou seja uma menor diferença de peso em relação ao tratamento AA (Tabela 4) ao final da fase de crescimento, assim a taxa de crescimento dos animais do tratamento MA não foi expressivamente aumentada não diferindo do tratamento AA (Tabela 4). Contudo, as pequenas mudanças no crescimento foram suficientes para que os animais deste grupo reestabelecessem seu peso ao final da fase de terminação (Tabela 4 e Figura 1). Outro fator que pode ter contribuído para este resultado, é que os animais do grupo AA ao final da fase de terminação apresentaram peso de corpo vazio médio de 427,8 kg, sendo este valor muito próximo ao peso de corpo vazio à maturidade para a raça Nelore descrito no BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010) que é de 428,5 kg, com isto, ao final da fase de terminação a taxa de crescimento destes animais foi se reduzindo a medida que estes se aproximavam do peso a maturidade. Este resultado está de acordo com a descrição teórica realizada por Jobling (2009) e ratificada por Hector & Nakagawa (2012), sendo que estes últimos autores sugeriram em seu trabalho que as investigações com o objetivo de avaliarem o crescimento compensatório devem ser realizadas em uma fase onde o crescimento animal é o mais linear possível, reduzindo problemas de comparação como o grupo em crescimento contínuo.

O ganho dos componentes corporais não constituintes da carcaça durante a fase de terminação foi maior para os animais dos tratamentos MA e BA, que foram submetidos à restrição durante a fase de crescimento. Com o maior crescimento destes componentes, houve redução na taxa de transferência do ganho de peso vivo para a carcaça (GC/GMD), que foi de aproximadamente 0,62 para os animais que sofreram a restrição e de 0,69 para os animais do tratamento AA.

Os resultados de pesquisas indicam que durante o crescimento compensatório há uma sequência de prioridade entre os tecidos, sendo os órgão mais metabolicamente ativos (como o fígado e TGI) mais sensíveis as variações nutricionais, assim são os primeiros a responderem com aumento de massa durante o crescimento compensatório,

posteriormente a deposição de proteína na carcaça é priorizada em relação à deposição de gordura (Hornick et al., 2000). Isto ocorre quando o período de realimentação em que os animais são avaliados é muito curto, e neste caso o crescimento compensatório se dá apenas pelo aumento na massa destes componentes não constituintes da carcaça (Fontes et al. 2007).

Ao final da fase de terminação foi observado uma menor relação PCVZF/PVJF para os animais do tratamento BA. Os valores médios para a relação PCVZF/PVF ao final da terminação também foram menores para o tratamento BA, maiores para o AA e intermediários para o MA que não diferiu dos dois tratamentos. Este resultado comprova que os animais do tratamento BA apresentaram proporcionalmente maior conteúdo do trato gastrointestinal em relação ao tratamento AA e igual ao tratamento MA, que também não diferiu do AA.

O tratamento BA apresentou maior eficiência alimentar que os tratamentos MA e AA, que não diferiram entre si. Resultado similar foi encontrado para o valor médio de conversão alimentar de carcaça ao final da fase de terminação, onde o tratamento BA apresentou o menor valor médio e os outros dois tratamentos não se diferiram. O maior valor de eficiência alimentar e menor de conversão alimentar de carcaça obtido para o tratamento BA durante a fase de restrição é justificável, pois o consumo diário médio de MS foi igual entre os tratamentos (Tabela 2) porém os animais deste grupo apresentaram maiores ganhos de peso vivo e de carcaça (Tabela 4).

Os resultados de maior eficiência alimentar e menor conversão alimentar de carcaça encontrados para o tratamento BA são comumente encontrados na literatura (Sainz et al., 1995; Neto et al., 2011; Pordomingo et al., 2012). Este resultado em termos produtivos é muito interessante, levando alguns autores a concluir que o crescimento compensatório pode ser explorado como uma ferramenta para produção de carne de maneira mais eficiente (Yambayamba et al., 1996; Tolla et al., 2003; Neto et al., 2011). Contudo, poucos trabalhos avaliam os possíveis efeitos negativos deste crescimento mais acelerado sobre o organismo animal. Em recente trabalho de revisão, sobre o crescimento compensatório em várias espécies, Hector & akagawa (2012) observaram que ao expressar o crescimento compensatório o animal pode ter suas funções do sistema imune reduzidas, bem como apresentar problemas reprodutivos.

Na Tabela 5 estão apresentadas as médias para os tratamentos quanto ao consumo de MS, conversão alimentar, peso vivo e peso de carcaça ganhos considerando todo o período experimental, ou seja do início da fase de crescimento até o fim da fase de terminação, considerando a fase de transição.

Observa-se que o consumo de MS total e diário foi diferente ( $P<0,01$ ) entre os tratamentos, sendo menor para o BA e não se diferiu entre o AA e MA. O peso ganho durante todo o experimento, foi maior para os animais do tratamento AA, menor para os animais do tratamento BA e intermediário para os animais do tratamento MA, que não se diferiu dos demais. O ganho de carcaça no entanto, foi maior ( $P<0,01$ ) para os animais do tratamento AA que estavam desempenhado crescimento contínuo em relação aos animais em crescimento alternado.

A conversão alimentar (CA) não diferiu entre os tratamentos, porém, a conversão alimentar de carcaça (CAC), que expressa a eficiência dos animais em converter o alimento consumido em carcaça, foi melhor para os animais do tratamento AA em relação aos animais do tratamento BA. Ou seja, apesar do animais do tratamento BA terem apresentado uma melhor eficiência alimentar na fase de terminação em relação aos demais, considerando o período total do experimento os animais deste grupo apresentaram uma menor eficiência na conversão da MS consumida em peso de carcaça. A média da CAC para o tratamento MA não diferiu si do tratamento AA ( $P=0,07$ ) apesar da grande diferença numérica.

**Tabela 5-** Médias dos tratamentos para o consumo de MS, peso vivo ganho e peso de carcaça ganho no período total do experimento.

Variáveis <sup>1</sup>	Período total do experimento			EPM <sup>2</sup>	P-Valor
	AA (n=6)	MA (n=6)	BA (n=5)		
CMS (kg)	1618.14 <sup>a</sup>	1563.86 <sup>a</sup>	1258.90 <sup>b</sup>	44.538	<0.001
CMS (kg/d)	8.011 <sup>a</sup>	7.742 <sup>a</sup>	6.232 <sup>b</sup>	0.220	<0.001
Peso vivo ganho (kg)	227.00 <sup>a</sup>	204.42 <sup>ab</sup>	177.40 <sup>b</sup>	10.465	0.012
Peso vivo ganho (kg/d)	1.018 <sup>a</sup>	0.916 <sup>ab</sup>	0.761 <sup>b</sup>	0.047	0.004
Peso de carcaça ganho (kg)	142.30 <sup>a</sup>	117.14 <sup>b</sup>	95.52 <sup>b</sup>	6.951	<0.001
Peso de carcaça ganho (kg/d)	0.638 <sup>a</sup>	0.525 <sup>b</sup>	0.428 <sup>b</sup>	0.031	<0.001
CA (CMS/GMD)	7.053	7.594	7.386	0.350	0.500
CAC (CMS/GC)	11.316 <sup>b</sup>	13.235 <sup>ab</sup>	13.707 <sup>a</sup>	0.620	0.026

<sup>1</sup>CMS= Matéria seca consumida, CA= conversão alimentar, CAC = conversão alimentar de carcaça.

<sup>2</sup>EPM = erro padrão da média.

Na Tabela 6 estão apresentados as taxas de ganhos de todos os componentes não carcaça durante a fase de crescimento. O crescimento dos componentes não carcaça entre os tratamentos AA e MA diferiram apenas quanto ao ganho absoluto (g/d) do fígado e coração e do ganho absoluto e relativo ( $\text{mg.kg PCVZ}^{-1}.\text{d}^{-1}$ ) do pulmão e do grupo listado como outros componentes não carcaça (OCNC), estas diferenças justificam o menor

ganho de componentes não constituintes da carcaça apresentados pelo tratamento MA em relação ao AA durante a fase de crescimento (Tabela 4).

O trato gastrointestinal (TGI) apresentou um crescimento diferenciado de acordo com o plano nutricional que os animais foram submetidos, sendo os menores valores observados para o tratamento BA, os maiores para o AA e valores intermediários para o MA que não se diferiu dos outros dois tratamentos. Observa-se então que, mesmo os animais do tratamento MA apresentando um menor GMD em relação aos animais do tratamento AA, o crescimento do TGI foi igual entre os animais destes tratamentos. Por outro lado, os animais do tratamento BA mesmo apresentando uma variação negativa em seu peso corporal e na massa dos componentes não carcaça (Tabela 4), exibiram um crescimento positivo do TGI, que foi menor que o apresentado pelos animais do tratamento AA, porém não se diferiu ( $P>0,05$ ) estatisticamente do tratamento MA.

Dos componentes do TGI, apenas o rúmen+retículo e o intestino delgado tiveram seu crescimento diferenciado entre os tratamentos. O intestino delgado dos animais do tratamento BA apresentou uma variação negativa em sua massa, sendo este valor estatisticamente menor que o encontrado para os tratamentos MA e AA, que não diferiram entre si. O crescimento do rúmen+retículo quando expresso em  $\text{mg.kg PCVZ}^{-1}.\text{d}^{-1}$  não diferiu entre os tratamento ( $P=0,058$ ). Este crescimento diferenciado do TGI nos animais que foram submetidos à restrição alimentar pode ser uma das explicações para a maior capacidade de ingestão apresentada por estes animais na fase de terminação (Tabela 2).

O aumento na massa do TGI em animais submetidos a restrição qualitativa é um resultado já descrito na literatura, como demonstrado por Sainz & Bentley (1997), que ao compararem animais que passaram por uma restrição qualitativa com os animais em crescimento contínuo de mesmo peso, observaram uma maior massa para os conjunto rúmen, retículo, omaso e abomaso para os animais restritos. Resultado similar foi encontrado por Hersom et al. (2004), que encontrou um maior peso relativo de TGI de animais que passaram por restrição qualitativa em pastagens.

Durante a fase de crescimento, os valores médios obtidos para o ganho do fígado e coração em gramas por dia e do pulmão e dos OCNC independente da forma de expressão foram diferentes ( $P<0,01$ ) entre todos os tratamentos, sendo maiores para o tratamento AA seguido do MA e menores para o BA

**Tabela 6-** Médias dos tratamentos para o ganho dos órgão e demais componentes não constituintes da carcaça durante a fase de crescimento.

Variáveis	Tratamentos <sup>1</sup>			EPM <sup>2</sup>	P-valor	
	AA	MA	BA			
	(n=6)	(n=6)	(n=5)			
TGI <sup>3</sup>	g/dia	39,23 <sup>a</sup>	28,45 <sup>ab</sup>	2,84 <sup>b</sup>	7,305	0,008
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	150,50 <sup>a</sup>	127,13 <sup>ab</sup>	17,08 <sup>b</sup>	32,414	0,021
Rúmen + Retículo	g/d	20,12 <sup>a</sup>	16,27 <sup>ab</sup>	7,22 <sup>b</sup>	2,720	0,011
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	77,78	70,35	36,38	12,133	0,058
Omaso	g/d	7,77	6,00	2,32	1,687	0,088
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	29,22	28,25	12,72	7,721	0,252
Abomaso	g/d	2,95	2,35	0,72	0,693	0,085
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	11,38	10,27	3,94	3,068	0,199
Intestino Delgado	g/d	6,02 <sup>a</sup>	3,35 <sup>a</sup>	-5,92 <sup>b</sup>	2,594	0,012
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	23,77 <sup>a</sup>	15,40 <sup>a</sup>	-29,20 <sup>b</sup>	11,405	0,010
Intestino Grosso	g/d	2,37	0,53	-1,54	1,189	0,086
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	8,37	2,88	-6,76	5,003	0,116
Coração	g/dia	2,50 <sup>a</sup>	0,73 <sup>b</sup>	-1,94 <sup>c</sup>	0,520	<0,001
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	9,57 <sup>a</sup>	3,47 <sup>a</sup>	-9,42 <sup>b</sup>	1,940	<0,001
Baço	g/dia	3,83 <sup>a</sup>	1,68 <sup>ab</sup>	-1,12 <sup>b</sup>	0,929	0,005
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	15,55 <sup>a</sup>	7,33 <sup>ab</sup>	-5,62 <sup>b</sup>	4,131	0,007
Fígado	g/dia	15,15 <sup>a</sup>	6,30 <sup>b</sup>	-7,64 <sup>c</sup>	2,303	<0,001
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	59,43 <sup>a</sup>	28,62 <sup>a</sup>	-39,34 <sup>b</sup>	10,513	<0,001
Rins	g/dia	1,65 <sup>a</sup>	0,57 <sup>ab</sup>	-1,24 <sup>b</sup>	0,516	0,004
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	6,17 <sup>a</sup>	2,90 <sup>a</sup>	-6,12 <sup>b</sup>	2,112	0,002
Pulmões	g/dia	7,03 <sup>a</sup>	3,00 <sup>b</sup>	-0,44 <sup>c</sup>	0,868	<0,001
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	27,18 <sup>a</sup>	13,38 <sup>b</sup>	-2,94 <sup>c</sup>	3,485	<0,001
Sangue	g/dia	29,78 <sup>a</sup>	20,52 <sup>a</sup>	-7,02 <sup>b</sup>	5,124	<0,001
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	119,68 <sup>a</sup>	87,47 <sup>a</sup>	-35,38 <sup>b</sup>	22,993	0,001
GV <sup>4</sup>	g/dia	62,93 <sup>a</sup>	24,30 <sup>ab</sup>	-14,86 <sup>b</sup>	12,061	0,001
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	235,22 <sup>a</sup>	102,85 <sup>a</sup>	-76,40 <sup>b</sup>	43,828	0,001
OCNC <sup>5</sup>	g/dia	215,50 <sup>a</sup>	135,23 <sup>b</sup>	5,04 <sup>c</sup>	15,834	<0,001
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	833,10 <sup>a</sup>	566,57 <sup>b</sup>	25,12 <sup>c</sup>	50,751	<0,001

<sup>1</sup>AA = Alto ganho durante as duas fases, MA = ganho moderado na fase de crescimento e alto na fase de terminação, BA = baixo ganho na fase de crescimento e alto na fase de terminação.

<sup>2</sup>EPM = erro padrão da média.

<sup>3</sup>TGI = trato gastrointestinal.

<sup>4</sup>GV = gordura visceral.

<sup>5</sup>OCNC = outros componentes não constituintes da carcaça, onde se inclui: pele, patas, cabeça, rabo, língua, diafragma, traqueia e aparas.

Os valores médios de ganho durante a fase de crescimento dos rins e gordura visceral (GV) em gramas por dia e do baço independente da forma de expressão foram maiores para o tratamento AA, menores para o BA e intermediários para o MA, que não diferiu estatisticamente dos tratamentos AA e BA.

Os ganhos relativos, durante a fase de crescimento, expressos em  $\text{mg.kg PCVZ}^{-1}.\text{d}^{-1}$  para os órgãos coração, fígado, rins e a gordura visceral foram menores para o tratamento BA em relação aos tratamentos AA e AM, que não diferiram entre si. Este mesmo comportamento foi observado para o ganho de sangue quando expresso tanto em termos relativos quanto em termos absolutos. A variação na massa da gordura visceral em gramas por dia durante a fase de crescimento indica que houve uma mesma deposição entre os tratamentos AA e MA enquanto para o tratamento BA houve uma mobilização deste tecido.

A massa do fígado está diretamente relacionada ao nível de nutrientes consumido e absorvidos, sendo este órgão extremamente responsivo às variações no plano nutricional. Diferentemente do TGI, a redução do fígado ocorre independentemente do tipo de restrição imposta aos animais, seja ela quantitativa (Yambayamba et al., 1996; Sainz & Bentley, 1997) ou qualitativa (Sainz & Bentley, 1997; Hersom et al., 2004).

Como apresentado na Tabela 7, durante a fase de terminação, foi observado para o tratamento AA um menor ganho do TGI e dos demais componentes não carcaça listados, excetuando-se para o ganho em gramas por dia de gordura visceral que não diferiu ( $P=0,062$ ) entre os tratamentos e o ganho dos OCNC em gramas por dia que não diferiu entre os tratamentos AA e MA ( $P>0,05$ ). Este resultado comprova o menor valor para o ganho de componentes não constituintes da carcaça (GCNC) observado para o tratamento AA em relação aos demais (Tabela 4).

De maneira geral, os maiores ganhos dos componentes corporais não constituintes da carcaça durante a fase de terminação, foram observados para os animais do tratamento BA, que durante a fase de crescimento apresentaram um decréscimo na massa da maioria destes componentes corporais. Para os animais do tratamento MA houve um mesmo comportamento diferindo-se do tratamento BA apenas quanto aos ganhos absolutos de TGI e fígado e aos ganhos relativos de rins, pulmões e OCNC.

Os valores médios para o ganho do TGI durante a fase de terminação, foram diferentes ( $P<0,01$ ) entre todos os tratamentos, independente da forma como foram expressos, sendo maior para o tratamento BA seguido do MA e o menor ganho foi observado para o tratamento AA.

**Tabela 7-** Médias dos tratamentos para o ganho dos órgão e demais componentes não constituintes da carcaça durante a fase de terminação.

Variáveis	Tratamentos <sup>1</sup>			EPM <sup>2</sup>	P-valor	
	AA	MA	BA			
	(n=6)	(n=6)	(n=5)			
TGI <sup>3</sup>	g/dia	12,98 <sup>c</sup>	29,40 <sup>b</sup>	52,60 <sup>a</sup>	3,519	<0,001
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	35,07 <sup>c</sup>	88,57 <sup>b</sup>	175,60 <sup>a</sup>	10,686	<0,001
Rúmen + Retículo	g/d	6,92 <sup>b</sup>	12,95 <sup>ab</sup>	18,08 <sup>a</sup>	2,359	0,012
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	18,90 <sup>b</sup>	40,32 <sup>ab</sup>	60,48 <sup>a</sup>	8,172	0,007
Omaso	g/d	-0,15 <sup>b</sup>	1,18 <sup>b</sup>	7,00 <sup>a</sup>	1,351	0,004
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	-0,62 <sup>b</sup>	3,33 <sup>b</sup>	23,08 <sup>a</sup>	3,697	0,001
Abomaso	g/d	1,15	3,52	2,54	1,112	0,286
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	3,25	10,30	8,58	3,161	0,235
Intestino Delgado	g/d	2,47 <sup>b</sup>	7,90 <sup>b</sup>	18,96 <sup>a</sup>	2,388	0,001
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	6,65 <sup>b</sup>	23,28 <sup>b</sup>	62,86 <sup>a</sup>	6,861	<0,001
Intestino Grosso	g/d	2,60 <sup>b</sup>	3,87 <sup>ab</sup>	6,06 <sup>a</sup>	0,676	0,007
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	6,83 <sup>b</sup>	11,35 <sup>b</sup>	20,60 <sup>a</sup>	2,146	0,001
Coração	g/dia	2,13 <sup>b</sup>	4,42 <sup>a</sup>	5,26 <sup>a</sup>	0,609	0,005
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	5,95 <sup>b</sup>	13,08 <sup>a</sup>	17,98 <sup>a</sup>	1,897	0,001
Baço	g/dia	-0,92 <sup>b</sup>	2,72 <sup>a</sup>	1,74 <sup>a</sup>	0,604	0,001
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	-2,50 <sup>b</sup>	7,90 <sup>a</sup>	6,24 <sup>a</sup>	1,842	0,001
Fígado	g/dia	2,43 <sup>c</sup>	14,97 <sup>b</sup>	24,34 <sup>a</sup>	1,444	<0,001
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	6,42 <sup>c</sup>	44,68 <sup>b</sup>	82,78 <sup>a</sup>	5,459	<0,001
Rins	g/dia	0,45 <sup>b</sup>	2,00 <sup>a</sup>	3,18 <sup>a</sup>	0,405	0,001
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	1,25 <sup>c</sup>	5,88 <sup>b</sup>	10,74 <sup>a</sup>	1,193	<0,001
Pulmões	g/dia	0,82 <sup>b</sup>	6,30 <sup>a</sup>	8,26 <sup>a</sup>	0,697	<0,001
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	2,37 <sup>c</sup>	18,83 <sup>b</sup>	27,72 <sup>a</sup>	2,007	<0,001
Sangue	g/dia	13,82 <sup>b</sup>	34,12 <sup>a</sup>	30,86 <sup>a</sup>	4,783	0,012
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	36,95 <sup>b</sup>	100,92 <sup>a</sup>	102,64 <sup>a</sup>	13,018	0,002
GV <sup>4</sup>	g/dia	49,27	81,38	86,84	11,766	0,062
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	130,00 <sup>b</sup>	238,48 <sup>a</sup>	291,52 <sup>a</sup>	28,773	0,003
OCNC <sup>5</sup>	g/dia	160,25 <sup>b</sup>	216,68 <sup>ab</sup>	273,06 <sup>a</sup>	17,609	0,001
	mg.kg PCVZ <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup>	435,77 <sup>c</sup>	654,35 <sup>b</sup>	913,20 <sup>a</sup>	57,485	<0,001

<sup>1</sup>AA = Alto ganho durante as duas fases, MA = ganho moderado na fase de crescimento e alto na fase de terminação, BA = baixo ganho na fase de crescimento e alto na fase de terminação.

<sup>2</sup>EPM = erro padrão da média.

<sup>3</sup>TGI = trato gastrointestinal.

<sup>4</sup>GV = gordura visceral.

<sup>5</sup>OCNC = outros componentes não constituintes da carcaça, onde se inclui: pele, patas, cabeça, rabo, língua, diafragma, traqueia e aparas.

Dentre os segmentos do TGI, apenas o ganho de abomaso não diferiu entre os tratamentos ( $P=0,286$ ), independentemente de como foi expresso. Os ganhos em g/d do intestino delgado, abomaso e em  $\text{mg.kg PCVZ}^{-1}.\text{d}^{-1}$  para o intestino delgado, abomaso e intestino grosso foram maiores para o tratamento BA em relação aos tratamentos AA e MA, que não diferiram entre si. O ganho em rúmen+retículo independente da forma de expressão e do intestino grosso em g/d foram maiores para os animais do tratamento BA, menores para o AA e intermediários para o MA, que não se diferiu dos outros tratamentos.

Este maior crescimento do TGI e do fígado apresentado neste trabalho está de acordo com o encontrado por Yambayamba et al. (1996). Estes autores reportaram que o aumento na massa do fígado e do TGI acontecem de forma muito rápida, sendo que em apenas 29 dias após a realimentação o peso relativo destes órgãos não se diferiam mais entre os animais que passaram por uma restrição e os animais em crescimento contínuo. No caso do fígado ainda, o peso relativo 50 dias após a realimentação foi maior para os animais que passaram pela restrição alimentar. Resultado similar foi obtido por Sainz & Bentley (1997), que observaram ainda que, o aumento na massa do fígado é causado pela hipertrofia dos hepatócitos não alterando o número de células.

O fígado é um dos órgão mais ativos metabolicamente, consumindo de 18 a 25% de todo o oxigênio inspirado pelo animal (Connor et al., 2009), assim a variação em sua massa e metabolismo são algumas das explicações para as mudanças na demanda energética de manutenção dos animais (Yambayamba et al., 1996; Hersom et al., 2004).

O peso de carcaça quente ao final da fase de crescimento foi diferente ( $P<0,01$ ) entre todos os tratamentos, sendo menor para o BA seguido do tratamento MA e o maior peso foi obtido para o tratamento AA (Tabela 8). O peso de carcaça fria ao final da fase de crescimento seguiu o mesmo comportamento (Tabela 4), visto que não houve diferença ( $P=0,757$ ) entre os tratamentos quanto à perda por resfriamento da carcaça.

O rendimento de carcaça quente foi afetado pelos tratamentos, sendo menor para o tratamento BA e não se diferiu entre os tratamentos MA e AA. No entanto, quando o rendimento de carcaça verdadeiro foi calculado, em relação ao peso de corpo vazio, não foi observado diferença significativa entre os tratamentos. Este resultado comprova que a diferença no rendimento de carcaça foi gerada pelo conteúdo remanescente do trato gastrointestinal após o jejum de 14 horas, sendo este conteúdo proporcionalmente maior para os animais do tratamento BA (Tabela 4). Contudo, apesar do maior conteúdo do trato gastrointestinal remanescente apresentado para o tratamento MA em relação ao AA (Tabela 4), isto não foi suficiente para gerar diferença significativa no RCQ entre estes dois tratamentos. Este resultado também comprova que as mudanças ocorridas no

crescimento dos componentes não constituintes da carcaça durante a fase de restrição não contribuem diretamente para alterar o rendimento de carcaça.

O valor médio para o comprimento de carcaça ao final da fase de crescimento diferiu ( $P=0,035$ ) entre os tratamentos, sendo menor para o tratamento BA em relação ao AA e intermediário para o MA que não se diferiu dos outros dois tratamentos. Este resultado demonstra que a restrição durante a fase de crescimento reduziu o peso e o tamanho da carcaça produzida.

A espessura de gordura subcutânea ao final da fase de crescimento foi menor para o tratamento BA, maior para o tratamento AA e intermediária para as carcaças dos animais do tratamento MA, que não diferiu-se estatisticamente dos outros dois tratamentos. Esta diferença possivelmente foi observada pela diferença na deposição de gordura (extrato etéreo) na carcaça apresentada pelos tratamentos durante a fase de crescimento.

O valor médio observado para a área de olho de lombo ao final da fase de crescimento, foi menor para o tratamento BA, maior para o AA e intermediário para as carcaça do MA, que não diferiu-se dos demais tratamentos. Sendo este resultado possivelmente causado pela maior hipertrofia da células musculares, que pode ser comprovado pela diferença na deposição de proteína na carcaça observada entre os tratamentos durante a fase de crescimento (Tabela 9).

O valor médio para pH final não diferiu ( $P=0,19$ ) entre os tratamentos no abate ao final da fase de crescimento. A temperatura final neste mesmo abate, foi diferente entre os tratamentos apresentando valor médio menor para o tratamento BA, maior para o tratamento AA e intermediário para o MA, que não diferiu dos demais tratamentos. Esta diferença observada na temperatura da carcaça 24 horas após do abate, pode ser explicada pela variação na espessura de gordura das carcaças entre os tratamentos (Tabela 8), assim carcaças com menor espessura de gordura subcutânea apresentam uma maior queda na temperatura durante o resfriamento, resultado similar foi observado por Duarte et al. (2013), que reportaram uma diferença na curva de resfriamento das carcaças quando foi observado diferença significativa entre a espessura de gordura subcutânea dos grupos avaliados.

Ao final da fase de terminação não foi observado diferença significativa entre os tratamentos MA e BA quanto ao peso de carcaça quente, sendo este valor médio menor que o encontrado para o tratamento AA. Esta diferença foi mantida para o peso de carcaça fria, pois não houve diferença ( $P=0,743$ ) entre os tratamentos para a perda por resfriamento das carcaças.

**Tabela 8-** Médias dos tratamentos para as características de carcaça ao final da fase de crescimento e terminação.

Variáveis <sup>1</sup>	Fase de Crescimento			EPM <sup>2</sup>	P-Valor	Fase de Terminação			EPM <sup>2</sup>	P-Valor
	AA	MA	BA			AA	MA	BA		
	(n=6)	(n=6)	(n=5)			(n=6)	(n=6)	(n=5)		
PCQ (kg)	193.46 <sup>a</sup>	167.95 <sup>b</sup>	122.56 <sup>c</sup>	4.985	<0.001	280.03 <sup>a</sup>	254.20 <sup>b</sup>	230.28 <sup>b</sup>	6.893	0.004
PR (%)	2.36 <sup>a</sup>	2.15 <sup>a</sup>	2.24 <sup>a</sup>	0.202	0.757	1.82	1.90	1.98	0.147	0.743
RCQ (%)	56.88 <sup>a</sup>	54.90 <sup>a</sup>	51.46 <sup>b</sup>	0.720	<0.001	59.58 <sup>a</sup>	57.14 <sup>b</sup>	55.39 <sup>c</sup>	0.415	<0.001
RCV (%)	63.29	63.19	62.03	0.493	0.139	65.50 <sup>a</sup>	63.50 <sup>b</sup>	63.00 <sup>b</sup>	0.521	0.007
Comp.(cm)	116.46 <sup>a</sup>	114.24 <sup>ab</sup>	109.55 <sup>b</sup>	1.662	0.035	127.83	128.75	130.30	2.811	0.811
EGS (mm)	2.35 <sup>a</sup>	1.72 <sup>ab</sup>	0.69 <sup>b</sup>	0.372	0.014	5.63 <sup>a</sup>	3.66 <sup>b</sup>	3.64 <sup>b</sup>	0.487	0.011
AOL (cm <sup>2</sup> )	68.97 <sup>a</sup>	59.95 <sup>ab</sup>	49.65 <sup>b</sup>	3.990	0.008	81.50	76.24	68.33	5.041	0.191
pH Final	5.83	5.81	6.17	0.148	0.190	5.79	5.88	5.67	0.115	0.498
T. Final (°C)	9.93 <sup>a</sup>	9.69 <sup>ab</sup>	8.96 <sup>b</sup>	0.257	0.032	9.33	9.27	8.72	0.176	0.046

<sup>1</sup>PCQ = Peso de carcaça quente, PR = perda por resfriamento, RCQ = rendimento de carcaça quente, RCV = rendimento de carcaça verdadeiro, Comp. = comprimento da carcaça, EGS – espessura de gordura subcutânea, AOL = área de olho de lombo, T. Final = temperatura final.

<sup>2</sup>EPM = erro padrão da média.

O rendimento de carcaça quente ao final da fase de terminação foi diferente ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos, sendo o maior valor encontrado para o AA, intermediário para o MA e menor para o BA. Este resultado pode ser explicado pela maior proporção do conteúdo remanescente do trato gastrointestinal nos animais do tratamento BA em relação ao MA, sendo esta inferência comprovada pela menor relação PCVZF/PVJF (Tabela 4). Porém, ao expressar o rendimento de carcaça em relação ao peso de corpo vazio não foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos MA e BA, permanecendo ainda o tratamento AA com o maior valor médio. Este resultado é devido ao maior ganho de componentes não constituintes da carcaça apresentados pelos tratamentos MA e BA em relação ao AA (Tabela 4), gerando assim uma redução no rendimento de carcaça verdadeiro.

No abate realizado ao final da fase de terminação não foi observado diferença significativa ( $P = 0,811$ ) entre os tratamentos quanto a característica de comprimento de carcaça.

Os valores médios para a área de olho de lombo, pH e temperatura final das carcaças no abate ao final da fase de terminação não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. A espessura de gordura subcutânea foi maior para o tratamento AA, e igual entre os tratamentos MA e BA. Mesmo apresentando uma diferença na espessura de gordura subcutânea, o resfriamento das carcaças ocorreram de maneira similar, pois apesar da diferença no acabamento, as carcaças apresentaram em média espessuras maiores que 3,6 mm de gordura subcutânea, evitando assim uma queda brusca da temperatura das carcaças, adicionalmente, o maior peso das carcaças ao final da fase de terminação contribuem para o resfriamento mais lento das carcaças (Vestergaard et al., 2000; Purchas et al., 2002).

Na Tabela 9 estão apresentados os valores médios para a composição química do ganho e a composição física final da carcaça. Foi observada diferença ( $P < 0,05$ ) no ganho de componentes químicos da carcaça na fase de crescimento. Sendo o ganho maior para os animais do tratamento AA, menor para os animais do tratamento BA e intermediário para os animais do tratamento MA. O ganho dos constituintes químicos da carcaça, durante a fase de crescimento, comprovando a ocorrência de um crescimento diferenciado nesta fase, gerado pelo plano nutricional em que os animais foram propositalmente submetidos.

**Tabela 9-** Médias dos tratamentos para a composição química do ganho e a composição física da carcaça ao final da fase.

Variáveis <sup>1</sup>	Fase de Crescimento			EPM <sup>2</sup>	P-Valor	Fase de Terminação			EPM <sup>2</sup>	P-Valor
	AA	MA	BA			AA	MA	BA		
	(n=6)	(n=6)	(n=5)			(n=6)	(n=6)	(n=5)		
AGC (Kg/dia)	0.36 <sup>a</sup>	0.21 <sup>b</sup>	-0.07 <sup>c</sup>	0.032	<0.001	0.30 <sup>b</sup>	0.34 <sup>b</sup>	0.47 <sup>a</sup>	0.028	0.002
PBC (Kg/dia)	0.08 <sup>a</sup>	0.03 <sup>b</sup>	-0.06 <sup>c</sup>	0.011	<0.001	0.11 <sup>b</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.16 <sup>a</sup>	0.007	<0.001
GOC (Kg/dia)	0.13 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>	-0.03 <sup>c</sup>	0.019	<0.001	0.15	0.17	0.20	0.020	0.200
TOC (%)	19.31 <sup>b</sup>	20.62 <sup>b</sup>	23.58 <sup>a</sup>	0.483	<0.001	16.67	17.59	17.75	0.436	0.166
TMC (%)	63.12 <sup>b</sup>	63.86 <sup>ab</sup>	64.89 <sup>a</sup>	0.411	0.015	60.53	61.43	61.59	0.604	0.384
TAC (%)	17.51 <sup>a</sup>	15.37 <sup>a</sup>	11.21 <sup>b</sup>	0.710	<0.001	21.83	20.22	20.50	1.040	0.463

<sup>1</sup>AGC = ganho de água na carcaça, PBC = ganho de proteína bruta na carcaça, GOC = ganho de gordura na carcaça, TOC = tecido ósseo na carcaça, TMC = tecido muscular na carcaça, TAC = tecido adiposo na carcaça.

<sup>2</sup>EPM = erro padrão da média.

Ao final da fase de crescimento, as carcaças dos animais do tratamento BA apresentaram uma maior proporção de tecido ósseo e uma menor de tecido adiposo que os demais tratamentos. As carcaças dos animais do tratamento BA apresentaram também uma maior proporção de tecido muscular em comparação as carcaças do tratamento AA, sendo que para o tratamento MA o valor obtido foi intermediário não se diferenciando dos outros dois tratamentos (Tabela 9). Este resultado se deve ao fato dos animais do tratamento BA terem mobilizado gordura proveniente do tecido adiposo durante a fase de crescimento, desta forma, com a redução deste tecido na carcaça há uma maior participação dos outros tecidos na composição física da mesma. A composição física da carcaça ao final da fase de crescimento não diferiu-se entre os tratamentos AA e MA.

No abate realizado ao final da fase de terminação não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto a percentagem do tecido ósseo ( $P=0,16$ ), tecido muscular ( $P=0,38$ ) e tecido adiposo ( $P=0,46$ ) na carcaça. Para as carcaças obtidas ao final da fase de crescimento, não foram encontradas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos quanto a proporção dos quartos traseiros e dianteiros (Tabela 10).

**Tabela 10-** Médias dos tratamentos para os quartos traseiro e dianteiro e para os cortes comerciais em percentagem da carcaça, durante as fases de crescimento e terminação.<sup>1</sup>

Variáveis	Tratamentos <sup>2</sup>			EPM <sup>3</sup>	P-valor
	AA	MA	BA		
<b>Abate ao final da fase de crescimento</b>	(n=6)	(n=6)	(n=5)		
<b>Traseiro</b>	59,89	59,32	59,34	0,304	0,299
Alcatra Completa	17,45	17,21	17,06	0,346	0,701
Coxão	29,88 <sup>ab</sup>	29,67 <sup>b</sup>	31,49 <sup>a</sup>	0,470	0,027
Ponta de Agulha	12,56	12,43	10,79	0,518	0,047
<b>Dianteiro</b>	40,11	40,68	40,65	0,304	0,299
Acém	22,34	23,19	21,81	0,535	0,191
Paleta	17,76	17,49	18,85	0,526	0,176
<b>Abate ao final da fase de terminação</b>	(n=6)	(n=6)	(n=5)		
<b>Traseiro</b>	57,93	58,58	58,16	1,593	0,950
Alcatra Completa	17,20	17,42	17,25	0,664	0,964
Coxão	26,89	27,89	27,29	0,653	0,508
Ponta de Agulha	13,84	13,27	13,63	0,509	0,685
<b>Dianteiro</b>	42,07	41,42	40,78	1,426	0,803
Acém	24,34	24,08	23,35	1,217	0,829
Paleta	17,73	17,34	17,43	0,584	0,869

<sup>1</sup>Valores expressos em % da carcaça.

<sup>2</sup>AA = Alto ganho durante as duas fases, MA = ganho moderado na fase de crescimento e alto na fase de terminação, BA = baixo ganho na fase de crescimento e alto na fase de terminação.

<sup>3</sup>EPM = erro padrão da média.

No entanto, houve maior proporção do coxão nas carcaças do tratamento BA, sendo esta proporção menor para o tratamento MA e intermediário para o AA, que não diferiu dos outros dois tratamentos. Esta diferença pode ter ocorrido pela redução na proporção da ponta de agulha nos animais do tratamento BA, que apesar de encontrada diferença significativa na ANOVA ( $P=0,047$ ), não foi observado diferença significativa no teste de médias (Tukey).

No abate realizado ao final da fase de terminação não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) quanto a proporção dos quartos traseiro e dianteiro, bem como na proporção de cada corte comercial. Desta forma, o crescimento compensatório não altera as proporções dos cortes comerciais.

## CONCLUSÃO

Animais Nelore jovens ao serem submetidos a uma restrição alimentar severa de natureza quali e quantitativa, após o desmame, apresentam durante a restrição um mesmo crescimento relativo dos compartimentos do trato gastrointestinal em relação aos seus contemporâneos em crescimento contínuo, exceto para o intestino delgado que apresenta redução nos animais restritos. Sendo ainda que, posteriormente quando realimentados na fase de terminação, estes animais apresentam maiores ganhos diário de todos os componentes corporais, depositam mais proteína e água na carcaça.

Apesar dos animais em crescimento compensatório terem apresentado melhor conversão alimentar de carcaça na fase de terminação, considerando o período total do experimento, os animais em crescimento contínuo são mais eficientes na conversão de alimento em carcaça.

Animais Nelore jovens previamente restritos, apresentam maior capacidade de ingestão de MS e de fibra, maior ganho de componentes não constituintes da carcaça, menor transferência do ganho peso vivo para a carcaça, menor rendimento de carcaça e produzem carcaças mais leves e com menor espessura de gordura subcutânea.

A restrição alimentar prévia não afeta a digestibilidade dos nutrientes na fase de terminação, bem como o rendimento dos cortes comerciais e a proporção dos tecidos da carcaça.

## LITERATURA CITADA

- Alves, D. Crescimento compensatório em bovinos de corte. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.98, 546, p.61–67, 2003.
- Bürger, P.J.; Pereira, J.C.; Silva J.F.C.; Valadares Filho, S.C.; Queiroz, A.C.; Cecon, P.R.; Monteiro, H.C.F. Intake and Apparent Total and Partial Digestibilities in Holstein Calves Fed Diets with Different Concentrate Levels. **Brazilian Journal of Animal Science**, v.29, n.1, p.206–214, 2000.
- Cardoso, R.C.; Valadares Filho, S.C.; Silva J.F.C.; Paulino, M.F.; Valadares, R.F.D.; Cecon, P.R.; Costa, M.A.L.; Oliveira, R.V. Intake and Total and Partial Apparent Digestibilities of Diets with Different Concentrate Levels in F1 Limous x Nellore. **Brazilian Journal of Animal Science**, v.29, n.6, p.1832–1843, 2000.
- Carstens, G.E.; Johnson, D.E.; Ellenberger, M.A.; Tatum, J.D. Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. **Journal of Animal Science**, n.69, p.3251–3264, 1991.
- Coleman, S.W. & Evans, B.C. Effect of Nutrition, Age and Size on Compensatory Growth in Two Breeds of Steers. **Journal of Animal Science**, 63(1), p.1968–1982, 1986.
- Connor, E.E.; Kahl, S.; Elsasser, T.H.; Parker, J.S.; Li, R.W.; Van Tassell, C.P.; Baldwin VI, R.L.; Barao, S.M. Enhanced mitochondrial complex gene function and reduced liver size may mediate improved feed efficiency of beef cattle during compensatory growth. **Functional & Integrative Genomics**, v.10, n.1, p.39–51, 2009.
- Costa, M.A.L., Valadares Filho, S.C.; Paulino, M.F.; Valadares, R.F.D., Cecon, P.R.; Paulino, P.V.R.; Moraes, E.H.B.K; Magalhães K.A. Productive Performance, Digestibility and Carcass Characteristics of Zebu Steers Fed Diets with Different Concentrate Levels, **Brazilian Journal of Animal Science**, v.34, n.1, p.268–279, 2005.
- Detmann, E.; Queiroz, A.C.; Cecon, P.R.; Zervoudakis, J.T.; Paulino, M.F.; Campos, Valadares Filho, S.C.; Cabral, L.S.; Lana, R.D.P. Neutral Detergent Fiber Intake by Feedlot Cattle, **Brazilian Journal of Animal Science**, v.32, n.6, p.1763–1777, 2003.
- Detmann, E.; Souza, M.A.; Valadares Filho, S.C.; Queiroz, A.C.; Berchielli, T.T.; Saliba, E.O.S.; Cabral, L.S.; Pina, D.S.; Ladeira, M.M.; Azevedo, J.A.G. **Métodos para Análise de Alimentos**. ed.1, p. 214. Visconde do Rio Branco, Suprema, 2012.
- Du, M.; Tong, J.; Zhao, J.; Underwood, K.R.; Zhu, M.; Ford, S.P.; Nathanielsz, P.W. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. **Journal of Animal Science**, v.88, n.13 Suppl, p.E51–60, 2010.
- Duarte, M.S.; Gionbelli, M.P.; Paulino, P.V.R.; Serão, N.V.L.; Silva, L.H.P.; Mezzomo, R.; Dodson, M.V.; Du, M.; Busboom, J.R.; Guimarães, S.E.F.; Valadares Filho, S.C. Effects of pregnancy and feeding level on carcass and meat quality traits of Nellore cows. **Meat Science**, v.94, n.1, p.139–44, 2013.

- Fiems, L.O.; De Campeneere, S.; De Boever, J.L.; Vanacker, J.M. Performance of double-muscled bulls affected by grazing or restricted indoor feed intake during the growing period followed by finishing up to two different slaughter weights. **Livestock Production Science**, v.77, n.1, p.35–43, 2002.
- Fontes, C.A.A.; Guimarães, R.F.M.; Almeida, M.I.V.; Campos, O.F.; Almeida, F.Q.; Sant'Ana, N.F. Evaluation of compensatory growth in crossbred Holstein-Gyr steers: intake and performance. **Brazilian Journal of Animal Science**, v.36, n.3, p.698–708, 2007.
- Fox, D.G.; Johnson, R.R.; Preston, R.L.; Dockerty, T.R.; Klosterman, E.W. Protein and energy utilization during compensatory growth in beef cattle. **Journal of Animal Science**, n.34, p.310–318, 1972.
- Galyean, M.L.; Defoor, P.J. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.81, E. Suppl. 2, p.E8-E16, 2003.
- Hayden, J.M.; Williams, J.E.; Collier, R.J. Plasma growth hormone, insulin-like growth factor, insulin, and thyroid hormone association with body protein and fat accretion in steers undergoing compensatory gain after dietary energy restriction. **Journal of Animal Science**, v.71, n.12, p.3327–38, 1993.
- Hector, K.L.; Nakagawa, S. Quantitative analysis of compensatory and catch-up growth in diverse taxa. **The Journal of Animal Ecology**, v.81, n.3, p.583–93, 2012.
- Hersom, M.J.; Horn, G.W.; Krehbiel, C.R.; Phillips, W.A. Effect of live weight gain of steers during winter grazing : I. Feedlot performance, carcass characteristics, and body composition of beef steers. **Journal of Animal Science**, v.82, n.1, p.262–272, 2004.
- Hersom, M.J.; Krehbiel, C.R.; Horn, G.W. Effect of live weight gain of steers during winter grazing : II. Visceral organ mass, cellularity, and oxygen consumption. **Journal of Animal Science**, v.82, n.1, p.184–197, 2004.
- Hornick, J.L.; Van Eenaeme, C.; Clinquart, A.; Diez, M.; Istasse, L. Different periods of feed restriction before compensatory growth in Belgian Blue bulls : I. animal performance, nitrogen balance, meat characteristics, and fat composition. **Journal of Animal Science**, v.76, n.1, p.249–259, 1998.
- Hornick, J.L.; Van Eenaeme, C.; Gérard, O.; Dufrasne, I.; Istasse, L. Mechanisms of reduced and compensatory growth. **Domestic Animal Endocrinology**, v.19, n.2, p.121–32, 2000.
- Ítavo L.C.V.; Valadares Filho, S.C.; Silva, F.F.; Valadares, R.F.D.; Cecon, P.R.; Ítavo, C.C.B.F.; Moraes, E.H.B.K; Paulino, P.V.R. Concentrate and Crude Protein Levels in Growing Nelore Bulls Diets . Intake and Digestibility. **Brazilian Journal of Animal Science**, v.31, n.2, p.1033–1041, 2002.
- Jobling, M. Are compensatory growth and catch-up growth two sides of the same coin? **Aquaculture International**, v.18, n.4, p.501–510, 2009.
- Lawrence, R.J. A comparison of feedlot bunk management strategies and their influence on cattle performance and health. **Animal Production in Australia**, 22, p.177-180, 2000.

- Lawrence, T.L.J.; Fowler, V.R. **Growth of farm animals**, 2nd ed., CABI International, London, p.347, 2002.
- Marcondes, M.I.; Tedeschi, L.O.; Valadares Filho, S.C.; Chizzotti, M.L. Prediction of physical and chemical body compositions of purebred and crossbred Nellore cattle using the composition of a rib section. **Journal of Animal Science**, v.90, n.4, p.1280–90, 2012.
- National Research Council - NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**, 7th rev. ed., National Academic Press., Washington, D.C., p. 248, 2000.
- National Research Council - NRC. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**, 7th rev. ed., National Academic Press., Washington, D.C., p. 381, 2001.
- Neto, S.G.; Bezerra, L.R.; Medeiros, A.N.; Ferreira, M.A.; Pimenta Filho, E.C.; Candido, E.P.; Oliveira, R.L. Feed Restriction and Compensatory Growth in Guzerá Females. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.24, n.6, p.791–799, 2011.
- Pordomingo, A.J.; Grigioni, G.; Carduza, F.; Volpi Lagreca, G. Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: I. Animal performance, carcass and meat quality. **Meat Science**, v.90, n.4, p.939–46, 2012.
- Purchas, R.W.; Burnham, D.L.; Morris, S.T. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. **Journal of Animal Science**, p.3211–3221, 2002.
- Ryan, W.J. Compensatory growth in cattle and sheep. **Nutrition abstracts and reviews** (Series B), v.50, p. 653-664, 1990.
- Sainz, R.D.; Bentley, B.E. Visceral organ mass and cellularity in growth-restricted and refed beef steers. **Journal of Animal Science**, v.75, n.1, p.1229–1236, 1997.
- Sainz, R.D.; De la Torre, F.; Oltjen, J.W. Compensatory Growth and Carcass Quality in Growth-Restricted and Refed Beef Steers. **Journal of Animal Science**, v.73, n.1, p.2971–2979, 1995.
- SAS- Statistical Analysis System**, for Windows. Release 9.0, Cary: SAS Institute, 2005.
- Tolla, N.; Mirkena, T.; Yimegnuhal, A. Effect of feed restriction on compensatory growth of Arsi (*Bos indicus*) bulls. **Animal Feed Science and Technology**, v.103, n.1, p.29–39, 2003.
- Tomkins, N.W.; Harper, G.S.; Bruce, H.L.; Hunter, R.A. Effect of different post-weaning growth paths on long-term weight gain, carcass characteristics and eating quality of beef cattle. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.46, p.1571–1578, 2006.
- Valadares Filho, S.C.; Marcondes, M.I.; Chizzotti, M.L.; Paulino, P.V.R. **Nutrient Requirements of Zebu Beef Cattle – BR-CORTE**, second edition, Viçosa/UFV, Suprema Gráfica Ltda., 2010, p. 193. Disponível em: <http://www.brcorte.com.br/br>.

- Van Eenaeme, C.; Evrard, M.; Hornick, J.L.; Baldwin, P.; Diez, M.; Istasse, L. Nitrogen balance and myofibrillar protein turnover in double muscled Belgian Blue bulls in relation to compensatory growth after different periods of restricted feeding. **Canadian Journal of Animal Science**, v.78, n.4, p.549–559, 1998.
- Vestergaard, M.; Therkildsen, M.; Henckel, P.; Jensen, L.R.; Andersen, H.R.; Sejrsen, K. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. **Meat Science**, v.54, n.2, p.187–95, 2000.
- White, T.W.; Hembry, F.G.; Humes, P.E.; Saxton, A.M. Influence of wintering weight change on subsequent pasture and feedlot performance by steers. **Journal of Animal Science**, v.64, p.32–35, 1987.
- Wilson, B.Y.P.N.; Osbourn, D.F. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. **Biological Reviews**, v.35, p.324–361, 1960.
- Yambayamba, E.S.; Price, M.A.; Foxcroft, G.R. Hormonal Status, Metabolic Changes, and Resting Metabolic Rate in Beef Heifers Undergoing Compensatory growth. **Journal of Animal Science**, v.74, n.1, p.57–69, 1996.
- Yambayamba, E.S.; Price, M.A.; Jones, S.D.M. Compensatory growth of carcass tissues and visceral organs in beef heifers. **Livestock Production Science**, v.46, n.1, p.19–32, 1996.

## **CAPÍTULO 2- Efeito do plano nutricional prévio sobre as características qualitativas da carne de machos Nelore não castrados terminados em confinamento**

**Resumo:** Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito da restrição alimentar na fase de crescimento, após o desmame, sobre as características qualitativas da carne produzida por animais Nelore terminados em confinamento. Foram utilizados 34 Nelores, machos não castrados, com idade média inicial de  $8,4 \pm 0,3$  meses e peso corporal médio de  $230,4 \pm 5,6$ kg. Os animais foram distribuídos nos tratamentos, que consistiram de: baixo ganho na fase de crescimento e alto na terminação (BA, n=10), médio ganho na fase de crescimento e alto na terminação (MA, n=12) e alto ganho em ambas as fases (AA, n=12). Ao final da fase de crescimento 5 animais do tratamento BA e 6 dos MA e AA foram abatidos, o restante permaneceu no experimento e foi abatido ao final da fase de terminação. Ao final da fase de crescimento foi observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para o comprimento final do sarcômero, sendo o valor médio maior para o tratamento AA, menor para o BA e intermediário para o MA que não diferiu dos outros dois tratamentos. Foi observado também menor ( $P < 0,05$ ) valor de intensidade de vermelho ( $a^*$ ) para os animais do tratamento BA em relação aos tratamento MA e AA, que não diferiram entre si. No abate ao final da fase de crescimento foi encontrada diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para o valor de intensidade de amarelo ( $b^*$ ) da carne, sendo o maior valor médio obtido para o tratamento AA, o menor para o BA e valor intermediário foi obtido para o tratamento MA, que não diferiu dos demais. Não foram observadas diferenças ( $P > 0,05$ ) para as demais características avaliadas nos bifes obtidos ao final da fase de crescimento. Não foi observada nenhuma diferença ( $P > 0,05$ ) entre os valores médios dos tratamentos para as características qualitativas avaliadas nos bifes obtidos ao final da fase de terminação. Conclui-se então que, a restrição alimentar após o desmame não afeta as características qualitativas da carne quando os animais passam por um longo período de terminação. Os resultados aqui obtidos sugerem que as carcaças devem ter um mínimo de 3,6 mm de espessura de gordura subcutânea para prevenir impactos negativos do cold shortening sobre o comprimento final do sarcômero e consequentemente sobre a maciez da carne.

**Palavras chave:** colágeno, comprimento de sarcômero, cor da carne, força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar.

## **Effect of previous nutritional plane on meat quality of Nellore young bulls finished in feedlot**

**Abstract:** This trial was conducted to evaluate the effect of feed restriction in post-weaning growing phase, on meat quality of Nellore in feedlot finishing phase. Thirty-four young bulls with  $8.4 \pm 0.3$  months old and initial body weight of  $230.4 \pm 5.6$  kg, were used in this trial. The animals were allocated in one of the treatments, which were; low gain in growing phase and high gain in finishing (LH, n=10), medium gain in growing phase and high in finishing (MH, n=12) and high gain in both phases (HH, n=12). At the end of growing phase 5 LH, 6 MH and 6 HH animals were slaughtered and the remaining started the finishing phase and were slaughtered in the end of this phase. At the end of growing phase significant difference ( $P > 0.05$ ) was observed for the final sarcomere length, with the highest average value to HH treatment, the lowest to LH and intermediate for MH that did not differ from the others two treatments. At the end of growing phase, the LH treatment showed a lower ( $P < 0.05$ ) redness ( $a^*$ ) than MH and HH treatments, that did not differ among themselves. At the end of growing phase, was found significant difference ( $P < 0.05$ ) for the beef yellowness ( $b^*$ ), the HH treatment had the highest average value, the LH treatment had the lowest and the MH had intermediate value, which did not differ from the others. At the end of finishing phase did not significant differences ( $P > 0.05$ ) were observed among the treatments for all evaluated beef traits. It is concluded that dietary restriction post-weaning does not affect the beef quality after a long finishing phase. The evidences suggest that in the chilling conditions of this trial, the carcasses should be a minimum of 3.6 mm back fat thickness to prevent negative impacts of cold shortening on final sarcomere length and consequently on meat tenderness.

**Key words:** collagen, flesh color, myofibrillar fragmentation index, sarcomere length, Warner-Bratzler shear force.

## INTRODUÇÃO

Os países produtores de carne bovina, onde se inclui o Brasil, já estão enfrentando o desafio de aumentar a produção de carne para atender à crescente demanda mundial, que vem sendo impulsionada principalmente pelos países em desenvolvimento (FAO, 2009). Aliada ao aumento no volume de carne demandada, vem ocorrendo também um aumento pela qualidade da carne produzida, onde se inclui aspectos sanitários, organolépticos e ainda quanto à sustentabilidade na produção. Como demonstrado no último relatório da FAO (Gerber et al., 2013) sobre as mudanças climáticas, a bovinocultura de corte é a maior fonte produtora de metano entre as atividades pecuárias no mundo, este resultado se deve principalmente ao elevado tamanho do rebanho e aos baixos desempenhos produtivos, o que por consequência eleva a quantidade de metano formado por kg de carne produzida.

Assim, para que o Brasil se mantenha como o maior exportador de carne bovina é preciso que além do aumento no volume produzido, também seja aumentada a qualidade e a padronização dos produtos. Esta padronização é importante, pois devido à alta heterogeneidade nos sistemas de produção de gado de corte no Brasil, há por consequência uma heterogeneidade na qualidade das carcaças produzidas, impactando também na qualidade final da carne.

Os diferentes níveis de intensificação dos sistemas de produção de gado de corte brasileiros implicam em diferenças no crescimento animal, que pode afetar a qualidade da carne produzida. Estudos sobre o efeito do crescimento animal sobre os aspectos qualitativos da carne vem sendo estudados, no entanto, como descrito por Allingham et al. (1998), a partir dos anos 70 vários estudos foram delineado com o intuito de avaliar a influência do crescimento apresentado pelo animal anteriormente ao abate sobre os aspectos qualitativos da carne, principalmente sobre a maciez.

O impacto do crescimento animal sobre os aspectos qualitativos da carne, parece estar centrado no processo de turnover proteico do músculo (Koochmaraie et al., 2002). A intensidade da alimentação pode alterar a taxa de síntese e degradação muscular *in vivo*, no entanto após a sangria do animal, no momento do abate, a síntese proteica é interrompida pela falta de substratos para manter o anabolismo proteico, no entanto, a degradação proteica é mantida realizando assim o processo de amaciamento da carne no *post mortem* (Kristensen et al., 2002). Outro aspecto nutricional que pode impactar na qualidade da carne é a reserva de glicogênio, que altera o potencial glicolítico muscular no *post mortem* gerando mudanças principalmente na cor da carne (Mancini et al., 2005).

Mais recentemente, o crescimento compensatório tem sido alvo de estudos sobre as alterações nas taxas de síntese e degradação e seu impacto sobre a qualidade da carne. Os resultados de pesquisa tem demonstrado que, o rápido aumento na taxa de ganho dos animais em crescimento compensatório ocorre devido ao aumento imediato na taxa de síntese proteica aliada ao aumento mais lento na taxa de degradação proteica (Therkildsen, 2005). Contudo, o impacto do crescimento compensatório sobre as características organolépticas da carne, está relacionado ao ponto de abate dos animais (Andersen et al., 2005).

Assim, objetivou-se neste estudo avaliar o efeito da restrição alimentar, após o desmame, sobre as características qualitativas da carne produzidas por animais Nelore terminados em confinamento com dieta de alto grão, por um período de 112 dias.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### Local, animais e período

O experimento foi conduzido nas dependências do Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, na cidade de Viçosa (MG). O confinamento experimental que foi utilizado é composto por seis baias coletivas, sendo cada uma capaz de comportar até seis animais. Todas as baias são equipadas com sistema de porteiros eletrônicas individuais (tipo Calan Gate) que dão acesso ao cocho para o respectivo animal, desta maneira o consumo foi controlado individualmente mesmo os animais estando em grupo.

O confinamento experimental possui piso concretado com uma área de 45 m<sup>2</sup> por baia, disponibilizando uma área de 7,5 m<sup>2</sup> por animal, sendo 12 m<sup>2</sup> de área coberta na região do cocho. Cada baia possui um bebedouro que fornece água de maneira contínua aos animais.

Foram utilizados trinta e quatro bezerros Nelore, machos não castrados, com idade média inicial de 8,4 ±0,26 meses e peso vivo médio inicial de 230,44 ±5,62 kg. Os animais foram encaminhados para o confinamento logo após a desmama, sendo todos oriundos de sistema com suplementação durante a fase de cria (Creep-feeding), que possibilitou os animais ganharem em torno de 0,850 kg de peso vivo por dia durante esta fase.

O experimento teve duração de 257 dias, sendo divididos em adaptação inicial (24 dias), fase de crescimento (90 dias), fase de transição (21 dias para os tratamentos MA e AA e 31 dias para o tratamento BA) e fase de terminação (112 dias).

Durante os vinte e quatro primeiros dias do experimento, que antecedem a fase de crescimento, os animais foram adaptados às dietas e condições experimentais. Neste período todos os animais receberam uma mesma dieta com uma relação de 50:50

(volumoso:concentrado), nesta ocasião também, os animais foram vermifugados contra ecto e endoparasitas. Após os 24 dias iniciais de adaptação, todos os trinta e quatro animais foram pesado após 14 horas de jejum e distribuídos aleatoriamente em cada tratamento, compondo dez repetições para o tratamento BA e doze para os demais (MA e AA).

A fase de crescimento, que teve uma duração de 90 dias, foi dividida em 3 períodos experimentais de 30 dias cada. Ao final desta fase cinco animais do tratamento BA e seis animais dos tratamentos MA e AA foram aleatoriamente selecionados para serem abatidos e o restante seguiu para a fase de transição.

A fase de transição teve uma duração de vinte e um dias para os animais dos tratamentos MA e AA e de trinta e um dias para o tratamento BA. Durante a fase de transição, os animais dos tratamentos MA e AA tiveram suas respectivas dietas, da fase de crescimento, substituídas gradativamente pela dieta da fase de terminação para adaptação dos mesmos à nova dieta, para tanto, foi substituído 15% da MS da dieta da fase de crescimento pela dieta da terminação, a cada três dias. Os animais do tratamento BA receberam inicialmente a mesma dieta do tratamento MA ad libitum por dez dias, posteriormente sua dieta foi substituída gradativamente pela da terminação da mesma maneira dos demais tratamentos.

Os 112 dias da fase de terminação foram subdividido em 4 períodos experimentais de 28 dias cada. Ao final desta fase todos os animais restantes foram abatidos.

#### Tratamentos e Dietas Experimentais

Os tratamentos experimentais foram BA (baixo desempenho na fase de crescimento e alto na terminação), MA (médio desempenho na fase de crescimento e alto na terminação) e AA (alto desempenho na fase de crescimento e alto na terminação). Para a fase de fase de crescimento o ganho médio diário (GMD) almejado foi de 0,0, 0,6 e 1,2 kg/dia para os tratamentos BA, MA e AA respectivamente. Para a fase de terminação uma mesma dieta foi formulada para todos os tratamentos com o intuito de obter um GMD de 1,5 kg/dia. Todas as dietas foram formuladas segundo as exigências preditas pelo BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010). Para a fase de crescimento foi utilizado como único volumoso a silagem de cana de açúcar com 0,5% de cal (base da matéria natural) como aditivo químico. Para a fase de terminação foi utilizado o bagaço de cana in natura como volumoso. As composições das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 1. O milho fornecido durante a fase de crescimento foi moído finamente utilizando

peneira de 1 mm, e durante a fase de terminação este alimento foi moído grosseiramente utilizando peneira de 6 mm.

**Tabela 1-** Proporção dos ingredientes e composição química e bromatológica das dietas experimentais.

Itens	Fase de crescimento			Terminação
	BA	MA	AA	
<b>Ingredientes (%MS)</b>				
Bagaço de Cana	-	-	-	16,13
Silagem de Cana <sup>1</sup>	80,68	60,23	36,94	-
Milho	8,42	22,58	44,63	57,73
Farelo de Soja	5,54	12,90	14,24	10,42
Algodão Caroço	-	-	-	11,68
Uréia	2,06	1,10	1,07	1,00
Fosfato Bicálcico	0,30	0,12	-	-
Núcleo Mineral <sup>2</sup>	3,00	3,05	3,12	3,04
<b>Composição química</b>				
(g/kg de MN)				
MS	387,49	512,15	654,82	864,30
(g/kg de MS)				
MO	928,40	933,69	942,59	952,08
PB	130,14	146,97	164,83	167,82
EE	21,25	27,91	36,70	38,88
FDNcp	507,19	407,64	291,21	266,84
CNFcp	314,45	378,63	476,91	504,09

<sup>1</sup>Silagem de cana de açúcar com 0,5% de cal, com base na matéria natural.

<sup>2</sup>Composição por kg: 150g de Ca, 17g de P, 23g de S, 45g de K, 14g de Mg, 57g de Na, 360mg de Cu, 21,6mg de Co, 415mg de Fe, 21mg de I, 715mg de Mn, 6mg de Se, 397g PB (NNP) e 714mg de Monensina Sódica.

Durante a fase de crescimento, foram fornecidos para os animais do tratamento BA, 1,2% do peso vivo em MS da respectiva dieta, enquanto para os animais dos demais tratamentos as dietas foram fornecidas ad libitum, utilizando manejo de cocho limpo, onde se preconiza manter o cocho com um mínimo de sobras, porém não totalmente limpo pelo animal, desta forma, as sobras somente foram retiradas quando eram excessivas, como descrito por Lawrence (2000). Este mesmo manejo de cocho foi também utilizado durante a fase de terminação, onde os animais de todos os tratamentos receberam uma mesma dieta. As rações foram fornecidas duas vezes ao dia, sendo cerca de 60% às 7h30min e o restante às 14h00min.

## Abate e coleta de amostra

No decorrer do experimento foram realizados dois abates, sendo um ao final da fase de crescimento onde foram abatidos cinco animais do tratamento BA e seis animais dos tratamentos MA e AA, e o outro abate foi realizado ao final da fase de terminação, onde foram abatidos todos os animais restantes.

O abate foi conduzido de maneira humanitária, onde os animais foram insensibilizados através de injúria cerebral promovida pela pistola pneumática com dardo cativo penetrativo, logo em seguida os animais foram sangrados via veia jugular.

As meia-carcaças foram refrigeradas por 24 horas em câmara fria ajustada para 4°C, decorrido este tempo foi retirada uma amostra do músculo Longíssimus dorsi, na região compreendida entre a 10<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> costela na meia-carcaça esquerda. Esta amostra foi devidamente identificada, embalada à vácuo e armazenada em freezer (-20 °C) para posteriores análises qualitativas.

## Avaliações qualitativas da carne

A partir da amostra do músculo Longissimus dorsi que foi coletada e congelada, foram obtidos três bifes de uma polegada (2,54cm) de espessura cada, sendo um destinado a análise objetiva da cor, outro para as estimativas das perdas por descongelamento e cocção e em seguida avaliado quanto à força de cisalhamento e o terceiro bife foi utilizado para as análises de colágeno e para obtenção do índice de fragmentação miofibrilar. As análises foram realizadas no Laboratório de Carnes do Departamento de Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa.

Para a avaliação objetiva da coloração da carne foram utilizados bifes com 2,54 cm de espessura, que foram descongelados por 16 horas em ambiente à 4°C. Após serem descongelados, os bifes foram retirados das embalagens e ficaram 30 minutos em exposição ao ar em ambiente refrigerado (4°C), antes da avaliação da cor. Como o auxílio de um espectrofotômetro (HunterLab MiniScan EZ 45/0 LAV) ajustado à fonte iluminante D65 e ângulo de 10° para o observador, foram tomadas as leituras para as faixas de L\*, a\* e b\* conforme a escala CIELab. O valor de L\* (luminosidade) varia de 0 a 100, onde o valor máximo de 100 representa uma perfeita reflexão difusa, enquanto que o valor mínimo (0) caracteriza o preto. Os eixos a\* e b\* não apresentam limites numéricos específicos. A coordenada a\* varia do vermelho (+a\*) ao verde (-a\*) e a coordenada b\* do amarelo (+b\*) ao azul (-b\*) (MacDougal, 1994). Foram realizada cinco leituras de cada amostra, em pontos diferentes, e posteriormente foi feita uma média de cada valor para cada amostra.

Para as análises de perdas de exsudatos da carne foram utilizadas bifes de uma pogramada, que posteriormente foram utilizados para a análise de força de cisalhamento. A perda por descongelamento foi considerada como sendo a diferença gravimétrica entre os bifes antes e após o descongelamento por 16 horas a 4°C. Para a perda por cocção, os bifes foram assados em forno elétrico preaquecido à 150°C, sendo revirados a cada 15 minutos, até atingirem temperatura interna de 71°C, neste ponto então o bife foi retirado do forno. O monitoramento da temperatura interna dos bifes foi realizado utilizando um termômetros tipo K, cuja sonda foi inserida no centro geométrico de cada bife. As perdas totais foram obtidas pela diferença de peso entre as amostras congeladas e após o cozimento. As perdas foram expressas em percentagem do peso do bife antes do processo, segundo a fórmula a seguir:

$$\text{Perda (\%)} = [(\text{peso antes} - \text{peso depois})/\text{peso antes}] \times 100$$

A força de cisalhamento (shear force) foi mensurada neste mesmo bife utilizado para a estimativas das perdas, onde após assados os bifes foram refrigerados por 16 horas à 4°C. Após este período cinco amostras cilíndricas, de 1,27 cm de diâmetro, foram removidas de cada bife, de forma paralela à orientação das fibras musculares, utilizando-se um amostrador de aço inox, devidamente afiado. As amostras cilíndricas foram cisalhadas perpendicularmente à orientação das fibras musculares, utilizando-se lâmina de corte em V, com angulação de 60° e espessura de 1,016 mm e velocidade fixa de 20 cm/min, acoplada ao texturômetro Warner-Bratzler® (G-R Electrical Manufacturing Company, Manhattan – KS, USA). Foram tomadas as forças máximas utilizadas para romper as amostras cilíndricas, sendo a média das cinco repetições o valor de força de cisalhamento atribuído à cada amostra.

O índice de fragmentação miofibrilar das amostras foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Culler et al. (1978) utilizando ainda as modificações propostas por Hopkins et al. (2004), conforme descrito a seguir. Foram retiradas em duplicata 0,5 g de amostra de carne, no sentido da orientação das fibras musculares, evitando pegar tecido conectivo e gorduroso. As alíquotas foram homogeneizadas em tubo Falcon com 30 mL de solução tampão de IFM à 2°C (100 mM KCl, 20 mM de fosfato potássio pH 7,0, 1 mM MgCl<sub>2</sub> e 1 mM NaN<sub>3</sub>, pH 7,0), por duas vezes de 30 segundos de duração cada. A homogeneização foi realizada utilizando Ultra-Turrax (Ultra-80 II, Homomix) com haste de dispersão com 10mm de diâmetro, moldada em aço inoxidável, foi utilizada uma rotação de 19.000 rpm. Durante as homogeneizações as amostras foram mantidas em banho de gelo. Após homogeneizadas as alíquotas, o

homogeneizado foi filtrado em um tubo de centrífuga de 50 mL utilizando uma peneira com porosidade de 1 mm<sup>2</sup>, foi utilizado mais 10 mL de solução tampão de IFM para melhor recuperação das miofibrilas e ajudar na filtração. O material homogeneizado e filtrado foi então centrifugado à 1.000g, 2°C por 10 minutos. Após a centrifugação foi descartado o sobrenadante e o pellet foi ressuspensão utilizando 10 mL de solução tampão de IFM. Este processo de centrifugação foi realizado mais duas vezes refazendo o mesmo processo (totalizando 3 centrifugações). Ao final da terceira centrifugação tem-se o material extraído após descartar o sobrenadante e o pellet ser ressuspensão. Foi feita a quantificação de proteínas miofibrilares totais pelo método do macro biureto (Gornall et al., 1949). Cada amostra foi então diluída utilizando solução tampão de IFM para um volume final de 4,0 mL e concentração de proteína de 0,5 mg/mL. As amostras foram então submetidas à leitura de absorbância (540nm). O índice de fragmentação miofibrilar foi obtido como sendo a média das leitura de absorbância multiplicado por 150 conforme utilizado por Hopkins et al. (2004).

Para a quantificação do colágeno total e da solubilidade do mesmo, foi utilizado metodologia proposta por Woessner (1961), com ajustes de Hadlich et al., (2006), como descrita a seguir. Em tubo de centrífuga (50 mL) foram adicionadas 5.0 g de amostras moídas, em duplicata, mais 20 mL de água. Os tubos foram colocados em banho-maria a 80°C por 120 minutos. Após resfriamento do tubo (4°C por 15 minutos), este foi centrifugado a 27.216×g por 20 minutos a 2°C, usando centrífuga Beckman Coulter, Fullerton, CA, com rotor JA-20. Sobrenadante e sedimento foram separados em tubos de vidros, onde foram adicionados 30 mL e 50 mL de HCl 6N, respectivamente. As amostras foram levadas para estufa a 100 °C por 16 horas, para hidrólise. Em seguida, foram filtradas e diluídas em 1:10 e 1:25, respectivamente e tiveram o pH ajustado para 6.0 com solução de NaOH 2N. Em tubo de ensaio foram colocados 2 mL do filtrado neutralizado e 1 mL de solução oxidante (1.41 g de cloramina T dissolvida em 100 mL de solução tampão; 30.0 g de ácido cítrico monohidratado, 15.0 g de NaOH, 90.0 g de acetato de sódio trihidratado dissolvidos em 500 mL de água destilada e 290 mL de isopropanol completando para 1 litro). Após descansar por 20 minutos à temperatura ambiente, adicionou-se, em cada tubo, 1.0 mL do reagente de cor (5.0 g de 4-dimetilbenzaldeído, 20.0 mL de isopropanol, 9.0 mL de ácido perclórico 60%), agitou-se em vórtex, cobriu-se os tubos com papel alumínio e colocou-se em banho-maria a 60°C por 15 minutos. Em seguida foram arrefecidos e as amostras lidas em espectrofotômetro a 560 nm. Para determinação do colágeno real o conteúdo de hidroxprolina do sobrenadante foi multiplicado por 7.52 e do resíduo por 7.25 (Cross et al., 1973), em seguida dividiu-se

por 1000, para obtenção do conteúdo de colágeno no sobrenadante (solúvel) e resíduo (insolúvel). Colágeno total (mg de colágeno/g de carne) foi definido como a soma do colágeno solúvel mais insolúvel. A percentagem de colágeno solúvel foi calculada como colágeno solúvel dividido pelo colágeno total, multiplicado por 100.

O comprimento de sarcômero foi estimado segundo a técnica da difração do laser (Cross et al., 1981) conforme descrita a seguir. Com o auxílio de uma pinça de ponta fina, foram retirados seis finos filamentos de carne de cada amostra, que foram colocadas separadamente em uma lâmina de vidro, posteriormente foi acrescentado um gota de solução de sacarose 0,2 M (0,2 M de glicose e 0,1 M de NaHPO<sub>4</sub> com pH 7) à 4°C sobre cada filamento. As lâminas preparadas com os filamentos foram então colocadas em um suporte onde o laser (632,8nm) foi incidido sobre os filamentos. As bandas de difração foram então tomadas 12cm abaixo do suporte. Foram obtidas seis bandas de difração para cada amostra, sendo o valor médio utilizado para obter o comprimento de sarcômero segundo a equação abaixo.

$$\text{Comprimento de sarcômero } (\mu\text{m}) = \frac{0,6328 \times D \times \sqrt{(T/D)^2 + 1}}{T}$$

Onde: D= a distância em mm, entre o suporte de fixação das lâminas e o local de coleta das bandas difusas do laser (no presente trabalho foi utilizada 120 mm) e T= distância em mm, entre as bandas extremas dividida por 2.

#### Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Para avaliar o efeito do plano nutricional sobre as características qualitativas da carne, os dados foram submetidos à análise de variância, sendo que quando houve efeito significativo, as médias foram comparadas utilizando-se o teste Tukey. Para todos os procedimentos estatísticos foi adotando  $\alpha = 0,05$ . Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o procedimento PROC GLM do SAS 9.0 (Statistical Analysis System Institute, Inc.).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios para a perda de exsudato da carne ao descongelar não diferiram ( $P=0,228$ ) entre os tratamentos no abate realizado ao final da fase de crescimento, as carnes de todos os tratamentos, perderam em média 7,8% de seu peso ao descongelarem. Da mesma forma, não foi encontrado diferença ( $P=0,569$ ) ao final da fase de crescimento entre os tratamentos para a perda de exsudato das amostras de carne ao serem assadas, assim as amostras analisadas perderam em média 29,5% do peso durante este processo.

Conseqüentemente, não foi encontrado também diferença ( $P=0,885$ ) quanto as perdas totais entre os grupos de animais expressando diferentes desempenhos durante a fase de crescimento (Tabela 2).

Resultados similar para as perdas de exsudatos foram reportados por Purchas et al. (2002), que não encontraram diferença significativa para a perda por cocção, quanto compararam bifes provenientes de animais que estavam desempenhando um rápido crescimento com outros provenientes de animais em crescimento lento, estes autores encontraram também uma alta correlação entre o pH final da carcaça e as perdas por descongelamento.

**Tabela 2-** Efeito plano nutricional sobre as Perdas por descongelamento, cocção e totais ao final das fases de crescimento e terminação.

Variáveis	Tratamentos <sup>1</sup>			EPM <sup>2</sup>	P-valor
	AA	MA	BA		
<b>Abate ao final da fase de crescimento</b>	(n=6)	(n=6)	(n=5)		
Perda por Descongelamento (%)	6,93	7,64	9,09	0,917	0,228
Perda por Cocção (%)	30,02	30,52	28,09	1,717	0,569
Perdas Totais (%)	34,84	35,78	34,60	1,952	0,885
<b>Abate ao final da fase de terminação</b>	(n=6)	(n=6)	(n=5)		
Perda por Descongelamento (%)	4,60	4,84	5,65	1,224	0,809
Perda por Cocção (%)	25,94	24,15	27,00	2,592	0,715
Perdas Totais (%)	29,23	27,72	31,11	3,178	0,737

<sup>1</sup>AA= Alto ganho durante as duas fases, MA= ganho moderado na fase de crescimento e alto na fase de terminação, BA= baixo ganho na fase de crescimento e alto na fase de terminação.

<sup>2</sup>EPM= erro padrão da média.

Ao final da fase de terminação, não foi encontrado diferença ( $P=0,809$ ) entre as médias dos tratamentos para a percentagem de perda de exsudato da carne ao descongelar. Os valores médios obtidos, ao final da fase de terminação, para as perdas por cocção também não diferiram ( $P=0,715$ ) entre os tratamentos. Assim como encontrado ao final da fase de crescimento, o plano nutricional não afetou ( $P=0,737$ ) as perdas de exsudatos totais da carne produzida ao final da fase de terminação. Hornick et al. (2000) também não encontram diferença na perda por descongelamento quando compararam bifes provenientes de animais em crescimento compensatório ou em crescimento contínuo, no entanto, foi observado diferença para a perda por cocção, sendo maior para os bifes dos animais que estavam em crescimento contínuo. Resultado similar também foi reportado por Therkildsen et al. (2008), que não observaram diferença significativa para as perdas

por descongelamento quando compararam bifes provenientes de animais em crescimento contínuo com bifes de animais em crescimento compensatório.

Cerca de 75% da massa do tecido muscular é correspondente à água, sendo que, esta água em sua maioria está retida no músculo através de interações com as proteínas (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Dentre as proteínas musculares, as miofibrilares são as mais abundantes (Koochmaraie et al., 2002), sendo assim as principais responsáveis pela retenção da água no tecido muscular. Durante a transformação de músculo em carne há uma redução do pH devido a produção de íons hidrogênio provenientes da produção de ácido lático, esta queda no pH altera a carga líquida das proteínas e pode também desnaturá-las, assim a capacidade de retenção de água é alterada, de maneira que um abaixamento excessivo no pH reduz a capacidade de retenção de água da carne, por outro lado o não abaixamento do pH no post mortem, produz uma carne com alta capacidade de retenção (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Também tem sido proposto que a proteólise no post mortem pode alterar a capacidade de retenção de água da carne (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005).

No presente trabalho, aparentemente não houve diferença na proteólise no post mortem entre os tratamentos, independente da fase avaliada, pois como pode ser visto na Tabela 3 não foi observado diferença significativa para o índice de fragmentação miofibrilar entre os tratamentos. Da mesma forma, o valor médio de pH final das carcaças também não foi diferente entre os tratamentos independente da fase avaliada (Tabela 8 do capítulo 1). Estas duas evidências indicam que a capacidade de retenção de água não foi alterada entre bifes provenientes de animais submetidos à diferentes planos nutricionais, justificando assim a ausência de diferença significativa para as perdas de exsudatos dos bifes avaliados.

O valor médio de força de cisalhamento para a carne obtida ao final da fase de crescimento não diferiu-se ( $P=0,768$ ) entre os tratamentos (Tabela 3). Obteve-se então um valor médio de 4,06 kgf/cm<sup>2</sup> para todos os tratamentos, sendo este valor baixo, caracterizando as carnes como sendo macias segundo os níveis descritos por Destefanis et al. (2007), onde carnes com <42,87 N de força de cisalhamento (aproximadamente <4,4 kgf) são consideradas macias de acordo com os consumidores consultados em seu trabalho. Segundo Koochmaraie et al. (2002) variações na proteólise das proteínas miofibrilares no post mortem, no comprimento de sarcômero e na quantidade e estabilidade térmica do colágeno explicam a maior parte, se não todas, as variações na maciez da carne produzida.

O índice de fragmentação miofibrilar é uma estimativa indireta da proteólise no post mortem (Karumendu et al., 2009), sendo este valor altamente correlacionado com a força de cisalhamento e a maciez da carne avaliada por painel sensorial (Culler et al., 1978; Vestergaard et al., 2000). No presente trabalho, não foi observado diferença ( $P=0,582$ ) entre os valores médios de índice de fragmentação miofibrilar dos tratamentos ao final da fase de crescimento, sendo este um dos fatores responsáveis pela não ocorrência de diferença significativa na força de cisalhamento.

Alguns autores têm sugerido que a intensidade da proteólise no post mortem está relacionada com a taxa fracional de degradação proteica no animal in vivo no momento do abate (Kristensen et al., 2002). Resultados de trabalhos que avaliaram o efeito da restrição alimentar sobre a taxa fracional de degradação observaram que geralmente animais restritos apresentam uma menor taxa fracional de degradação proteica (Jones et al., 1990; Van Eenaeme et al., 1998; Therkildsen, 2005), no entanto em restrição moderada uma maior taxa de degradação pode não ser observada (Bruce et al., 1991). Contudo, nem sempre animais apresentando menor ganho médio diário apresentam maior força de cisalhamento, como demonstrado por Perry & Thompson (2005), que encontraram baixa correlação entre o ganho médio diário apresentado pelo animal na fase de terminação e a força de cisalhamento.

O valor médio obtido para o comprimento de sarcômero, ao final da fase de crescimento, diferiu-se entre os tratamentos ( $P=0,024$ ), sendo o maior valor para o tratamento AA, o menor para o BA e intermediário para o tratamento MA, que não se diferiu dos demais tratamentos (Tabela 3). Este resultado pode ser explicado pela diferença encontrada na espessura de gordura subcutânea entre os tratamentos no abate realizado ao final da fase de crescimento (Tabela 8 do capítulo 1), onde o tratamento AA apresentou a maior espessura de gordura (2,35mm), o tratamento MA apresentou valor intermediário (1,72mm) e não diferiu-se entre os outros tratamentos, e o tratamento BA apresentou a menor espessura de gordura (0,69mm). Por consequência, esta diferença na espessura de gordura entre os tratamentos gerou uma diferença ( $P=0,032$ ) no resfriamento das carcaças, sendo a temperatura da carcaça após 24 horas de resfriamento menor para o tratamento BA, maior para o tratamento AA e intermediário para o tratamento MA, que não diferiu dos demais tratamentos (Tabela 8, do capítulo 1). O resfriamento mais rápido das carcaças na câmara fria, devido à menor gordura de cobertura, causa o fenômeno conhecido como encurtamento pelo frio (cold shortening) (Strydom, et al. 2005), que pode impactar negativamente a maciez da carne (Devine et al., 1999; Hwang et al., 2004).

No entanto, apesar da diferença apresentada no comprimento de sarcômero, se verificou alterações significativas na força de cisalhamento (Tabela 3), este resultado está de acordo com o exposto por Koohmaraie et al. (2002), que afirmaram que a variação na força de cisalhamento do músculo Longissimus dorsi é mais dependente da proteólise no post mortem do que das demais variáveis. Os valores encontrados neste trabalho para o comprimento de sarcômero encontram-se dentro da variação normal apresentada por Devine et al. (1999) e maiores que o valor citado por Bruce et al. (2004) para as carnes que sofreram excessivo encurtamento pelo frio (1,5 $\mu$ m).

O conteúdo total de colágeno ao final da fase de crescimento não diferiu (P=0,443) entre os tratamentos, mesmo apresentando uma grande diferença numérica entre as médias. Da mesma forma, a fração solúvel do colágeno não diferiu (P=0,400) entre os tratamentos (Tabela 3). A real contribuição do colágeno para a dureza da carne ainda não está muito bem compreendida, sendo que as correlações entre o conteúdo de colágeno e a força de cisalhamento nem sempre são altas (Vestergaard et al., 2000; Purslow et al., 2005). Contudo, a participação do colágeno na maciez da carne parece ser músculo dependente, assim músculos com maior conteúdo de colágeno apresenta uma maciez mais dependente do conteúdo e da termoestabilidade desta proteína da matriz extracelular (Koohmaraie et al., 2002). Possivelmente a termoestabilidade, ou seja a fração do colágeno que é solubilizada com o aumento da temperatura, é mais importante do que o teor de colágeno per se. Esta fração solúvel do colágeno é reduzida com o aumento na idade dos animais (Duarte et al., 2011), sendo este um dos fatores responsáveis pelo aumento da resistência da carne ao corte em animais velhos. Como reportado por Purslow et al. (2012), animais apresentando uma maior taxa de crescimento pode apresentar também um maior turnover do colágeno intramuscular, para remodelar a matriz extracelular e permitir a hipertrofia das fibras musculares, este maior turnover pode por consequência aumentar a fração solúvel do colágeno.

No entanto, no presente trabalho não foi observado diferença significativa (P>0,05) na quantidade e solubilidade do colágeno, sendo este resultado também uma das explicações para a não observância de diferença significativa entre os tratamentos para a força de cisalhamento dos bifes obtidos no abate ao final da fase de crescimento.

Assim como encontrado na fase de crescimento, os valores médios da força de cisalhamento ao final da fase de terminação não diferiram entre os tratamentos (P=0,700). O índice de fragmentação miofibrilar também não diferiu (P=0,710) entre os tratamentos ao final da fase de terminação, explicando em partes a ausência de diferença significativa entre os tratamentos para a força de cisalhamento.

Como já citado anteriormente, tem sido sugerido que as alterações na intensidade da alimentação, conseqüentemente na taxa de crescimento, podem modificar a proteólise no postmortem, estudo mais recentes demonstram que bovinos apresentando crescimento compensatório, após sofrem restrição alimentar, alteram turnover das proteínas miofibrilares o que por consequência pode alterar a maciez da carne produzida (Kristensen et al., 2002; Therkildsen et al., 2008), desta forma o crescimento compensatório tem sido sugerido como uma estratégia para produção de carne mais macia, como encontrado por Therkildsen et al. (2011) que conseguiram melhorar a maciez de vacas Holandesas de descarte utilizando esta alteração no plano nutricional do animal.

**Tabela 3-** Efeito do plano nutricional sobre as características qualitativas da carne ao final das fases de crescimento e terminação.

Variáveis	Tratamentos <sup>1</sup>			EPM <sup>2</sup>	P-valor
	AA	MA	BA		
<b>Abate ao final da fase de crescimento</b>	(n=6)	(n=6)	(n=5)		
Força de Cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	3,91	4,07	4,19	0,281	0,768
Índice de Fragmentação Miofibrilar	21,70	19,20	23,82	3,227	0,582
Comprimento de Sarcômero (µm)	2,01 <sup>a</sup>	1,87 <sup>ab</sup>	1,75 <sup>b</sup>	0,061	0,024
Colágeno Total (mg/g)	9,11	10,53	10,38	0,906	0,443
Colágeno Solúvel (%)	27,73	24,53	24,36	2,066	0,400
<b>Abate ao final da fase de terminação</b>	(n=6)	(n=6)	(n=5)		
Força de Cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	4,06	3,68	4,09	0,404	0,700
Índice de Fragmentação Miofibrilar	25,90	30,45	23,63	6,211	0,710
Comprimento de Sarcômero (µm)	2,08	2,07	2,04	0,083	0,920
Colágeno Total (mg/g)	10,30	8,70	10,60	0,703	0,126
Colágeno Solúvel (%)	26,25	28,08	25,16	3,044	0,773

<sup>1</sup>AA = Alto ganho durante as duas fases, MA = ganho moderado na fase de crescimento e alto na fase de terminação, BA = baixo ganho na fase de crescimento e alto na fase de terminação.

<sup>2</sup>EPM= erro padrão da média.

Contudo, este efeito do crescimento compensatório sobre a taxa de turnover muscular é tempo dependente, como demonstrado por Therkildsen (2005), inicialmente os animais restritos apresentam uma menor degradação muscular e no período entre a terceira e oitava semana após a realimentação os animais em crescimento compensatório apresentam uma maior taxa de degradação miofibrilar, e posteriormente esta degradação não se difere entre animais em crescimento contínuo e em crescimento compensatório. Desta forma o efeito positivo sobre a maciez da carne, devido à maior degradação

miofibrilar, dependerá de quanto tempo após o início da realimentação os animais foram abatidos (Andersen et al., 2005).

No presente trabalho, os animais foram abatidos 112 dias (ou 16 semanas) após o início da realimentação, assim com este prolongado tempo de realimentação a taxa de degradação proteica dos animais em crescimento compensatório provavelmente se igualou à dos animais em crescimento contínuo, impedindo que fosse observado diferença significativa no índice de fragmentação miofibrilar e na força de cisalhamento.

Não foi observado efeito significativo ( $P=0,920$ ) para o valor médio do comprimento final sarcômero entre os tratamentos nos bifes obtidos ao final da fase de terminação. Este resultado justifica também a não ocorrência de efeito significativo ( $P>0,05$ ) para a força de cisalhamento. Possivelmente, o comprimento de sarcômero não diferiu entre os tratamentos, no abate ao final da fase de terminação, porque as carcaças sofreram um resfriamento mais brando devido à maior espessura de gordura subcutânea presente nas carcaças. Esta inferência é confirmada pela não observância de diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos para a temperatura final das carcaças no abate realizado ao final da fase de terminação, assim o resfriamento das carcaças ocorreu de forma similar, pois mesmo havendo diferença entre o acabamento das carcaças, em média a espessura de gordura foi maior que 3,6mm e assim reduziu a ocorrência de excessivo encurtamento pelo frio.

Este resultado está de acordo com o reportado por Purchas et al. (2002), que não encontraram diferença significativa no comprimento de sarcômero entre os bifes de animais em crescimento contínuo e em crescimento compensatório, mesmo os animais em crescimento contínuo apresentando uma maior espessura de gordura subcutânea, porém todos animais apresentaram em média uma espessura de gordura maior que 2,99mm. Estes resultados confirmam as recomendações propostas por outros autores (Lage et al., 2012; Duarte et al., 2013), de que as carcaças devem apresentar um mínimo de 3mm de espessura de gordura subcutânea para evitar o rápido resfriamento e consequentemente o cold shortening.

No abate realizado ao final da fase de terminação não foi observado efeito significativo ( $P=0,126$ ) do plano nutricional sobre o conteúdo de colágeno na carne, A solubilidade do colágeno também não diferiu ( $P=0,773$ ) entre os tratamentos. Animais desempenhando crescimento compensatório apresentam uma elevada taxa de crescimento muscular que gera um aumento no diâmetro das fibras musculares (Yambayamba & Price, 1991), assim é preciso que o colágeno da matriz extracelular se remodele rapidamente permitindo o crescimento das fibras musculares (Purslow et al., 2012). Isto pode

promover aumento na solubilidade do colágeno de animais em crescimento compensatório (Allingham et al., 1998; Terkildsen et al., 2008). Contudo, no presente trabalho, apesar dos animais do tratamento BA terem apresentado uma maior taxa de ganho durante a fase de terminação (Tabela 4 do capítulo 1) caracterizando o crescimento compensatório, não foi observado aumento na solubilidade do colágeno nos bifes destes animais (Tabela 3), este resultado corrobora com o encontrado por Bruce et al. (1991).

Foram observadas algumas alterações na cor da carne para as amostras obtidas ao final da fase de crescimento. A luminosidade ( $L^*$ ) da carne não foi afetada pelos planos nutricionais, não diferindo-se ( $P=0,195$ ) entre os tratamentos. No entanto, o valor médio para a intensidade de vermelho ( $a^*$ ) foi afetado ( $P=0,006$ ) pelo plano nutricional, sendo o menor valor obtido para o tratamento BA, e os maiores para os tratamentos AA e MA que não diferiram entre. Efeito significativo ( $P=0,016$ ) também foi observado para a intensidade de amarelo ( $b^*$ ) sendo o maior valor médio obtido para o tratamento AA o menor para o tratamento BA e valor intermediário para o MA que não diferiu dos outros dois tratamentos.

O valor de luminosidade do bife está diretamente correlacionado com a capacidade de retenção de água da carne (Mancini & Hunt, 2008), que como discutido anteriormente não foi alterado entre os tratamentos (Tabela 2), justificando assim a não ocorrência de diferença significativa entre os tratamento para a luminosidade ( $L^*$ ) da carne.

Os resultados obtidos neste trabalho para os valores de intensidade de vermelho ( $a^*$ ) e intensidade de amarelo ( $b^*$ ) estão de acordo com os encontrados Bruce et al. (2004), que encontraram maiores valores de  $a^*$  e de  $b^*$  para os bifes provenientes de animais que estavam desempenhando alto ganho em relação aos provenientes de animais restritos. Estes autores encontraram também altas e positivas correlações entre a espessura de gordura subcutânea e valor de  $a^*$  e de  $b^*$  (0,60 e 0,67, respectivamente). Esta associação também pode ser realizada no presente trabalho para o valor de  $b^*$  como pode ser visto na Tabela 8 do capítulo 1, a espessura de gordura foi maior para o tratamento AA menor para o BA e intermediário para o MA que não diferiu dos demais, sendo este o mesmo resultado obtido para o valor de intensidade de amarelo ( $b^*$ ). O valor de intensidade de vermelho ( $a^*$ ) no entanto, seguiu comportamento parecido, porém o tratamento MA diferiu-se do BA e não diferiu-se do AA (Tabela 4).

Carcaças com maior espessura de gordura subcutânea apresentam uma queda de temperatura mais branda, que combinada à uma rápida queda no pH pode causar desnaturação da porção globina da mioglobina expondo a porção heme à oxidação (Sammel et al., 2002). Esta maior desnaturação proteica geralmente aumentam a

luminosidade (L\*), a intensidade de vermelho (a\*) e a intensidade de amarelo (b\*) (Bruce et al., 2004). Contudo, no presente trabalho não foi observado diferença entre os tratamentos quanto ao valor de L\*. Resultado similar foi obtido por Purchas et al. (2002), que encontraram maiores valores de a\* e de b\* para os bifes provenientes de animais em alto ganho em comparação com animais restritos, sendo que estes autores também não encontraram diferença quanto ao valor de L\* dos bifes dos grupos avaliados. Estes autores também encontraram uma maior espessura de gordura nas carcaças dos animais de alto ganho (4,7 vs 2,99mm).

**Tabela 4-** Efeito do plano nutricional sobre as características de cor da carne ao final das fases de crescimento e terminação.

Variáveis	Tratamentos <sup>1</sup>			EPM <sup>2</sup>	P-valor
	AA	MA	BA		
<b>Abate ao final da fase de crescimento</b>	(n=6)	(n=6)	(n=5)		
L*	40,67	38,54	40,38	0,911	0,195
a*	14,19 <sup>a</sup>	13,92 <sup>a</sup>	12,63 <sup>b</sup>	0,316	0,006
b*	13,82 <sup>a</sup>	12,86 <sup>ab</sup>	11,78 <sup>b</sup>	0,451	0,016
<b>Abate ao final da fase de terminação</b>	(n=6)	(n=6)	(n=5)		
L*	36,37	38,41	39,66	1,442	0,262
a*	15,31	14,86	15,01	0,569	0,825
b*	12,79	13,22	14,30	0,876	0,449

<sup>1</sup>AA = Alto ganho durante as duas fases, MA = ganho moderado na fase de crescimento e alto na fase de terminação, BA = baixo ganho na fase de crescimento e alto na fase de terminação.

<sup>2</sup>EPM= erro padrão da média.

Não foi observado efeito significativo (P=0,262) do plano nutricional sobre a luminosidade da carne produzida ao final da fase de terminação. De maneira similar, o valor de intensidade de vermelho também não foi alterado (P=0,825) pelo plano nutricional em que os animais foram submetidos. O valor médio da intensidade de amarelo também não diferiu-se (P=0,449) entre os tratamentos para os bifes obtidas ao final da fase de terminação. No abate ao final da fase de terminação, todas as carcaças apresentavam quantidade suficiente de gordura subcutânea para proporcionar resfriamento semelhante entre as carcaças, desta forma, possivelmente não houve diferença quanto a desnaturação de proteínas entre as carcaças e não foi observado diferenças como ocorreu no abate ao final da fase de crescimento. A ausência de diferença na capacidade de retenção de água dos bifes (Tabela 2) e no pH final das carcaças (Tabela

8 do capítulo 1) justificam a ausência de diferença ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos para a avaliação objetiva da cor da carne.

## CONCLUSÃO

A restrição alimentar após o desmame não afeta as características qualitativas da carne quando os animais passam por um longo período de terminação.

Os resultados aqui obtidos sugerem que as carcaças devem ter um mínimo de 3,6 mm de espessura de gordura subcutânea para prevenir impactos negativos do cold shortening sobre o comprimento do sarcômero e conseqüentemente a maciez da carne.

## LITERATURA CITADA

- Allingham, P.G.; Harper, G.S.; Hunter, R.A. Effect of growth path on the tenderness of the semitendinosus muscle of Brahman-cross steers. **Meat Science**, v.48, n.1-2, p.65–73, 1998.
- Andersen, H.J.; Oksbjerg, N.; Young, J.F.; Therkildsen, M. Feeding and meat quality - a future approach. **Meat Science**, v.70, n.3, p.543–554, 2005.
- Bruce, H.L.; Ba, R.O.; Mowat, D.N.; Mowat, R.O.; De, D.N.E. Effects of compensatory growth on protein metabolism and meat tenderness of beef steers. **Canadian Journal of Animal Science**, v.71, p.659–668, 1991.
- Bruce, H.L.; Stark, J.L.; Beilken, S.L. The effects of finishing diet and postmortem ageing on the eating quality of the M. longissimus thoracis of electrically stimulated Brahman steer carcasses. **Meat Science**, v.67, n.2, p.261–268, 2004.
- Cross, H.; West, R.; Dutson, T. Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. **Meat Science**, v.5, p.261–266, 1981.
- Cross, H.R.; Carpenter, Z.L.; Smith, G.C. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. **Journal of Food Science**, v.38, n.6, p.998-1003, 1973.
- Culler, R.D.; Parrish Jr., F.C.; Smith, G.C.; Cross, H.R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v.43, n.4, p.1177-1180, 1978.
- Destefanis, G.; Brugiapaglia, A.; Barge, M.T.; Dal Molin, E. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. **Meat Science**, v.78, n.3, p.153–156, 2008.
- Devine, C.E.; Wahlgren, N.M.; Tornberg, E. Effect of rigor temperature on muscle shortening and tenderisation of restrained and unrestrained beef m. longissimus thoracicus et lumborum. **Meat Science**, v.51, n.1, p.61–72, 1999.
- Duarte, M.S.; Gionbelli, M.P.; Paulino, P.V.R.; Serão, N.V.L.; Silva, L.H.P.; Mezzomo, R.; Dodson, M.V.; Du, M.; Busboom, J.R.; Guimarães, S.E.F.; Valadares Filho,

- S.C. Effects of pregnancy and feeding level on carcass and meat quality traits of Nellore cows. **Meat Science**, v.94, n.1, p.139–144., 2013.
- Duarte, M.S.; Paulino, P.V.R.; Fonseca, M.A.; Diniz, L.L.; Cavali, J.; Serão, N.V.L.; Gomide, L.A.M.; Reis, S.F.; Cox, R.B. Influence of dental carcass maturity on carcass traits and meat quality of Nellore bulls. **Meat Science**, v.88, n.3, p.441–446, 2011.
- FAO- Food and Agricultural Organization of the United Nation. **Feeding the world in 2050**. Rome, Italy, 16-18, November, 2009.
- Gerber, P.J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; Falcucci, A.; Tempio, G. **Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 2013.
- Gornall, A.G.; Bardawill, C.L.; David, M.M. Determination of serum protein by means of the biuret reaction. **Journal of Biology and Chemistry**, v.177, n.2, p.751-766, 1949.
- Hadlich, J.C.; Morales, D.C.; Silveira, A.C.; Oliveira, H.N.O.; Chardulo, L.A.L. Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.28, n.1, p.57–62, 2006.
- Hopkins, D.L.; Martin, L.; Gilmour, A.R. The impact of homogenizer type and speed on the determination of myofibrillar fragmentation. **Meat Science**, v.67, n.4, p.705–710, 2004.
- Hornick, J.L.; Van Eenaeme, C.; Gérard, O.; Dufrasne, I.; Istasse, L. Mechanisms of reduced and compensatory growth. **Domestic Animal Endocrinology**, v.19, n.2, p.121–132, 2000.
- Huff-Lonergan, E.; Lonergan, S.M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat Science**, v.71, n.1, p.194–204, 2005.
- Hwang, I.H.; Park, B.Y.; Cho, S.H.; Lee, J.M. Effects of muscle shortening and proteolysis on Warner-Bratzler shear force in beef longissimus and semitendinosus. **Meat Science**, v.68, n.3, p.497–505, 2004.
- Jones, S.J.; Starkey, D.L.; Calkins, C.R.; Crouse, J.D. Myofibrillar protein turnover in feed-restricted and realimented beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.68, n.9, p.2707–2715, 1990.
- Karumendu, L.U.; van de Ven, R.; Kerr, M.J.; Lanza, M.; Hopkins, D.L. Particle size analysis of lamb meat: Effect of homogenization speed, comparison with myofibrillar fragmentation index and its relationship with shear force. **Meat Science**, v.82, n.4, p.425–431, 2009.
- Koohmaraie, M.; Kent, M.P.; Shackelford, S.D.; Veiseth, E.; Wheeler, T.L. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? **Meat Science**, v.62, n.3, p.345–352, 2002.

- Kristensen, L.; Therkildsen, M.; Riis, B.; Sørensen, M.T.; Oksbjerg, N.; Purslow, P.P.; Ertbjerg, P. Dietary-induced changes of muscle growth rate in pigs : Effects on in vivo and postmortem muscle proteolysis and meat quality. **Journal of Animal Science**, v.80, n.1, p.2862–2871, 2002.
- Lage, J.F.; Paulino, P.V.R.; Valadares Filho, S.C.; Souza, E.J.O.; Duarte, M.S.; Benedeti, P.D.B.; Souza, N.K.P.; Cox, R.B. Influence of genetic type and level of concentrate in the finishing diet on carcass and meat quality traits in beef heifers. **Meat Science**, v.90, n.3, p.770–774, 2012.
- Lawrence, R.J. A comparison of feedlot bunk management strategies and their influence on cattle performance and health. **Animal Production in Australia**, v.22, p.177-180, 2000.
- Macdougall, D.B. Colour meat. In: Pearson, A.M.; Dutson, T.R. (Eds.). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products - Advances in Meat Research Series**. London: Blackie Academic & Professional, 1994. v.9, cap.3, p.79-93.
- Mancini, R.A.; Hunt, M.C. Current research in meat color. **Meat Science**, v.71, n.1, p.100–121, 2005.
- Perry, D.; Thompson, J.M. The effect of growth rate during backgrounding and finishing on meat quality traits in beef cattle. **Meat Science**, v.69, n.4, p.691–702, 2005.
- Purchas, R.W.; Burnham, D.L.; Morris, S.T. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. **Journal of Animal Science**, p.3211–3221, 2002.
- Purslow, P.P. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. **Meat Science**, v.70, n.3, p.435–447, 2005.
- Purslow, P.P.; Archile-Contreras, A.C.; Cha, M.C. Meat Science and Muscle Biology Symposium: manipulating meat tenderness by increasing the turnover of intramuscular connective tissue. **Journal of Animal Science**, v.90, n.3, p.950–959, 2012.
- Sammel, L.M.; Hunt, M.C.; Kropf, D.H.; Hachmeister, K.A.; Kastner, C.L.; Johnson, D.E. Influence of Chemical Characteristics of Beef Inside and Outside Semimembranosus on Color Traits. **Journal of Food Science**, v.67, n.4, p.1323–1330, 2002.
- SAS- Statistical Analysis System**, for Windows. Release 9.0, Cary: SAS Institute, 2005.
- Strydom, P.E.; Frylinck, L.; Smith, M.F. Should electrical stimulation be applied when cold shortening is not a risk? **Meat Science**, v.70, n.4, p.733–742, 2005.
- Therkildsen, M. Muscle protein degradation in bull calves with compensatory growth. **Livestock Production Science**, v.98, n.3, p.205–218, 2005.
- Therkildsen, M.; Houbak, M.B.; Byrne, D.V. Feeding strategy for improving tenderness has opposite effects in two different muscles. **Meat Science**, v.80, n.4, p.1037–1045, 2008.

- Therkildsen, M.; Stolzenbach, S.; Byrne, D.V. Sensory profiling of textural properties of meat from dairy cows exposed to a compensatory finishing strategy. **Meat Science**, v.87, n.1, p.73–80, 2011.
- Valadares Filho, S.C.; Marcondes, M.I.; Chizzotti, M.L.; Paulino, P.V.R. **Nutrient Requirements of Zebu Beef Cattle – BR-CORTE**, second edition, Viçosa/UFV, Suprema Gráfica Ltda., 2010, p. 193. Available in: <http://www.brcorte.com.br/br>.
- Van Eenaeme, C.; Evrard, M.; Hornick, J.L.; Baldwin, P.; Diez, M.; Istasse, L. Nitrogen balance and myofibrillar protein turnover in double muscled Belgian Blue bulls in relation to compensatory growth after different periods of restricted feeding. **Canadian Journal of Animal Science**, v.78, n.4, p.549–559, 1998.
- Vestergaard, M.; Therkildsen, M.; Henckel, P.; Jensen, L.R.; Andersen, H.R.; Sejrsen, K. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. **Meat Science**, v.54, n.2, p.187–195, 2000.
- Woessner, J. F. The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this amino acid. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.93, n.2, p.440–447, 1961.
- Yambayamba, E.; Price, M.A. Fiber-fype proportions and diameters in the longissimus muscle of beef heifers undergoing catch-up (compensatory) growth. **Canadian Journal of Animal Science**, v.71, n.1, p.1031–1035, 1991.