

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DOMINGOS MARCELO CENACHI PESCE

**Efeito da dieta contendo caroço de algodão no desempenho,
características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de
novilhos Nelore confinados.**

Pirassununga

2008

DOMINGOS MARCELO CENACHI PESCE

**Efeito da dieta contendo caroço de algodão no desempenho,
características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de
novilhos Nelore confinados.**

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Qualidade e Produtividade Animal.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Leme

Pirassununga

2008

DEDICATÓRIA

À Karine, minha esposa, pela compreensão e pelo apoio incondicional durante a elaboração deste trabalho, e à minha filha Elisa, por trazer mais alegria às nossas vidas.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Paulo Roberto Leme, pela confiança, pela orientação e apoio em todas as etapas na condução deste trabalho.

Ao Prof. Dante Pazzanese Duarte Lanna, pelas sugestões e pelo apoio na realização das análises laboratoriais.

Ao Prof. Pedro Eduardo de Felício e à Judite Lata Guimarães, da FEA-UNICAMP, pela orientação e condução das análises sensoriais.

Aos Professores Catarina Abdalla Gomide, João Alberto Negrão, Júlio César de Carvalho Balieiro e Mariza Pires de Melo, pela atenção e presteza durante todo o curso.

Ao Dr. Guilherme Alleoni e à Dona Olinda, do Instituto de Zootecnia de Nova Odessa, pelas orientações na condução das análises laboratoriais.

Às colegas Gabriela, Angélica e Rosana, pela amizade, dedicação, seriedade e disponibilidade nos momentos fundamentais da condução deste experimento.

Aos colegas de curso Rodrigo da Costa Gomes e Amaury Camilo Valinote, pela agradável convivência.

Aos amigos Saulo da Luz e Silva e Marcelo Landim Brisola, pela valiosa colaboração na realização e interpretação das análises estatísticas e pela disponibilidade sempre constante.

A todos estagiários, em especial à Paula Silva de Toledo, pela dedicação e seriedade na condução dos trabalhos.

Ao Fernando Schauch, pelo auxílio na colheita de material dos animais e pela disponibilidade sempre constante.

Aos técnicos de laboratório, auxiliares de campo e demais funcionários do *campus*, pela competência, seriedade e dedicação.

Aos Professores da Escola de Veterinária da PUCMinas Poços de Caldas, pelo apoio sempre constante e amizade.

À FAPESP e ao FIP-PUCMinas, pelo financiamento deste projeto.

À minha família, que sempre torce por mim.

Obrigado a todos.

“ A verdadeira descoberta não consiste
em buscar novas paisagens,
mas em ter novos olhos.”

- *Marcelo Proust* -

RESUMO

PESCE, D.M.C. **Efeito da dieta contendo caroço de algodão no desempenho, características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de novilhos Nelore confinados.** 2008. 138 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho e as características quantitativas de carcaça e qualitativas da carne de novilhos Nelore confinados. Os animais foram confinados com quatro dietas contendo 80% de concentrado, em porcentagem da matéria seca: uma controle, sem adição de caroço de algodão (CA0), outra contendo 10% (CA10) ou 20% (CA20) de caroço de algodão e outra contendo 20% (CA20H) de caroço de algodão aquecido em câmara climática. Ao final do período experimental, não foram encontradas diferenças entre os tratamentos para a ingestão de matéria seca. Entretanto, o ganho diário de peso, o peso vivo e a eficiência alimentar foram maiores para os animais alimentados com dietas contendo caroço de algodão, que não diferiram entre si. Os valores encontrados para N-uréico no sangue foram significativamente maiores para os tratamentos contendo caroço de algodão, enquanto que os valores de glicose e de proteína total sérica não diferiram entre os tratamentos. O rendimento de carcaça, a área de olho de lombo, a espessura de gordura subcutânea, as gorduras renal e pélvica, o peso da carcaça quente e fria, o peso do fígado e os valores de pH da carcaça não foram significativamente diferentes. Houve diferença apenas para a temperatura da carcaça 1 hora e 24 horas após o abate, que foram menores para o tratamento CA0. Não houve diferença significativa para os teores de matéria seca e extrato etéreo da carne. Também não foi encontrada diferença entre os tratamentos para perdas totais no cozimento e maciez da carne aos 7 e 14 dias de maturação, verificada pela força de cisalhamento. Foi encontrado apenas efeito de tempo, onde a carne maturada por 14 dias apresentou-se mais macia e com menores perdas totais no cozimento. A análise sensorial do músculo *Longissimus dorsi* não demonstrou diferença entre os tratamentos para aroma característico, suculência, sabor característico e estranho. Também não foi encontrada diferença para o total de ácidos graxos saturados, ômega-3, nem para as relações entre ácidos graxos

insaturados, monoinsaturados e ácidos graxos saturados. Entretanto, os animais dos tratamentos CA10, CA20 e CA20H apresentaram carne com maiores e menores concentrações de, respectivamente, ácidos graxos polinsaturados e monoinsaturados em relação ao tratamento CA0. O caroço de algodão integral pode ser empregado em dietas de bovinos de corte confinados, constituindo até 20% da matéria seca, sem causar alterações indesejáveis na qualidade da carne e nas características de carcaça, proporcionando inclusive melhores resultados de desempenho, desde que observada a qualidade das sementes fornecidas aos animais.

Palavras-chave: caroço de algodão, desempenho, qualidade da carne, perfil de ácidos graxos, *Longissimus dorsi*

ABSTRACT

PESCE, D.M.C. **Effects of whole cottonseed-enriched diet on performance, quantitative characteristics of the carcass and qualitative characteristics of the meat of feedlot Nelore cattle.** 2008. 138 f. Thesis (Doctoral) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

The purpose of this work was to evaluate performance, quantitative characteristics of the carcass and qualitative characteristics of the meat of confined castrated Nelore males. Animals were confined with four diets containing 80% concentrate (dry matter): a control diet devoid of whole cottonseed (CA0), a diet containing 10% (CA10) or 20% of whole cottonseed (CA20) and a diet containing 20% of whole cottonseed heated in a climate chamber (CA20H). At the end of the experimental period, there were no differences between treatments for dry matter intake. However, the average daily gain, live weight and feed efficiency were greater for animals fed the whole cottonseed-enriched diets, with no difference among diets when compared to control. Values documented for blood urea-N were significantly higher for treatments containing whole cottonseed, while glucose and total serum protein did not differ. Carcass yield, loin eye area, subcutaneous fat thickness, renal and pelvic fat, warm carcass weight and cold carcass weight, weight of the liver and values of carcass pH were not significantly different. Differences were noted only for carcass temperature 1 hour and 24 hours after slaughter, lower for CA0 treatment. There were no significant differences for dry matter content and ethereal meat extract. No differences were found between total cooking losses and meat tenderness between 7 and 14 days of maturing, as verified by shearing forces. Only time effect was noted, with meat matured for 14 days presenting with increased tenderness and less total cooking losses. Sensorial analysis of the *Longissimus dorsi* did not show differences among treatments for typical odor, juiciness and typical or off-flavour. No statistical difference was found for total saturated fatty acids and omega-3, or the relations between total unsaturated or monounsaturated and saturated fatty acids. However, animals fed whole cottonseed-enriched diets had higher concentrations of polyunsaturated fatty acids and omega-6 and lower concentrations of monounsaturated fatty acids in the *Longissimus dorsi*. Whole cottonseed can be

used in feedlot beef cattle diets up to 20% of the dry matter content, without causing undesirable changes in meat quality and carcass characteristics and giving better performance results, as long as good quality seed is employed.

Keywords: whole cottonseed, performance, meat quality, fatty acids profile, *Longissimus dorsi*

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Passos da conversão de lipídios esterificados nas plantas para ácido propiônico e ácidos graxos saturados pela lipólise e biohidrogenação no conteúdo ruminal 26
- Figura 2 – Temperaturas (T°C) máxima e (T°C) mínima, em graus Celsius, e umidade relativa do ar (UR%), observadas pela manhã (M) e à tarde (T) na câmara climática por 12 dias consecutivos 54
- Figura 3 - Composição química (teores médios) de MS, PB, FB, EE, MM, FDN e FDA do caroço de algodão e do caroço de algodão aquecido utilizados nas rações experimentais 55
- Figura 4 - Médias semanais do consumo médio diário de matéria seca (CMS; kg/dia) dos animais, em função dos tratamentos durante o período experimental 70
- Figura 5 - Médias semanais do consumo médio diário de matéria seca (CMS; %PV) dos animais, em função dos tratamentos durante o período experimental 70
- Figura 6 - Peso vivo médio, expresso em quilos, de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento e dias de confinamento 74
- Figura 7 - Ganho diário de peso (GDP), expresso em quilos, de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento e dias de confinamento 74
- Figura 8 - Eficiência alimentar (EA), expresso em quilos GDP/kg MSI, de novilhos nelore confinados, de acordo com o tratamento e dias de confinamento 75
- Figura 9 - Valores de glicose sérica e nitrogênio uréico no sangue (NUS), expressos em mg/dL, de novilhos Nelore confinados, acordo com os tratamentos 78

Figura 10 - Valores de proteína total sérica (g/dL) obtidos de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento	83
Figura 11 - Medidas da área de olho de lombo (AOLU; cm ²) do músculo <i>L. dorsi</i> de novilhos Nelore confinados, avaliadas por ultra-som no primeiro, 29 e 50 dias de confinamento	84
Figura 12 - Medidas da espessura de gordura subcutânea (EGSU), avaliada entre a região da 12 ^a e 13 ^a costelas e na região da picanha (EGPU), em mm, de novilhos Nelore confinados, avaliadas por ultra-som no primeiro, 29 e 50 dias de confinamento	85
Figura 13 - Valores médios de perdas totais no cozimento (PTC; %), em relação ao tempo de maturação, em dias, do <i>Longissimus dorsi</i> de novilhos Nelore confinados	94
Figura 14 - Valores da força de cisalhamento (FC; kg) do <i>Longissimus dorsi</i> de novilhos Nelore confinados, em função do tempo de maturação (dias)	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Composição do óleo do caroço de algodão integral, em porcentagem, para os ácidos graxos C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 e C18:3	20
Tabela 2 -	Ingredientes das dietas experimentais (%MS), de acordo com os tratamentos	51
Tabela 3 -	Composição química (teores médios) da silagem de sorgo e dos concentrados utilizados nas rações, expressos em porcentagem da matéria seca	52
Tabela 4 -	Análises realizadas no caroço de algodão (CA) sem aquecimento e aquecido, no início (dia 1) e final (dia 81) do período experimental, para índice de peróxidos e de acidez, gossipol livre e total e aflatoxinas totais	56
Tabela 5 -	Perfil de ácidos graxos do caroço de algodão (CA) sem aquecimento e aquecido, colhido no primeiro dia do experimento, expresso em porcentagem de ácidos graxos na amostra e em porcentagem individual em relação ao total de ácidos graxos	58
Tabela 6 -	Composição química (teores médios) das dietas experimentais, expressa em porcentagem da matéria seca	67
Tabela 7 -	Valores médios, mínimos e máximos, com os respectivos desvios-padrão (DP) de peso vivo inicial e final (PVI; kg e PVF; kg), de consumo médio diário de matéria seca (CMS; kg/animal e % peso vivo - PV), ganho diário de peso (GDP; kg) e de eficiência alimentar (EA; kg GDP/kg matéria seca ingerida - MSI) obtidos durante o período experimental	69
Tabela 8 -	Valores de peso vivo inicial e final (PVI; kg e PVF; kg), de consumo médio diário de matéria seca (CMS; kg/animal e % PV), de ganho diário de peso (GDP; kg) e eficiência alimentar (EA; kg	

	GDP/kg MSI), coeficientes de variação (CV; %) e probabilidades P, de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento....	69
Tabela 9 -	Valores médios, mínimos e máximos, desvio-padrão (DP) e coeficiente de variação (CV; %) de glicose sérica e N-uréico no sangue (NUS), expressos em mg/dL e de proteína total sérica (g/dL) de novilhos Nelore confinados, obtidos na metade do período experimental	78
Tabela 10 -	Valores médios, mínimos e máximos, com os respectivos desvios-padrão (DP) de peso (kg) da carcaça quente (PCQ) e fria (PCF), rendimento de carcaça (RC; %), área de olho de lombo (AOL; cm ²), espessura de gordura subcutânea (EGS, mm), gordura renal e pélvica (GRP; kg) e peso do fígado (kg) de novilhos Nelore confinados	86
Tabela 11 -	Valores de peso (kg) da carcaça quente (PCQ) e fria (PCF), rendimento de carcaça (RC; %), área de olho de lombo (AOL; cm ²), espessura de gordura subcutânea (EGS, mm), peso (kg) da gordura renal e pélvica (GRP) e do fígado, coeficientes de variação (CV; %) e probabilidades P, de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento	86
Tabela 12 -	Valores médios, mínimos e máximos, com os respectivos desvios-padrão (DP) de pH 1 e 24 horas após o abate e de temperatura 1 e 24 horas (T1h e T 24h) após o abate, observados na carcaça de novilhos Nelore confinados	89
Tabela 13 -	Valores de pH 1e 24 horas, de temperatura 1 e 24 horas (T 1H e T 24H) após o abate, coeficientes de variação (CV; %) e probabilidades P, observados na carcaça de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento	89

- Tabela 14 - Valores médios, mínimos e máximos, com os respectivos desvios-padrão (DP), de matéria seca (MS), extrato etéreo (EE; %MS e % matéria natural - MN), perdas totais no cozimento (PTC; %) e força de cisalhamento (FC; kg) do músculo *L. dorsi* de novilhos Nelore confinados 91
- Tabela 15 - Valores de matéria seca (MS; %), extrato etéreo (EE; % matéria natural - MN), de perdas totais no cozimento (PTC 7 e PTC14; %) e força de cisalhamento (FC 7 e FC14; kg) aos 7 e 14 dias, coeficientes de variação (CV; %) e probabilidades P, do contra-filé de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento ... 92
- Tabela 16 - Valores médios, mínimos e máximos, com os respectivos desvios-padrão (DP), do aroma característico e estranho, da textura, suculência e do sabor característico e estranho, avaliados no contra-filé de novilhos Nelore confinados 98
- Tabela 17 - Valores atribuídos para aroma característico e estranho, textura, suculência, sabor característico e estranho, coeficientes de variação (CV; %) e probabilidades (P), avaliados no contra-filé de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento 98
- Tabela 18 - Valores médios (%) e probabilidades P da concentração de ácidos graxos presentes na gordura do *Longissimus dorsi* de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento 104
- Tabela 19 - Valores médios (%), coeficiente de variação (CV; %) e probabilidades P dos ácidos graxos e suas relações, avaliados no *L. dorsi* de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento 105

LISTA DE ABREVIATURAS

AG	- Ácidos graxos	FDA	- Fibra em detergente ácido
AGL	- Ácidos graxos livres	FDN	- Fibra em detergente neutro
AGMI	- Ácidos graxos monoinsaturados	FDN _{CP}	- Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína
AGPI	- Ácidos graxos polinsaturados	GDP	- Ganho diário de peso
AGS	- Ácidos graxos saturados	GRP	- Gordura renal e pélvica
AOL	- Área de olho de lombo	LIG	- Lignina
CA	- Caroço de algodão	MM	- Material mineral
CLA	- Ácido linoléico conjugado	MS	- Material seca
CMS	- Consumo de matéria seca	MSI	- Matéria seca ingerida
CNF	- Carboidratos não fibrosos	NDT	- Nutrientes digestíveis totais
CRA	- Capacidade de retenção de água	NUP	- Nitrogênio uréico no plasma
CS	- Casca de soja	NUS	- Nitrogênio uréico no sangue
EA	- Eficiência alimentar	PTC	- Perdas totais no cozimento
EE	- Extrato etéreo	PB	- Proteína bruta
EGP	- Espessura de gordura na região da picanha	PCF	- Peso de carcaça fria
EGS	- Espessura de gordura subcutânea	PCQ	- Peso de carcaça quente
EGPU	- Espessura de gordura na região da picanha avaliada por ultra-som	PDR	- Proteína degradável no rúmen
EGSU	- Espessura de gordura subcutânea avaliada por ultra-som	PIDA	- Proteína insolúvel em detergente ácido
FB	- Fibra bruta	PIDN	- Proteína insolúvel em detergente neutro
FC	- Força de cisalhamento	PV	- Peso vivo
		PVF	- Peso vivo final
		PVI	- Peso vivo inicial
		RC	- Rendimento de carcaça

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 Características do caroço de algodão como alimento para bovinos	19
2.2 Efeito da utilização do caroço de algodão no desempenho e nas características de carcaça de bovinos de corte.....	21
2.3 O metabolismo de lipídios no rúmen	24
2.4 Armazenamento e qualidade do caroço de algodão	28
2.5 Avaliação da deterioração lipídica no caroço de algodão	32
2.6 O gossipol	35
2.7 Perfil de ácidos graxos, qualidade da carcaça e da carne	38
2.8 Análise sensorial da carne	43
3 MATERIAL E MÉTODOS	50
3.1 Confinamento	50
3.1.1 <i>Local</i>	50
3.1.2 <i>Animais e alimentação</i>	50
3.2 Análises bromatológicas das rações	52
3.3 Análises realizadas no caroço de algodão	53
3.3.1 <i>Índice de peróxidos e de acidez, gossipol livre, gossipol total, aflatoxinas totais e perfil de ácidos graxos do caroço de algodão</i>	55
3.4 Análises de uréia, glicose e proteína total no soro sanguíneo	59
3.5 Desempenho e características de carcaça	60
3.6 Abate dos animais	60
3.7 Avaliação das carcaças	61
3.7.1 <i>Temperatura e pH</i>	61
3.7.2 <i>Área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea</i>	61

3.7.3 <i>Análise de maciez</i>	61
3.8 Perfil de ácidos graxos da carne	62
3.9 Análise dos teores de matéria seca e extrato etéreo da carne	63
3.10 Análise sensorial para sabor da carne assada	64
3.11 Análise estatística	65
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.1 Descrição das dietas e desempenho	67
4.2 Uréia, glicose e proteína total séricas	78
4.3 Características da carcaça e da carne	84
4.4 Análise sensorial e do perfil de ácidos graxos da carne	98
CONCLUSÃO	112
REFERÊNCIAS	113
APÊNDICE A	135
APÊNDICE B	136
APÊNDICE C	137
ANEXO	138

INTRODUÇÃO

A pecuária bovina é uma atividade extremamente importante para o Brasil, visto que o país detém o maior rebanho comercial do mundo, superior a 200 milhões de cabeças (SOUZA, 2007). A bovinocultura de corte nacional tem suas peculiaridades, entre elas, a utilização de animais das raças zebuínas, bem como de seus cruzamentos com diversas raças européias (AFERRI, 2003). Entretanto, é inegável a supremacia numérica das raças zebuínas, em especial da raça Nelore, seja confinado ou sob a forma extensiva de criação (OLIVEIRA, 2000).

O confinamento para corte é uma das técnicas mais utilizadas dentro da cadeia de produção da carne bovina. Desempenha importante papel no processo de desenvolvimento socioeconômico, como supridor de alimento nobre para a população, fornecendo animais prontos para abate na entressafra, matéria-prima para a indústria e na geração de divisas por meio das exportações (AFERRI, 2003).

O sucesso na produção do novilho jovem depende da interação de uma série de fatores. Como a alimentação representa até 75% dos custos de produção no confinamento, é fundamental que sejam utilizados animais de boa qualidade, com características desejáveis de carcaça e da carne, sem excesso de gordura; e ingredientes de alta qualidade na dieta, que forneçam os nutrientes necessários para um ganho de peso elevado com baixos custos (SAMPAIO; BRITO; CARVALHO, 2002; VASCONCELOS, 1993).

A carne de *Bos indicus* é reconhecidamente menos macia do que a de animais *Bos taurus* (OLIVEIRA, 2000; WHEELER; CUNDIFF; KOCH, 1994), o que pode ser razoavelmente melhorado com manejo correto pré-abate e com técnicas de processamento pós-abate (FELÍCIO, 2004; PARDI et al., 1995). Segundo Felício (2004), a carne tropical é magra na porção muscular, desprovida de marmorização, com 2-3% de lipídios apenas. Entretanto, pode ter um bom acabamento, dependendo da disponibilidade e qualidade das forragens e do peso do animal.

Nos Estados Unidos e em grande parte da Europa, a qualidade da carne é um fator importante para se determinar o preço de uma carcaça. Pesquisas realizadas nesses países verificaram que os consumidores estão dispostos a pagar mais pelo produto carne de acordo com suas características sensoriais e organolépticas

(NEVES et al., 2001). Além do mais, existem evidências de que a composição dos ácidos graxos da gordura corporal dos ruminantes pode ser alterada em razão do tipo de dieta fornecida (KEMP et al., 1981), possibilitando o consumo de produtos de origem animal mais saudáveis ao ser humano. Uma alternativa para isto seria a inclusão de sementes oleaginosas na dieta de ruminantes, como por exemplo, o caroço de algodão, que é rico em ácidos graxos polinsaturados.

O caroço de algodão corresponde à semente do algodão separada da fibra (SANTOS; MOSCARDINI, 2007). É um subproduto da cultura do algodão, de baixo custo e amplamente utilizado na alimentação de ruminantes como suplemento às forragens, sendo capaz de balancear energeticamente uma dieta sem comprometer o teor fibroso, contribuindo ainda para a fração protéica da mistura final (ARIELE, 1998; ROGÉRIO et al., 2003). Entretanto, existem suspeitas de que a inclusão de grandes quantidades de caroço de algodão em dietas de bovinos de corte confinados possa interferir negativamente na qualidade da carne produzida.

No Brasil, Saab (1999) observou o fator preço como preponderante na hora da escolha pelo consumidor, que também é pouco exigente em relação à qualidade da carne. A maioria dos brasileiros ainda não está disposta a pagar mais por produtos com maior grau de diferenciação. Contudo, esta postura já está mudando, surgindo alguns segmentos mais exigentes, tanto no que se refere aos aspectos de qualidade (maciez, aparência e sabor), como à sanidade do produto.

Com a Portaria nº 290 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1997) proibindo a utilização de produtos originados de ruminantes nas dietas de ruminantes pelo risco potencial de transmissão da encefalopatia espongiforme bovina, as fontes alimentares de origem vegetal tornaram-se as principais alternativas de adição de energia às dietas. Bastante estudadas para bovinos leiteiros, essas fontes têm informações restritas sobre sua utilização e efeitos sobre o desempenho, composição de carcaça e alterações na qualidade da carne em bovinos de corte, justificando pesquisas nesta área.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características do caroço de algodão como alimento para bovinos

A utilização de dietas de terminação ricas em energia para bovinos confinados melhora a eficiência do ganho de peso e a qualidade da carcaça (BARTLE; PRESTON; MILLER, 1994; BOWLING et al., 1978). Historicamente, o milho é a principal fonte de energia utilizada para animais confinados. No entanto, a utilização de grãos em excesso pode causar problemas digestivos e metabólicos nos ruminantes (NUNES, 1998). Por outro lado, a inclusão de gorduras na dieta promove aumento da densidade energética e modificação da forma química da energia metabolizável, proporcionando maior garantia de consumo dos níveis de fibra necessários (PALMQUIST; WEISBJERG; HVELPLUND, 1993). As gorduras são compostos mais energéticos que carboidratos e proteínas e a maior parte de sua absorção ocorre pós-rúmen (JENKINS, 1993).

O caroço de algodão é um subproduto da indústria têxtil muito utilizado na alimentação de ruminantes por apresentar, de forma ímpar e ao mesmo tempo, alta concentração de óleo, proteína e fibra, permitindo a substituição de alimentos volumosos sem prejudicar a fermentação ruminal. Poucos alimentos conseguem reunir estes nutrientes em altas concentrações e possuir uma fibra de alta degradabilidade como o caroço de algodão (ARIELI, 1998; COPPOCK; LANHAM; HORNER, 1987; HARVATINE et al., 2002; NUTRITIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1989; ROGÉRIO et al., 2003). Para Ezequiel (2001), o caroço de algodão pode ser definido como concentrado devido ao alto teor de energia e proteína. Entretanto, sua fibra é tão efetiva no rúmen quanto a de forragens.

Havartine et al. (2002), estudando a efetividade da fibra do caroço de algodão integral em substituição à silagem de alfafa na proporção de 0%, 10% e 15%, concluíram que a fibra detergente neutro (FDN) do caroço de algodão apresentou aproximadamente 84% da efetividade da FDN da silagem de alfafa; e que uso de até

15% de caroço de algodão na ração mantém a atividade ruminal em dietas com baixo conteúdo de FDN proveniente das forragens.

O caroço de algodão apresenta as seguintes porções: casca, línter e plumas. Na indústria têxtil, a maior parte da pluma é retirada, restando três partes a serem consideradas: a fibra, composta pelo línter (pura celulose com alta degradabilidade) e sobras da pluma; a casca e a amêndoa (ROGÉRIO et al., 2003). O caroço de algodão com linter possui 23,0% de proteína bruta (PB), 20,0% de extrato etéreo (EE), 44,0% de FDN, 34% de fibra detergente ácido (FDA) e 96% de nutrientes digestíveis totais (NDT) (COPPOCK; LANHAM; HORNER, 1987; NRC, 1989), qualidades que, aliadas ao baixo custo, fazem deste produto um bom suplemento protéico e energético em áreas de produção do algodão.

Nos últimos anos, a seleção dos cultivares de algodão tem priorizado o aumento da produção de fibra para a indústria têxtil, com reflexos negativos sobre o conteúdo de nutrientes como proteína bruta e energia (sob a forma de óleo). Análises realizadas em 83 amostras, oriundas de 31 empresas de beneficiamento de sementes de algodão para a produção de óleo nos Estados Unidos da América, indicaram menores valores para PB (22,5%) e óleo (17,8%), quando comparados aos valores descritos no NRC (1989), que são de respectivamente, 23,0% e 20,0% (KERTZ, 1998).

A composição do óleo do caroço de algodão integral, em porcentagem, para os ácidos graxos oléico (C18:1), linoléico (C18:2), linolênico (C18:3), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) é apresentada na Tabela 1, onde se observa uma compilação de dados de vários autores.

Tabela 1- Composição do óleo do caroço de algodão integral, em porcentagem, para os ácidos graxos C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 e C18:3.

Fonte	C16:0(%)	C18:0(%)	C18:1(%)	C18:2(%)	C18:3(%)
Brasil (1999)	17,0-31,0	1,0-4,0	13,0-44,0	33,0-59,0	0,1-2,1
Coppock e Wilks (1991)	22,7	2,3	17,0	51,5	0,2
McKevith (2005)	22,4	2,5	17,4	50,1	0,1
Palmquist (1996)	25,3	2,8	17,1	53,2	0,1
Staples e Tatcher (2003)	22,7	2,3	17,0	51,5	0,2
Sullivan et al. (1993)	24,5	2,6	22,0	50,2	*
Van Soest (1994)	25,3	2,8	17,1	53,2	*

Conforme demonstrado na Tabela 1, o ácido linoléico (C18:2) é o principal ácido graxo insaturado presente no óleo do caroço de algodão. Os ácidos graxos

sem duplas ligações na cadeia carbônica são denominados saturados e insaturados são aqueles que contêm duplas ligações (STAPLES; THATCHER, 2003).

Os óleos vegetais são mais inibitórios que a gordura animal (sebo) sobre a digestão da fibra no rúmen, por serem mais insaturados (JENKINS, 1993; VAN SOEST, 1994). Por essa razão, se os ácidos graxos livres (AGL) estiverem presentes em as altas concentrações no caroço de algodão, poderão comprometer seriamente a digestão da fibra pelo ruminante, se este ingrediente constituir grande parte da ração (SULLIVAN et al. 2004). De acordo com Keele, Roffler e Beyers (1989), o óleo do caroço de algodão é 70% insaturado, sendo completamente hidrolisado a ácidos graxos no rúmen. Por isso, a adição de caroço de algodão à dieta de bovinos aumenta a concentração de ácidos graxos saturados e diminui a de ácidos graxos insaturados na digesta duodenal (EZEQUIEL, 2001; ZINN; PLASCENCIA, 1993), devido à extensiva biohidrogenação ocorrida no rúmen (EZEQUIEL, 2001).

Os grãos de oleaginosas são menos prejudiciais à digestão da fibra do que a gordura ou óleo livres, pois propiciam o fornecimento de lipídios através da liberação lenta da fração lipídica durante o decorrer de todo o dia, devido à regurgitação e remastigação das sementes. Esse fato permite a ação dos microrganismos ruminais, hidrogenando as ligações duplas dos ácidos graxos insaturados, reduzindo o efeito inibidor dos lipídios sobre a digestibilidade da fibra (COPPOCK; WILKS, 1991).

2.2 Efeito da utilização do caroço de algodão no desempenho e nas características de carcaça de bovinos de corte

O uso do caroço de algodão como ingrediente da dieta de bovinos tem merecido a atenção dos pesquisadores. Num experimento realizado com suplementos múltiplos para terminação de bovinos mestiços em pastejo durante a época seca do ano, Paulino et al. (2002) verificaram que o emprego de grão de soja ou caroço de algodão em suplementos balanceados para 20% de PB na matéria natural propiciou desempenho animal semelhante ao obtido com o uso do farelo de

soja, considerando ganho médio diário de peso, rendimento de carcaça e peso de carcaça quente. Também não foram encontradas diferenças entre os tratamentos quanto ao pH ruminal, que se manteve em níveis biologicamente desejáveis.

Ruy et al. (1996), utilizando três níveis de caroço de algodão (0%, 6,6% e 15%) em substituição ao farelo de algodão para bovinos mestiços confinados, tendo como volumoso a silagem de sorgo, verificaram que o emprego crescente de caroço de algodão integral aumentou a degradabilidade da matéria seca (MS), da PB e da FDA desse ingrediente. Brosh, Holzer e Levy, (1989), utilizando caroço de algodão na proporção de 0%, 12%, 18% e 24% da dieta de bovinos em confinamento, concluíram que a inclusão deste alimento acima de 12% na ração acarreta diminuição no ganho de peso sem alterar o consumo de MS, sendo que o ganho de peso foi significativamente menor para os níveis de inclusão superiores a 18%.

Quando se usa caroço de algodão na dieta de ruminantes, o consumo de MS depende de fatores climáticos e dietéticos. Pode ocorrer diminuição no consumo diário de MS, principalmente quando os animais são submetidos a condições de stress térmico, basicamente por causa do alto conteúdo de fibra desta oleaginosa, que gera calor durante o processo de digestão, inibindo o consumo. Os teores de lipídios, de fibra, de energia e a degradabilidade da PB na ração também podem interferir no consumo de MS em dietas contendo caroço de algodão (ARIELI, 1998).

Numa revisão de 18 experimentos com caroço de algodão, Coppock, Lanham e Horner (1987) mostraram não haver diferença no consumo de MS por bovinos, quando a semente de algodão integral foi incluída na proporção de até 25% da dieta. Em outra revisão de literatura, Coppock e Wilks (1991) demonstraram que as inclusões de 0%, 5%, 15% e 25% de caroço de algodão na dieta de vacas leiteiras resultaram no consumo diário de MS, de respectivamente, 19,7kg, 19,0kg, 19,1kg e 20,4kg por animal.

Poore (2001) avaliou novilhas Angus confinadas com duas dietas. Uma continha 67% de silagem de sorgo e 33% de concentrado com 0%, 6%, 12%, 18% ou 24% de caroço de algodão. A outra era constituída por 47% de silagem de sorgo, 33% do mesmo concentrado e 20% de resíduo da lixadeira da indústria têxtil do algodão. O autor concluiu que níveis de caroço de algodão acima de 18% no concentrado diminuiriam a ingestão de matéria seca e o ganho de peso diário, no entanto, a substituição da silagem de sorgo pelo resíduo da lixadeira não provocou efeito negativo sobre o desempenho dos animais.

Segundo Page et al. (1997), bovinos da raça Brangus confinados com dietas contendo 30% de caroço de algodão apresentaram maior peso vivo e maior quantidade de gordura renal, pélvica e cardíaca do que os animais do grupo controle, sem diferença entre os tratamentos para a espessura de gordura subcutânea (EGS). Já Huerta-Leidenz et al. (1991), estudando bovinos cruzados Hereford-Angus terminados por um período de 56 dias de confinamento e tratados com caroço de algodão incluídos na dieta em níveis de 0%, 15% e 30% não encontraram diferenças quanto ao ganho médio diário de peso, conversão alimentar e EGS nos três tratamentos. No entanto, observaram redução significativa do peso da carcaça e da área de olho de lombo (AOL) ao nível de inclusão de 30%.

A AOL medida entre 12^a e 13^a costelas é internacionalmente aceita e amplamente utilizada como um indicador da composição de carcaça, e apesar de apresentar uma pequena associação com a quantidade de carne magra, pode ser utilizada como um indicador dessa composição (LUCHIARI FILHO, 2000). Johnson e Vidyadaran (1981) após avaliarem diferentes pontos anatômicos de medidas, concluíram que a avaliação da EGS sobre o terço superior do músculo *Biceps femuris* (EGP) é um bom indicador da gordura total da carcaça. Esta medida pode ser utilizada com o mesmo grau de confiança que aquela obtida entre a 10^a e 12^a costelas.

Aferri (2003), avaliando novilhos mestiços confinados com dietas de alto concentrado recebendo 5% de sais de cálcio de ácidos graxos (SCAG) ou 21% de caroço de algodão (CA), não encontrou diferença entre os tratamentos quanto ao ganho diário de peso, eficiência alimentar, rendimento de carcaça, AOL, EGS, gorduras renal e pélvica e peso do fígado. Entretanto, verificou menor consumo de matéria seca para o tratamento SCAG em relação ao tratamento CA, que não diferiu do controle. Estudando novilhos mestiços Canchim alimentados com silagem de milho e concentrado contendo 20% de grão de soja ou caroço de algodão, Moletta (1999) também não encontrou diferença entre os tratamentos quanto ao consumo diário de MS, rendimento de carcaça, conversão e eficiência alimentar.

Prado et al. (1995) avaliaram o desempenho de novilhos Nelore confinados por 105 dias com dietas contendo 15% ou 30% de caroço de algodão (base de MS) associado à cana-de-açúcar ou capim-elefante e não encontraram diferença entre os tratamentos, tanto para o desempenho dos animais, como para ingestão diária de MS e características de carcaça. No entanto, Ludovico e Mattos (1997) concluíram

que a substituição do farelo de algodão pelo caroço de algodão integral na proporção de 10% a 20% da MS total da dieta possibilitou melhor desempenho animal, tendo a cana-de-açúcar como volumoso.

Em trabalhos com bovinos leiteiros em regime de confinamento, Arieli (1998); Coppock, Lanham e Horner (1987); Palmquist e Jenkins (1980) concluíram que a adição de 25% a 30% de caroço de algodão à ração dos animais manteve o nível de ingestão de MS, aumentou a energia líquida ingerida, elevando a porcentagem de gordura do leite, a produção de leite e a digestibilidade do extrato etéreo da dieta, não havendo alteração na digestibilidade da fibra.

2.3 O metabolismo de lipídios no rúmen

Os lipídios são substâncias muito pouco solúveis em água, mas bastante solúveis em solventes orgânicos. São compostos por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio (MARQUES, 2003; NUNES, 1998). Na análise de rotina, o grupo situa-se na fração extrato etéreo e, na análise de Van Soest, para forragens, na fração conteúdo celular (NUNES, 1998).

Os lipídios das sementes são constituídos principalmente por triglicerídios, com predominância do ácido linoléico (C18:2) e oléico (C18:1) (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1988; PALMQUIST; JENKINS, 1980; VAN SOEST, 1994). Já os lipídios das folhas são constituídos principalmente por galactolipídios e fosfolipídios, além de ceras, carotenóides, clorofila, óleos essenciais e outras substâncias solúveis em éter (VAN SOEST, 1994). De maneira geral, cada quilo de MS consumida pelos ruminantes contém aproximadamente 4% de extrato etéreo (JENKINS, 1993). Entretanto, para animais confinados recebendo dietas ricas em concentrado, o consumo de extrato etéreo pode ser mais elevado, principalmente em triacilglicerídios (NUNES, 1998; VAN SOEST, 1994).

A adição de lipídios à dieta de ruminantes pode interromper a fermentação ruminal, com redução da degradação de carboidratos estruturais em 50% ou mais pela adição de até 10% de gordura (JENKINS, 1993). Essa redução é acompanhada

pela diminuição da produção de metano, hidrogênio, ácidos graxos voláteis e da relação acetato: propionato (CHALUPA et al., 1984; JENKINS, 1993). No entanto, os lipídios são menos prejudiciais à digestibilidade dos carboidratos não estruturais, como demonstrado por Zinn (1988), que observou digestão normal do amido no rúmen de novilhos confinados suplementados com gordura, mesmo havendo depressão da digestibilidade da fibra e da matéria seca.

A quantidade e o tipo de lipídio ingerido, as taxas de lipólise e de biohidrogenação ruminal e a formação de sais carboxilados no rúmen influenciam o processo de digestão do ruminante. Por isso, os fatores que aumentam a concentração de ácidos graxos livres insaturados no rúmen devem ser considerados (JENKINS, 1993), uma vez que os lipídios insaturados são mais tóxicos à microbiota ruminal que os saturados (JENKINS, 1993; PALMQUIST; JENKINS, 1980; SULLIVAN; BERNARD; AMOS, 2005; VAN NEVEL; DEMEYER, 1988).

Para Palmquist e Jenkins (1980), o grau de esterificação também pode ser um fator importante na utilização da gordura no rúmen. A ingestão de grande quantidade de lipídios não esterificados pode inibir etapas do processo de biohidrogenação, mesmo que a atividade lipolítica microbiana seja elevada.

No metabolismo ruminal dos lípides, dois processos microbianos são de grande importância: a lipólise e a biohidrogenação. Na lipólise, ocorrida logo após a ingestão, os lipídios esterificados das plantas são hidrolisados extensivamente por lipases microbianas no rúmen, causando a liberação de ácidos graxos (JENKINS, 1993). Os protozoários têm pouca importância no processo de biohidrogenação (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1988) e não são capazes de realizar a lipólise (HAWKE; SILCOCK, 1970), embora as bactérias sejam, como a *Anaerovibrio lipolytica*, que produz lipase e esterase, sendo considerada a principal bactéria lipolítica presente no rúmen (JENKINS, 1993).

O passo inicial na biohidrogenação é uma reação de isomerização que converte a dupla ligação *cis*-12 dos ácidos graxos insaturados em seu isômero *trans*-11. A isomerase não é funcional a menos que o ácido graxo tenha um grupo carboxil livre, e no caso dos ácidos graxos polinsaturados, tais como C18:2, uma dupla ligação *cis*-9 *cis*-12 dieno deverá estar presente. A exigência de um grupo carboxil livre estabelece a lipólise como pré-requisito para a biohidrogenação. Depois que a ligação *trans*-11 é formada pela ação da isomerase, então a hidrogenação da ligação *cis*-9 no C18:0 (esteárico) ocorre por ação de uma redutase microbiana

(HARFOOT; HAZLEWOOD, 1988; JENKINS, 1993; PALMQUIST; JENKINS, 1980), conforme demonstrado na figura 1.

A extensão com que o *trans*-11 C18:1 é transformado em C18:0 depende das condições ruminais. A hidrogenação completa para o ácido esteárico é promovida pela presença de fluido ruminal livre de células e partículas de alimento, porém é inibida irreversivelmente pela grande quantidade de ácido linoléico (ÍTAVO et al., 2005; JENKINS, 1993).

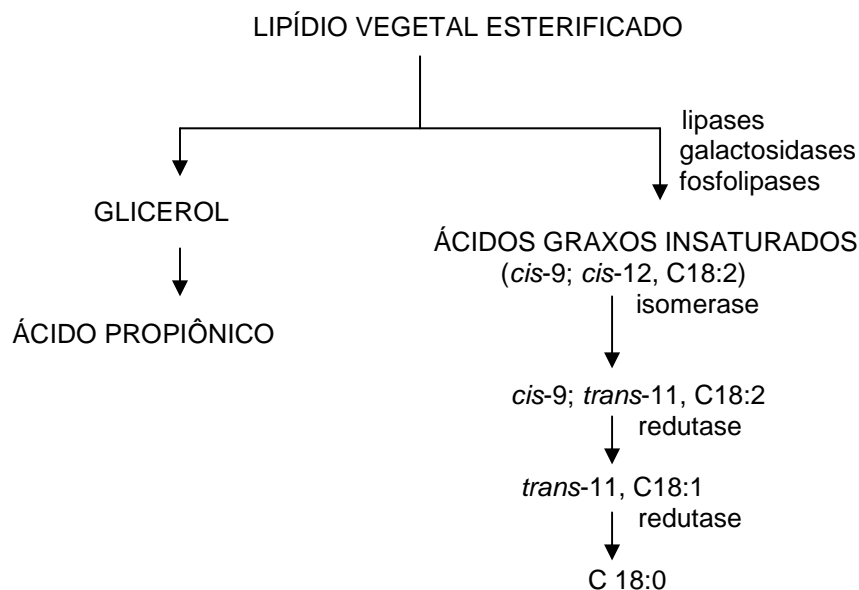


Figura 1 – Passos da conversão de lipídios esterificados nas plantas para ácido propiônico e ácidos graxos saturados pela lipólise e biohidrogenação no conteúdo ruminal (adaptado de JENKINS, 1993).

A fração lipídica bacteriana é constituída em sua maioria por ácidos graxos saturados, deduzindo-se que a biohidrogenação ruminal converte os ácidos graxos de forragens numa forma mais apropriada para incorporação nas células bacterianas, com baixo custo energético para síntese “*de novo*” (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1988).

A lipase bacteriana hidrolisa acilgliceróis completamente a ácidos graxos livres e glicerol no rúmen, com pouco acúmulo de mono ou diglicerídios. O glicerol é fermentado rapidamente, produzindo ácido propiônico como principal produto final. Os ácidos graxos também são liberados de galactolipídios e fosfolipídios das plantas, quando lipases são incubadas em conteúdo ruminal. A hidrólise destes lipídios esterificados é atribuída a uma variedade de galactosidases e fosfolipases,

inclusive fosfolipase A, fosfolipase C, lisofosfolipase e fosfodiesterase produzidas por microrganismos ruminais (ÍTAVO et al., 2005; JENKINS, 1993) (Figura 1).

Pelo processo de biohidrogenação, os microrganismos ruminais convertem ácidos graxos insaturados, altamente tóxicos, em ácidos graxos saturados, com menor grau de toxicidade no rúmen. As vias microbianas servem apenas como proteção contra os efeitos tóxicos dos ácidos graxos insaturados, uma vez que a biohidrogenação pouco contribui com a retirada de hidrogênio do ambiente ruminal, pois apenas 1% a 2% do hidrogênio metabólico é usado para este fim (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1988; JENKINS, 1993).

Como resultado das transformações microbianas ocorridas no rúmen, os ácidos graxos presentes no conteúdo ruminal e pós-ruminal diferem dos ingeridos na dieta, apresentando aumento da concentração de ácido esteárico (C18:0) e diminuição da concentração dos ácidos linolênico (C18:3) e linoléico (C18:2) (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1988).

Chalupa et al. (1984) estudaram os efeitos dos ácidos palmítico (C16:0), esteárico, oléico e do ácido graxo do sebo nas formas não esterificada, esterificada ou na forma de sais de cálcio sobre a fermentação no rúmen. Os ácidos graxos esterificados e os sais de cálcio tiveram pouco efeito sobre a fermentação, enquanto que os ácidos graxos livres, com exceção do ácido esteárico a inibiram. Estes dados validam o conceito de que os ácidos graxos não esterificados interferem na fermentação ruminal (ÍTAVO et al., 2005).

A adição de lipídios à dieta altera também o metabolismo protéico. Ovinos tratados com óleo de linhaça infundidos no rúmen apresentaram diminuição da digestão protéica, acompanhada pela diminuição da concentração de amônia ruminal e aumento do fluxo de nitrogênio para o duodeno (ÍTAVO et al., 2005). Resultados semelhantes foram obtidos com ovinos tratados com óleo de milho ou lecitina na dieta (JENKINS; FOTOUHI, 1990). O aumento da eficiência de síntese protéica geralmente é acompanhado por essas alterações na digestão, sendo atribuída à redução no número de protozoários no rúmen, à menor quantidade de nitrogênio bacteriano reciclado e ao incremento da taxa de diluição no rúmen devido à adição de gordura na dieta (JENKINS, 1993; VAN NEVEL; DEMEYER, 1988).

Estudando bovinos de corte confinados com dietas contendo gordura protegida, óleo de coco, sementes de canola, de linhaça e de girassol, Sutter et al. (2000) encontraram alterações no padrão de fermentação ruminal para as diferentes

dietas. Cada uma das fontes de gordura suplementar, com exceção da gordura protegida, reduziu a densidade de protozoários no fluido ruminal, sem alterar a concentração total de ácidos graxos voláteis. No entanto, houve mudança no perfil observado na dieta contendo óleo de coco, que apresentou maior proporção de propionato quando comparada à dieta contendo sementes de linhaça.

Segundo Devendra e Lewis (1974); Jenkins (1993), as teorias que explicam o efeito negativo da adição de lipídios à dieta de ruminantes sobre a digestibilidade da fibra são: cobertura física da fibra no rúmen, impedindo o ataque microbiano e a ação enzimática; efeito direto dos ácidos graxos sobre determinados microrganismos ruminais (citotoxicidade), com alterações na fosforilação oxidativa ocorrida na membrana celular e a redução da disponibilidade de cálcio necessário às funções microbianas, modificando a microbiota ligada à digestão da celulose.

Visando diminuir o efeito negativo da gordura sobre o ambiente ruminal e conseqüentemente sobre a degradabilidade da fibra, podem-se usar gorduras protegidas da digestão ruminal. As mais comuns são os sais de cálcio de ácidos graxos, como produto comercial, ou sementes de oleaginosas, destacando-se o caroço de algodão. Entretanto, Keele, Roffler e Beyers (1989), num ensaio com bovinos alimentados com caroço de algodão, verificaram não haver proteção contra a biohidrogenação ruminal dos lipídios no rúmen, provavelmente pela exposição dos mesmos ao ataque microbiano, devido à remastigação das sementes.

2.4 Armazenamento e qualidade do caroço de algodão

O caroço de algodão pode ser armazenado a granel ou ensacado. Em ambos os casos, perdas ocasionadas por estocagem e manuseio no momento do arraçoamento dos animais são comuns. De acordo com Kertz (1998), para o caroço de algodão integral armazenado sem proteção e ao tempo, as perdas podem alcançar 20%, tendo condições de serem reduzidas para 5% se o produto for armazenado em local coberto e seco.

As sementes de algodão, ricas em óleo, exigem cuidados especiais durante o período de armazenamento para que mantenham sua qualidade. Entretanto, mesmo tomando-se os cuidados necessários como armazená-las em local seco, fresco, arejado e ao abrigo da luz, a deterioração ocorre em velocidade e intensidade variáveis, de acordo com a qualidade inicial, com o estado fisiológico das sementes e com as condições ambientais, como observado por Freitas et al. (2000), que encontraram aumento linear na incidência de fungos de armazenamento (*Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp.) durante o período de estocagem.

Na literatura, são escassos os trabalhos que avaliam as alterações ocorridas durante o período de armazenamento do caroço de algodão. Apesar dos mecanismos que levam à deterioração não estarem completamente elucidados, sabe-se que a redução na qualidade fisiológica das sementes está relacionada a alterações bioquímicas que comprometem suas atividades metabólicas, como as mudanças nas atividades respiratória e enzimática, nos processos de síntese, nos compostos de reserva, nas membranas celulares e nos cromossomos (FREITAS et al., 2004).

Os fatores que afetam a qualidade do caroço de algodão são umidade, que deve ser inferior a 12%; matéria estranha, que deve ser inferior a 1% e conteúdo de AGL presentes no óleo, que não deve ultrapassar 1,8% (BERNARD, 2003; STAPLES; THATCHER, 2003). Esses fatores devem ser levados em consideração juntamente com as características nutricionais, como os teores de PB, NDT, FDN, FDA e a digestibilidade para se determinar a qualidade nutricional do produto.

Para estudar as alterações ocorridas com as sementes de algodão durante o período de estocagem, Sullivan et al. (1993) coletaram amostras representativas logo após a compra do produto, que apresentaram um teor de umidade inferior a 10%. Colocadas em ambiente controlado, com temperatura de 32°C e umidade relativa do ar de 30% por até 30 dias, os autores não observaram alterações nos teores de AGL no óleo entre os tratamentos e o grupo controle, nem detectaram a presença de aflatoxinas nas sementes. Já Simpson (1942) demonstrou que o caroço de algodão com umidade inicial de 14,7% e estocado a 32°C apresentou 21,9% de AGL no óleo, comparado a 0,9% para as sementes estocadas à mesma temperatura, só que com umidade inicial de 7,1%.

De acordo com McKevith (2005), as sementes oleaginosas devem ser estocadas com teor de umidade em torno de 7,5% para evitar a deterioração e

manter a qualidade. O alto conteúdo de umidade, as altas temperaturas e a infestação por insetos durante o período de armazenagem criam condições para contaminação por fungos (principalmente *Aspergillus flavus*, capaz de produzir aflatoxinas), produção de calor e germinação das sementes (BERNARD, 2003; COPPOCK; LANHAM; HORNER, 1987; ROGÉRIO et al., 2003). A germinação das sementes leva ao metabolismo de nutrientes, aumentando a concentração de AGL no óleo e diminuindo os teores de PB dos grãos (BERNARD, 2003).

Num ensaio com quatro variedades de caroço de algodão com 93% de MS, Robinson et al. (2001) avaliaram a influência de 22 dias de armazenamento sobre a composição dos nutrientes e a qualidade nutricional das sementes. Durante o estudo, a temperatura ambiente oscilou entre 22°C e 13°C, considerando respectivamente o dia e a noite, e a umidade relativa apresentou valores médios de 35%. Os autores não encontraram contaminação por fungos, nem diferenças significativas entre os teores de MS, PB, EE, FDN, FDA e nos níveis de gossipol livre das variedades estudadas. Apenas os valores de AGL apresentaram pequeno aumento com o tempo de estocagem. Concluíram que o caroço de algodão pode ser armazenado por até 22 dias em grandes volumes, sem efeitos significativos sobre a qualidade nutricional, desde que colocado em local arejado, protegido da umidade e da chuva.

A combinação de alta temperatura e alta umidade pode levar à deterioração das sementes de algodão, com aumento dos níveis de AGL no óleo. Os AGL não estão ligados ao glicerol, e por si só, não demonstram efeito negativo sobre o desempenho animal, se ingeridos em quantidades moderadas. No entanto, são mais susceptíveis à rancificação (BERNARD, 2003; STAPLES; THATCHER, 2003). De acordo com Bernard (2003), as concentrações de AGL superiores a 18% interferem negativamente na fermentação ruminal, diminuindo o consumo de MS pelo ruminante.

Em condições normais, a concentração de AGL no óleo do caroço de algodão raramente excede 12%. Entretanto, quando a colheita do algodão é realizada sob condições de muito calor e alta umidade, pode haver perda de qualidade, tanto da fibra, quanto da semente. O caroço de algodão contendo mais de 12% de AGL no óleo é considerado de baixa qualidade para consumo humano, sendo destinado à alimentação animal (SULLIVAN et al., 2004; SULLIVAN; BERNARD; AMOS, 2005).

Sullivan et al. (2004), avaliando o desempenho de vacas holandesas em lactação alimentadas com dietas contendo 12,5% de caroço de algodão (base de MS) e até 12% de AGL no óleo, não encontraram alterações quanto ao consumo de MS, produção ou composição do leite. Utilizando a mesma dieta, agora com caroço de algodão contendo até 18% de AGL no óleo, Sullivan, Bernard e Amos (2005) concluíram que embora não houvesse efeito sobre o consumo e digestibilidade da MS ingerida, o caroço de algodão provocou pequenas alterações na fermentação ruminal, com diminuição do pH e das proporções molares de isobutirato e aumento da taxa de acetato:propionato.

Os diferentes teores de AGL encontrados no óleo do caroço de algodão podem alterar o perfil de ácidos graxos destas sementes. Sullivan, Bernard e Amos (2005), num estudo com dois tipos de caroço de algodão contendo 8% e 18% de AGL no óleo, encontraram concentrações mais altas de C16:0 e C18:0 e menores concentrações de C18:1 e C18:2 para as sementes com 18% de AGL. Esta variação entre os lotes deveu-se à hidrogenação das ligações insaturadas durante a formação dos ácidos graxos livres.

Os países de clima tropical, onde a umidade relativa do ar é elevada e as temperaturas médias superiores a 25°C são mais propensos ao desenvolvimento dos fungos da espécie *Aspergillus*. A contaminação de grãos de cereais e da torta de algodão por aflatoxinas foi encontrada em larga escala em Uganda, no Brasil, Nigéria e Índia, apresentando índices inaceitáveis para os padrões de qualidade internacionais (D'MELLO; MACDONALD, 1997). A legislação brasileira tolera um nível de contaminação de farelos de cereais e de oleaginosas por aflatoxinas de até 50ppb (BRASIL, 1988).

Os efeitos da ingestão de aflatoxinas são similares em todos os animais, no entanto, a susceptibilidade à intoxicação depende da espécie, idade e da variação individual. Os sinais clínicos da infecção aguda são lesões hepáticas graves, hemorragias e aumento do tempo de coagulação sangüínea. As membranas tornam-se ictéricas e é comum a presença de pigmentos sangüíneos na urina. Todas essas alterações podem culminar com a morte do animal dentro de poucos dias. Nos ruminantes, a forma mais comum é a aflatoxicose crônica, onde há a redução da taxa de crescimento em animais jovens, da eficiência alimentar, alterações do sistema imune e queda das taxas reprodutivas (D'MELLO; MACDONALD, 1997; PIER, 1992).

2.5 Avaliação da deterioração lipídica no caroço de algodão

Os lipídios são compostos instáveis, principalmente quando expostos à luz, calor e oxigênio (LÄUBLI; BRUTTEL, 1986). A deterioração lipídica é um fenômeno espontâneo e inevitável, com implicação direta no valor comercial dos óleos e gorduras, ou de todos os produtos que a partir deles são formulados ou constituídos. É um dos grandes problemas técnicos dos alimentos ricos em óleo, principalmente naqueles contendo altos níveis de ácidos graxos insaturados (BOBBIO; BOBBIO, 1992; CECCHI, 2003, NUNES, 1998).

A deterioração lipídica pode ocorrer através de duas formas diferentes: a rancidez hidrolítica, em que há hidrólise da ligação éster por lipases na presença de água e a rancidez oxidativa, onde ocorre autooxidação dos acilgliceróis com ácidos graxos insaturados por oxigênio atmosférico (BOBBIO; BOBBIO, 1992; CECCHI, 2003; GRAY, 1978; NUNES, 1998; ROBARDS; KERR; PATSALIDES, 1988; SHERWIN, 1978; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

A rancidez hidrolítica refere-se à reação de hidrólise dos glicerídeos por enzimas (lipases) ou por agentes químicos (ácidos e bases). Há a produção de AGL, que causam sabor-odor desagradável, principalmente em lipídios que possuem grande quantidade de ácidos graxos de baixo peso molecular. Estes ácidos graxos têm volatilidade suficiente para serem perceptíveis pelo seu cheiro, mesmo em pequenas quantidades quando livres. Porém, em gorduras ou óleos com ácidos graxos não voláteis, o sabor-odor característico não aparece juntamente com a deterioração. Neste caso, é muito importante a medida quantitativa dos AGL para se determinar o grau de deterioração. Esta medida é obtida através do índice de acidez, definido como número de miligramas de NaOH ou KOH requerido para neutralizar os AGL em 1g de amostra (BOBBIO; BOBBIO, 1992; BRASIL, 1991; BRUM, 2004; CECCHI, 2003).

A acidez é uma expressão convencional da porcentagem de AGL e, de acordo com a natureza do óleo, pode ser expressa em ácido láurico, palmítico ou oléico. Geralmente, a acidez é expressa em porcentagem de ácido oléico, pois é um ácido presente na maioria dos alimentos e em concentrações apreciáveis (BRUM, 2004; ROBARDS; KERR; PATSALIDES, 1988). Existe associação entre acidez e a

caracterização do estado de conservação de grãos e de deterioração de óleos e gorduras, portanto a ocorrência de AGL indica a perda da integridade da molécula, antes neutra e totalmente apolar (KRISHNAMURTY, 1982).

Para os óleos compostos predominantemente por ácidos graxos de cadeia longa, a rancidez hidrolítica não é a mais importante (ROBARDS; KERR; PATSALIDES, 1988). Considerando o processo de deterioração lipídica, a oxidação é o processo mais expressivo, pois todos os tipos de gordura possuem triacilgliceróis insaturados (CECCHI, 2003). A rancificação oxidativa não ocorre normalmente com ácidos graxos saturados porque, neste caso, a formação de um radical livre é energeticamente desfavorável. A reação seria possível somente sob condições drásticas de temperatura, dificilmente encontradas no meio ambiente (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

A deterioração oxidativa tem como conseqüência a destruição das vitaminas lipossolúveis e dos ácidos graxos essenciais, além da formação de subprodutos com sabor-odor forte e desagradável (CECCHI, 2003; HAMILTON, 1994; SHERWIN, 1978; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). Para Robards, Kerr e Patsalides (1988); Sherwin (1978), os fatores que desencadeiam o início da deterioração oxidativa da fração lipídica estão relacionados ao tipo e concentração de antioxidante, grau de insaturação do óleo, aeração, quantidade de oxigênio disponível, área superficial exposta, conteúdo de água, presença de metais (Cu e Fe), temperatura e grau de exposição à luz.

A degradação oxidativa dos ácidos graxos insaturados pode ocorrer por fotoxidação, autoxidação e oxidação enzimática, em função do meio e dos agentes catalisadores. O mecanismo de fotoxidação é promovido essencialmente pela radiação ultravioleta em presença de sensibilizadores como a clorofila, e envolve a participação de oxigênio singleto (1O_2) como intermediário reativo. O processo envolve reações radicalares, com a formação de hidroperóxidos e que por degradação posterior originam aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos (BOBBIO; BOBBIO, 1992; HAMILTON, 1994; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

As denominações de oxigênio singleto (1O_2) e tripleto (3O_2) são derivadas da nomenclatura usada em espectroscopia para designar estados energéticos diferentes. A estrutura eletrônica da molécula do oxigênio no seu nível mais baixo de energia e, portanto mais estável, corresponde à estrutura do oxigênio tripleto. O oxigênio singleto corresponde a um estado excitado da molécula de O_2 , e portanto

mais reativo. O $^1\text{O}_2$ pode reagir com o ácido linoléico 1450 vezes mais rápido do que faria o $^3\text{O}_2$ (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

A autooxidação é um processo dinâmico que evolui ao longo do tempo. É um fenômeno químico e bastante complexo, envolvendo reações capazes de autopropagação e que dependem do tipo de ação catalítica (temperatura, íons metálicos, radicais livres, pH). Ocorre basicamente em três etapas: iniciação, propagação e terminação (BOBBIO; BOBBIO, 1992; GRAY, 1978; HAMILTON, 1994; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

A fase de iniciação começa com o desaparecimento dos substratos de oxidação (oxigênio, lipídio insaturado) e formação dos primeiros radicais livres. Não há cheiro ou gosto de ranço. A fase de propagação já apresenta cheiro e sabor que tendem a aumentar rapidamente e é caracterizada pelo aparecimento dos produtos primários de oxidação (peróxidos e hidroperóxidos), cuja estrutura depende da natureza dos ácidos graxos presentes. Na fase de terminação, ocorre a formação dos produtos secundários de oxidação, obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos (epóxidos, aldeídos, cetonas, álcoois e ácidos), os reais responsáveis pela inaceitabilidade dos produtos devido ao ranço. Nesta etapa há cheiro e sabor fortes, alterações da cor, da viscosidade e da composição do lipídio (BOBBIO; BOBBIO, 1992; GRAY, 1978; HAMILTON, 1994; ROBARDS; KERR; PATSALIDES, 1988; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999) .

A oxidação lipídica pode ocorrer também por catálise enzimática pela ação da lipoxigenase. Esta enzima atua sobre os ácidos graxos polinsaturados, como os ácidos linoléico, linolênico e seus ésteres, catalisando a adição de oxigênio à cadeia hidrocarbonada polinsaturada. O resultado é a formação de peróxidos e hidroperóxidos com duplas ligações conjugadas, que podem envolver-se em diferentes reações degradativas, originando diversos produtos. A lipoxigenase tem a capacidade de co-oxidar substratos, como carotenóides, tocoferóis, clorofila e proteínas, sendo responsável pela iniciação de novos processos oxidativos (HAMILTON, 1994; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

A rancidez oxidativa pode ser avaliada pelo índice de peróxidos, que é um dos métodos mais utilizados para medir o estado de oxidação de óleos e gorduras. Como os peróxidos são os primeiros compostos formados quando uma gordura deteriora, toda gordura oxidada dá resultado positivo nos testes de peróxidos (CECCHI, 2003; GRAY, 1978). No entanto, este teste é limitado aos estágios iniciais

da oxidação, devido à natureza transitória dos peróxidos (GRAY, 1978), podendo ser empregado para avaliação da rancificação que ocorre sob condições normais de ambiente (ROBARDS; KERR; PATSALIDES, 1988).

A quantificação ou estimativa dos teores de peróxidos ou hidroperóxidos é baseada na habilidade do peróxido liberar o iodo do iodeto de potássio em solução de ácido acético-clorofórmio (BRUM, 2004; CECCHI, 2003; GRAY, 1978) e o resultado é expresso como equivalente de peróxido por 100 g de amostra (CECCHI, 2003). Para Silva; Borges; Ferreira (1999), o índice de peróxidos deve ser determinado nos primeiros estágios do processo oxidativo, pois a variação do nível de peróxidos possui uma distribuição normal ao longo do tempo, de tal forma que um nível baixo destes compostos não constitui uma garantia de boa estabilidade oxidativa, podendo pelo contrário, ser sinônimo de alteração pronunciada.

Segundo a legislação brasileira, o índice de acidez (g de ácido oléico/100g) do óleo de algodão refinado e semi-refinado deve ser, respectivamente, 0,3% e 0,5% no máximo; e o índice de peróxido não deve exceder a 10meq/kg (BRASIL, 1999).

2.6 O gossipol

O gossipol ($C_{30}H_{30}O_8$) é um composto polifenólico de cor amarela, antioxidante e antipolimerizante, produzido em glândulas localizadas nas raízes, folhas, hastes e sementes da planta do algodão. É capaz de proteger a planta contra danos provocados por insetos, mas também é tóxico para os animais, embora em menor nível para os ruminantes (ARIELI, 1998; BENBOUZA et al., 2002; BLACKWELDER et al., 1998; COPPOCK; LANHAM; HORNER, 1987; RANDEL; CHASE Jr.; WYSE, 1992; RISCO et al., 2002; ROGÉRIO et al., 2003; SANTOS, 1997).

O gossipol existe sob duas formas: livre e ligado (LUGINBUHL; POORE; CONRAD, 2000). Tem peso molecular de 518,54 e fórmula 1,1', 6,6', 7,7' dexaidro-5,5' diisopropil- 3,3' dimetil-2,2' binaftalenil- 8,8' dicarboxialdeído (RANDEL; CHASE

Jr.; WYSE, 1992; SANTOS, 1997). Ocorre naturalmente sob a forma dos isômeros (+) e (-), sendo o último de maior atividade biológica, pela capacidade de se ligar imediatamente às proteínas plasmáticas (RISCO et al., 2002).

A concentração de gossipol difere em relação às espécies e variedades existentes de sementes de algodão (SANTOS, 1997), variando de 0% em espécies selvagens da Austrália, a mais de 9% na espécie *Gossypium davidsonii*. A maioria das sementes de algodão possui teores de gossipol entre 0,6% e 2,0% (BENBOUZA et al., 2002). Num estudo realizado com sementes de *G. hirsutum* (n=46), foi encontrada concentração média de gossipol de 1,32% (com valores oscilando entre 0,59% e 2,35%). A concentração de gossipol tem correlação negativa com a temperatura ambiente e positiva com o índice pluviométrico (RANDEL; CHASE Jr.; WYSE, 1992), não sendo influenciada pelo período de estocagem do caroço de algodão, quando protegido da chuva e umidade (ROBINSON et al., 2001; SANTOS, 1997).

Grande parte do gossipol presente no caroço de algodão integral cru está sob a forma livre, não ligado a proteína, sendo prontamente absorvido após a ingestão (LUGINBUHL; POORE; CONRAD, 2000). A toxicose é primariamente atribuída à forma livre (SANTOS, 1997), sendo mais difícil de ocorrer nos ruminantes, a não ser que sejam fornecidas quantidades superiores a 25g de gossipol livre/dia (3 ou 4kg por dia de caroço de algodão) (ARIELI, 1998; COPPOCK; LANHAM; HORNER, 1987; ROGÉRIO et al., 2003). Para Luginbuhl, Poore e Conrad (2000), os bovinos adultos, os caprinos e os ovinos podem tolerar até 30mg/kg.peso vivo⁻¹.dia⁻¹ de gossipol livre por períodos superiores a 100 dias, sem apresentarem sinais clínicos de intoxicação. De acordo com Risco et al. (2002), os valores de gossipol total no plasma de até 5µg/mL são seguros para ruminantes alimentados por longos períodos com dietas contendo subprodutos do algodão.

Os sinais de intoxicação pelo gossipol incluem a diminuição da ingestão de matéria seca, o aumento da concentração plasmática de gossipol e dos níveis de proteína plasmática total, a maior fragilidade dos eritrócitos, o aumento da frequência respiratória e edema pulmonar (COPPOCK; LANHAM; HORNER, 1987; RANDEL; CHASE Jr.; WYSE, 1992; VELASQUEZ-PEREIRA et al., 1998) culminando, em casos extremos, com a morte do animal (ARIELI, 1998; BLACKWELDER et al., 1998; COPPOCK; LANHAM; HORNER, 1987).

Os ruminantes toleram o gossipol porque a microbiota ruminal promove ligações com o grupo ϵ -amino da lisina de proteínas solúveis, que impedem a sua absorção, razão pela qual não se recomenda a inclusão de caroço de algodão em dietas de bezerras, sem o pleno desenvolvimento ruminal. No entanto, na literatura são relatados vários casos de toxicidade do gossipol em bovinos adultos, indicando que o rúmen possui capacidade limitada de detoxificação deste composto (ARIELI, 1998; COLLIN-NEGRETE et al., 1996; COPPOCK; LANHAM; HORNER, 1987; RANDEL; CHASE Jr.; WYSE, 1992; RISCO et al., 2002; ROGÉRIO et al., 2003; SANTOS, 1997; VELASQUEZ-PEREIRA et al., 1998).

Os fatores predisponentes à intoxicação pelo gossipol são idade, duração da ingestão (efeito cumulativo) e quantidade de caroço de algodão ingerida, função ruminal, quantidade de gossipol sob a forma livre, proporção relativa dos isômeros (+) e (-) presente e conteúdos de proteína na ração (ROBINSON et al., 2001; ROGÉRIO et al., 2003). A recomendação é fornecer o caroço de algodão para bovinos desmamados e animais adultos na respectiva proporção diária de 0,33% e 0,5% do peso vivo (ROGÉRIO et al., 2003). O seu uso é desaconselhável para touros, por interferir negativamente na espermatogênese, com efeito tempo e dose-dependente (BROCAS et al., 1997; COPPOCK; LANHAM; HORNER, 1987; CHENOWETH et al., 2000; RANDEL; CHASE Jr.; WYSE, 1992; SANTOS, 1997; VELASQUEZ-PEREIRA et al., 1998).

Collin-Negrete et al. (1996) observaram alterações hematológicas (anemia) e diminuição no desempenho de bovinos leiteiros alimentados com dietas contendo 30% de caroço de algodão por longos períodos. Num estudo realizado com caprinos ingerindo quantidades crescentes de caroço de algodão na dieta (0%, 8%, 16% e 24%) por 113 dias, Luginbuhl, Poore e Conrad (2000) encontraram aumento linear da concentração de gossipol total, tanto na ração quanto no plasma sanguíneo dos animais, sendo que após 90 dias de confinamento, houve diminuição da ingestão de matéria seca, com piora do desempenho proporcional aos níveis de inclusão do caroço de algodão na dieta.

Barraza et al. (1991) alimentaram vacas leiteiras com 15% de caroço de algodão na dieta, contendo 23g/dia de gossipol livre por quatro semanas, sem encontrarem sinais de intoxicação. Resultado semelhante foi observado por Risco et al. (2002), que também utilizaram dietas contendo 15% de caroço de algodão para vacas em lactação. No entanto, estes autores encontraram aumento da

concentração plasmática de gossipol total, dos isômeros (+) e (-), além de maior fragilidade osmótica dos eritrócitos.

Num estudo para avaliar os efeitos da ingestão de gossipol livre (até 20g/animal/dia) sobre fêmeas bovinas de corte ingerindo diariamente até 30% da MS da dieta de caroço de algodão por 62 dias, Gray, Greene e Williams (1993) concluíram que o consumo de matéria seca e a condição corporal dos animais não foram afetados pela quantidade de gossipol ingerido.

Para estudar os efeitos do gossipol sobre o desenvolvimento corporal e reprodutivo de tourinhos Brahman logo após a desmama, Chase Jr. et al. (1994) testaram a inclusão de 19,8% de farelo de algodão ($6\text{mg/kg.peso vivo}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ de gossipol livre) ou de 41,4% de caroço de algodão ($60\text{mg/kg peso vivo}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ de gossipol livre) na dieta dos animais. Após 196 dias de confinamento, verificaram que os tourinhos alimentados com caroço de algodão apresentaram menores taxas de ganho de peso e piores taxas de conversão alimentar, foram mais leves e mais tardios sexualmente. Entretanto, esses índices negativos não podem ser atribuídos somente ao gossipol, uma vez que a dieta contendo caroço de algodão apresentou alto valor de extrato etéreo (16,6%).

Na literatura, não foram encontrados trabalhos científicos associando dietas ricas em gossipol com possíveis alterações sobre o aroma e sabor da carne bovina produzida em regime de confinamento. Portanto, tudo leva a crer que as alterações de sabor e aroma na carne dos animais estão relacionadas principalmente ao tipo de ácidos graxos presentes no produto final, que podem sofrer influência da dieta, dentre vários outros fatores.

2.7 Perfil de ácidos graxos, qualidade da carcaça e da carne

A qualidade da carcaça e da carne bovina depende de vários fatores, dentre eles a composição de ácidos graxos (AG), sendo esta influenciada pela dieta, sexo, raça e idade do animal (CHOI et al., 2000; ZEMBAYASHI et al., 1995). Normalmente, a gordura de animais terminados a pasto apresenta um teor mais

elevado de AG polinsaturados (AGPI) em relação à gordura oriunda de animais confinados, apesar da biohidrogenação ocorrida no rúmen. Isto se deve ao alto conteúdo de AG ω -3 (C18: 3) presente nas forragens, enquanto que os grãos são normalmente ricos em AG ω -6 (C18: 2) (LARICK; TURNER, 1990; RAES et al., 2003; WOOD et al., 2003).

O ácido oléico (C18:1) é o principal AG constituinte das gorduras monoinsaturadas, sendo encontrado nos óleos de oliva, canola e amendoim, além de ser o AG mais abundante na maioria dos músculos. Já nas gorduras polinsaturadas, o AG mais comum é o linoléico (C18:2). Ele está presente principalmente em oleaginosas, aparecendo em pequena quantidade na carne. Quantidades maiores de AGPI com dupla ligação na posição ω -3 ocorrem em peixes, verduras, óleo de canola e da linhaça, sendo encontrados em quantidades variáveis na carne vermelha, dependendo da dieta do animal (PUTRINO, 2006).

Existem evidências dos benefícios do AG ω -3 na prevenção de doenças cardiovasculares e do câncer em humanos, em contraste ao efeito oposto provocado por alguns AG ω -6 (LABORDE et al., 2001). De acordo com Wood et al. (2003), a taxa de AGPI ω -6/ ω -3 é particularmente baixa na carne de ruminantes, especialmente de animais alimentados com forragens contendo altos níveis de C18:3, sendo benéfica à saúde humana. Para os animais alimentados à base de grãos, esta relação ω -6/ ω -3 pode ser reduzida através da suplementação na dieta com alimentos ricos em ácido linolênico (ω -3), principalmente se esses AG forem protegidos da biohidrogenação ruminal.

Nos ruminantes, a composição dos AG da carne é influenciada por fatores genéticos, e em maior extensão, por fatores dietéticos. Num trabalho de revisão, Raes; De Smet e Demeyer (2004) reportaram que após um período de engorda de bovinos com dietas ricas em grãos, houve um aumento do conteúdo de AG saturados e monoinsaturados, com decréscimo na proporção relativa de AGPI e na relação de polinsaturados/saturados da carne. Este fato foi devido à diminuição relativa dos fosfolípidos e ao aumento dos triacilgliceróis durante a engorda. Os fosfolípidos são ricos em AGPI, o que não ocorre com os triacilgliceróis.

Os músculos diferem quanto ao conteúdo de gordura e também podem diferir na composição de AG (PUTRINO, 2006). De acordo com Wood et al. (2003), os

músculos vermelhos apresentam maior proporção de fosfolipídios quando comparados aos músculos brancos, e portanto, maior porcentagem de AGPI.

Segundo Luchiari Filho (2000), a gordura na carne bovina pode ser classificada em intermuscular, subcutânea e intramuscular ou de marmorização. Como a composição de AG difere entre os vários tecidos citados, a maior ênfase deve ser dada ao perfil de AG da gordura intramuscular, que não pode ser removida pelo consumidor, com impacto direto sobre a saúde humana (RAES; DE SMET; DEMEYER, 2004).

A gordura de marmorização é composta por aproximadamente 20 AG, sendo que seis deles correspondem a 92% do total (oléico, palmítico, esteárico, linoléico, palmitoléico e mirístico). Existem também os AG de cadeia ímpar, como o pentadecílico (C15:0) e margárico (C17:0). A gordura intramuscular é constituída ainda pelo AG resultante da biohidrogenação ruminal, denominado ácido linoléico conjugado (CLA). O CLA é obtido da hidrogenação do ácido linoléico da dieta por bactérias como a *Butyrivibrio fibrisolvens* (DUCKETT, 2002), na configuração *cis* ou *trans*. Portanto, é de se esperar que animais alimentados com dietas ricas em ácido linoléico, como no caso das oleaginosas, apresentem gordura com maior quantidade de CLA.

O CLA pode potencialmente proteger o organismo contra doenças como câncer, doenças cardíacas e diabetes, além de melhorar o sistema imunológico e reduzir o nível de gordura corpórea. Segundo Medeiros (2003), o principal isômero de CLA (C18:2 *cis*-9, *trans*-11) é um intermediário da biohidrogenação do ácido linoléico. Por isso, acreditava-se que o rúmen seria a maior fonte de produção de CLA. No entanto, segundo Griinari et al. (2000); Raes, De Smet, Demeyer (2004), o CLA C18:2 *cis*-9, *trans*-11 é produzido também por ação da enzima Δ -9-dessaturase nos tecidos, a partir do ácido vacênico (C18:1 *trans*-11).

O ácido vacênico é produto direto da biohidrogenação ruminal do próprio CLA C18:2 *cis*-9, *trans*-11 e um dos intermediários do ácido linolênico (HARTFOOT; HAZELWOOD, 1988). Como o C18:1 *trans*-11 é um intermediário comum da biohidrogenação dos ácidos linolêico e linolênico, a presença de qualquer um dos dois na dieta favorece a ocorrência de CLA nos tecidos (MEDEIROS, 2003). Já o CLA C18:2 *trans*-10, *cis*-12 é produzido apenas pelo rúmen, pois não há uma dessaturase capaz de colocar uma dupla ligação na posição 12 do C18:1 *trans*-10 (RAES; De SMET; DEMEYER, 2004).

Em geral, os AG da gordura intramuscular da carne bovina são compostos por aproximadamente 44% de saturados, 5% de cadeia ímpar, 45% de monoinsaturados e 5% de polinsaturados (DUCKETT, 2002). O tipo de dieta fornecida pode alterar a composição de lipídios da carcaça (FRENCH et al., 2000; PUTRINO, 2006) e do leite de bovinos, indicando que é possível manipular, até certo ponto, a composição da fração gordurosa da carcaça através da dieta. Para isto, é necessário o fornecimento de AG insaturados que escapem da biohidrogenação ruminal para posterior absorção e deposição corporal (FRENCH et al., 2000).

O metabolismo ruminal modifica o perfil dos ácidos graxos da gordura da dieta disponíveis para absorção intestinal e a biohidrogenação no rúmen influencia a digestibilidade da gordura, sendo o principal fator determinante do perfil de ácidos graxos saturados constituintes da gordura corporal dos ruminantes (FRENCH et al., 2000; JENKINS, 1993; LARICK; TURNER, 1990; PALMQUIST, 1996).

Segundo Yang et al. (1999), o grau de terminação também interfere na qualidade da carcaça de bovinos de corte. Quando os animais confinados são alimentados com dietas ricas em grãos, apresentam carne mais marmorizada, gordura com melhor coloração e produzem carcaças mais uniformes.

A proporção entre grãos e forragens na dieta de terminação de bovinos de corte influencia na qualidade da carne produzida. Animais terminados exclusivamente a pasto apresentam menor peso vivo, carcaças com menor quantidade de gordura, maior proporção de carne magra e menor AOL quando comparados aos animais confinados. Na avaliação sensorial, a carne dos animais confinados foi superior quanto ao sabor, aroma, suculência e maciez (BOWLING et al., 1978). Aferrri at al. (2005), avaliando as características da carcaça e a maciez da carne de novilhos mestiços alimentados com dietas de alto concentrado contendo 21% de caroço de algodão não encontraram alterações em relação ao tratamento controle.

Mandell et al. (1997) verificaram que bovinos mestiços (europeu x zebu) terminados com 10mm de gordura subcutânea apresentaram melhores resultados em maciez e marmorização, quando comparados aos animais com 7mm de gordura de cobertura, não havendo diferença em relação à intensidade de sabor. Segundo Bowling et al. (1978), carcaças com menos que 7 a 9mm de gordura subcutânea resfriam mais rapidamente, sendo mais susceptíveis ao endurecimento pelo frio ("*coldling shortening*"). Wheeler, Cundiff e Koch, (1994), utilizando dietas iguais para

Bos taurus e *Bos indicus*, com alta proporção de grãos, verificaram que o aumento da gordura de marmorização provocou uma sensível melhora da suculência e maciez da carne em ambos os genótipos.

Alterações nas características de carcaça, como a composição do tecido adiposo foram observadas com a utilização de caroço de algodão para bovinos de corte em confinamento. YANG *et al.* (1999), utilizando animais 1/2 sangue Angus alimentados exclusivamente a pasto ou em confinamento, com dieta contendo 5% de caroço de algodão por 100, 200 ou 300 dias, observaram alterações no perfil de ácidos graxos, com maior saturação na gordura dos animais confinados em relação aos animais em pastejo. Nos animais confinados com caroço de algodão, não foram observadas diferenças entre os diferentes períodos de confinamento. Segundo esses autores, a maior quantidade de ácidos graxos insaturados no tecido adiposo dos animais a pasto deve-se à maior atividade da enzima Δ^9 -dessaturase, proporcionando maior quantidade dos ácidos graxos palmitoléico (C16:1), oléico (C18:1*cis*-9) e linolênico (C18:3).

A coenzima dessaturase (estearoil-CoA dessaturase ou Δ^9 -dessaturase), presente no fígado, intestino e principalmente no tecido adiposo, no caso dos ruminantes, catalisa a conversão dos ácidos graxos saturados para os ácidos graxos Δ^9 monoinsaturados. O caroço de algodão contém quantidades significativas de ácidos graxos ciclopropenóides, que inibem a atividade da enzima Δ^9 dessaturase, proporcionando um aumento da concentração de ácidos graxos saturados (PAGE *et al.*, 1997; YANG *et al.*, 1999), principalmente no tecido adiposo. Essa maior concentração de ácidos graxos saturados ocasiona o endurecimento da gordura da carcaça, provocando problemas na industrialização e aumento na ingestão de gorduras saturadas pelos consumidores (YANG *et al.*, 1999).

Por outro lado, na carne crua, o principal processo de degradação que induz a rancificação é a oxidação dos AGPI, especialmente aqueles com mais de duas duplas ligações, sendo importantes na determinação da vida de prateleira do produto (WOOD *et al.*, 2003). Num primeiro momento, ocorre a lipólise dos fosfolípidos e triglicerídeos através da ação de várias lipases. Posteriormente, ocorre a degradação oxidativa dos AG, com o surgimento de radicais livres e várias moléculas, como alcanos, cetonas, ácidos, álcoois ou aldeídos, que são responsáveis pela degradação do sabor e aroma. Pelo fato dos fosfolipídios,

presentes na membrana celular, serem ricos em AGPI, eles são os principais substratos para a lipólise e oxidação (PUTRINO, 2006).

Medeiros et al. (2005a), estudando bovinos de três grupos genéticos diferentes, confinados com dieta controle (3,0% EE), ou dieta rica em óleo (6,0% EE) à base de caroço de algodão na proporção de 9,5% da MS, não encontraram diferenças significativas para a maioria dos ácidos graxos presentes no tecido adiposo dos animais entre os tratamentos. Concluíram que a adição de caroço de algodão nesses níveis não foi suficiente para alterar o perfil de ácidos graxos do tecido adiposo da carcaça dos bovinos.

Zinn e Plascencia (1993) encontraram alterações no perfil de ácidos graxos dos lipídios que chegam ao intestino delgado de bovinos alimentados com 20% de caroço de algodão na dieta, com aumento da proporção de C16:0 e C18:0, e diminuição na proporção de C18:1 e C18:2. Entretanto, Huerta-Leidenz et al. (1991) não detectaram diferenças na composição dos ácidos graxos da gordura da carcaça de novilhos de corte alimentados com dietas contendo 30% de caroço de algodão durante 54 dias de confinamento.

2.8 Análise sensorial da carne

A análise sensorial pode ser definida como um conjunto de técnicas usadas para identificar, medir e interpretar as propriedades de um alimento através das sensações percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 12806, 1993). É uma técnica complexa, porém muito útil, sendo utilizada para avaliar características quanti-qualitativas da carne, tendo o homem como instrumento de medida.

O ambiente para a realização da análise sensorial deve ser controlado para remover os fatores ambientais, ou minimizar e padronizar aqueles que não podem ser removidos, evitando ao máximo interferências sobre as avaliações dos provadores. São cuidados importantes o controle de odores, o tipo de iluminação, o

conforto dos provadores e a preparação do local de análise e das amostras a serem servidas aos painelistas (ST. ANGELO; VINYARD; BETT, 1994).

Meilgaard, Civille e Carr (1999); Miller (2003) consideram como ideal para a avaliação sensorial um ambiente com temperatura de 22°C e umidade relativa do ar entre 45 e 50%. Para esses autores, o local e o equipamento utilizado nas análises das amostras devem ser inodoros e de fácil limpeza, para não interferir nos resultados sensoriais. Segundo Miller (2003), o nível de barulho deve ser reduzido, tanto dentro quanto fora do ambiente de análise; e os provadores não devem ter nenhum tipo de contato entre si, evitando-se qualquer tipo de comentário sobre as amostras.

O método de preparo da carne para análise sensorial dependerá dos objetivos do experimento. A amostra pode ser cozida, grelhada ou ferventada. Se há interesse em avaliar o sabor ou aroma, a amostra pode estar intacta ou moída; se o objetivo é comparar a textura da carne, esta deve ser mantida intacta (ST. ANGELO; VINYARD; BETT, 1994).

A palatabilidade resulta de uma combinação de impressões visuais, olfativas e gustativas que se manifestam a partir da cocção, seguida de mastigação do alimento. Várias são as características relacionadas com a palatabilidade da carne, como maciez, marmorização, suculência, sabor, aroma, tempo de confinamento e dieta dos animais (LUCHIARI FILHO, 2000; MAY et al., 1992; MISCEVIC, 2004; MUIR; DEAKER; BOWN, 1998).

Em relação aos atributos de qualidade da carne, a maciez é o mais importante para os consumidores. De acordo com Felício (1999), a avaliação da maciez pode ser feita através de mensuração física (força de cisalhamento) e/ou da análise sensorial. Entretanto, de uma forma geral, a qualidade da carne bovina inclui, além da maciez, aspectos como suculência e sabor.

Métodos como a maturação podem ser utilizados para diminuir a variabilidade na maciez da carne. A maturação é uma técnica normalmente usada para melhorar a textura da carne, influenciando de forma favorável no seu amaciamento. De acordo com Pardi et al. (1995), além do amaciamento, o processo de maturação exerce influência em outras propriedades organolépticas da carne, como o sabor, alterando acentuadamente sua palatabilidade. A maturação pode ser realizada mantendo-se a carne pós-abate em embalagem a vácuo sob temperatura de 0° a 1°C por um período de 10 a 21 dias (ROÇA, 2005).

Alguns trabalhos têm correlacionado dieta e qualidade da carne em bovinos. Num experimento com novilhos Angus x Hereford confinados com dietas de alto concentrado por até 196 dias, May et al. (1992) encontraram aumento linear da EGS, AOL e da marmorização da carne com o tempo de confinamento. Entretanto, não verificaram alterações da suculência e sabor e aroma da carne produzida pelos animais, sendo que os valores crescentes de maciez foram observados somente até o 84º dia do confinamento. Segundo Duckett et al. (1993), um período de confinamento superior a 112 dias não melhorou a qualidade e a palatabilidade da carne dos animais avaliados, mas aumentou a deposição de gordura na carcaça.

O aroma e o sabor são dois sentidos que não podem ser discutidos separadamente por estarem intimamente relacionados. Fisiologicamente, o sabor é formado por quatro sensações básicas ou suas combinações que são: salgado, doce, azedo e amargo (PARDI et al., 1995). A sensação final é uma combinação de estimulações gustativas e olfatórias.

Os efeitos dos ingredientes da dieta sobre o sabor e o aroma de carnes vermelhas são dependentes da espécie em questão: suína, ovina ou bovina. Análises sensoriais são usadas na maioria dos estudos para avaliar o efeito dos ingredientes da ração sobre o sabor da carne dos animais. Em geral, bovinos alimentados com altas proporções de grãos na dieta produzem carne com sabor mais intenso e melhor aceitação quando comparada a carnes oriundas de bovinos alimentados com dietas contendo alta proporção de forragens (MELTON, 1990; MISCEVIC, 2004; MUIR; DEAKER; BOWN, 1998).

As gorduras contribuem para o sabor e aroma da carne de várias maneiras, inclusive pela composição de ácidos graxos que determinam a natureza dos compostos produzidos pela oxidação durante o cozimento. Neste processo, são produzidos vários compostos voláteis como aldeídos, que indiretamente determinam o sabor, o aroma e o escurecimento da carne cozida, por participarem da reação de Maillard (GEAY et al., 2001; WOOD et al., 2003).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 12994 (1993), os métodos sensoriais são classificados em discriminativos, que estabelecem diferenciação qualitativa e/ou quantitativa entre as amostras; descritivos, que descrevem qualitativa e quantitativamente o produto, tendo como objetivo caracterizar as propriedades sensoriais do alimento ou bebida; e subjetivos que expressam a opinião pessoal do consumidor.

A análise sensorial descritiva é um sofisticado método de avaliação dos alimentos, que envolve a discriminação e descrição de ambos componentes sensoriais qualitativos e quantitativos de produtos alimentícios disponibilizados para consumo, por painel treinado de avaliadores (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999). Pode ser usada para controle de qualidade dos alimentos, para a avaliação de produtos a serem lançados no mercado e para investigar prováveis mudanças eventualmente ocorridas no sabor dos alimentos decorrentes da embalagem, da adição de ingredientes e/ou tempo de armazenamento (MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001).

Os aspectos qualitativos de um alimento incluem aroma, aparência, sabor, textura, propriedades sonoras e de gosto. Os provadores então quantificam esses aspectos para facilitar a descrição dos atributos percebidos. Todos os métodos descritivos e discriminativos requerem um painel com algum grau de treinamento e orientação, onde os julgadores devem possuir capacidade de percepção sensorial (MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001).

Na seleção das pessoas que comporão o painel sensorial, é importante levar em consideração a saúde do indivíduo, presença de alergias, uso ou não de medicamentos e de dentadura, motivação e interesse, experiência prévia em painéis sensoriais, repulsão a determinados alimentos, nível de escolaridade, disponibilidade e características de personalidade (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999; MILLER, 2003; MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001).

A avaliação sensorial de carnes e produtos cárneos realizada com consumidores é uma poderosa ferramenta para a identificação das suas preferências. Os testes de preferência ou aceitabilidade são avaliações subjetivas que dependem do avaliador, no caso o consumidor, sendo necessário um número de pessoas representativo do mercado consumidor em estudo (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999; MILLER, 2003).

Os métodos subjetivos, hedônicos, têm como objetivo principal avaliar a resposta pessoal, preferência ou aceitação de um consumidor em potencial, para se ter uma idéia da aceitação ou avaliação de um alimento (BERGARA-ALMEIDA; SILVA, 2002). Segundo esses autores, quando escalas hedônicas são utilizadas com este objetivo, a preferência de uma amostra em relação a outra é determinada através da aceitação média, onde os produtos que apresentam as maiores notas médias pelos julgadores são considerados os preferidos. Entretanto, não é possível

uma comparação direta com o objetivo de identificar a ordem de preferência dos produtos avaliados pelo consumidor. Já os testes de preferência, que possibilitam a comparação direta entre as amostras, são menos utilizados que o teste com consumidores, pois não identificam o grau de aceitação do produto, indicando somente a escolha do consumidor.

De acordo com Felício (1998), o problema associado à análise sensorial e a todas as pesquisas que delas se utilizam, principalmente na questão palatabilidade, é a influência existente em função dos hábitos regionais e temporais de consumo alimentar. É sempre interessante contar com uma equipe treinada para avaliar rotineiramente a palatabilidade da carne que se quer comercializar, sendo recomendável fazer periodicamente uma análise sensorial com consumidores, para verificar se a equipe treinada está discriminando bem entre o que realmente importa para vender o produto e o que é indesejável.

Deve-se levar em consideração que a percepção de qualidade da carne não é dependente apenas da avaliação das pessoas, mas também do contexto onde esta avaliação é realizada. Desta forma, expectativas serão diferentes para um piquenique, um jantar em família, ou para um jantar em restaurantes (ISSANCHOU, 1996).

De uma forma geral, a decisão de compra da carne pelo consumidor é determinada por fatores de qualidade como cor, maciez, sabor e suculência. O consumidor escolhe o corte cárneo baseado na experiência prévia, com o modo de preparar e com o grau de satisfação. Para este consumidor, a decisão de voltar a comprar o mesmo tipo de carne dependerá de terem sido satisfeitas suas expectativas iniciais. Como decorrência, os estudos são planejados para avaliação das propriedades da carne fresca, como pH, capacidade de retenção de água, cor, firmeza e textura (visível), e das características da carne pronta para ser consumida, como maciez, sabor e suculência (FELÍCIO, 1998).

Existem relatos de que, mesmo utilizado dentro dos limites estabelecidos, o caroço de algodão provoca alterações no sabor da carne de bovinos. Entretanto, a literatura é escassa em trabalhos associando a utilização do produto às alterações de sabor ou de outras características de qualidade da carne. Neste sentido, Medeiros et al. (2005b) conduziu um ensaio com bovinos confinados com dieta contendo 9,5% de caroço de algodão, para verificar o impacto deste ingrediente

sobre as características organolépticas da carne, não encontrando nenhum efeito do caroço de algodão sobre o sabor, mesmo sendo ingerido por tempo prolongado.

Com o mesmo objetivo, Shibuya (2004) avaliou a carne de novilhos mestiços europeu x zebu, alimentados com dietas de alto concentrado contendo 21% de caroço de algodão ou 5% de gordura protegida, onde os consumidores não detectaram alterações de sabor, maciez e suculência entre os tratamentos. Segundo a autora, a carne dos animais alimentados com 21% de caroço de algodão na dieta apresentou tendência de melhor aceitação dos atributos maciez, suculência, sabor e avaliação global. Esses resultados reforçam a necessidade de mais pesquisas para se chegar a conclusões confiáveis de que a inclusão do caroço de algodão à dieta de ruminantes seja ou não capaz de influenciar a qualidade e o sabor da carne produzida.

Existem hipóteses a serem testadas sobre os efeitos da utilização do caroço de algodão para bovinos de corte confinados. Uma delas é que o seu fornecimento na proporção de até 20% da matéria seca, em dietas de alto concentrado, melhora o desempenho dos animais à medida que aumenta os níveis de inclusão do caroço (0%, 10% e 20% MS). Entretanto, acredita-se que as sementes de algodão, quando presentes em grandes quantidades na ração, possam provocar alterações indesejáveis nas características organolépticas da carne dos animais, com a conseqüente desvalorização no mercado de carnes.

Outra hipótese é que a ingestão de caroço de algodão pelos bovinos confinados proporciona alterações na espessura de gordura subcutânea e na área de olho de lombo, aumentando a quantidade de gordura no ganho de peso, com possíveis alterações no rendimento de carcaça. Além disso, espera-se uma modificação no perfil de ácidos graxos, com aumento de ácidos graxos insaturados da carne dos animais alimentados com maiores quantidades de caroço de algodão, além de alterações nas características sanguíneas, como nitrogênio uréico.

Para testar essas hipóteses foram realizadas várias análises, que serão descritas a seguir. Como a qualidade do caroço de algodão utilizado no confinamento pode influenciar diretamente os resultados, ele também foi avaliado, conforme demonstrado no material e métodos.

Portanto, o objetivo deste experimento foi estudar os efeitos da inclusão do caroço de algodão integral, em diferentes níveis da dieta, sobre o desempenho, características quantitativas de carcaça e qualitativas da carne de novilhos da raça

Nelore confinados com dietas de alto concentrado. Num dos tratamentos, o caroço de algodão foi aquecido em câmara climática para simular condições desfavoráveis de armazenamento e avaliar o impacto deste tratamento sobre as características estudadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Confinamento

3.1.1 Local

O estudo foi realizado na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo – FZEA/USP, em Pirassununga - SP. O município de Pirassununga está situado a 21° 59' de latitude Sul e 47° 26' de longitude Oeste e a uma altitude de 634 metros. O clima é tipo cwa Köppen - subtropical, com inverno seco e bem definido e verão quente e chuvoso.

A instalação onde foi realizado o experimento era equipada com portões eletrônicos do tipo *Calan* (*Calan Systems Inc.*), que permitiram o fornecimento das diferentes dietas para animais no mesmo piquete e o controle de consumo individual. As medidas preventivas para controle das parasitoses e doenças foram feitas de acordo com as recomendações normais para essa atividade.

3.1.2 Animais e alimentação

Foram utilizados 48 bovinos machos castrados da raça Nelore, com idade média de 28 meses e peso vivo médio inicial de 358±16,2kg. Os animais foram identificados individualmente por brincos plásticos e alimentados com as quatro diferentes dietas por 81 dias (de 04 de julho a 22 de setembro de 2006), sendo alojados de acordo com o peso vivo em quatro piquetes semi-cobertos de 230m² cada, com 12 animais por piquete.

Os novilhos passaram por um período de adaptação de 28 dias, visando a adaptação aos alimentos, a homogeneização da condição corporal e a redução dos efeitos do ganho compensatório. Neste período, o concentrado foi aumentado semanalmente, até atingir os níveis previstos nos tratamentos. Os alimentos fornecidos foram pesados individualmente e as sobras calculadas para não ultrapassar 10% do peso total da dieta.

A ração foi formulada utilizando o programa Ração de Lucro Máximo (RLM[®]) da ESALQ/USP. As rações completas foram fornecidas uma vez ao dia, à vontade e pela manhã. As sobras de alimentos nos cochos foram pesadas e amostradas três vezes por semana (segundas, quartas e sextas-feiras) para a determinação da matéria seca, estimativa de consumo e eficiência alimentar. O ajuste do fornecimento da ração foi feito três vezes por semana, considerando os valores das sobras. As pesagens dos animais foram realizadas no primeiro e aos 29, 50 e 81 dias de confinamento, após jejum completo de 14 horas.

As rações experimentais (Tabela 2) foram compostas de 80% de concentrado na matéria seca, tendo como volumoso a silagem de sorgo, com partículas de aproximadamente 2cm, na proporção de 20% da dieta. As quatro dietas utilizadas foram: CA0 (controle), sem a utilização de caroço de algodão; CA10, utilizando caroço de algodão na proporção de 10% da matéria seca ingerida (MSI); CA20, utilizando caroço de algodão na proporção de 20% da MSI e CA20H, utilizando caroço de algodão aquecido em câmara climática, na proporção de 20% da MSI. O objetivo de aquecer o caroço de algodão em câmara climática no tratamento CA20H foi simular condições inadequadas de armazenamento sob temperaturas elevadas (em torno de 40°C), comum em regiões tropicais, e suas possíveis conseqüências sobre as características estudadas.

Tabela 2 – Ingredientes das dietas experimentais (%MS), de acordo com os tratamentos.

Ingredientes (%)	Dietas experimentais			
	CA0	CA10	CA20	CA20H
Milho grão seco	20	20	20	20
Farelo de soja	0,705	0,705	0,705	0,705
Uréia ¹	0,914	0,804	0,5	0,5
Sal mineral ²	0,6	0,6	0,6	0,6
Caroço de algodão integral	0	10	20	20
Calcário	0,491	0,6	0,7	0,7
Casca de soja peletizada	57,29	47,29	37,49	37,49
Silagem de sorgo	20	20	20	20
Rumensin	0,027	0,027	0,027	0,027

¹ Uréia e sulfato de amônia na proporção de 9:1

² Suprefós 60 (Supremais) Composição: Ca 110g, P 60g, Mg 8g, Na 140g, S 12g, Fe 2000mg, Cu 1200mg, Zn 3000mg, I 125mg, Mn 1000mg, Se 10mg, Co 150mg e F 800mg.

3.2 Análises bromatológicas das rações

As amostras dos alimentos fornecidos no cocho foram colhidas semanalmente, sendo acondicionadas em sacos plásticos, identificados e armazenados em freezer. A cada quatro semanas, foram formadas amostras compostas para determinação da composição bromatológica. Todas as amostras compostas foram submetidas à pré-secagem em estufa com ventilação forçada de ar a 65°C durante 72 horas, sendo posteriormente trituradas em moinhos de facas, tipo *Willey*, com peneira com orifícios de 2mm e armazenadas em frascos plásticos com tampa, para análises posteriores.

Tabela 3 – Composição química (teores médios) da silagem de sorgo e dos concentrados utilizados nas rações, expressos em porcentagem da matéria seca.

Item (%MS)	Silagem de sorgo	Concentrados experimentais			
		CA0	CA10	CA20	CA20H
MS	33,73	90,78	90,97	91,89	91,52
PB	4,60	14,83	13,71	14,30	13,99
EE	1,63	2,48	5,04	7,04	7,64
MM	4,19	3,66	4,4	4,51	4,68
FDN	55,9	59,78	51,89	47,36	48,63
FDN _{cp} ¹	53,12	52,95	45,53	41,15	42,68
FDA	33,98	45,66	37,13	39,80	38,91
LIG	4,21	2,20	4,19	4,62	4,72
PIDA ²	2,98	3,55	2,75	3,32	3,59
PIDN ²	2,78	6,83	6,36	6,28	5,95
NDT	60,4	68,21	69,56	72,6	72,47
CNF	36,46	25,48	30,79	32,67	30,68
Gossipol total (mg/kg) ³	0	0	607	1213	1213
Gossipol livre (mg/kg) ³	0	0	112	224	224
Gossipol total (mg/kg.PV ⁻¹ .dia ⁻¹) ⁴	0	0	14,75	29,5	28,9
Gossipol livre (mg/kg.PV ⁻¹ .dia ⁻¹) ⁴	0	0	2,72	5,44	5,32

¹FDN_{cp} – FDN corrigida para cinzas e proteína

² Em porcentagem da MS

³ Corrigido para a quantidade de matéria seca ingerida

⁴ Corrigido para a quantidade de matéria seca ingerida e para o peso vivo médio

As análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) foram feitas conforme metodologia de Weende (SILVA; QUEIROZ, 2002). As análises de fibra em detergente neutro (FDN); FDN corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}); fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG)

foram realizadas conforme metodologia de Van Soest (SILVA; QUEIROZ, 2002); a de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) pelo método Micro-Kjeldahl (SILVA; QUEIROZ, 2002). Os valores médios dos resultados da composição químico-bromatológica dos alimentos fornecidos estão descritos na tabela 3.

A partir da composição químico-bromatológica da silagem e dos concentrados, foram estimados os valores de NDT, conforme metodologia descrita por Weiss (1999), através da equação somativa: $NDT = PBD + 2,25AGD + FDN_{cp}D + CNFD - 7$. Nesta equação, PBD, AGD, $FDN_{cp}D$ e CNFD significam respectivamente, PB digestível, ácidos graxos digestíveis, FDN digestível corrigida para cinzas e proteína e carboidratos não fibrosos digestíveis, sendo o número 7 referente ao NDT metabólico fecal.

Os CNF dos concentrados CA0, CA10, CA20 e CA20H, como continham uréia em sua composição, foram calculados como proposto por Hall (2000): $CNF = 100 - [(\% PB - \% PB \text{ derivada da uréia} + \% \text{ de uréia}) + \% FDN_{cp} + \% EE + \% \text{ cinzas}]$. Para a silagem de sorgo, os CNF foram calculados através da equação $CNF = 100 - (\% PB + \% FDN_{cp} + \% EE + \% \text{ cinzas})$ (WEISS, 1999).

3.3 Análises realizadas no caroço de algodão

Todo o caroço de algodão utilizado, pertencente à safra 2006, foi comprado ensacado (sacos de 20 kg cada) e de uma só vez da Algodoeira Aliança, localizada no município de Leme-SP. Logo após a chegada das sementes ao *campus* da USP Pirassununga, parte do algodão foi imediatamente empilhado sobre estrado de madeira, coberto com lona plástica preta, guardado em local arejado, limpo, seco e coberto.

A outra parte, destinada ao tratamento CA20H foi colocado em câmara climática na FZEA/USP, onde permaneceu por 12 dias consecutivos, de 1º a 12 de junho de 2006, com temperatura e umidade relativa do ar monitoradas pela manhã e à tarde, conforme demonstrado na figura 2. A câmara climática foi programada para

operar em temperatura média de 42°C. Os valores dos dias oito e nove de junho não foram coletados em função da impossibilidade da presença no local, entretanto, nota-se uma estabilização da temperatura e umidade a partir do quinto dia de aquecimento, não comprometendo a avaliação dos resultados. O algodão foi retirado da câmara climática às 14 horas do dia 12 de Junho de 2006, sendo imediatamente acondicionado em local seco, fresco e arejado.

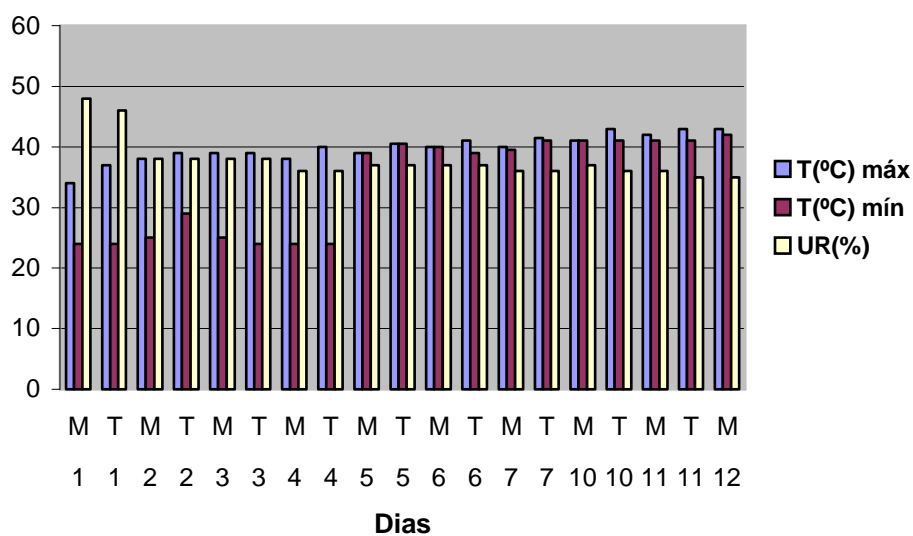


Figura 2 – Temperaturas (T°C) máxima e (T°C) mínima, em graus Celsius, e umidade relativa do ar (UR;%), observadas pela manhã (M) e à tarde (T) na câmara climática por 12 dias consecutivos.

Após a retirada do caroço de algodão da câmara climática, foram coletadas várias amostras do produto em vários pontos diferentes e de vários sacos, conforme especificado pela portaria ministerial nº 108 (BRASIL, 1991), em relação aos métodos analíticos para controle de alimentos para uso animal. Estes procedimentos foram realizados também para as sementes guardadas sem aquecimento e repetido, tanto para o caroço aquecido, quanto para o caroço sem aquecer, aos 40 e 81 dias de confinamento. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em freezer para análises posteriores dos teores de MS, PB, FB, EE, MM, FDN e FDA, seguindo a mesma metodologia descrita anteriormente para a silagem e concentrados. Os valores médios estão demonstrados na figura 3.

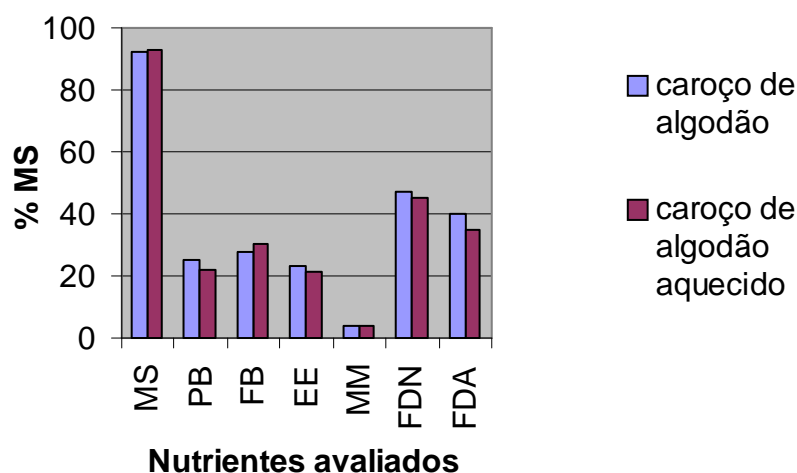


Figura 3 – Composição química (teores médios) de MS, PB, FB, EE, MM, FDN e FDA do caroço de algodão e do caroço de algodão aquecido utilizados nas rações experimentais.

3.3.2 Índice de peróxidos e de acidez, gossipol livre, gossipol total, aflatoxinas totais e perfil de ácidos graxos do caroço de algodão.

Todas as análises do item 3.3.1, com exceção índice de acidez, foram realizadas no Laboratório de Alta Tecnologia (LABTEC), em Campinas – SP. Como um dos objetivos deste trabalho foi identificar uma provável degradação lipídica provocada pelo aquecimento do caroço de algodão fornecido aos animais, as análises de índice de peróxidos e índice de acidez foram realizadas nas amostras das sementes aquecidas e não aquecidas, colhidas no início (dia 1) e final (dia 81) do período experimental (tabela 4).

O índice de peróxidos foi determinado de acordo com a metodologia descrita pela Associação Nacional dos Fabricantes de Alimentos para Animais (ANFAL), (2005a), utilizando amido 1% como indicador, com resultados expressos em meq/1000g de gordura. O índice de acidez, também demonstrado na tabela 4, foi determinado no laboratório de bromatologia da FZEA/USP *campus* Pirassununga, com os resultados expressos em mg de NaOH/g amostra e em porcentagem de acidez em ácido oléico, utilizando solução alcoólica indicadora de fenolftaleína 1%, conforme metodologia empregada pela ANFAL (2005c).

Tabela 4 - Análises realizadas no caroço de algodão (CA) sem aquecimento e aquecido, no início (dia 1) e final (dia 81) do período experimental, para índice de peróxidos e de acidez, gossipol livre e total e aflatoxinas totais

Análise	CA sem aquecimento		CA aquecido	
	Início	Final	Início	Final
Índice de peróxidos (mEq/1000g gordura)	ND*	ND*	ND*	ND*
Índice de acidez (mEqNaOH/g amostra)	1,745	1,724	1,751	1,880
Índice de acidez (% ácido oléico)	1,228	1,215	1,234	1,324
Gossipol livre (%)	0,122			
Gossipol total (%)	0,664			
Aflatoxina total (ppb)	<4			

*ND – não detectado

No caroço de algodão utilizado neste experimento, tanto aquecido como não aquecido, não foi detectado índice de peróxidos e o valor de índice de acidez encontrado foi muito baixo (tabela 4). Para o caroço de algodão ser considerado um ingrediente de boa qualidade para compor ração animal, os valores dos índices de peróxidos e de acidez devem ser inferiores a, respectivamente, 8mEq/1000g de gordura e a 10mEq NaOH/g amostra (ou 17,1% de acidez em ácido oléico). Portanto, o caroço de algodão não sofreu deterioração lipídica com o aquecimento e/ou tempo de armazenamento.

A determinação de gossipol livre, gossipol total e de aflatoxinas totais (tabela 4) foram feitas somente nas amostras do caroço de algodão sem aquecer, colhidas no primeiro dia do confinamento, em razão do alto custo dessas análises e da pouca probabilidade de alteração provocada nessas características pelo tempo de armazenagem e aquecimento a que o caroço de algodão foi submetido.

As análises de gossipol livre e gossipol total foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Meyer; Voster; Dubery (2004), através de cromatografia líquida de alta performance, em cromatógrafo marca *Shimadzu* 10 AVP HPLC, modelo 10 AT, equipado com auto-injetor *Shimadzu* (modelo SIL-10 ADVP). Foi utilizada coluna capilar de sílica fundida 4,6mm x 25cm, 5µm *Zorbax SB-C18* (*Hewlett-Packard*, CA, USA). A fase móvel foi composta por acetonitrila 0,1% e ácido trifluoracético (80:20). Na extração do gossipol foi utilizada acetonitrila, sendo que a identificação e taxa de recuperação do gossipol foram feitas por comparação com um padrão conhecido de gossipol, com 99% de pureza (*Sigma-Aldrich*, Roole, UK). A partir das leituras obtidas, foram calculados os teores de gossipol livre e gossipol total, em porcentagem.

Os valores encontrados, tanto para gossipol livre como para gossipol total foram baixos (tabela 4), considerando a semente integral de algodão. Segundo a ANFAL (2005b), o farelo de algodão deve possuir teor de gossipol livre inferior a 0,12%, para que possa ser empregado com segurança na alimentação animal.

Robinson et al. (2001) avaliaram a influência de 22 dias de armazenamento sobre a composição dos nutrientes e a qualidade nutricional de quatro variedades de sementes de algodão com 93% de MS, sem encontrar diferenças significativas nos níveis de gossipol total e livre, que apresentaram, respectivamente, valores médios de 1,1% e 1,09%, muito superiores aos encontrados neste experimento.

De acordo com Santos (1997) e Luginbuhl; Poore e Conrad (2000), quase todo o gossipol presente no caroço de algodão integral cru está sob a forma livre, considerada tóxica. Estes últimos autores avaliaram dietas para caprinos contendo até 24% de caroço de algodão (%MS) e encontraram valores de gossipol livre e total de, respectivamente, 0,596% e 0,645%. Entretanto, neste experimento, os resultados encontrados foram diferentes dos de Luginbuhl; Poore e Conrad, uma vez que o gossipol livre (0,122%) correspondeu a apenas 18,4% do gossipol total (0,664%) (tabela 4). Provavelmente os cultivares de algodão utilizados neste trabalho e as condições de cultivo contribuíram para os baixos teores de gossipol encontrados.

Os teores de aflatoxina foram determinados através do uso de “kits” comerciais RIDA[®]QUICK (R-Biopharm), sendo este um teste imunocromatográfico qualitativo, capaz de detectar contaminações iguais ou superiores a 4ppb. A análise foi realizada no caroço de algodão moído, utilizando o metanol 70% como solvente.

Os níveis encontrados de aflatoxinas inferiores a 4ppb (tabela 4) reforçam a hipótese de boa conservação do caroço de algodão adquirido para este experimento, uma vez que elas estão presentes em sementes oleaginosas quando armazenadas de forma inadequada (FREITAS et al., 2004; PIER, 1992, ROGÉRIO et al., 2003). Segundo normas da ANFAL (2005b), as matérias-primas utilizadas como ingredientes para ração animal devem ter, no máximo, 20ppb de aflatoxinas, valor muito inferior ao permitido pela legislação brasileira, que é de 50ppb para farelos e cereais (BRASIL, 1988).

A análise de perfil de ácidos graxos, demonstrada na tabela 5, foi realizada por cromatografia gasosa (JHAM; TELES; CAMPOS, 1982) nas amostras do caroço de

algodão aquecido e sem aquecer, colhido no início do período experimental (primeiro dia do confinamento).

Tabela 5 - Perfil de ácidos graxos do caroço de algodão (CA) sem aquecimento e aquecido, colhido no primeiro dia do experimento, expresso em porcentagem de ácidos graxos na amostra e em porcentagem individual em relação ao total de ácidos graxos.

Ácidos Graxos	CA sem aquecimento (%)	Total (%)	CA aquecido (%)	Total (%)
Mirístico C14:0 (%)	0,077	0,69	0,087	0,68
Palmítico C16:0 (%)	2,614	23,27	2,959	23,25
Palmitoléico C16:1 (%)	0,051	0,45	0,058	0,45
Estearico C18:0 (%)	0,267	2,38	0,304	2,39
Oleico C18:1 (%)	1,746	15,5	1,976	15,5
Linoléico C18:2 (%)	6,234	55,5	7,057	55,5
Linolênico C18:3 (%)	0,236	2,1	0,267	2,1
Araquídico C20:0 (%)	0,014	0,13	0,016	0,13

A extração dos lipídios do caroço de algodão foi realizada com éter de petróleo. A hidrólise dos lipídios (50µL) foi feita com 1mL de KOH/MeOH (0,5M) a 100°C durante cinco minutos. Em seguida, foi realizado o processo de esterificação, com adição de 400µL de HCl (36%)/MeOH (4:1, v/v) à mistura anterior, sendo aquecida em óleo a 100°C durante 15 minutos. Posteriormente o tubo foi resfriado e 2mL de água adicionado, utilizando o éter de petróleo para a extração lipídica. A camada orgânica foi seca rapidamente com Na₂SO₄ anidro, evaporada e redissolvida em 500µL de CHCl₃, sendo usados 0,5µL na análise de cromatografia gasosa. Foi utilizado um cromatógrafo a gás, contendo uma coluna capilar de sílica fundida de 100 m de comprimento, utilizando o hélio como gás de arraste.

Não foi observada alteração significativa entre o perfil de ácidos graxos do caroço de algodão aquecido e sem aquecimento (tabela 5), cujos valores encontrados dos principais ácidos graxos foram muito próximos aos descritos na literatura (COPPOCK; WILKS, 1991; MCKEVITH, 2005; PALMQUIST, 1996; STAPLES; TATCHER, 2003; SULLIVAN et al., 1993; VAN SOEST, 1994). O ácido linoléico, conforme esperado, foi o principal ácido graxo insaturado presente no óleo do caroço de algodão analisado, correspondendo a mais da metade dos ácidos graxos encontrados.

A utilização, neste experimento, de sementes de boa qualidade e oriundas de safra nova, o armazenamento de forma correta, em local seco, fresco, arejado e protegido das chuvas durante o período do confinamento, além do baixo teor de

umidade das sementes (inferior a 8%) (apêndice B) pode ser a explicação para a ausência das alterações esperadas, principalmente no caroço de algodão aquecido. Além disso, a própria casca (com línter) pode ter funcionado como isolante térmico, impedindo que a temperatura mais elevada da câmara climática (33,9°C, em média) alterasse a qualidade dos grãos, no caso do caroço de algodão aquecido. Soma-se a isso a baixa umidade relativa do ar (37,7% em média) observada dentro da câmara durante o período de aquecimento, que pode ter contribuído para tal situação.

Resultados semelhantes foram obtidos por Sullivan et al. (1993), que avaliaram sementes de algodão com teor de umidade inferior a 10% logo após a compra. Estes autores avaliaram as sementes em ambiente controlado, com temperatura de 32°C e umidade relativa do ar de 30% por até 30 dias e não observaram alterações nos teores de AGL no óleo, nem detectaram a presença de aflatoxinas nas sementes. Entretanto, Simpson (1942) demonstrou que o caroço de algodão com umidade inicial de 14,7% e estocado a 32°C apresentou 21,9% de AGL no óleo, comparado a 0,9% para as sementes estocadas à mesma temperatura, só que com umidade inicial de 7,1%.

3.4 Análises de uréia, glicose e proteína total no soro sanguíneo

Foram colhidas amostras de sangue de todos os animais para a determinação dos teores de uréia, glicose e proteína total, aproximadamente na metade do período experimental. O sangue foi colhido em tubos do tipo “vacutainer” sem reagentes. Logo após a colheita, o sangue foi centrifugado a 3000 rpm durante 15 minutos. O soro foi pipetado e armazenado em tubos “ependorf” a uma temperatura de 20°C negativos.

A determinação dos teores de uréia, glicose e proteína total no soro sanguíneo foi obtida através do uso de “kits” comerciais específicos para cada análise, da marca Laborlab[®]. Para a obtenção do valor de nitrogênio originário da uréia sanguínea a partir do teor de uréia no soro, foi utilizada a equação de regressão de Broderick e Clayton (1997): $NUP = 1,021 NUS + 0,399$ ($R^2=0,918$).

3.5 Desempenho e características de carcaça

A avaliação de desempenho dos animais foi realizada utilizando as medidas tomadas durante todo o período experimental. Foram calculados a ingestão de matéria seca, o ganho médio diário e a eficiência alimentar. Nos animais vivos, área e olho de lombo (AOLU) e a espessura de gordura subcutânea (EGSU) foram determinadas por ultra-som, na região entre a 12^a e 13^a costelas e na região da picanha (EGPU), sob o terço superior do músculo *Biceps femuris*, ambas no lado esquerdo dos animais. Essas medidas foram feitas em todos os animais no início do experimento, e repetidas nas datas de pesagem, aos 29 e 50 dias de confinamento.

3.6 Abate dos animais

O abate foi realizado no Matadouro-Escola da Prefeitura do *campus* da USP, em Pirassununga. Os animais foram abatidos após jejum alimentar de 14 horas e de acordo com os padrões adotados pelo Matadouro-Escola, utilizando-se pistola pneumática para o atordoamento, seguido da sangria, evisceração, limpeza e pesagem das meias-carcaças quentes. Durante estes procedimentos foram pesados o fígado e a gordura renal e pélvica. Em seguida, as meias-carcaças foram refrigeradas em câmara frigorífica, com temperatura de 2°C por 24 horas. Após este período, as meias-carcaças foram novamente pesadas e com estes dados foram calculados o rendimento de carcaça quente e o rendimento de carcaça fria.

3.7 Avaliação das carcaças

3.7.1 Temperatura e pH

A temperatura e o pH das carcaças foram medidos uma hora após o abate. A medida foi feita no músculo *Longissimus dorsi* da meia-carcaça esquerda, na altura da 12ª costela, usando-se um termômetro e peagâmetro digital, com sondas de penetração (modelo HI8314 marca Hanna Instruments). Depois de refrigeradas por 24 horas em câmara frigorífica, as meias-carcaças foram avaliadas novamente e no mesmo local, para temperatura e pH.

3.7.2 Área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea

As medidas de AOL e EGS foram realizadas 24 horas após o abate dos animais, no músculo *Longissimus dorsi* das meias-carcaças esquerdas, entre a 12ª e 13ª costelas, utilizando grade reticulada especial para esta finalidade, com medida em centímetros quadrados (cm²).

Para a realização das análises de maciez, do perfil de ácidos graxos, dos teores de matéria seca e extrato etéreo da carne e da análise sensorial da carne assada, foram retirados bifes de aproximadamente 2,5cm de espessura do *Longissimus dorsi*, entre a 10ª e 12ª costelas da meia-carcaça esquerda de cada animal, após resfriadas a 2°C por 24 horas em câmara frigorífica.

3.7.3 Análise de maciez

Todos os bifes foram identificados e embalados a vácuo em filme flexível de baixa permeabilidade de oxigênio (*Polyfilm*[®]). As amostras foram divididas em dois tempos de maturação: 7 e 14 dias. Completados estes períodos, elas foram congeladas a -20°C para análise posterior.

As análises de perdas totais no cozimento (PTC) e maciez foram realizadas no laboratório de carnes da FZEA/USP, conforme metodologia proposta por Koohmaraie, Wheeler e Shakelford (1994). Os bifes foram colocados em bandejas de alumínio individuais previamente taradas, e foram pesados antes (Pi) e logo após o cozimento (Pf) ($\pm 0,01g$) para determinação das PTC, expresso em porcentagem

($[PTC=(P_i-P_f)/P_i] \times 100$). Este procedimento foi realizado nos dois tempos de maturação: 7 (PTC7) e 14 dias (PTC14).

As amostras foram assadas em forno elétrico a 170°C, até atingirem a temperatura interna de 71°C. A temperatura interna dos bifes foi medida através de termômetros analógicos individuais (*Good Cook Meat Thermometer*), com um sensor metálico tipo agulha, e de termômetros digitais (*Williams-Sonoma CA 94109*), que foram inseridos nos bifes até sua parte central. Logo em seguida, os bifes foram resfriados até o equilíbrio com a temperatura ambiente e armazenados em geladeira por 24 horas. Após este período foram retirados seis cilindros de 12mm de diâmetro de cada amostra, com um vazador elétrico (WHEELER; SHACKELFORD; KOOHMARAIE, 2001). A análise de maciez foi realizada com aparelho WARNER-BRATZLER para determinação da força de cisalhamento (FC) nos dois tempos de maturação (FC7 e FC14), considerando para cada bife o valor médio obtido nos seis cilindros.

3.8 Perfil de ácidos graxos da carne

As análises de perfil de ácidos graxos foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal e no Laboratório de Entomologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz ESALQ/USP, em Piracicaba - SP.

Todos os bifes foram identificados, embalados em sacos plásticos e imediatamente congelados a -20°C para análise posterior. As amostras foram descongeladas, sendo utilizados 5g de carne, retiradas do centro de cada bife para análise. A extração da gordura e a metilação seguiram métodos adaptados de Hara e Radin (1978) e Christie (1982), respectivamente.

O perfil de ácidos graxos foi determinado em cromatógrafo a gás, marca *ThermoFinnigan*, modelo Trace 2000, utilizando coluna capilar de sílica fundida de 100m de comprimento, diâmetro de 0,25mm e 0,2µm de espessura do filme (*Supelco SP-2560, Bellefonte, PA, USA*). O gás de arraste utilizado foi hélio. A identificação e taxa de recuperação dos ésteres metílicos dos ácidos graxos foi feita

por comparação com um padrão conhecido (*CRM-164, Commission of the European Communities, Community Bureau of Reference, Brussels, Belgium*). A partir das leituras obtidas do perfil de ácidos graxos, foram calculadas as somas de ácidos graxos saturados, insaturados, monoinsaturados, polinsaturados, ômega 6, ômega 3 e suas relações.

3.9 Análise dos teores de matéria seca e extrato etéreo da carne

Os bifes destinados à avaliação dos teores de matéria seca (MS) e do extrato etéreo (EE) foram identificados, embalados em sacos plásticos e imediatamente congelados a -20°C para análise posterior. Após o descongelamento, toda a gordura visível foi removida, assim como o colágeno (BUTTERFIELD; MAY, 1966).

As análises de MS e EE foram realizadas no Instituto de Zootecnia de Nova Odessa. As amostras foram liofilizadas até atingirem peso constante, obtendo-se assim o teor de água da carne, e por diferença os valores de MS, dados em porcentagem. Em seguida, as amostras liofilizadas foram moídas em liquidificador, pesadas cerca de 2g e embaladas em papel filtro quantitativo (Nalgon tipo 3551) para a determinação do EE em extrator tipo Soxhlet, conforme metodologia de Weende (SILVA; QUEIROZ, 2002). Para a extração da gordura, foi utilizado o éter de petróleo, produto mais seguro e barato e que segundo Putrino (2006), apresenta resultados nos testes de extração muito semelhantes aos obtidos com outros reagentes como éter etílico e clorofórmio.

3.10 Análise sensorial para sabor da carne assada

Para a análise sensorial da carne assada, todos os bifes foram identificados e embalados a vácuo em filme flexível de baixa permeabilidade de oxigênio (*Polyfilm*[®]) e maturados por 7 dias. Completado este período, as amostras foram congeladas a -20°C para análise posterior.

Após o descongelamento, foram formadas amostras compostas pelas repetições de cada um dos quatro tratamentos (CA0, CA10, CA20 e CA20H) contidos nos blocos (piquetes). Foram realizadas quatro sessões para avaliação, em dias diferentes, sendo que em cada sessão, os provadores tiveram à disposição amostras compostas de todos os quatro tratamentos de um único bloco, totalizando 16 amostras compostas provadas nas quatro sessões.

As análises foram realizadas por painel treinado composto por nove membros, no Laboratório Sensorial do DEPAN, da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA – UNICAMP), em cabines individuais, com utilização de iluminação branca para avaliação do aroma, textura, suculência e sabor, de acordo com a metodologia da *American Meat Science Association* (1995). A avaliação foi feita utilizando-se escala hedônica estruturada de oito pontos (anexo), variando de “ausente” (nota 1) a “extremamente forte” (nota 8) para os itens: aroma característico, aroma estranho, sabor característico e sabor estranho. Para os itens textura e suculência, a classificação variou de, respectivamente, “extremamente dura” (nota 1) a “extremamente macia” (nota 8), e de “extremamente seca” (nota 1) a “extremamente suculenta” (nota 8).

Os bifes foram grelhados em grelha elétrica a 170°C até atingirem a temperatura interna de 71°C , aferidas por termômetro digital (*SCS SOVEREIGN Modelo 692-8010*). Após atingirem o ponto, eles foram cortados em cubos, montando-se as amostras compostas, que foram colocados em bandejas de alumínio até serem servidos aos provadores. As amostras foram entregues aos membros do painel em copos plásticos brancos descartáveis, codificados com números de três dígitos, acompanhados de um copo de água e um biscoito tipo água e sal, para ser utilizado entre as avaliações das amostras.

3.11 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, totalizando 48 animais, distribuídos em quatro piquetes, com 12 animais por piquete, representando os quatro tratamentos com três repetições, segundo o modelo:

$Y_{ij} = \mu + t_i + R_j(t)_i + b_j + e_{ij}$, onde:

Y_{ij} = variáveis dependentes (observação referente ao i-ésimo tratamento no j-ésimo bloco)

μ = média das observações

t_i = efeito do i-ésimo tratamento de ordem "i", sendo 1 (CA0), 2 (CA10), 3 (CA10) e 4 (CA20H)

$R_j(t)_i$ = efeito aleatório baseado na repetição dentro do tratamento t_i

b_j = efeito do j-ésimo bloco

e_{ij} = erro aleatório residual.

Para a avaliação dos dados de desempenho, também foram considerados no modelo estatístico P_k = efeito do período de avaliação de ordem "j", sendo 1 (primeiro período, de 1 a 29 dias de confinamento), 2 (segundo período, de 30 a 50 dias de confinamento) e 3 (terceiro período, de 51 a 81 dias de confinamento); e $(t^*P)_{ik}$ = efeito da interação entre o tratamento de ordem "i" e o período de avaliação de ordem "k". As características: ganho de peso diário, peso vivo, consumo diário de matéria seca (em quilos por animal/dia e em porcentagem do peso vivo) e eficiência alimentar foram avaliadas como medidas repetidas no tempo. Estes dados foram submetidos à análise de regressão polinomial, considerando a variável período (dias de confinamento), por intermédio do procedimento MIXED do programa SAS (Versão 9.1, Cary, NC, 2002).

As análises estatísticas foram realizadas através do procedimento MIXED do programa SAS (2002), sendo considerados significativos os valores de P abaixo de 5%. As médias foram comparadas por contrastes ortogonais (CA0 x demais tratamentos, CA10 x CA20/20H e CA20 x CA20H) utilizando o teste de F. Nos casos de diferença significativa e/ou de interação entre os tratamentos, foi aplicado o teste de t de Student para verificação da diferença entre as médias.

Os resultados obtidos nos testes sensoriais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) através do procedimento MIXED do programa SAS (2002), considerando piquete, sessão, provador e tratamento como fontes de variação. As médias foram comparadas pelo teste de F a 5% de probabilidade; e nos casos de diferença significativa pelo teste de F, foi aplicado o teste de t de Student para verificação da diferença entre as médias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Descrição das dietas e desempenho

Na tabela 6 estão descritas as características das dietas, de acordo com os tratamentos.

Tabela 6 – Composição química (teores médios) das dietas experimentais, expressa em porcentagem da matéria seca.

Item (%MS)	Dietas experimentais			
	CA0	CA10	CA20	CA20H
MS	79,37	79,52	80,26	79,97
PB ¹	12,78	11,88	12,36	12,11
EE ¹	2,31	4,36	5,96	6,44
MM ¹	3,77	4,36	4,45	4,58
FDN	59,0	52,69	49,07	50,08
FDN _{cp} ²	52,98	47,04	43,54	44,76
FDA	43,32	36,49	38,63	37,92
LIG	2,60	4,19	4,54	4,62
PIDA ³	3,43	2,79	3,25	3,46
PIDN ³	6,01	5,64	5,57	5,31
NDT ⁴	66,65	67,72	70,16	70,06
CNF ⁵	27,68	31,92	33,43	31,84
PDR, % ⁶	8,53	8,94	8,82	8,82
Gossipol total (mg/kg MSI) ⁷	0	607	1213	1213
Gossipol livre (mg/kg MSI) ⁷	0	112	224	224
Gossipol total (mg/kg.PV ⁻¹ .dia ¹) ⁸	0	14,75	29,5	28,9
Gossipol livre (mg/kg.PV ⁻¹ .dia ¹) ⁸	0	2,72	5,44	5,32

¹Calculado pelo método de Weende (SILVA; QUEIROZ, 2002)

²FDN_{cp} corrigida para cinzas e proteína

³Em porcentagem da MS

⁴Calculado conforme descrito por Weiss (1999)

⁵Calculado conforme descrito por Weiss (1999) e por Hall (2000)

⁶Estimado pelo programa RLM ®(ESALQ/USP)

⁷Corrigido para a quantidade de matéria seca ingerida da dieta

⁸Corrigido para a quantidade de matéria seca ingerida e para o peso vivo médio

As dietas experimentais diferiram principalmente quanto aos valores de EE, FDN, FDA e lignina. O tratamento controle (CA0) apresentou teores mais elevados de FDN e FDA em relação às dietas contendo caroço de algodão porque a inclusão de casca de soja peletizada, em maior quantidade nesta dieta (57,29% da MS),

contribuiu para elevar o nível de fibra, uma vez que a casca de soja apresentou altos teores de FDN e FDA (71,28% e 54,24%, respectivamente) (apêndice B). Já os tratamentos contendo caroço de algodão apresentaram, conforme esperado, maiores quantidades de EE e lignina em relação à dieta controle, devido ao fato deste ingrediente possuir teores elevados destas substâncias. Entretanto, os níveis de EE ficaram abaixo de 7% da MS, valor considerado crítico para ruminantes (NUNES, 1998), além de que o óleo, responsável por limitar a biohidrogenação ruminal, está contido no interior das sementes de algodão (COPPOCK; WILKS, 1991; CRANSTON et al., 2006; VAN SOEST, 1994).

Neste experimento, a casca de soja peletizada foi utilizada em grandes quantidades nos concentrados de todas as dietas, em especial no CA0, constituindo 57,29% da MS (tabela 2). De acordo com Restle et al. (2004); Santos e Moscardini (2007), a fibra da casca de soja é bastante digestível, e em rações com altas taxas de inclusão de concentrado, onde o teor de carboidratos não estruturais é elevado, a substituição de parte das fontes de cereais por casca de soja pode resultar em ambiente ruminal mais favorável para a atividade microbiana no rúmen. O mesmo fenômeno ocorre com o caroço de algodão em dietas de alto concentrado (ARIELE, 1998; COPPOCK; LANHAM; HORNER, 1987; CRANSTON et al., 2006; ROGÉRIO et al., 2003).

As dietas experimentais, com as respectivas quantidades de gossipol livre e gossipol total ingeridas diariamente pelos animais (expressas em mg/kg MSI e em mg/kg.PV⁻¹.dia⁻¹) estão descritas na tabela 6. Em todas as dietas fica evidente que a ingestão diária de gossipol livre foi muito aquém do limite diário máximo recomendado para que não ocorra intoxicação em ruminantes adultos, de 25g de gossipol livre (ARIELI, 1998; COPPOCK; LANHAM; HORNER, 1987; ROGÉRIO et al., 2003), ou 30mg/kg PV (LUGINBUHL; POORE; CONRAD, 2000) ou ainda, de 700ppm (MORGAN, 2007).

As quantidades diárias de gossipol livre ingeridos, em ppm, pelos bovinos recebendo as dietas CA0, CA10, CA20 e CA20H foram de, respectivamente, 0ppm, 122ppm, 244ppm e 244ppm. Além destes valores de gossipol serem considerados baixos, todas as dietas possuíam alto teor protéico, o que diminui ainda mais o risco de intoxicação. Portanto, o gossipol não interferiu na saúde e desempenho dos animais, conforme verificado nos resultados obtidos com as dietas contendo caroço de algodão.

Na tabela 7 estão expressos os valores médios de peso vivo inicial (PVI) e final (PVF), de consumo médio diário de matéria seca (CMS) ingerida pelos animais, do ganho diário de peso (GDP) e da eficiência alimentar (EA) durante todo o período de confinamento.

Tabela 7 – Valores médios, mínimos e máximos, com os respectivos desvios-padrão (DP) de peso vivo inicial e final (PVI; kg e PVF; kg), de consumo médio diário de matéria seca (CMS; kg/animal e % peso vivo - PV), ganho diário de peso (GDP; kg) e de eficiência alimentar (EA; kg GDP/kg matéria seca ingerida - MSI) obtidos durante o período experimental.

Característica	Média	DP	Valor mínimo	Valor máximo
PVI; kg	358	19,8	282	426
PVF; kg	463	29,8	385	591
CMS; kg/animal	8,95	0,96	6,37	11,67
CMS; %PV	2,29	0,19	1,62	2,80
GDP; kg	1,254	0,22	0,737	1,878
EA; kg GDP/kg MSI	0,141	0,02	0,082	0,184

Na tabela 8 estão expressos os valores médios de PVI e PVF, CMS, GDP e EA, de acordo com os tratamentos. Não foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos para PVI e CMS, expresso em kg/animal. Entretanto, ao final do período experimental, os animais do tratamento controle pesaram menos ($P=0,02$), tiveram menor GDP ($P=0,005$) e menor EA ($P=0,008$), quando comparados àqueles que receberam dietas contendo caroço de algodão. Já os animais do tratamento CA10 apresentaram maior CMS, expresso em porcentagem do peso vivo ($P=0,01$), em relação aos animais dos tratamentos CA20 e CA20H.

Tabela 8 – Valores de peso vivo inicial e final (PVI; kg e PVF; kg), de consumo médio diário de matéria seca (CMS; kg/animal e % PV), de ganho diário de peso (GDP; kg) e eficiência alimentar (EA; kg GDP/kg MSI), coeficientes de variação (CV; %) e probabilidades P, de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento.

Característica	Tratamento				CV (%)	P>F		
	CA0	CA10	CA20	CA20H		CA0 x demais	CA10 x CA20/20H	CA20 x CA20H
PVI; kg	355	356	357	364	5,5	0,50	0,57	0,40
PVF; kg	445	468	467	473	6,4	0,02	0,79	0,62
CMS; kg/animal	8,78	9,33	8,61	9,08	10,7	0,48	0,16	0,23
CMS; %PV	2,29	2,42	2,20	2,27	8,5	0,97	0,01	0,39
GDP; kg	1,090	1,325	1,299	1,302	17,7	0,005	0,76	0,98
EA; kgGDP/MSI	0,124	0,142	0,151	0,145	16,4	0,008	0,46	0,53

Não houve interação entre tratamento e dias de confinamento para CMS, expressos nas diferentes formas. Entretanto, foi verificado efeito de tempo, tanto para CMS em kg/animal, como para %PV, havendo queda no consumo a partir da metade do período experimental. O CMS, em kg/animal, pode ser representado pela equação geral de regressão $CMS=8,31+0,118D-0,002D^2$ ($R^2=0,38$; $CV=10,73\%$; $P<0,0001$), onde D corresponde aos dias de confinamento.

Nas figuras 4 e 5 estão demonstrados, respectivamente, o CMS dos animais de acordo com os tratamentos, em kg/dia e em porcentagem do peso vivo, avaliado semanalmente durante todo o período experimental. Pode-se observar que o CMS declinou a partir da sexta semana de confinamento para todos os tratamentos.

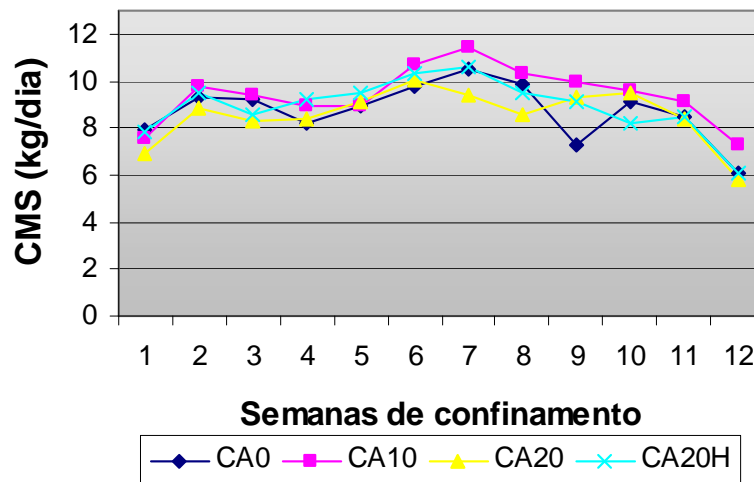


Figura 4 – Médias semanais do consumo médio diário de matéria seca (CMS; kg/dia) dos animais, em função dos tratamentos durante o período experimental.

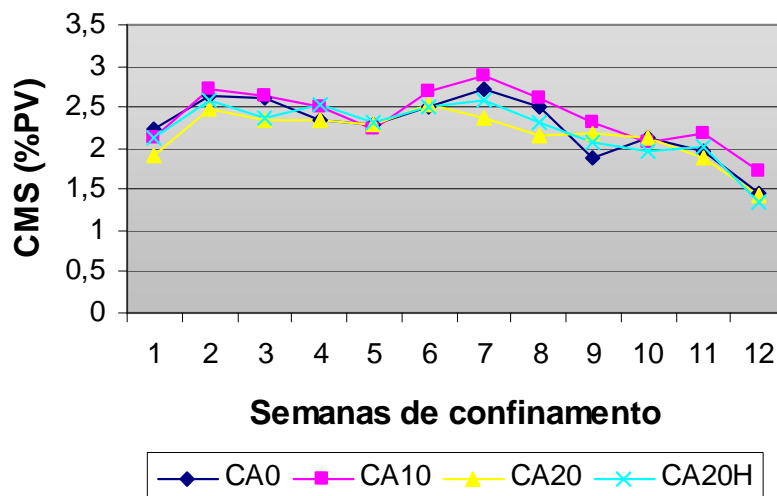


Figura 5 – Médias semanais do consumo médio diário de matéria seca (CMS; %PV) dos animais, em função dos tratamentos durante o período experimental.

Estudos sobre CMS de novilhos angus e holandeses confinados com dietas contendo altos teores de FDN foram realizados por Tjardes et al. (2002), que encontraram, em média, diminuição de 14,6% para a ingestão de MS durante o período experimental. De acordo com Neumann et al. (2001); Van Soest (1994), o consumo aumenta com o desenvolvimento corporal dos animais, devido ao aumento da capacidade de ingestão diária de matéria seca.

Do início até a sexta semana de confinamento, em média, o CMS (kg/animal e em % PV) se elevou, concordando com Neumann et al. (2001); Valadares et al. (1997); Van Soest (1994) sobre comportamento de ingestão de alimentos dos ruminantes durante seu desenvolvimento corporal. Entretanto, da sexta à 12ª semana de confinamento, houve redução no consumo para todos os tratamentos, conforme demonstrado nas figuras 4 e 5. A explicação pode estar no fato dos animais utilizados neste experimento serem adultos, que ao serem alimentados com dietas de alto concentrado ganharam peso, com conseqüente aumento da porcentagem de gordura corporal, afetando negativamente o consumo diário de matéria seca (NRC, 1996; VALADARES FILHO et al., 2006).

Outra possibilidade é a utilização de dietas ricas em fibra. Desta forma, o conteúdo de FDN poderia exercer um efeito negativo sobre a ingestão diária de matéria seca no decorrer do tempo de confinamento. Embora as pesquisas sobre consumo de FDN em gado de corte ainda sejam escassas, as existentes indicam que este consumo deve situar próximo a 1,0% do peso vivo (PEREIRA et al., 2006). Segundo Tjardes et al. (2002), a diminuição do CMS em dietas ricas em fibra ocorre devido ao enchimento ruminal, sendo mais evidente em animais com menor tamanho corporal. Entretanto, ainda não está claro se ocorre diminuição ou aumento dos efeitos de enchimento do rúmen sobre o CMS, com o desenvolvimento do animal e aumento do peso vivo.

De acordo com o NRC (1996), o consumo é diretamente relacionado ao aporte de nutrientes e à digestibilidade dos ingredientes da dieta, dependendo da qualidade da ração. No entanto, ao inverso do que ocorre em rações de baixa qualidade (acima de 75% FDN), em rações de alta digestibilidade, ricas em concentrado e com baixo teor de FDN (abaixo de 25%), quanto mais digestivo o alimento, menor o consumo (PEREIRA et al., 2006; VAN SOEST, 1994). De qualquer forma, em todas as dietas avaliadas, o consumo de FDN foi inferior ao valor sugerido por Mertens (1992), de 1,2% peso vivo, necessário para que a

ingestão de alimentos seja controlada pelo efeito de enchimento do rúmen. Portanto, para todas as dietas aqui avaliadas, o CMS provavelmente foi controlado pela demanda energética do animal (NRC, 1996).

Baseado no exposto acima, pode-se inferir que a diminuição do CMS dos animais deste experimento, no período final de confinamento (efeito quadrático), esteja relacionada ao ganho de peso diário. Segundo Valadares Filho et al. (2006), para bovinos da raça Nelore, o consumo máximo é atingido quando o GDP está entre 1,513 e 1,538kg (2,88% e 2,34% PV, respectivamente). Acima destes ganhos, o nível exigido de energia resulta no predomínio de mecanismos metabólicos de regulação de consumo. À medida que o animal se aproxima da maturidade, sua composição corporal, especialmente a porcentagem de gordura no corpo tende a aumentar, deprimindo o consumo de matéria seca em função do peso vivo médio (NRC, 1996).

Os resultados deste trabalho foram semelhantes aos de Coppock, Lanham e Horner (1987), que revisando 18 experimentos com caroço de algodão concluíram não haver diferença no CMS seca por bovinos, quando a semente de algodão integral foi incluída na proporção de 25% da dieta. Resultados semelhantes também foram observados por Archibeque et al. (2005); Arieli (1998); Melo et al. (2007); Palmquist e Jenkins (1980). Entretanto, Ludovico e Mattos (1997) estudando vacas mestiças holandesas alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar e suplementadas com 0, 10, 20 e 30% de caroço de algodão, verificaram efeito quadrático para CMS, com maior e menor consumo para dietas contendo, respectivamente, 10% e 30% de caroço de algodão.

Aferri et al. (2005), trabalhando com novilhos mestiços confinados com dietas de alto concentrado contendo 5% de sais de cálcio de ácidos graxos (SCAG) ou 21% de caroço de algodão (CA) não encontraram diferença entre os tratamentos quanto ao GDP e eficiência alimentar. Estes autores verificaram que o CMS, em % do peso vivo, não diferiu entre o tratamento CA e o controle, sendo superiores ao tratamento SCAG, com valores de, respectivamente, 2,45%, 2,29% e 2,08%; muito próximos aos encontrados neste experimento.

Resultados semelhantes aos deste trabalho também foram verificados por Prado et al. (1995), que avaliaram o desempenho de novilhos Nelore confinados com dois níveis de caroço de algodão na dieta (15 ou 30% da MS), associados à cana-de-açúcar ou capim-elefante, e não encontraram diferença entre os

tratamentos para o CMS. No entanto, os autores também não encontraram diferença para o GDP, diferente do que foi observado neste experimento.

Cranston et. al (2006) conduziram dois ensaios para avaliar o desempenho de bovinos em terminação alimentados com caroço de algodão em dietas de alto concentrado. No experimento, todas as rações continham 10% de feno de alfafa como volumoso. O caroço de algodão foi incluído na ração na proporção de 15,1% da MS e substituiu totalmente o farelo de algodão e parcialmente o milho floculado na ração controle. A inclusão do caroço de algodão na dieta aumentou o CMS, não alterou o GDP e reduziu a eficiência alimentar dos animais. Segundo os autores, o aumento no CMS observado nas dietas contendo algodão é explicado pelo maior teor de FDN e menor concentração de energia das mesmas, levando os animais a ingerirem mais alimento para compensar o menor conteúdo energético das dietas com maiores teores de fibra. Esse comportamento não foi observado neste trabalho.

No segundo experimento foram estudados os efeitos da inclusão de 15% de caroço de algodão sem línter, ou 25% de caroço de algodão peletizado sobre a performance dos animais. Não foi encontrada diferença entre o tratamento controle e os demais quanto ao GDP, CMS e eficiência alimentar, discordando em parte com os resultados deste trabalho. Entretanto, os animais alimentados com caroço de algodão peletizado apresentaram maior GDP e maior eficiência alimentar em relação ao tratamento contendo caroço de algodão sem línter.

Não houve diferença entre o PVI dos animais. No entanto, ao final dos 81 dias de confinamento, os animais do tratamento controle foram mais leves ($P=0,02$) que os animais dos tratamentos contendo caroço de algodão, que não diferiram entre si (tabela 8). Foi encontrado efeito do tempo de confinamento ($P<0,0001$), conforme demonstrado na figura 6.

Foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos para GDP, considerando o período total do experimento (tabela 8), com menor valor ($P=0,005$) para os animais do tratamento CA0 em relação aos do CA10, CA20 e CA20H, que não diferiram entre si. Também foi verificado efeito de dias de confinamento ($P<0,0001$), conforme demonstrado na figura 7.

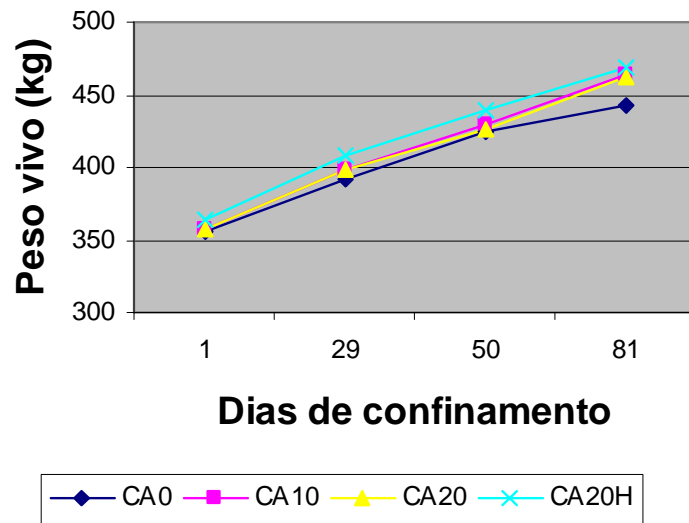


Figura 6 – Peso vivo médio, expresso em quilos, de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento e dias de confinamento.

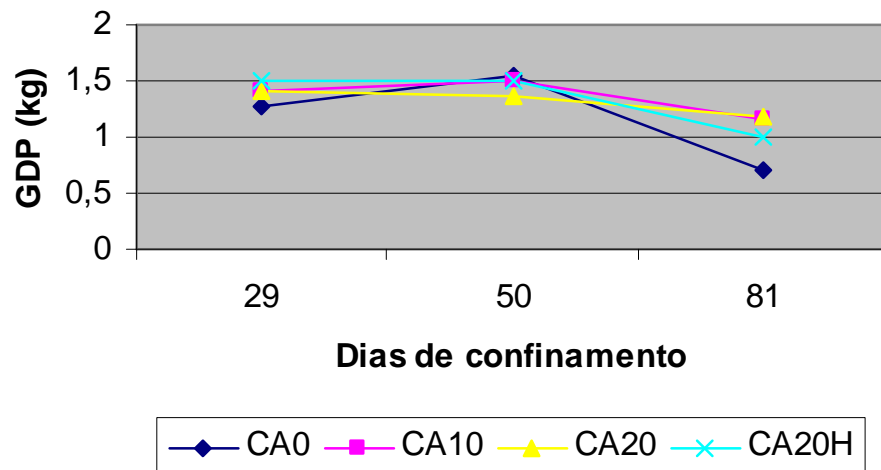


Figura 7 – Ganho diário de peso (GDP), expresso em quilos, de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento e dias de confinamento.

O menor GDP dos animais do tratamento CA0 contribuiu para o menor PVF médio verificado ao final do período experimental, conforme demonstrado na tabela 8 e na figura 6. Como não foi encontrada diferença significativa entre o CMS (kg/animal) entre os tratamentos, o menor GDP observado implicou também na menor eficiência alimentar dos animais do tratamento CA0, considerando os 81 dias de confinamento (tabela 8). Esse fato mostra que o caroço de algodão pode ser empregado em dietas de alto concentrado para bovinos de corte, na proporção de

até 20% da matéria seca, com bons resultados sobre o desempenho dos animais, desde que observada a qualidade das sementes.

No tratamento CA10, a característica GDP apresentou apenas comportamento linear, descrito pela equação de regressão $GDP=1,643 - 0,0054D$ ($R^2=0,09$; $P=0,046$; $CV=16,4\%$), onde D corresponde aos dias de confinamento. Já nos tratamentos CA0 e CA20H, foi observado comportamento quadrático, descrito respectivamente pelas equações de regressão: $GDP= -0,197 + 0,0726D - 0,00076D^2$ ($R^2=0,52$; $P<0,0001$; $CV=21,9\%$) e $GDP=1,065 + 0,0243D - 0,0003D^2$ ($R^2=0,45$; $P=0,05$; $CV=14,8\%$). No tratamento CA20, não foi encontrado efeito linear ($P=0,074$), nem quadrático ($P=0,66$).

Foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos para EA, com menor valor médio ($P=0,008$) para os animais do grupo controle (CA0), quando comparados aos que receberam dietas contendo caroço de algodão, que não diferiram entre si (tabela 8). Esses resultados discordam dos encontrados por Aferri et al. (2005); Archibeque et al. (2005); Cranston et al. (2006); Huerta-Leidenz et al. (1991); Moletta (1999), que não observaram diferença quanto à EA ao trabalharem com bovinos alimentados com dietas contendo ou não caroço de algodão. Também foi encontrado efeito de tempo ($P<0,0001$), com diminuição da EA no decorrer do período de confinamento, conforme demonstrado na figura 8.

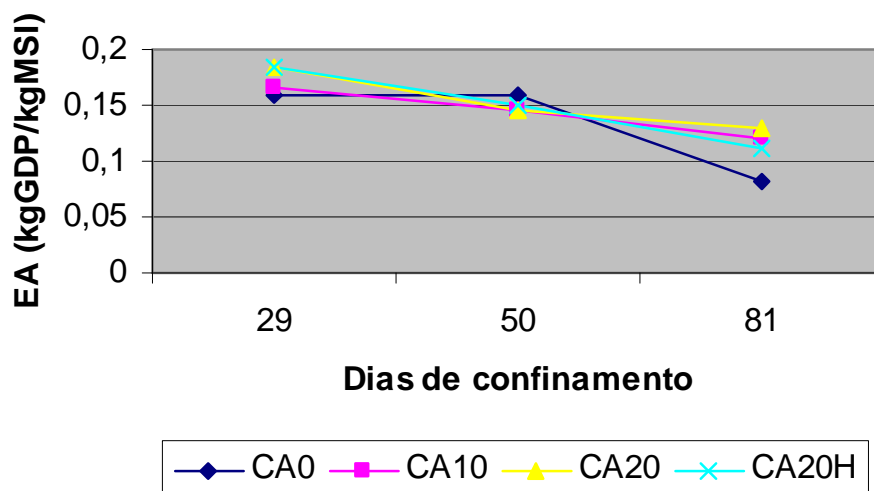


Figura 8 – Eficiência alimentar (EA), expresso em quilos GDP/kg MSI, de novilhos nelore confinados, de acordo com o tratamento e dias de confinamento.

Foi observado efeito quadrático para CA0, descrito pela equação de regressão $EA(CA0)=0,158 + 0,001D - 0,00005D^2$ ($R^2=0,45$; $P=0,006$; $CV=23,38\%$).

Para os demais tratamentos, foi verificado efeito linear, descrito pela equação de regressão $EA=0,172 - 0,001D$ ($R^2=0,34$; $P<0,0001$; $CV=16,35\%$), onde D significa dias de confinamento.

A menor eficiência alimentar observada em todos os tratamentos ao longo do confinamento, e principalmente no último período (dos 51 aos 81 dias), pode ser explicada pelo menor GDP dos animais em relação à quantidade de matéria seca ingerida. Segundo Barbosa (1999), existe um ponto na curva de crescimento dos bovinos que ocorre um pouco antes da puberdade, onde o GDP é máximo. Esse ponto pode ser útil na determinação do peso e idade de abate para a obtenção de maior eficiência na utilização dos alimentos, uma vez que os animais vão se tornando menos eficientes a partir deste ponto, com o aumento da idade.

De acordo com o NRC (1996), quando a energia da dieta não limita o crescimento dos animais, o percentual de gordura corporal aumenta com o aumento do peso corporal e do GDP, principalmente quando estes ultrapassam, respectivamente, 350kg e 0,8kg. Segundo Lanna (1997), o ganho de peso na forma de músculo é cerca de quatro vezes mais eficiente que na forma de tecido adiposo. Portanto, animais adultos possuem maior porcentagem de tecido adiposo, sendo menos eficientes em ganhar peso que animais jovens. Como a faixa etária média dos novilhos deste experimento foi de 28 meses, possivelmente a piora da eficiência alimentar observada no decorrer do confinamento foi devida a maiores taxas de deposição de gordura corporal.

Embora contendo 80% de concentrado, todas as dietas experimentais apresentaram níveis de fibra bem acima do mínimo recomendado para ruminantes (tabela 6), em função da utilização de ingredientes, como a casca de soja peletizada e o caroço de algodão. Dietas ricas em fibra levam à produção de maior quantidade de ácido acético pela microbiota ruminal, em relação aos ácidos propiônico e butírico. Destes três ácidos graxos voláteis, o acético é o menos eficiente em fornecer energia ao animal (VAN SOEST, 1994). Esta pode ser uma provável explicação para a menor eficiência alimentar dos animais do tratamento CA0 frente aos demais, uma vez que o caroço de algodão, presente nas dietas CA10, CA20 e CA20H, apesar de também ser rico em fibra, possui menores teores de FDN e FDA e maiores teores de EE e NDT, quando comparado à casca de soja (apêndice B).

De acordo com Gibb et al. (2004), CMS elevados contribuem para melhorar a eficiência alimentar, devido ao aumento da quantidade de energia líquida acima da

manutenção que é disponibilizada para o ganho de peso. Entretanto, o alto consumo de dietas de terminação de menor digestibilidade, ou que forneçam menos energia, como parece ser o caso do tratamento CA0, é freqüentemente associado à piora da EA.

Salles et al. (2003) avaliaram os parâmetros ruminais de bovinos de corte recebendo dietas contendo 81% de concentrado (%MS) e 21% de caroço de algodão ou 5% de sais de cálcio de ácidos graxos. Os autores não encontraram diferenças entre os tratamentos para pH, concentração de ácidos graxos voláteis totais, percentagem de ácidos acético, propiônico e butírico, proporção de ácido acético em relação ao propiônico e concentração de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal. Concluíram que a dieta contendo caroço de algodão não ocasionou grandes alterações ruminais, nem queda no desempenho.

Segundo Ludovico e Mattos (1997), quantidades crescentes de caroço de algodão na dieta (0, 10, 20 e 30% da MS) de vacas mestiças provocaram aumento das proporções molares de ácido acético no rúmen, sendo que as de butírico tenderam a diminuir, enquanto as de propiônico permaneceram estáveis.

É pouco provável que tenha havido distúrbios digestivos nos animais durante o período experimental, como acidose metabólica subclínica, que pudesse justificar o pior desempenho observado nos animais do tratamento CA0. Em nenhum dos animais de nenhum tratamento foi verificado diarreia e/ou perda de peso, ou abscesso hepático logo após o abate. Portanto, as diferenças observadas de desempenho parecem estar relacionadas aos diferentes tipos de dietas fornecidas aos animais.

4.2 Uréia, glicose e proteína total séricas

Na tabela 9 estão expressos os valores médios de glicose sérica, N-uréico no sangue e de proteína total sérica de novilhos Nelore confinados, obtidos na metade do período experimental.

Tabela 9 – Valores médios, mínimos e máximos, desvio-padrão (DP) e coeficiente de variação (CV; %) de glicose sérica e N-uréico no sangue (NUS), expressos em mg/dL e de proteína total sérica (g/dL) de novilhos Nelore confinados, obtidos na metade do período experimental.

Característica	Média	DP	Valor mínimo	Valor máximo
Glicose (mg/dL)	124,08	20,79	329	564
NUS (mg/dL)	27,81	5,23	5,34	12,45
Proteína total (g/dL)	8,04	0,67	1,52	2,92

Os resultados de nitrogênio uréico no sangue (NUS) e glicose sérica, ambos expressos em mg/dL e em função dos tratamentos, estão demonstrados na figura 9.

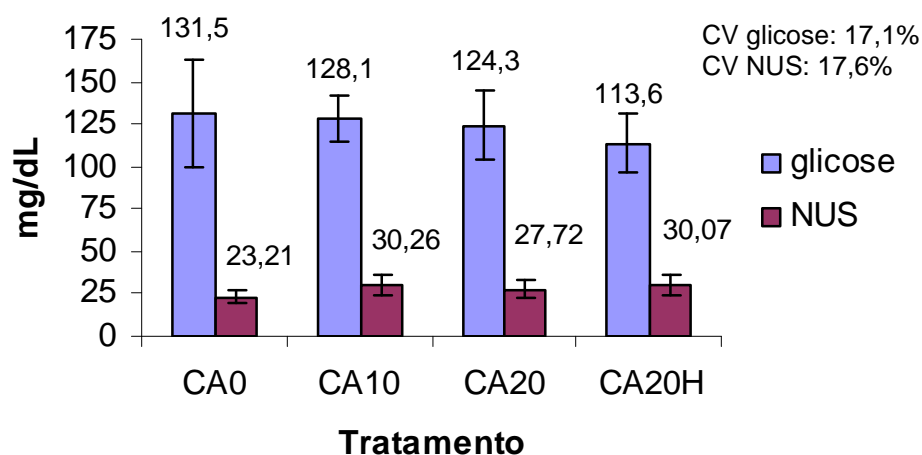


Figura 9– Valores de glicose sérica e nitrogênio uréico no sangue (NUS), expressos em mg/dL, de novilhos Nelore confinados, acordo com os tratamentos.

Foi encontrada diferença significativa ($P=0,004$) entre os tratamentos para N-uréico no sangue. As análises dos contrastes demonstrou que as concentrações de NUS foram influenciadas pela inclusão do caroço de algodão na ração (figura 9), sendo menor para CA0 em relação aos demais tratamentos contendo algodão

($P=0,0006$), que não diferiram entre si (CA10 x CA20/20H; $P=0,43$ e CA20 x CA20H; $P=0,25$).

Esses resultados concordam com os obtidos por Aferra et al. (2005), que encontraram valores mais altos de NUS ($P=0,01$) nos animais alimentados com dietas de alto concentrado contendo 21% de caroço de algodão (18,36mg/dL), em relação aos tratamentos controle (12,37mg/dL) ou com gordura protegida (11,94mg/dL), que não apresentaram diferença. Entretanto, Melo et al. (2007) não encontraram diferença na concentração de N-uréia no plasma de vacas leiteiras alimentadas com 0; 6,25; 12,5; 18,75 ou 25% de caroço de algodão na MS da dieta, cujo valor médio foi 12,99mg/dL.

Putrino (2002) avaliou novilhos das raças Nelore e Brangus confinados com rações contendo diferentes níveis de concentrado e encontrou valores de NUS de, respectivamente, 13,97 e 12,65mg/dL quando usou 80% de concentrado na dieta. Já com novilhos Nelore alimentados com dietas contendo 60% de concentrado composto de milho grão úmido ou seco, contendo ou não gordura protegida, Putrino (2006) encontrou valores de NUS variando de 15,8 a 18,7mg/dL, sem diferença significativa entre os tratamentos. Estes resultados foram bem inferiores aos observados neste experimento.

López, López e Stumpf Júnior (2004) encontraram valores de NUS superiores aos observados neste trabalho ao avaliarem vacas leiteiras alimentadas com dietas contendo PB entre 17,84 e 19,4% e NDT entre 70,24 e 73,34% (%MS), tendo como ingredientes o sebo, a gordura protegida ou grãos de soja. Os autores encontraram menor valor de NUS ($P<0,05$) para a dieta contendo grão de soja (48,44mg/dL) em relação às dietas contendo sebo (60,75mg/dL) ou gordura protegida (63,12mg/dL), que não apresentaram diferença. Horner et al. (1986) verificaram aumento da uréia plasmática com a adição de 15% de caroço de algodão na dieta de vacas leiteiras, enquanto que a concentração de glicose não foi alterada.

De acordo com Swenson (1996), os valores considerados normais para NUS em bovinos variam de 10 a 30mg/dL, sendo que a concentração plasmática de uréia é positivamente relacionada à ingestão de nitrogênio e influenciada pelo teor de proteína degradável e não degradável no rúmen (VALADARES et al., 1997). Portanto, a concentração de uréia no sangue reflete a utilização da proteína bruta dietética por ruminantes (BRODERICK; CLAYTON, 1997).

Thomson, Preston e Bartle (1995) verificaram elevação ($P < 0,05$) da concentração plasmática de N-uréia com aumento da porcentagem de PB da dieta, obtendo-se valores de, respectivamente, 4,45; 5,66; 6,61 e 8,60mg/dL para dietas com 10, 11, 12 e 13%PB oferecidas a novilhos. Esses resultados também foram bem inferiores aos encontrados neste trabalho, indicando provavelmente uma utilização mais eficiente dos carboidratos fermentáveis no rúmen para a síntese de proteína microbiana, ou inibição na atividade proteolítica microbiana nesses animais. Entretanto, não foi relatada na literatura consultada concentração plasmática de uréia a partir da qual se pudesse afirmar que estaria havendo perda de proteína, utilização ineficiente de N ou condição nutricional inadequada.

Neste sentido, Valadares et al. (1997) avaliaram novilhos zebus confinados com dietas contendo 45% de concentrado e 62,5% de NDT, com teores de PB variando de 7,0 a 14,5% e verificaram, por meio de análise de regressão, que a concentração plasmática de N-uréia entre 13,52 e 15,15mg/dL correspondeu à máxima eficiência microbiana, representando provavelmente, o limite a partir do qual estaria ocorrendo perda de proteína para esses animais. No experimento, os autores encontraram valores mínimos NUS de 6,57mg/dL no sangue dos animais que receberam dietas contendo 7% de PB e valores máximos de 20,54mg/dL, para os animais alimentados com as dietas contendo 14,5% de PB.

Neste trabalho, todos os tratamentos (CA0, CA10, CA20 e CA20H) apresentaram valores muito próximos de PB e PDR na formulação das rações (tabela 6), e em todos eles os animais excederam os limites de NUS considerados adequados por Valadares et al. (1997). Entretanto, apenas nos animais recebendo dietas contendo caroço de algodão os valores de NUS superaram 30mg/dL.

Segundo Russel et al. (1992); Melo et al. (2007), a concentração de uréia no plasma também está diretamente relacionada à eficiência e utilização do nitrogênio disponível aos microrganismos ruminais. Esta eficiência depende da sincronização da disponibilidade de proteína e energia para que as bactérias capturem a maior parte da amônia liberada no rúmen. Entretanto, em algumas situações, a taxa de liberação pode exceder a de captação, verificando-se o aumento de uréia e N-uréia no soro sanguíneo. Isso poderia explicar, em parte, os maiores valores de NUS observados nos animais que receberam dietas contendo caroço de algodão neste experimento.

Segundo Arieli (1998); Zinn e Plascencia (1993), a proteína do caroço de algodão possui alta degradabilidade (acima de 70%), proporcionando um aumento da quantidade de amônia ruminal. Essa degradação rápida pode ter prejudicado a otimização da fermentação ruminal, permitindo maior escape de nitrogênio para a corrente sangüínea, implicando no aumento do nível de uréia plasmática. Outra possibilidade seria o efeito tóxico dos ácidos graxos polinsaturados presentes no óleo do caroço de algodão sobre os microrganismos do rúmen, prejudicando a digestão da fibra e o metabolismo de N (JENKINS, 1993; LUGINBUHL; POORE; CONRAD, 2000), aumentando os valores de NUS.

Num experimento avaliando níveis de concentrado e diferentes processos de hidrólise de bagaço de cana, Lanna et al. (1998) encontraram valores mais baixos de uréia plasmática nos animais com alta proporção de concentrado na dieta. Segundo os autores, isso pode ser uma conseqüência da maior taxa de ganho de peso e, portanto, da maior deposição de proteína, ou ainda, do menor nível de amônia no rúmen devido a maior disponibilidade de substratos fermentáveis, demonstrando que o padrão de fermentação ruminal influencia os níveis plasmáticos de uréia. No entanto, assim como neste trabalho, os valores encontrados de uréia plasmática foram altos, variando entre 25 e 30mg/dL para animais recebendo dietas de alto e baixo concentrado, respectivamente.

Os valores séricos de glicose estão descritos na figura 9, onde não foi observada diferença entre os tratamentos ($P=0,22$). De acordo com Mendes et al. (2005), a produção de glicose nos ruminantes pode ser originada a partir do ácido propiônico durante a fermentação ruminal, ou da quantidade de amido sobrepassante, que é digerido no intestino delgado e aproveitado como fonte direta de glicose. Desta forma, a quantidade de carboidratos não estruturais presentes na dieta pode afetar diretamente os níveis de glicose sangüínea.

A concentração de glicose sérica em bovinos varia de 35,0 a 55,0mg/dL (BLOOD; RADOSTITS, 1991), ou segundo o Manual Merck de Veterinária (1997), de 42,1 a 74,5mg/dL. Portanto, os resultados encontrados neste experimento, embora sem diferença significativa entre os tratamentos, situam-se acima dos valores considerados normais.

Não era esperado efeito de tratamento sobre a concentração de glicose plasmática, uma vez que diversos mecanismos de economia de glicose pelo organismo dos ruminantes podem explicar a manutenção da glicemia dos animais

recebendo as diferentes dietas, mesmo com diferentes teores de óleo. Dentre os mecanismos pode-se citar a diminuição na oxidação da glicose para produzir NADPH necessário para a lipogênese “*de novo*”, devido à inibição da mesma no tecido adiposo frente ao aporte de lipídios; diminuição da oxidação da glicose para produção de ATP, que pode ser produzido a partir da oxidação dos ácidos graxos exógenos; possível aumento da gliconeogênese hepática, como consequência de uma menor concentração plasmática de insulina e um aumento da concentração do hormônio do crescimento e, finalmente, uma eventual resistência à insulina do organismo suplementado com lipídeos, que poderia contribuir para manter a glicemia (LÓPEZ; LÓPEZ; STUMPF JÚNIOR, 2004).

Na literatura, são escassas as citações sobre os níveis de glicose sangüínea em bovinos de corte. Em estudo realizado com vacas leiteiras em início de lactação, Elliott et al. (1993) observaram aumento no teor de glicose sangüínea com o fornecimento de suplementação lipídica. Entretanto, López, López e Stumpf Júnior (2004), avaliando vacas leiteiras alimentadas com dietas sem fonte de lipídios ou contendo sebo, gordura protegida ou grãos de soja, encontraram valores de glicose plasmática variando de 56,25 a 57,38mg/dL, sem diferença significativa entre os tratamentos. Esses valores foram bem inferiores aos encontrados neste experimento.

A grande amplitude de variação dos valores observados para a concentração sérica de glicose pode decorrer do exercício físico (MENDES et al., 2005) ou estresse (FRIEND; DELLMEIER; GBUR, 1985; MENDES et al., 2005) a que os animais são submetidos, com liberação de catecolaminas no momento da colheita de sangue. Essa condição de estresse foi observada neste experimento, onde muitos animais apresentaram-se bravios e bastante agitados no momento da colheita do sangue. Resultados semelhantes foram observados por Moraes et al. (2000), que avaliaram vacas de corte anelradas sob pastejo contínuo de *Brachiaria decumbens* e encontraram concentrações de glicose plasmática variando entre 70,3 e 124,8mg/d.

As concentrações séricas de proteína total, em g/dL, para os animais de todos os tratamentos estão demonstradas na figura 10.

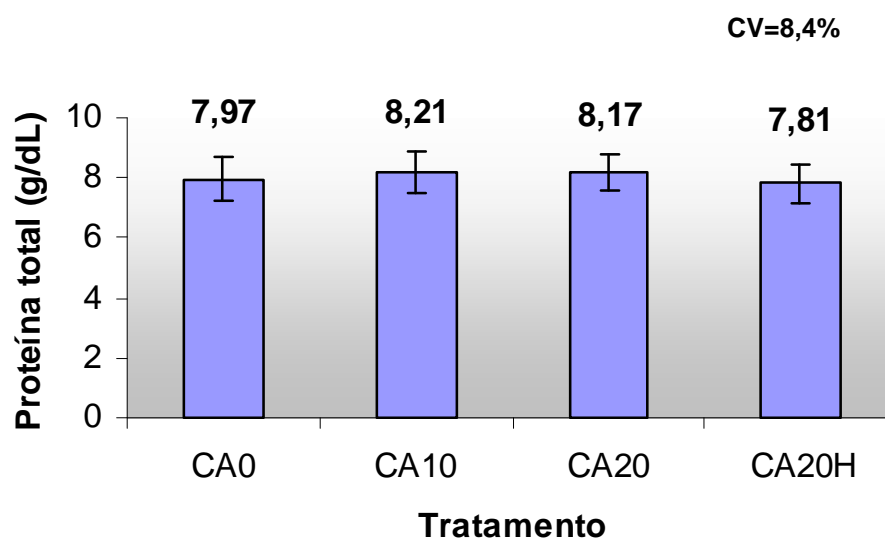


Figura 10 – Valores de proteína total sérica (g/dL) obtidos de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento.

Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para a concentração de proteína total no soro sanguíneo ($P=0,44$; $CV=8,4\%$) dos animais avaliados. Resultados semelhantes (6,87g/dL) foram encontrados por Canavessi et al. (2000) em bovinos da raça Nelore. Coppock et al. (1985) avaliaram vacas leiteiras e concluíram que as concentrações de glicose, uréia e proteína total plasmáticas não foram afetadas pela adição de até 15% de caroço de algodão na dieta. Esses resultados foram semelhantes aos observados por Belibasakis e Tsirgogianni (1995), que não encontraram diferença nas concentrações plasmáticas de glicose e proteína total de vacas leiteiras alimentadas com dietas contendo 20% de caroço de algodão e 13% de farelo de soja, ou 14% de farelo de algodão e 18,5% de farelo de soja.

Os valores encontrados de proteína total no soro sanguíneo situam-se dentro da amplitude normal de variação para bovinos, que é de 7,0 a 8,5g/dL (SWENSON, 1996), indicando que os animais deste experimento ingeriram quantidade adequada de proteína metabolizável para a manutenção dos níveis séricos. Indica também que não houve intoxicação causada pelo gossipol, uma vez que esta leva ao aumento da concentração sérica de proteína total acima dos valores considerados normais, fato não observado neste experimento.

4.3 Características da carcaça e da carne

Características como a área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, os pesos da carcaça quente e fria, da gordura renal e pélvica e do fígado possibilitam uma avaliação mais precisa da carcaça bovina. Nos animais vivos foram avaliadas, por ultra-som, as medidas da área de olho de lombo (AOLU) (figura 11) e da espessura de gordura subcutânea entre a 12^a e 13^a costelas (EGSU) e a espessura de gordura na picanha (EGPU) (figura 12), no 1^o, 29^o e 50^o dia do confinamento.

Segundo Silva (2002); Suguisawa et al. (2006), as correlações envolvendo AOLU e EGSU por ultra-sonografia e aquelas relacionadas às medidas da AOL e EGS da carcaça são sempre no mesmo sentido, indicando que ambas medem essencialmente o mesmo parâmetro, o que valida a utilização da técnica da ultra-sonografia para predição das características da carcaça.

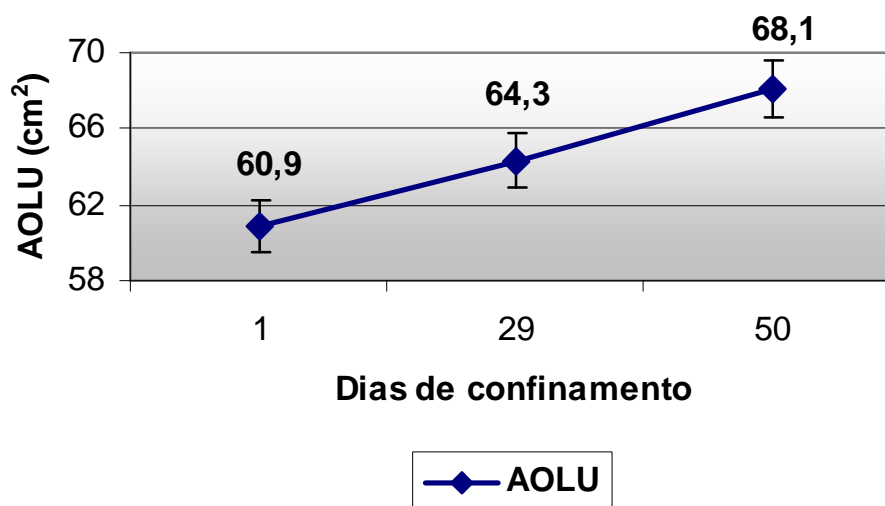


Figura 11– Medidas da área de olho de lombo (AOLU; cm²) do músculo *L. dorsi* de novilhos Nelore confinados, avaliadas por ultra-som no primeiro, 29 e 50 dias de confinamento.

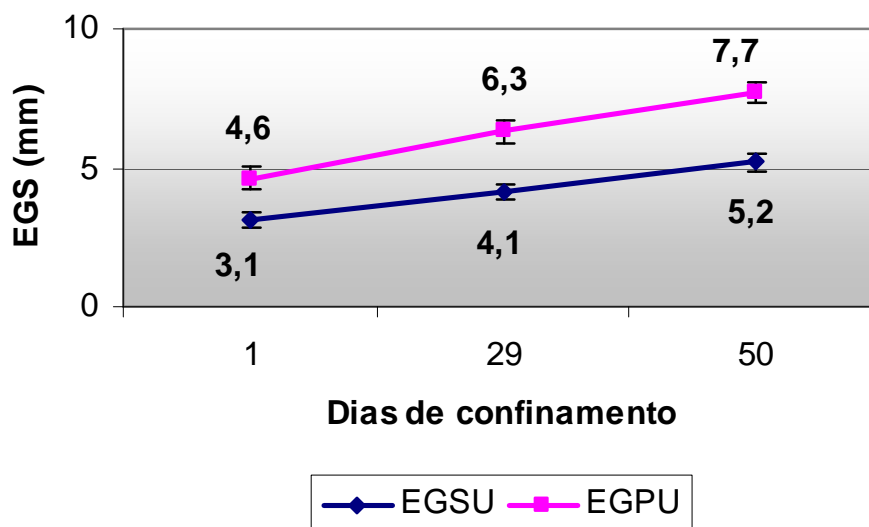


Figura 12– Medidas da espessura de gordura subcutânea (EGSU), avaliada entre a região da 12ª e 13ª costelas e na região da picanha (EGPU), em mm, de novilhos Nelore confinados, avaliadas por ultra-som no primeiro, 29 e 50 dias de confinamento.

Não foi observado efeito de tratamento, nem interação entre tempo e tratamento para as medidas de ultra-som, tanto para AOLU (Figura 11), quanto para EGSU e EGPU (Figura 12). Houve apenas efeito do tempo ($P < 0,0001$) de medida. As medidas da AOLU e da EGSU aumentaram de forma quadrática, cujas equações de regressão foram, respectivamente, $AOLU = 60,89 + 0,0824D + 0,00114D^2$ ($R^2 = 0,18$; $P = 0,002$) e $EGSU = 3,148 + 0,0259D + 0,00027D^2$ ($R^2 = 0,37$; $P = 0,03$). A medida de EGPU aumentou linearmente, sendo representada pela equação $EGPU = 4,612 + 0,0599D$ ($R^2 = 0,26$; $P < 0,0001$), onde D corresponde aos dias de confinamento. Resultados semelhantes foram observados por Aferri et al. (2005) ao trabalharem com novilhos mestiços alimentados com dietas de alto concentrado contendo 21% de caroço de algodão e por Silva (2002), com novilhos Nelore recebendo altos níveis de concentrado na ração.

Na tabela 10 estão expressos os valores médios das características quantitativas das carcaças dos animais utilizados neste experimento, avaliadas após o abate. Já na tabela 11, estão descritas as médias, coeficientes de variação (CV) e probabilidades (P) das características quantitativas das carcaças, onde não foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos. Os valores numéricos observados para todas as características foram muito próximos entre os tratamentos, indicando grande homogeneidade dos animais.

Tabela 10 - Valores médios, mínimos e máximos, com os respectivos desvios-padrão (DP) de peso (kg) da carcaça quente (PCQ) e fria (PCF), rendimento de carcaça (RC; %), área de olho de lombo (AOL; cm²), espessura de gordura subcutânea (EGS, mm), gordura renal e pélvica (GRP; kg) e peso do fígado (kg) de novilhos Nelore confinados.

Característica	Média	DP	Valor mínimo	Valor máximo
PCQ; kg	267,1	24,7	226,9	335,0
PCF; kg	263,8	24,4	223,3	330,7
RC;%	58,6	1,53	51,6	61,0
AOL; cm ²	67,6	7,37	52,0	88,0
EGS; mm	5,1	1,89	2,0	10,0
GRP; kg	11,4	2,06	7,48	16,0
Fígado; kg	5,06	0,56	4,05	6,27

Tabela 11 – Valores de peso (kg) da carcaça quente (PCQ) e fria (PCF), rendimento de carcaça (RC; %), área de olho de lombo (AOL; cm²), espessura de gordura subcutânea (EGS, mm), peso (kg) da gordura renal e pélvica (GRP) e do fígado, coeficientes de variação (CV; %) e probabilidades P, de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento.

Característica	Tratamento				CV (%)	P>F		
	CA0	CA10	CA20	CA20H		CA0 x demais	CA10 x CA20/20H	CA20 x CA20H
PCQ; kg	259,8	272,4	266,6	270,8	9,2	0,07	0,57	0,57
PCF; kg	258,9	267,7	262,5	266,9	9,2	0,25	0,62	0,53
RC; %	58,7	59,2	58,3	58,2	2,6	0,78	0,11	0,84
AOL; cm ²	68,5	68,6	67,0	66,2	10,9	0,63	0,42	0,78
EGS; mm	4,7	5,1	5,5	5,1	37,2	0,49	0,78	0,63
GRP; kg	10,5	12,1	11,4	11,8	18,1	0,13	0,56	0,69
Fígado; kg	4,9	5,1	5,1	5,1	11,9	0,17	0,93	0,98

O rendimento de carcaça entre os novilhos Nelore dos diversos tratamentos foi alto e homogêneo. Provavelmente isso ocorreu devido ao fato do abate não ter sido realizado em frigorífico comercial, onde a toaleta de carcaça é geralmente mais intensa. Resultados semelhantes foram observados por Archibeque et al. (2005); Aferri et al. (2005), que também não encontraram diferença significativa quanto às características de carcaça de novilhos alimentados com dietas de alto concentrado com ou sem caroço de algodão.

Cranston et al. (2006) avaliaram as características de carcaça de bovinos em terminação, alimentados com dietas com caroço de algodão em três experimentos. No primeiro, todas as dietas continham 10% de feno de alfafa como volumoso. O

caroço de algodão foi incluído na ração na proporção de 15,1% da MS e substituiu totalmente o farelo de algodão e parcialmente o milho floculado na dieta controle. Assim como observado neste experimento, a inclusão de caroço de algodão na ração não alterou o PCQ, AOL, EGS e a quantidade de gordura renal e pélvica, mas reduziu o rendimento de carcaça dos animais. De acordo com os autores, isso ocorreu devido ao maior conteúdo intestinal proporcionado pelos maiores teores de FDN da dieta, ocasionando maior peso das vísceras nos animais deste tratamento.

No segundo experimento, o caroço de algodão integral foi incluído na proporção de 15,36% da MS, substituindo totalmente o volumoso (feno de alfafa e casca de algodão) e o farelo de algodão na dieta controle, sem alterar as características de carcaça. No último experimento, os animais foram alimentados com rolão de milho e 15% de caroço de algodão sem línter ou 25% de caroço de algodão peletizado como fonte protéica da dieta, sem causar diferença quanto às características de carcaça, com os resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho.

Moletta (1999) também não encontrou diferença no rendimento de carcaça de animais mestiços Canchim tratados com soja ou caroço de algodão quando ambos foram fornecidos na proporção de 20% do concentrado. Da mesma forma, Paulino et al. (2002) não encontraram diferença quanto ao rendimento de carcaça e PCQ com animais alimentados com grão de soja ou caroço de algodão em suplementos balanceados para 20% de PB na matéria natural. Resultados semelhantes foram obtidos por Prado et al. (1995) ao avaliarem novilhos Nelore confinados com dietas contendo 15% ou 30% de caroço de algodão associado à cana-de-açúcar ou capim elefante, sem encontrarem diferenças quanto às características de carcaça.

De acordo com Aferri (2003), Cranston et al. (2006), Medeiros et al. (2005b), Moletta (1999), Paulino et al. (2002), Prado et al. (1995), a inclusão de caroço de algodão na ração não afetou as características de carcaça de bovinos de corte. Esses resultados são condizentes com os encontrados neste experimento, onde não foram observadas diferenças nas características de carcaça dos animais alimentados com dietas contendo 80% de concentrado e até 20% de caroço de algodão aquecido ou não (tabela 11).

Entretanto, Page et al. (1997), avaliando novilhos Brangus alimentados com 30% de caroço de algodão, encontraram aumento do peso do fígado e da gordura renal, pélvica e cardíaca, diferente do que foi observado neste trabalho. Segundo os

autores, a adição de caroço de algodão na dieta aumentou a deposição de gordura corporal dos animais, uma vez que o aumento na EGS não foi acompanhado por aumento na AOL. Já Huerta-Leidenz et al. (1991), estudando bovinos mestiços Hereford-Angus alimentados com dietas contendo caroço de algodão em níveis de 0%, 15% e 30% não encontraram diferença quanto a EGS, mas observaram redução significativa do PCQ e da AOL ao nível de inclusão de 30%.

Neste experimento, foram encontradas correlações médias e positivas entre AOL e PCQ ($r=0,42$; $P<0,01$), AOL e PCF ($r=0,42$; $P<0,01$) e entre AOL e peso da carcaça em arrobas ($r=0,42$; $P<0,01$), indicando que quanto maior o peso da carcaça, maior a AOL. Esses resultados foram semelhantes aos relatados por Owens e Gardner (2000), que em revisão de literatura encontraram relação direta entre peso de carcaça e AOL em bovinos, e relação inversa entre peso de carcaça e quantidade de gordura renal, pélvica e cardíaca.

De acordo com Luchiari Filho (2000), a AOL e EGS, avaliadas na altura da 12ª costela dos bovinos devem se situar, respectivamente, entre 29cm^2 e entre 2,0 e 2,5mm para cada 100kg de carcaça. Portanto, os valores encontrados neste experimento para essas características ficaram próximos do mínimo necessário, indicando que os animais produziram carcaças de boa qualidade. Em relação à AOL e EGS, não foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos (tabela 11).

A gordura renal e pélvica, expressa na forma de peso ou porcentagem da carcaça tem sido utilizada como indicador do rendimento dos cortes cárneos com um coeficiente de correlação negativo (LUCIARI FILHO, 2000; OWENS; GARDNER, 2000). Neste trabalho foi encontrada correlação negativa ($r=-0,36$; $P=0,012$) entre a quantidade de gordura renal e pélvica e rendimento de carcaça, que embora baixa, indica que houve diminuição do rendimento de carcaça com o aumento da quantidade de gordura renal e pélvica. Como não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para as características de carcaça, pode-se concluir que, nas condições deste experimento, elas não foram influenciadas pelos diferentes níveis de caroço de algodão usados na dieta.

Na tabela 12 estão expressos os valores médios das características qualitativas das carcaças dos animais utilizados neste experimento.

Tabela 12 - Valores médios, mínimos e máximos, com os respectivos desvios-padrão (DP) de pH 1 e 24 horas após o abate e de temperatura 1 e 24 horas (T1h e T 24h) após o abate, observados na carcaça de novilhos Nelore confinados.

Característica	Média	DP	Valor mínimo	Valor máximo
pH 1h	6,62	0,24	6,16	7,48
pH 24h	5,33	0,18	5,16	5,98
T1h; °C	35,63	2,09	31,0	39,2
T24h; °C	6,22	0,86	4,6	9,0

As médias, os coeficientes de variação (CV) e as probabilidades (P) das características qualitativas das carcaças, em função dos tratamentos, estão descritas na tabela 13.

Tabela 13 - Valores de pH 1 e 24 horas, de temperatura 1 e 24 horas (T 1h e T 24h) após o abate, coeficientes de variação (CV; %) e probabilidades P, observados na carcaça de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento.

Característica	Tratamento				CV (%)	P>F		
	CA0	CA10	CA20	CA20H		CA0 x demais	CA10 x CA20/20H	CA20 x CA20H
pH 1h	6,73	6,63	6,58	6,56	3,6	0,10	0,51	0,77
pH 24h	5,32	5,29	5,31	5,38	1,9	0,83	0,13	0,10
T 1h; °C	34,42	35,87	36,25	35,75	5,7	0,04	0,86	0,54
T 24h; °C	5,45	6,37	6,44	6,54	10,3	<0,0001	0,61	0,71

Os valores de pH, tanto na primeira hora, como 24 horas após o abate não foram significativamente diferentes entre os tratamentos (tabela 13). O pH observado uma hora após o abate foi ligeiramente menor (6,6 em média) que o considerado ideal, que deve variar entre 6,9 e 7,2 (GEAY et al., 2001; PARDI et al., 1995; ROÇA, 2005). Os valores de pH na 24^a hora *post mortem* também ficaram um pouco aquém do esperado, que seria entre 5,5 e 5,8 (FELÍCIO, 1997; LUCHIARI FILHO, 2000).

Os valores de pH encontrados neste trabalho foram semelhantes aos descritos por Shackelford et al. (1991a), que avaliaram novilhas cruzadas 5/8 Brahman 3/8 Angus, com idade entre 15 e 17 meses e encontraram valores médios de pH 0, 3, 6, 9, 12 e 24 horas após os abates iguais a, respectivamente, 6,68; 5,82; 5,63; 5,51; 5,42 e 5,45. Abularach, Rocha e Felício (1998) avaliaram o pH no contra-filé de touros jovens Nelore 24 horas após o abate e encontraram valores entre 5,44 e 5,83. Pereira (2002), estudando novilhos Nelore alimentados com dietas de alto concentrado, encontrou valores de pH de 5,41 no *Longissimus dorsi*, 24 horas após o abate. Entretanto, Manço (2006) relatou valor de pH de 5,78 no contra-filé de novilhos Nelore 24 horas após o abate.

Uma provável causa para os valores mais baixos de pH na primeira hora *post mortem* pode ter sido o stress sofrido pelos animais imediatamente antes do abate, provocando rápida conversão do glicogênio muscular em ácido láctico, reduzindo o pH (NORMAN, 1982; PARDI et al., 1995). Já os valores mais baixos de pH observados 24 horas após o abate podem ter ocorrido também devido à temperatura mais elevada da câmara frigorífica, em razão do grande volume de carcaças armazenado nos dias do abate. Isso pode ter proporcionado temperatura mais elevada das carcaças, influenciando diretamente na redução dos valores de pH. Segundo Felício (1997), o ideal é que a carcaça apresente temperatura inferior a 5°C 24 horas após o abate.

De acordo com Pardi et al. (1995), a temperatura de armazenamento das carcaças exerce importante influência na velocidade de instalação do *rigor mortis*, sendo que quanto maior a temperatura, mais rápida ocorre a glicólise e queda do pH, possivelmente devido às condições que permitem a persistência das atividades enzimáticas (BYRNE; TROY; BUCKELY, 2000). No músculo bovino a 30°C, o pH cai de 7,0 para 5,5 após 15 horas; a 14°C essa queda ocorre após 22 horas e a 5°C, após 36 a 40 horas (CONTRERAS, 1993).

Todos os tratamentos apresentaram temperatura da carcaça superior a 5°C 24 horas após o abate (tabela 13), o que pode ter contribuído para os menores valores de pH encontrados. Entretanto, os valores de pH um pouco inferiores e a temperatura da carcaça levemente mais alta que o recomendado não chegou a comprometer a qualidade da carne produzida, conforme verificado nas avaliações da força de cisalhamento e das perdas totais no cozimento, que correspondem às perdas por drenagem e evaporação durante o processo de cozimento da carne.

Foi encontrada diferença entre os tratamentos para temperatura da carcaça uma hora e 24 horas após o abate (tabela 13). A temperatura mais baixa das carcaças dos animais do tratamento CA0, tanto uma hora ($P=0,04$), quanto 24 horas após o abate ($P<0,0001$), provavelmente foi devido ao momento em que ocorreu o abate desses animais, feito em seqüência e logo no início do processo, em função da colheita de dados para outro experimento paralelo. Desta forma, as carcaças do tratamento CA0 foram as primeiras a ser acondicionadas na câmara frigorífica, ainda mais vazia e capaz de resfriar a temperaturas mais baixas e de maneira mais rápida.

Características como PCQ e EGS, que interferem diretamente na queda de temperatura durante o *post mortem* não diferiram entre os tratamentos. De acordo

com Felício (1997); Geay et al. (2001); Luchiari Filho (2000), a gordura de cobertura pode afetar diretamente a velocidade de resfriamento da carcaça, comportando-se como isolante térmico e interferindo no processo de conversão do músculo em carne. Embora sem diferença significativa, a EGS dos animais pertencentes aos tratamentos contendo caroço de algodão foi numericamente superior à dos animais do grupo controle. De certa forma, esta diferença também pode ter contribuído para a maior temperatura das carcaças observada 24 horas após o abate para os animais dos tratamentos contendo caroço de algodão na dieta.

Manço (2002), comparando características de carcaça de animais Nelore abatidos em três idades diferentes, encontrou correlação positiva de 0,67 ($P < 0,01$) entre peso de carcaça quente e temperatura da carcaça 24 horas após o abate. Este efeito também foi verificado neste experimento, onde foi encontrada correlação positiva (0,43; $P < 0,01$) entre PCQ e temperatura da carcaça 24 horas *post mortem*, demonstrando o efeito do peso sobre a temperatura final da carcaça.

Na tabela 14 estão expressos os valores médios de matéria seca, extrato etéreo, perdas totais no cozimento e da força de cisalhamento do *Longissimus dorsi* dos animais utilizados neste experimento. Já as médias, os coeficientes de variação (CV) e as probabilidades (P) dessas características, de acordo com os tratamentos, estão descritas na tabela 15.

Tabela 14 – Valores médios, mínimos e máximos, com os respectivos desvios-padrão (DP), de matéria seca (MS), extrato etéreo (EE; %MS e % matéria natural - MN), perdas totais no cozimento (PTC; %) e força de cisalhamento (FC; kg) do músculo *L. dorsi* de novilhos Nelore confinados.

Característica	Média	DP	Valor mínimo	Valor máximo
MS carne; %	26,5	0,95	25,01	29,49
EE carne; %MS	14,9	3,10	11,13	25,63
EE carne; %MN	3,97	0,96	2,85	7,17
PTC; %	15,8	4,90	7,95	32,18
FC; kg	3,9	1,23	1,90	7,82

Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para porcentagem de MS e EE, avaliadas no *Longissimus dorsi* (tabela 15). Resultado semelhante foi observado por Putrino (2006), que encontrou respectivamente, 24,69% e 3,46% de MS e EE no contra-filé de novilhos Nelore recebendo dietas de alto concentrado. Pereira (2002), estudando novilhos Nelore alimentados com até 85% de concentrado, também encontrou resultados de MS semelhantes ao deste

trabalho (28%), entretanto, os valores de EE foram bem superiores, variando entre 9% e 13%, ambos avaliados no contra-filé.

Tabela 15 – Valores de matéria seca (MS; %), extrato etéreo (EE; % matéria natural - MN), de perdas totais no cozimento (PTC 7 e PTC14; %) e força de cisalhamento (FC 7 e FC14; kg) aos 7 e 14 dias, coeficientes de variação (CV; %) e probabilidades P, do contra-filé de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento.

Característica	Tratamento				CV (%)	P>F		
	CA0	CA10	CA20	CA20H		CA0 x demais	CA10 x CA20/20H	CA20 x CA20H
MS carne; %	26,3	26,3	26,8	26,4	3,7	0,46	0,45	0,33
EE carne; %MN	4,17	3,71	4,28	3,78	24,9	0,47	0,37	0,22
PTC 7 dias; %	17,69	18,06	16,16	16,96	16,2	0,27	0,14	0,48
PTC 14 dias; %	13,23	14,38	14,03	16,58	27,8	0,22	0,52	0,13
FC 7 dias; kg	4,75	4,32	4,22	4,64	19,1	0,17	0,72	0,24
FC 14 dias; kg	3,10	3,61	3,12	3,56	27,5	0,31	0,41	0,25

Os resultados de EE deste trabalho também foram semelhantes aos observados por French et al. (2000) no contra-filé de novilhos cruzados alimentados com várias proporções de concentrado, cujo valor médio foi 4,07%. Entretanto, foram mais elevados do que os obtidos por Rusman et al. (2003) no contra-filé (2,77%) e no coxão duro (1,79%) de bovinos de corte.

Num estudo com novilhos Nelore, Manço (2006) encontrou valores de MS e EE na carne de 24,92% e 1,34%, e de 25,26% e 1,54% para animais com 24 e 36 meses de idade, respectivamente. Torres et al. (2000) avaliaram alimentos de origem animal, dentre eles a carne bovina e encontraram 12,8% de gordura, valor bem superior aos encontrados neste experimento. Abularach, Rocha e Felício (1998) trabalharam com tourinhos Nelore alimentados com dieta contendo 20% de concentrado e encontraram valores de MS e EE de, respectivamente, 24,35% e 1,71% no *Longissimus dorsi* maturado por sete dias. Segundo Felício (2000), há variação de 1,5% a 3,5% de lipídios intramusculares em contra-filé de zebuínos, sendo que os valores de 2,5% a 3,5% são característicos de machos castrados e fêmeas, ambos terminados em confinamento.

De acordo com Geay et al. (2001), enquanto a composição química dos músculos é relativamente constante (cerca de 75% de água, 19 a 25% de proteínas e 1 a 2% de minerais e carboidratos), a da carne é altamente variável, especialmente quanto aos lipídios. Isso se deve ao tipo de corte avaliado, que pode

conter em sua composição diferentes quantidades de gordura intermuscular e subcutânea.

A grande variabilidade observada nos valores encontrados de EE da carne pode estar relacionada à quantidade de gordura intramuscular, que interfere diretamente na quantidade de extrato etéreo ou lipídeos totais. A quantidade de gordura intramuscular não deve ser confundida com a quantidade total de lipídeos ou extrato etéreo. A quantidade de lipídeos totais compreende a quantidade de gordura intramuscular, de vitaminas lipossolúveis e gotículas de gordura presentes no espaço intracelular da célula muscular (MANÇO, 2006).

Outra explicação para esta variação observada pode estar relacionada ao método de amostragem para a determinação do extrato etéreo. Mesmo comparando os resultados obtidos de um mesmo músculo (*Longissimus dorsi*), amostras coletadas em diferentes locais dos bifes podem resultar em valores variados para a quantidade de extrato etéreo.

Embora não avaliada neste trabalho, a habilidade da carne de reter água durante a aplicação de forças externas, como aquecimento, pressão, corte ou trituração é chamada de capacidade de retenção de água. Entretanto, alguma perda de umidade normalmente ocorre, devido à fração da água presente no músculo sob a forma livre. Algumas propriedades físicas importantes da carne, como textura, suculência e maciez são parcialmente dependentes da capacidade de retenção de água (ABERLE et al, 2001; SAVELL; MUELLER; BAIRD, 2005), e de uma forma geral, a maior capacidade de retenção de água leva a menores perdas totais no cozimento.

Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para perdas totais no cozimento (PTC) aos sete e 14 dias de maturação (tabela 15), nem interação entre tempo e tratamento. Entretanto, houve efeito de tempo ($P < 0,01$), com menores valores observados aos 14 dias de maturação (figura 13). Esses resultados estão de acordo com Aferrri (2003) e Pereira (2002), que também não encontraram diferenças entre os tratamentos para PTC no *Longissimus dorsi* de bovinos mestiços e Nelore, respectivamente, alimentados com dietas de alto concentrado.

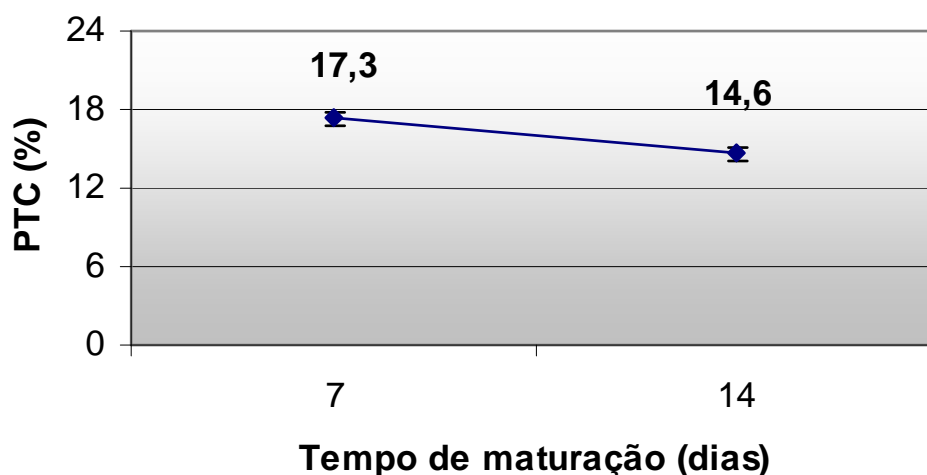


Figura 13 - Valores médios de perdas totais no cozimento (PTC; %), em relação ao tempo de maturação, em dias, do *Longissimus dorsi* de novilhos Nelore confinados.

Existe relação direta entre capacidade de retenção de água (CRA) da carne e maciez, sendo que carnes que apresentam menores perdas totais no cozimento são geralmente mais macias. A CRA depende da localização das moléculas de água no músculo, que podem estar ligadas às proteínas musculares, imobilizadas e sob a forma livre. Do total de água do músculo, cerca de 4 a 5% encontra-se na forma ligada (ABERLE et al., 2001).

Vários fatores *post mortem*, como produção de ácido láctico, perda de ATP, resolução do *rigor mortis* e alterações da estrutura celular associadas à atividade proteolítica enzimática podem afetar o número de grupos reativos nas proteínas musculares e sua CRA. Logo após o abate, com a queda do pH para valores próximos a 5,0, ocorre diminuição da CRA em função da desnaturação e perda da solubilidade protéica. A aproximação do ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares proporciona a formação de igual número de grupos carregados positiva e negativamente. Esses grupos atraem uns aos outros, sobrando poucos grupos capazes de atrair a água, reduzindo a CRA da carne (ABERLE et al, 2001; SAVELL; MUELLER; BAIRD, 2005).

Parte da CRA é recuperada durante a estocagem e maturação da carne, com a resolução do *rigor mortis*. A maturação aumenta a pressão osmótica do meio em consequência da degradação das proteínas a moléculas menores e a reorganização intramolecular destas proteínas é que determina as modificações em suas cargas elétricas (ABERLE et al, 2001; KOOHMARAIE, 1996; PARDI et al., 1995). Modifica-

se também a relação íon-proteína, devido à liberação constante pelas proteínas musculares de íons cálcio e sódio e absorção de íons potássio, a partir das 24 horas *post mortem* (OLIVEIRA; SOARES; ANTUNES, 1998; PARDI et al., 1995). Essas modificações simultâneas aumentam a CRA da carne e ajudam a explicar as menores PTC observadas na carne maturada por 14 dias (tabela 15), bem como a menor força de cisalhamento observada neste tempo de maturação (figura 14).

A medida da força de cisalhamento (FC), através do método de Warner-Bratzler, é uma das formas mais difundidas para se avaliar a maciez de um corte cárneo, pela sua alta correlação com os painéis sensoriais (SHACKELFORD; WHEELER; KOOHMARAIE, 1997). Não foi encontrada diferença significativa para FC entre os tratamentos, nem interação entre tempo e tratamento. Houve apenas efeito de tempo ($P < 0,0001$), com redução da FC de 7 para 14 dias de maturação, cujos valores médios foram de, respectivamente, $4,49 \pm 0,14\text{kg}$ e $3,35 \pm 0,14\text{kg}$ (figura 14).

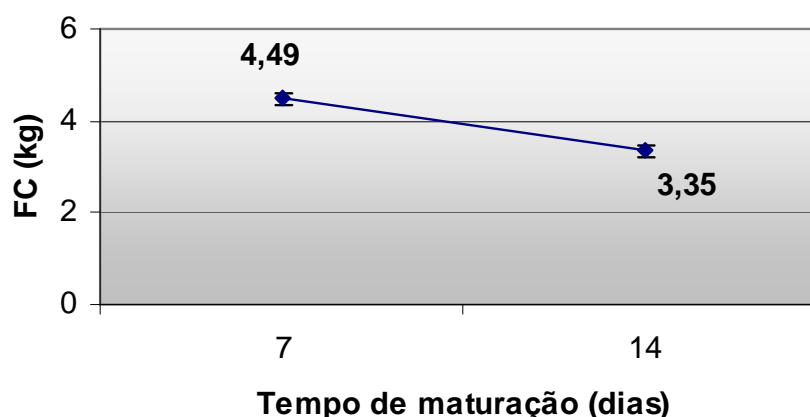


Figura 14 - Valores da força de cisalhamento (FC; kg) do *Longissimus dorsi* de novilhos Nelore confinados, em função do tempo de maturação (dias).

Resultados semelhantes ao deste experimento foram obtidos por Pereira (2002) ao avaliar o *Longissimus dorsi* de novilhos Nelore alimentados com dietas ricas em energia, onde foi observada redução linear da FC com o tempo de maturação de até 21 dias. Aferrri et al. (2005) também não encontraram diferença entre os tratamentos para FC aos 7 e 14 dias de maturação, avaliada no *Longissimus dorsi* de novilhos mestiços alimentados com dietas de alto concentrado, contendo caroço de algodão ou sais de cálcio de ácidos graxos. Os valores de FC

variaram de 3,0 a 2,5kg e de 2,54 a 2,0kg, para 7 e 14 dias de maturação, respectivamente, sendo inferiores aos observados neste trabalho.

Na literatura existem resultados contraditórios em relação ao tempo de maturação e maciez da carne de zebuínos. Manço (2006) não encontrou diferença entre 2 e 14 dias de maturação para a maciez da carne de novilhos Nelore com 2 e 3 anos de idade, diferente do que foi observado neste experimento, onde a carne maturada por 14 dias foi mais macia que a maturada por 7 dias.

Silva et al. (2005) avaliaram o contra-filé maturado por 7 dias de novilhos zebus e encontraram valores de 3,4kg e 23,4% para FC e PTC, respectivamente. Da mesma forma, Abularach, Rocha e Felício (1998) avaliaram o contra-filé de touros Nelore após 7 dias de maturação, alimentados com dietas contendo 20% de concentrado e encontraram 6,7kg para FC, valor bem superior ao verificado neste experimento. Restle et al. (2001) encontraram valores de FC de 5,99 e 6,24kg, para novilhos Charolês e 3/4Charolês1/4Nelore, respectivamente, sem diferença entre os grupos genéticos avaliados, ambos abatidos aos 36 meses de idade, após confinamento por 80 dias com dieta contendo 35% de concentrado.

Moletta e Restle (1996), Vaz et al. (2002) também estudaram a maciez do *Longissimus dorsi* não maturado de novilhos Nelore terminados a pasto ou confinados e encontraram valores para FC superiores a 9,2kg em ambos os tratamentos, caracterizando carne dura. Esses autores encontraram valores de PTC de, respectivamente, 27,48% e 30,72%, muito superiores aos observados neste trabalho. A ocorrência de maiores perdas totais durante o preparo da carne resulta em menor suculência, podendo ser uma das causas para os maiores valores de FC encontrados nesses trabalhos em relação aos observados neste experimento.

Vários fatores após o abate podem influenciar a maciez da carne, tais como: a velocidade de queda da temperatura (MAY et al., 1992) e pH da carne ou carcaça (RHEE et al., 2000; SHACKELFORD; WHEELER; KOOHMARAIE, 1999; WHIPPLE et al., 1990), pH final (PAGE; WULF; SCHWOTZER, 2001; WATANABE; DALY; DEVINE, 1996), atividade das enzimas do sistema calpaínas (FELÍCIO, 1998; SHACKELFORD et al., 1991b; SHACKELFORD et al., 1994; WHIPPLE et al., 1990) e tempo de maturação (KOOHMARAIE, 1996; TAYLOR et al., 1995). Além de todos esses fatores que podem interagir entre si, está o modo de preparo da carne pelo consumidor, resultando na maciez final do produto (KOOHMARAIE, 1996).

De acordo com May et al. (1992), a alimentação de bovinos com dietas ricas em energia diminuiu a força de cisalhamento, refletindo em maior maciez da carne. Sempre que o nível energético da ração excede as exigências mínimas para o desenvolvimento muscular, há acúmulo de gordura na carcaça. As carcaças com melhor acabamento tendem a apresentar maior teor de gordura intamuscular, que é depositada com maior intensidade na fase de engorda dos bovinos. A sua presença a olho nu (>4% de EE na matéria original) indica que o animal foi bem alimentado e deixa a carne mais macia, saborosa e suculenta (FELÍCIO, 1998). Embora não tenha sido avaliada a marmorização visível a olho nu no contra-filé dos animais deste trabalho, os valores de EE ficaram acima ou próximos dos 4% preconizados por Felício (1998).

A carne tropical é dura porque é proveniente de gado zebu produzido a pasto e porque nos matadouros-frigoríficos modernos, as carcaças são resfriadas muito rapidamente, causando o encurtamento dos sarcômeros e agravando sobremaneira a qualidade organoléptica (FELÍCIO, 2000). Entretanto, neste experimento, foram utilizados animais castrados e alimentados com dietas de alto concentrado, além de que as carcaças não foram resfriadas tão rapidamente. Esses fatores podem explicar, em parte, os baixos valores de força de cisalhamento encontrados no contra-filé maturado por 7 e 14 dias.

Segundo Belew et al. (2003), a carne é considerada muito macia quando a FC é inferior a 3,2kg; macia quando varia entre 3,2 e 3,9 kg; intermediária, quando varia entre 3,9 e 4,6kg e dura, quando a FC é superior a 4,6kg. Baseada nesta classificação, pode-se dizer que em média, a carne dos animais deste experimento foi classificada como intermediária após 7 dias de maturação (FC=4,49kg) e como macia, depois de maturada por 14 dias (FC=3,35kg). Entretanto, a metodologia Warner-Bratzler shear force apresenta grande variabilidade nos valores obtidos entre laboratórios (WHEELER et al., 1997), o que explica em parte a grande diferença observada nos valores de maciez entre os trabalhos.

4.4 Análise sensorial e do perfil de ácidos graxos da carne

Os valores médios, com os respectivos desvios-padrão, assim como os valores mínimos e máximos das características sensoriais avaliadas no contra-filé estão descritas na tabela 16.

Tabela 16 - Valores médios, mínimos e máximos, com os respectivos desvios-padrão (DP), do aroma característico e estranho, da textura, suculência e do sabor característico e estranho, avaliados no contra-filé de novilhos Nelore confinados.

Característica	Média	DP	Valor mínimo	Valor máximo
Aroma característico	4,65	1,58	1,0	8,0
Aroma estranho	2,34	1,82	1,0	8,0
Textura	3,84	1,87	1,0	8,0
Suculência	3,88	1,64	1,0	7,0
Sabor característico	4,74	1,52	1,0	8,0
Sabor estranho	2,66	1,81	1,0	8,0

Na tabela 17 estão descritas as médias, considerando a escala hedônica de 1 a 8, os coeficientes de variação (CV) e probabilidades (P) das características avaliadas na análise sensorial, em função dos tratamentos.

Tabela 17 – Valores atribuídos para aroma característico e estranho, textura, suculência, sabor característico e estranho, coeficientes de variação (CV; %) e probabilidades (P), avaliados no contra-filé de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento.

Característica	Tratamento				CV(%)	P>F
	CA0	CA10	CA20	CA20H		
Aroma característico	4,86	4,29	4,55	4,86	29,6	0,24
Aroma estranho	2,05 ^b	2,81 ^a	2,53 ^{ab}	1,97 ^b	59,7	0,03
Textura	4,19 ^a	3,69 ^{ab}	4,19 ^a	3,28 ^b	43,4	0,05
Suculência	4,08	3,88	3,55	4,0	36,4	0,41
Sabor característico	4,83	4,58	4,63	4,92	25,6	0,61
Sabor estranho	2,08	2,73	2,19	2,08	63,9	0,19

^{a, b} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de t (P<0,05).

Não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos para aroma característico, suculência, sabor característico e sabor estranho, nem interação entre provador e tratamento para nenhuma das características avaliadas. Os dados desta análise sensorial confirmam a descrição feita por Felício (2000) para a carne tropical. Segundo o autor, o sabor da carne grelhada de zebuínos criados no Brasil está mais

para intenso do que para brando, e a suculência é muito variável, mas em geral fica à meia distância entre seca e suculenta, em decorrência da falta de gordura intramuscular.

Para todas as características avaliadas, foi encontrada diferença entre os provadores ($P < 0,0001$). Na análise sensorial, é esperado que isso aconteça, entretanto não houve discrepância de notas dadas por um mesmo provador entre as quatro sessões de avaliação (repetições), indicando que eles foram capazes de repetir as notas, sem interação com o tratamento. Contudo, as notas conferidas às características avaliadas entre os provadores foram bem diferentes. Este comportamento também foi observado por Shibuya (2004) e por Wheeler, Shackelford e Koohmaraie (2004). Estes últimos autores avaliaram a acurácia e a repetibilidade de um painel sensorial composto por provadores não treinados, para detectarem diferenças de maciez no contra-filé de bovinos e encontraram 80% de repetibilidade na avaliação, porém com grande variação individual entre os julgadores.

Foi encontrada diferença entre os tratamentos apenas para aroma estranho ($P=0,03$) e textura ($P=0,05$) da carne (tabela 17). De acordo com Aberle et al. (2001); Norman (1982); Pardi et al. (1995), os fatores que afetam a textura da carne são CRA, quantidade de tecido conjuntivo, tipos de fibras e alterações *post mortem*. De maneira geral, os membros do painel sensorial classificaram a textura da carne como moderadamente (nota 3) a levemente dura (nota 4). Esses resultados conferem com os obtidos para a FC nos bifes maturados por sete dias (4,49kg), classificados como intermediários (entre macio e duro), segundo Belew et al. (2003). As maiores notas foram dadas para as carnes dos tratamentos CA0 e CA20 (4,19 para ambos), cuja textura não diferiu de CA10 (nota 3,69), mas foram mais macias que do CA20H (nota 3,28).

Para a característica aroma estranho, o tratamento CA10 recebeu a maior nota, diferindo de CA0 e CA20H, conforme demonstrado na tabela 17. De acordo com a discriminação da escala hedônica utilizada, esta característica foi classificada como extremamente fraca ou muito fraca em todos os tratamentos, indicando claramente que os bifes provados não apresentaram aroma desagradável. Além disso, os valores dos coeficientes de variação encontrados para aroma e sabor estranhos foram, respectivamente, 59,7% e 63,9%, que associados à baixa nota

média conferida, indicam que os provadores não conseguiram discriminar com exatidão essas duas características.

De acordo com Noble (1996), a interação entre sabor e aroma de um alimento na avaliação sensorial não pode ser removida nem com o painel rigorosamente treinado. Cada membro do painel sensorial avalia o alimento de forma diferente, em função da atenção seletiva dada aos diferentes atributos, preferências individuais e variações na sensibilidade individual. Isso explica, em parte, o alto coeficiente de variação observado para sabor e aroma do contra-filé avaliado neste experimento.

A interação entre sabor e aroma também foi verificada por Jenschke et al. (2007), ao tentarem identificar amostras de músculo *Rectus femoris* com sabor e aroma de fígado, utilizando painel sensorial treinado, que avaliou as amostras somente pelo aroma, ou pelo aroma e sabor. Os autores verificaram que os julgadores concordaram moderadamente quando avaliaram as amostras de carne exclusivamente pelo aroma, sendo que o grau de concordância na avaliação aumentou substancialmente quando esta foi baseada no aroma e sabor. Concluíram também que houve grande variação entre as notas dos julgadores e que seria necessário aumentar o número de amostras avaliadas para se obter maior confiabilidade nos resultados.

De acordo com Calkins e Hodgen (2007); Geay et al. (2001); MacLeod (1994); Mottram (1998), os precursores do sabor e aroma da carne são divididos em componentes solúveis em água (açúcares livres, nucleotídeos ligados aos açúcares, aminoácidos livres, peptídeos e outros compostos nitrogenados) e os lipídios. As principais reações que ocorrem durante o cozimento, resultando em aromas voláteis são as envolvidas na reação de Maillard entre aminoácidos, açúcares redutores e a degradação térmica de lipídios. O sabor e aroma de assado nos alimentos são usualmente associados à presença de compostos heterocíclicos, como pirazinas, tiazoles e oxazoles. Esses compostos aumentam com a severidade do tratamento térmico conferido à carne, podendo alterar o sabor e aroma.

Segundo Calkins e Hodgen (2007), a oxidação dos ácidos graxos linoléico e araquidônico durante o cozimento origina respectivamente, 9-hidroxi-peróxido e 11-hidroxi-peróxido, que podem formar 2,4-decadienal, 2-nonenal, hexanal e outros compostos importantes para a formação do sabor e aroma característicos da carne. Entretanto, quando em concentrações elevadas devido à oxidação do ácido linoléico, os compostos 2,4-decadienal e hexanal podem também produzir efeitos

indesejáveis no sabor e aroma da carne cozida. Esses produtos são encontrados usualmente em maiores concentrações na carne de animais alimentados com dietas ricas em grãos. Neste experimento, não foi verificada diferença entre as quatro sessões de avaliação para aroma característico e estranho e sabor característico e estranho, indicando que a maneira de grelhar os bifes foi uniforme, não influenciando a avaliação dos resultados dessas características.

Dietas ricas em energia melhoram o sabor e aroma da carne bovina (BOWLING et al., 1978; LARICK; TURNER, 1990; MELTON, 1990). Melton (1990) descreve os resultados da análise sensorial realizada por painel treinado, utilizando escala hedônica de 1 a 8 para sabor e aroma no contra-filé de bovinos alimentados com três dietas diferentes e ricas em energia, à base de silagem de milho, concentrado de milho ou silagem de alfafa, cujas notas foram 5,3; 5,7 e 5,0, respectivamente. Essas notas foram maiores que as observadas neste trabalho para sabor e aroma característicos. Entretanto, podem estar mais relacionadas à diferença existente entre os painéis do que propriamente das dietas oferecidas aos animais entre os experimentos.

May et al. (1992) avaliaram a palatabilidade do *Longissimus dorsi* de novilhos Angus x Hereford, com 9,78mm de EGS, alimentados com dietas de alto concentrado durante 84 dias e encontraram valores de, respectivamente, 5,13 e 4,81 para suculência e intensidade de sabor e aroma, utilizando escala descritiva de 8 pontos. As notas dadas para intensidade de sabor e aroma foram semelhantes às deste trabalho para sabor e aroma característicos, o mesmo não ocorrendo para suculência, cuja avaliação foi superior à deste experimento. Segundo Felício (1998), a suculência está positivamente associada ao acabamento, grau de marmorização e à análise sensorial. Provavelmente, a diferença de genótipos entre os trabalhos explica em parte essa diferença observada, uma vez que bovinos de origem britânica tendem a acumular mais gordura que os zebuínos.

Norman (1982) avaliou por painel treinado de provadores a maciez, suculência, sabor e aroma do contra-filé de tourinhos das raças Charolesa, Canchim, Nelore e Guzerá, com idade entre 24 e 27 meses, encontrando melhores resultados para as duas primeiras raças. Foi utilizada escala de proporção variando de 0 (melhor avaliação) a 100 (pior avaliação), onde as raças Nelore e Guzerá obtiveram classificação média de, respectivamente, 57,3 e 39,4 para maciez, 48,84 e 42,38 para suculência e 48,54 e 38,51 para sabor e aroma. Proporcionalmente, esses

resultados foram semelhantes aos encontrados neste experimento para textura, suculência, sabor e aroma característicos.

Manço (2006) avaliou por painel sensorial treinado, utilizando escala hedônica de 1 a 9, o contra-filé de novilhos Nelore com 2 e 3 anos de idade, maturado por 2, 14 e 49 dias e não encontrou influência do tempo de maturação sobre o aroma e sabor da carne. Entretanto, os bifes maturados por 49 dias foram mais macios e suculentos. Assim como observado neste experimento, foram baixas as médias das notas dadas pelo painel para aroma estranho (1,4) e sabor estranho (1,3), indicando carne desprovida desses atributos indesejáveis.

Segundo Wood et al. (2003), há indícios de que os ácidos graxos influenciem a maciez e a suculência da carne, mas essas características são muito mais afetadas pela quantidade total de ácidos graxos do que pelo efeito individual deles. Isso foi verificado neste experimento, uma vez que não houve diferença significativa entre os tratamentos para o teor de EE (tabela 15), para FC (figura 14), nem para avaliação sensorial da suculência do contra-filé (tabela 17).

Gibb et al. (2004) avaliaram os efeitos da inclusão de sementes de girassol ricas em ácido linoléico ou oléico, na proporção de 10,8% e 14% MS da dieta, sobre a palatabilidade do contra-filé de bovinos alimentados com rolão de milho ou cevada. Os autores concluíram que a adição das sementes de girassol não afetou as propriedades organolépticas da carne dos animais alimentados com cevada, enquanto que nas dietas à base de rolão de milho, a adição de sementes ricas em ácido oléico melhorou a maciez e suculência. Entretanto, não foi encontrada diferença para sabor e aroma, nem para sabor e aroma estranhos entre os tratamentos, semelhante aos resultados deste trabalho.

Calkins e Hodgen (2007), após analisarem sensorialmente sete músculos de 30 animais, em que três deles apresentaram alterações de sabor e aroma na maioria dos músculos avaliados, sugeriram a existência do “efeito animal” quanto à presença de sabor e aroma desagradáveis da carne. Segundo os autores, quando um animal apresenta essas alterações em um músculo, elas serão percebidas também em outros cortes da mesma carcaça. Após investigarem as prováveis causas, levantaram a hipótese de ser a dieta a principal responsável pelo sabor e aroma desagradáveis na carne. Entretanto, não se sabe ainda se todos os animais respondem da mesma maneira, se todos os músculos da carcaça são afetados, nem se há relação com a localização e função do músculo.

Na literatura especializada, são escassos os trabalhos envolvendo o caroço de algodão integral e características organolépticas da carne. Os resultados demonstrados nos trabalhos encontrados foram semelhantes aos deste experimento. Medeiros et al. (2005b) avaliaram o músculo *Longissimus dorsi* de bovinos mestiços de diferentes grupos genéticos recebendo dietas contendo ou não caroço de algodão, na proporção de 9,5% da MS e não encontraram diferença significativa em relação ao sabor da carne. Shibuya (2004), utilizando painel não treinado, também não encontrou diferença entre os tratamentos, quanto ao sabor e a aceitação global do contra-filé maturado por sete dias, de novilhos mestiços alimentados com dietas contendo gordura protegida ou caroço de algodão.

Pelos resultados encontrados e baseado na literatura consultada, pode-se concluir que, nas condições deste experimento, a inclusão do caroço de algodão de boa qualidade, na proporção de até 20% de MS da dieta, não causou rejeição da carne de novilhos Nelore confinados com dietas de alto concentrado. Entretanto, mais estudos são necessários, inclusive com outras formas de avaliação sensorial, uma vez que houve dificuldade do painel sensorial utilizado neste experimento, embora treinado, em diferenciar com precisão as características avaliadas.

O perfil de ácidos graxos dos lipídios do músculo *Longissimus dorsi* está descrito na tabela 18, onde não foi encontrada diferença entre os tratamentos para a maioria dos ácidos graxos analisados. Entretanto, o tratamento CA0 apresentou menor e maior concentração de, respectivamente, C18:2 *cis*-9, *cis*-12 (CA0 x demais; P=0,02) e C18:1 *cis*-9 (CA0 x demais; P=0,02) em relação aos tratamentos contendo caroço de algodão, que não diferiram entre si.

Como o C18:2 *cis*-9, *cis*-12 é um ácido graxo polinsaturado (AGPI) do grupo ômega-6 (ω -6 ou n-6) e o C18:1 *cis*-9 é um ácido graxo monoinsaturado (AGMI), os resultados encontrados podem explicar os menores valores totais de AGPI e de ácidos graxos ω -6 (ou n-6), a menor relação AGPI/AGS(ácidos graxos saturados) e os maiores valores totais de AGMI observados no tratamento CA0, em relação àqueles contendo caroço de algodão (tabela 19). Os valores totais de AGS, de ácidos graxos ω -3 (ou n-3) e das relações AGI/AGS, AGMI/AGS não diferiram entre os tratamentos.

Resultados semelhantes foram observados por Silva (2005), que avaliando o perfil de ácidos graxos do contra-filé de novilhos Nelore alimentados com dietas

contendo 60% de concentrado à base de milho grão seco ou úmido, encontrou maior porcentagem de AGPI para a dieta contendo milho grão úmido (3,27%). Segundo o autor, isso ocorreu devido à maior concentração de C18:2 *cis*-9, *cis*-12 e de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 observado neste tratamento, assim como ocorreu neste trabalho, onde foi observada maior concentração de C18:2 *cis*-9, *cis*-12 na carne dos animais alimentados com dietas contendo caroço de algodão .

Tabela 18 – Valores médios (%) e probabilidades P da concentração de ácidos graxos presentes na gordura do *Longissimus dorsi* de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento.

Ácidos graxos	Tratamento				P>F
	CA0	CA10	CA20	CA20H	
C10:0	0,08	0,10	0,12	0,09	0,38
C12:0	0,08	0,09	0,12	0,07	0,16
C12:1	0,01	0,02	0,02	0,03	0,34
C14:0	2,83	2,77	3,32	2,72	0,06
C15:0 <i>iso</i>	0,13	0,12	0,14	0,15	0,61
C16:0	25,96	24,52	26,36	24,93	0,06
C16:0 <i>iso</i>	0,09	0,12	0,12	0,16	0,37
C16:1 <i>cis</i> -9	3,85	3,24	3,13	3,25	0,08
C17:0	0,80	0,66	0,73	0,64	0,42
C17:0 <i>iso</i>	0,54	0,52	0,45	0,49	0,05
C18:0	13,03	13,32	13,64	14,0	0,46
C18:1 <i>cis</i> -9	38,68	36,22	34,81	36,18	0,02
C18:1 <i>cis</i> -11	0,96	1,01	0,83	0,72	0,83
C18:1 <i>cis</i> -12	0,23	0,21	0,18	0,54	0,17
C18:1 <i>cis</i> -13	0,03	0,05	0,06	0,09	0,62
C18:1 <i>cis</i> -15	0,02	0,04	0,02	0,03	0,79
C18:1 <i>trans</i> -6-9	0,23	0,05	0,01	0,12	0,45
C18:1 <i>trans</i> -10	0,43	1,56	0,18	0,17	0,50
C18:1 <i>trans</i> -11	1,14	1,29	2,90	1,54	0,006
C18:2 <i>trans</i> -11 <i>cis</i> -15	0,01	0,02	0,01	0,01	0,93
C18:1 <i>trans</i> -16	0,02	0,02	0,01	0,03	0,74
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12	6,43	8,91	8,33	8,93	0,02
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11(CLA)	0,40	0,52	0,41	0,48	0,45
C18:3 n-3	0,58	0,54	0,51	0,51	0,65
C20:1	0,003	0,09	0,01	0,02	0,19
C20:3	0,01	0,02	0,004	0,01	0,25
C20:4	0,08	0,09	0,11	0,08	0,66
C20:5	0,43	0,60	0,48	0,52	0,44
C22:0	0,01	0,004	0,05	0,001	0,48
C22:1	1,89	2,27	1,96	2,30	0,55
C22:5	0,35	0,21	0,28	0,27	0,92
C22:6	0,03	0,04	0,04	0,02	0,94
C24:0	0,45	0,61	0,46	0,63	0,17
C24:1	0,18	0,19	0,17	0,22	0,72

Segundo Di Marco, Barcellos e Costa (2007), a análise e interpretação do perfil de ácidos graxos da gordura da carne é complexa e multifatorial e os fatores que incidem nos mecanismos celulares que determinam a formação dos diferentes ácidos graxos, em relação à alimentação, genética e a idade do animal não estão determinados, nem quantificados. Portanto, a maioria dos estudos sobre os lipídios da carne simplesmente quantificam sua concentração, sem estabelecer uma relação de causa e efeito.

Neste experimento, os valores encontrados de AGS foram semelhantes, os de AGMI foram menores e os de AGPI foram superiores aos observados por Domingues (2006), Silva (2005) e Putrino (2006), que também trabalharam com novilhos Nelore. Entretanto, os valores totais de AGI foram semelhantes aos citados por estes autores. Nestes três ensaios, os animais foram alimentados com concentrado à base de milho. Provavelmente, as dietas utilizadas neste trabalho, contendo 80% de concentrado à base de casca de soja e caroço de algodão (rico em ácido linoléico) influenciaram positivamente a maior quantidade de AGPI observada no contra-filé dos animais avaliados.

Tabela 19 – Valores médios (%), coeficiente de variação (CV; %) e probabilidades P dos ácidos graxos e suas relações, avaliados no *L. dorsi* de novilhos Nelore confinados, de acordo com o tratamento.

Característica	Tratamento				CV (%)	P>F		
	CA0	CA10	CA20	CA20H		CA0 x demais	CA10 x CA20/20H	CA20 x CA20H
AGS ¹	44,0	42,72	45,51	43,88	5,6	0,81	0,09	0,30
AGMI ²	47,68	46,33	44,29	45,24	6,4	0,03	0,70	0,74
AGPI ³	8,32	10,95	10,17	10,83	29,3	0,01	0,24	0,54
AGI/AGS	1,27	1,34	1,20	1,28	10,1	0,16	0,23	0,58
AGMI/AGS	1,09	1,06	0,99	1,03	10,2	0,19	0,26	0,49
AGPI/AGS	0,17	0,27	0,21	0,24	31,2	0,03	0,13	0,44
ω -3 ⁴	1,40	1,41	1,32	1,33	36,9	0,41	0,45	0,81
ω -6 ⁵	6,52	9,02	8,44	9,02	33,5	0,01	0,41	0,48
ω -6/ ω -3	4,57	6,63	6,57	6,79	29,3	0,14	0,40	0,44

¹ AGS – ácidos graxos saturados; ² AGMI – ácidos graxos monoinsaturados; ³ AGPI – ácidos graxos polinsaturados; ⁴ ω -3 – ácidos graxos ômega-3 (soma de C18:2t11c15, C18:3; C20:5, C22:5 e C22:6); ⁵ ω -6 – ácidos graxos ômega-6 (soma de C18:2c9c12, C20:3 e C20:4)

Embora inferior aos valores encontrados neste trabalho, Huerta-Leidenz et al. (1991) também verificaram alta concentração de ácido linoléico (4,61%) e de AGPI (5,05%) em novilhos Hereford alimentados com dietas contendo 30% de caroço de

algodão durante 56 dias de confinamento, só que na gordura perirenal. Segundo os autores, alterações no conteúdo de AGPI no tecido adiposo de bovinos têm sucesso limitado, em função da biohidrogenação ruminal. Entretanto, em dietas contendo altos níveis de caroço de algodão, um aumento de AGPI nos tecidos é esperado, uma vez que o ácido linoléico constitui mais da metade dos ácidos graxos do óleo do algodão.

Existe a suspeita de que o consumo dos ácidos graxos da carne, como o palmítico (C16:0) e o mirístico (C14:0) aumente, enquanto o consumo de AGMI (C18:1) diminua a quantidade de LDL-colesterol no plasma, sem afetar o HDL-colesterol. Já os ácidos esteárico (C18:0) e linoléico (C18:2) seriam neutros. Por outro lado, é recomendado que a dieta humana contenha certa quantidade de AGPI, cuja concentração na gordura da carne é muito baixa (1 a 3%) (DI MARCO; BARCELLOS; COSTA, 2007). Segundo os autores, os AGMI também têm efeitos semelhantes aos de alguns AGPI na redução do nível de colesterol sanguíneo, sendo encontrados em grande quantidade nos lipídios da carne (45 a 50%). Pelos resultados encontrados neste trabalho, a inclusão do caroço de algodão na dieta de bovinos de corte confinados não alterou as concentrações de C16:0 (CA0 x demais; P=0,25) e C14:0 (CA0 x demais; P=0,14), mas elevou as concentrações de C18:2*cis*-9, *cis*-12 e diminuiu as de C18:1 *cis*-9 na carne dos animais.

As concentrações médias de AGPI (9,83%) encontradas neste trabalho foram superiores, enquanto as de AGMI (45,9%) foram semelhantes às citados por Di Marco, Barcellos e Costa (2007) para carne bovina. Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (2003), avaliando o *Longissimus dorsi* de machos Nelore encontraram valores de AGS, AGMI e AGPI de, respectivamente, 49,2%, 39,6% e 11,2%, sendo que sete ácidos graxos compuseram 87% do total de ácidos graxos, fato também verificado neste experimento com os ácidos graxos C14:0; C16:0; C16:1*cis*-9; C18:0; C18:1 *cis*-9; C18:1*trans*-11 e C18:2*cis*-9, *cis*-12. Em geral, animais com menores taxas de deposição de gordura intramuscular apresentam um perfil de ácidos graxos mais polinsaturado, em razão da gordura de marmorização ser constituída basicamente de AGS e AGMI, enquanto que os AGPI são quase exclusivamente localizados nos fosfolípidos de membrana celular dos músculos (LARICK; TURNER, 1990; DUCKETT et al., 1993).

As elevadas concentrações de AGPI e de ácido linoléico encontradas em todos os tratamentos neste experimento indicam também que, provavelmente, boa

parte do ácido linoléico presente nas dietas escapou da biohidrogenação ruminal, sendo disponibilizado para absorção intestinal. De acordo com Keele, Rofler e Beyer (1989), o ácido linoléico é absorvido mais facilmente que os outros ácidos graxos. Estes autores estimaram a digestibilidade verdadeira, assumindo que não existe biohidrogenação no cólon, através da medida do desaparecimento entre duodeno e fezes e encontraram valores de 45%, 71%, 79% e 100%, respectivamente, para os ácidos graxos esteárico, palmítico, oléico e linoléico.

Os ácidos graxos ciclopropenóides (estercúlico e malvático) existentes no caroço de algodão inibem irreversivelmente a atividade da enzima Δ^9 -dessaturase, que atua na conversão dos ácidos graxos mirístico, palmítico e esteárico a Δ^9 -monoinsaturados (ARCHIBEQUE et al., 2005; PAGE et al., 1997; YANG et al., 1999). Desta forma, animais alimentados com caroço de algodão apresentariam um perfil de ácidos graxos mais saturado nos tecidos (YANG et al., 1999). Entretanto, esse efeito não foi observado neste trabalho, onde foi encontrado, em média, 56% de AGI no contra-filé dos animais tratados com caroço de algodão. Esse resultado é semelhante aos encontrados por Archibeque et al. (2005), Huerta-Leidenz (1991) e Page et al. (1997), sugerindo que o tipo e a concentração duodenal de ácidos graxos disponíveis para absorção sejam mais importantes do que a dessaturação endógena na modulação do perfil lipídico em bovinos (ARCHIBEQUE et al., 2005).

A enzima Δ^9 -dessaturase também é responsável pela formação de ácido linoléico conjugado (CLA) nos tecidos, a partir do ácido vacênico (C18:1 *trans*-11) originado da fermentação ruminal do ácido linoléico (MEDEIROS, 2003). Embora encontrada diferença ($P=0,006$) entre os tratamentos para o ácido vacênico no contra-filé dos animais (tabela 18), o tratamento CA0 não diferiu dos demais (CA0 x demais; $P=0,09$), havendo diferença apenas entre CA10 x CA20/20H ($P=0,05$) e CA20 x CA20H ($P=0,01$). Entretanto, o mesmo não ocorreu com o CLA, que não diferiu entre os tratamentos. Isso mostra que os animais que receberam as dietas contendo caroço de algodão não foram capazes de produzir maiores quantidades de CLA em relação aos do tratamento controle.

Segundo Medeiros (2003); Raes, De Smet e Demeyer (2004), o termo CLA se refere ao grupo de isômeros geométricos e posicionais do ácido linoléico, que possuem duplas ligações conjugadas. Eles são naturalmente encontrados em produtos alimentícios originados de ruminantes, como metabólitos do ácido linoléico

no rúmen, originados da lipólise e biohidrogenação. Os isômeros C18:2 *cis*-9, *trans*-11 e C18:2 *trans*-10, *cis*-12 são os mais abundantes. Atualmente, o CLA é reconhecido como o único ácido graxo anti-carcinogênico e anti-cancerígeno, capaz de evitar o surgimento do câncer e combatê-lo depois de instalado (MEDEIROS, 2003).

Não foi detectada, em nenhuma das amostras de carne, o isômero C18:2 *trans*-10, *cis*-12. Todo o CLA encontrado no *Longissimus dorsi* foi, portanto, o ácido rumênico (C18:2 *cis*-9, *trans*-11), cujos valores foram semelhantes aos observados por Domingues (2006) e Silva (2005), no contra-filé de novilhos Nelore alimentados com concentrado à base de milho; e por Medeiros et al. (2005a), avaliando bovinos mestiços alimentados com dietas contendo 9,5% de caroço de algodão. Assim como neste trabalho, Medeiros et al. (2005a) também não encontraram diferenças nos teores de CLA na gordura subcutânea do *Longissimus dorsi* de bovinos recebendo dietas contendo ou não caroço de algodão.

O conteúdo de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 encontrado neste trabalho está na faixa normal de variação para carne bovina, que é de 0,2 a 1,0% do total de ácidos graxos (RAES; DE SMET; DEMEYER, 2004). Níveis aumentados de CLA foram observados por French et al. (2000) em bovinos e ovinos alimentados com dietas ricas em ácido linolênico, ou com alto teor de concentrado rico em ácido linoléico. Esses resultados discordam dos encontrados neste trabalho, provavelmente em razão da grande quantidade de concentrado fornecida (80% da MS). Nesta situação, a biohidrogenação ocorre em menores taxas, permitindo que maiores quantidades de ácido linoléico chegue ao intestino delgado para absorção.

De acordo com Duckett (2002) e Wood et al. (2003), uma das formas de aumentar as concentrações de AGPI na carne é fornecer dietas ricas em concentrados, onde a biohidrogenação ruminal é menos efetiva, ou utilizar gordura protegida. Isso pode explicar em parte, a maior concentração de AGPI encontrada na carne dos animais deste experimento, quando comparado aos resultados verificados por Domingues (2006); Silva (2005) e Medeiros et al. (2005a).

Neste experimento, a relação AGPI/AGS encontrada (0,17 a 0,27) foi inferior à recomendada para uma dieta saudável, que deve ser superior a 0,4 (WOOD et al, 2003). Normalmente, as carnes possuem relação AGPI/AGS ao redor de 0,1 (GEAY et al., 2001), estando seu consumo relacionado a um desbalanço na ingestão de ácidos graxos. A relação AGPI/AGS encontrada neste trabalho foi superior às

verificadas por Silva (2005) (0,06 e 0,07) e Domingues (2006) (0,05 e 0,045) no contra-filé de novilhos Nelore. Entretanto, Silva et al. (2002) avaliaram novilhas cruzadas Simental ou Limousin com Nelore, confinadas por 80 dias com dietas contendo 50% de concentrado e encontraram relação AGPI/AGS entre 0,08 e 0,30.

Na avaliação dos lipídios da carne, é importante também considerar os AGPI do tipo ω -3, devido ao fato de exercerem algum tipo de proteção contra as enfermidades do coração, ao reduzirem o LDL-colesterol no plasma (DI MARCO; BARCELLOS; COSTA, 2007). Segundo Mandell et al. (1997), o total de ω -3 na carne é inferior a 1%, e somente aumenta para 2% em novilhos, quando alimentados com farinha de peixe. Neste experimento, não foi encontrada diferença entre os tratamentos para as concentrações totais dos ácidos graxos ω -3. Entretanto, os valores totais de ω -6 foram maiores na carne dos animais alimentados com caroço de algodão, sendo também muito superiores aos de ω -3 em todos os tratamentos, o que é característico de animais alimentados com dietas de alto concentrado (CALKINS; HODGEN, 2007).

Outro importante fator a ser considerado em relação ao perfil de ácidos graxos na nutrição humana é a relação ω -6/ ω -3, pela sua associação ao câncer e doenças coronarianas (GEAY et al., 2001; WOOD et al., 2003). A recomendação é que essa relação seja menor que 4 (WOOD et al., 2003), inferior aos valores encontrados neste experimento, que oscilaram entre 4,57 e 6,79. Entretanto, deve-se considerar que a carne é apenas um ingrediente de uma dieta humana saudável. Silva et al. (2002) encontraram relação ω -6/ ω -3 variando entre 1,0 e 6,3, enquanto Putrino (2006) verificou valor de 6,52, avaliando o contra-filé de bovinos mestiços e novilhos Nelore, respectivamente. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados neste trabalho.

Laborde et al. (2001) estudaram o perfil de ácidos graxos de novilhos Simental e Red Angus alimentados com dietas contendo 82% de concentrado à base de milho grão úmido. As somas de AGS encontradas foram 44,13% e 46,22%; de AGMI, 48,53% e 46,11%, e de AGPI, 5,51% e 6,20%. Já a relação AGPI/AGS foi de 0,13 e 0,13, enquanto a de ω -6/ ω -3 foi de 4,42 e 3,54, respectivamente, para as duas raças. Ambas as relações foram menores que as observadas neste experimento, provavelmente em função das maiores concentrações médias de AGPI (9,83%) e dentre eles, de C18:2 *cis*-9, *cis*-12 (8,05%) encontradas neste trabalho.

A relação AGPI/AGS diminui à medida que aumenta a porcentagem de gordura intramuscular, até um ponto em que há estabilização. Isso ocorre quando os animais permanecem mais tempo no confinamento e/ou ficam mais gordos (DE SMET; RAES; DEMEYER, 2004; DUCKETT, 2002). Com o tempo de confinamento e fornecimento de dietas de alto concentrado, há um aumento da porcentagem de gordura corporal, e conseqüentemente, da gordura de marmorização nos animais, que é composta de 44% de AGS, 45% de AGMI, 5% de ácidos graxos de cadeia ímpar e apenas 5% de AGPI (DUCKETT, 1993).

O perfil de ácidos graxos também influencia as características organolépticas da carne (GEAY et al., 2001; LARICK e TURNER, 1990; MACLEOD, 1994; MEDEIROS, 2003; MELTON, 1990; MOTTRAM, 1998; WOOD et al., 2003). O teor de ácido oléico foi positivamente relacionado à qualidade sensorial da carne (MELTON, 1990), enquanto o aumento de AGPI pode resultar em eventuais problemas de sabor e aroma, além da maior predisposição para rancificação, por serem mais susceptíveis à oxidação (CALKINS; HODGEN, 2007; WOOD et al., 2003).

Num trabalho avaliando o músculo *Rectus femoris* por meio de painel sensorial treinado, Jenschke et al. (2007) encontraram relação direta entre os ácidos graxos C16:1, C18:1 cis-7, C20:2(n-6) e C20:3 (n-6) e sabor e aroma de fígado. Em outro estudo, Jenschke et al. (2008) trabalharam com animais mestiços confinados por 139 dias com dietas de alto concentrado à base de rolão de milho, milho grão úmido e resíduos de destilaria, contendo níveis altos e baixos de alfafa, planta inteira de milho ou silagem de milho. Concluíram que o tipo e nível de inclusão de forragem na dieta teve efeito mínimo sobre o perfil de ácidos graxos e nas propriedades sensoriais do músculo *Rectus femoris*. Entretanto, alguns ácidos graxos, como C20:1 (n-9) e C18:2 cis-9, trans-11 foram correlacionados positivamente ao sabor e aroma de fígado.

Correlações positivas entre C14:1, C16:1, C18:0, C18:1, C18:2 e C18:3 e características desejáveis de sabor e aroma da carne foram relatados por Melton et al. (1982). Entretanto, a avaliação apenas do perfil de ácidos graxos é insuficiente para caracterizar ou definir as características organolépticas da carne, dentre elas o sabor e aroma. É fundamental considerar também outros fatores, como a quantidade de gordura presente, o tipo de corte cárneo avaliado e sua forma de preparo. De acordo com Calkins e Hodgen (2007), o tempo e a temperatura de cozimento têm

efeito direto sobre o sabor e aroma de carne, sendo que carnes cozidas ou grelhadas mais lentamente e mantidas aquecidas por mais tempo reduzem a intensidade de alterações indesejáveis, em função da dissipação dos compostos voláteis.

Neste trabalho, o perfil de ácidos graxos e as características qualitativas da carne dos animais foram muito semelhantes entre os tratamentos, ajudando a explicar a homogeneidade encontrada também nos resultados da análise sensorial realizada. Não há, portanto, como atribuir a qualidade sensorial da carne a apenas um ácido graxo ou grupo de ácidos graxos encontrados, sendo necessário considerar várias outras variáveis, como discutido anteriormente.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados deste experimento, pode-se concluir que:

A inclusão do caroço de algodão em até 20% da matéria seca na dieta de novilhos nelores confinados não alterou o consumo de matéria seca dos animais. Entretanto, ao final do período experimental, os animais tratados com caroço de algodão apresentaram maior ganho diário de peso e maior eficiência alimentar.

As características de carcaça, como rendimento, espessura de gordura subcutânea e área de olho de lombo; e as características da carne, como extrato etéreo, teor de matéria seca, maciez e perdas totais no cozimento também não foram influenciadas pela inclusão do caroço de algodão na dieta.

A maior e menor concentração de, respectivamente, ácidos graxos polinsaturados e monoinsaturados encontrada no *Longissimus dorsi* dos animais que receberam dietas contendo caroço de algodão não foi capaz de provocar grandes alterações na análise sensorial da carne. Portanto, o caroço de algodão integral pode ser empregado nas rações para bovinos de corte em confinamento, constituindo até 20% da matéria seca da dieta, sem causar rejeição da carne produzida, nem provocar alterações importantes nas características de carcaça, proporcionando inclusive, melhores resultados de desempenho. Entretanto, atenção especial deve ser dada à qualidade e ao tipo de caroço algodão fornecido aos animais.

Mais estudos são necessários sobre a utilização do caroço de algodão para bovinos de corte confinados e seu impacto sobre a qualidade da carne. Variáveis como a qualidade das sementes utilizadas e os níveis de inclusão na dieta, tempo de confinamento, escolha da análise sensorial empregada, tipo de volumoso e níveis de concentrado fornecido podem interferir nos resultados.

REFERÊNCIAS

ABERLE, E.D. et al. **Principles of meat science**. 4.ed. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt, 2001.

ABULARACH, M.L.; ROCHA, P.E.; FELÍCIO, P.E. Características de qualidade do contrafilé (m. *L. dorsi*) de touros jovens da raça Nelore. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, n.2, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 4 jul. 2007.

AFERRI, G. **Desempenho e características da carcaça de novilhos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de gordura**. 2003. 49 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

AFERRI, G. et al. Desempenho e Características de Carcaça de Novilhos Alimentados com Dietas Contendo Diferentes Fontes de Lipídios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.34, n.5, p.1651-1658, 2005.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat**. Chicago, p.16-28, 1995.

ARCHIBEQUE, S.L. et al. Fatty acid indices of stearoyl-CoA desaturase do not reflect actual stearoyl-CoA desaturase enzyme activities in adipose tissues of beef steers finished with corn-, flaxseed-, or sorghum-based diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.83, p.1153-1166, 2005.

ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.72, p.97-110, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 12994**: Métodos de análise de alimentos e bebidas – classificação. São Paulo, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 12806**: Análise sensorial de alimentos e bebidas – terminologia. São Paulo, 1993.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS – ANFAL. Manual de procedimentos analíticos: índice de peróxido a frio, método nº 61. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. São José do Rio Preto, 2005a. p.140-142.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS – ANFAL. Guia de Matérias-primas/Tabela de Ingredientes de Origem Animal. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. São José do Rio Preto, 2005b.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS – ANFAL. Manual de procedimentos analíticos: índice de acidez I, método nº 21. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. São José do Rio Preto, 2005c. p.51-52.

BARBOSA, P.F. Sistemas de cruzamento para produção de novilhos precoces em confinamento. **Pecuária de Corte**, São Paulo, v.86, p.47-58, 1999.

BARRAZA, M.L. et al. Iron sulfate and feed pelleting to detoxify free gossypol in cottonseed diets for dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, p.3457-3467, 1991.

BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L.; MILLER, M.F. Dietary energy source and density: effects of roughage source, roughage equivalent, tallow level, and steer type on feedlot performance and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, p.1943-1953, 1994.

BELEW, J.B. et al. Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. **Meat Science**, Barking, v.64, p.507-512, 2003.

BELIBASAKIS, N.G.; TSIRGOGIANNI, D. Effects of whole cottonseeds on milk yield, milk composition, and blood components of dairy cows in hot weather. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 52, p. 227-235, 1995.

BENBOUZA, H. et al. Crop ecology, management e quality: development of a visual method to quantify the gossypol content in cottonseeds. **Crop Science**, Madison, v.42, p.1937-1942, 2002.

BERGARA-ALMEIDA, S.; SILVA, M.A.A.P. Hedonic scale with reference: performance in obtaining predictive models. **Food Quality and Preference**, Barking, v.13, p.57-64, 2002.

BERNARD, J.K. Feeding whole cottonseed in the 21st century. In: FLORIDA DAIRY PRODUCTION CONFERENCE, 2003. **Anais...** Gainesville: University of Florida, 2003. p.108-117. Disponível em: <<http://www.cottonic.com/cottonseed/feedingwholecottonseed.pdf>> Acesso em: 20 jun. 2006

BLACKWELDER, J.T. et al. Milk production and plasma gossypol of cows fed cottonseed and oilseed meals with or without rumen-undegradable protein. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.81, p.2934-2941, 1998.

BLOOD, D.C.; RADOSTITS, O.M. **Clínica Veterinária**. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. lipídios. In: _____. **Química do processamento de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Varela, 1992. Cap. 3, p.33-45.

BOWLING, R.A. et al. Production, carcass and palatability characteristics of steers produced by different management systems. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.46, p.333-340, 1978.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. New data on the total lipid, cholesterol and fatty acid composition of raw and grilled beef *longissimus dorsi*. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.53 n.3, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 4 jul. 2007.

BRASIL. Portaria nº 290, de 17 de julho de 1997. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br.html>>. Acesso em: 18 de jan. 2005.

BRASIL. Portaria nº 007, de 09 de novembro de 1988. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 nov. 1988.

BRASIL. Portaria nº 108, de 04 de setembro de 1991. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 set. 1991. Seção 1, p. 19813.

BRASIL. Resolução nº 482, de 13 de outubro de 1999. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 jun. 2000. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br.html>> Acesso em: 15 dez. 2005.

BROCAS, C. et al. Deleterious actions of gossypol on bovine spermatozoa, oocytes, and embryos. **Biology of Reproduction**, Champaign, v.57, p.901-907, 1997.

BRODERICK, A.G.; CLAYTON, M.K. A statistical evaluation of animal and nutrition factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.80, n.11, p.2964-2971, 1997.

BROSH, A.; HOLZER, Z.; LEVY, D. Cottonseed for protein and energy supplementation of high-roughage diets for beef cattle. **Animal Production**, Bletchley, v.48, p.513-518, 1989.

BRUM, A.A.S. **Métodos de extração e qualidade da fração lipídica**. 2004. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BUTTERFIELD, R.M.; MAY, N.D.S. **Muscles of the ox**. Brisbane: University of Queensland Press, 1966.

BYRNE, C.E.; TROY, D.J.; BUCKELY, D.J. Postmortem changes in muscle electrical properties of bovine *M. longissimus dorsi* and their relationship to meat quality attributes and pH fall. **Meat Science**, Barking, v.54, n.1, p.23-34, 2000.

CALKINS, C.R.; HODGEN, J.M. A fresh look at meat flavor. **Meat Science**, Barking, v. 77, p.63-80, 2007.

CANAVESSI, A.M.O. et al. Valores do perfil eletroforético das proteínas séricas de bovinos da raça Nelore (*Bos indicus*) criados na região de Botucatu, São Paulo: influência dos fatores etários e sexuais. **Arquivos do Instituto Biológico**, 2000. Disponível em: <<http://www.biologico.sp.gov.br/arquivos/V671/eletroforese.htm>> Acesso em: 12 set. 2007.

CECCHI, H.M. Lipídios. In: _____. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2.ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. Cap. 9, p. 86-97.

CHALUPA, W.B. et al. Rumen fermentation *in vitro* as influenced by long chain fatty acids. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.67, p.1439-1446, 1984.

CHASE Jr., C.C. et al Growth and reproductive development in Brahman bulls fed diets containing gossypol. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, p.445-452, 1994.

CHENOWETH, P.J. et al. Characterization of gossypol-induced sperm abnormalities in bulls. **Theriogenology**, Stoneham, v.53, p.1193-1203, 2000.

CHOI, N.J. et al. Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids. **Animal Science**, Penicuik, v.71, p.509-519, 2000.

CHRISTIE, W.W. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids e cholesterol esters. **Journal of Lipid Research**, Bethesda, v.23, p.1072, 1982.

COLLIN-NEGRETE, J. et al. Effect of whole cottonseed on serum constituents, fragility of erythrocyte cells, and reproduction of growing Holstein heifers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.79, p.2016-2023, 1996.

CONTRERAS, C.J.C. Uso da refrigeração para evitar encurtamento muscular. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v.17, n.198, p.67-68, 1993.

COPPOCK, C.E. et al. Effects of amount of whole cottonseed on intake, digestibility, and physiological responses of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, p. 2248-2258, 1985.

COPPOCK, C.E.; LANHAM, J.K.; HORNER, J.L. A review of nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.18, n.2, p.89-129, 1987.

COPPOCK, C.E.; WILKS, D.L. Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield and composition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, n.9, p.3826-3837, 1991.

CRANSTON, J.J. et al. Effects of feeding whole cottonseed and cottonseed products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.84, p.2186-2199, 2006.

D'MELLO, J.P.F., MACDONALD, A.M.C. Mycotoxins. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.69, p.155-166, 1997.

DE SMET, S.; RAES, K.; DEMEYER, D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. **Animal Research**, Les Ulis Cedex, v.53, p.81-98, 2004.

DEVENDRA, C.; LEWIS, D. The interaction between dietary lipids and fiber in the sheep. **Animal Production**, Bletchley, v.19, p.67-76, 1974.

DI MARCO, O.N.; BARCELLOS, J.O.J.; COSTA, E.C. Lipídios da carne e saúde. In: _____. **Crescimento de Bovinos de Corte**. Porto Alegre: Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. Cap. 6, p.266-272.

DOMINGUES, J.L. **Avaliação do desempenho em confinamento, do metabolismo ruminal e do perfil de ácidos graxos da carne em bovinos Nelore, utilizando milho com alto teor de óleo nas dietas de terminação**. 2006. 108 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

DUCKETT, S.K. et al. Effects of time on feed on beef nutrient composition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, p.2079-2088, 1993.

DUCKETT, S.K. **Effect of nutrition and management practices on marbling deposition and composition**. 2002. Disponível em: <<http://www.cabprogram.com/cabprogram/sd/articles/duckett.html>>. Acesso em: 04 fev. 2007.

ELLIOTT, J.P. et al. Diets containing high oil corn and tallow for dairy cows during early lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, p.775, 1993.

EZEQUIEL, J.M.B. Uso de caroço de algodão na alimentação animal. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 3., 2001, Goiânia. **Anais...Goiânia: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal**, 2001. p.307-328.

FELÍCIO, P.E. Avaliação da Qualidade da Carne Bovina. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE GADO DE CORTE, 1998, Campinas. **Anais...São Paulo: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal (CBNA)**, 1998. p.92-99.

FELÍCIO, P.E. Carne tropical: conhecer para valorizar. **ABCZ**, Uberaba, v.4, n.19, p.208-209, mar./abril 2004.

FELICIO, P.E. Fatores ante e post mortem que influenciam na qualidade da carne bovina. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUARIA DE CORTE: PRODUÇÃO DO NOVILHO DE CORTE, 4., 1997, Piracicaba. **Anais... Piracicaba: FEALQ**, 1997, p.79-97.

FELÍCIO, P.E. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., Porto Alegre, 1999. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. p.89-97.

FELÍCIO, P.E. Qualidade da carne Nelore e o mercado mundial. In: SEMINÁRIO DO PMGRN: COMEMORAÇÃO DOS 32 ANOS DO GEMAC, 9, 2000. Departamento de Genética, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2000. CD-ROM.

FREITAS, R.A. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.94-101, 2000.

FREITAS, R.A. et al. Testes fisiológicos e bioquímicos na estimativa do potencial de armazenamento de sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.26, n.1, p.84-91, 2004.

FRENCH, P. et al. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, p.2849-2855, 2000.

FRIEND, T.H.; DELLMEIER, G.R.; GBUR, E.E. Comparison of four methods of calf confinement. I. Physiology. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 60, n.5, p.1095-1101, 1985.

GEAY, Y. et al. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. **Reproduction Nutrition Development**, Paris, v.41, p.1-26, 2001.

GIBB, D.J. et al. Value of sunflower seed in finishing diets of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.2679-2692, 2004.

GRAY, J.I. Measurement of lipid oxidation: a review. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v.55, n.6, p.539-546, 1978.

GRAY, M.L.; GREENE, L.W.; WILLIAMS, G.L. Effects of dietary gossypol consumption on metabolic homeostasis and reproductive endocrine function in beef heifers and cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, p.3052-3059, 1993.

GRIINARI, J.M. et al. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Δ^9 -desaturase. **Journal of Nutrition**, Ithaca, v.130, p.2285-2291, 2000.

HALL, M.B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. Gainesville: University of Florida, 2000. p.A25-A32 (Bulletin 339).

HAMILTON, R.J. The chemistry of rancidity in foods. In: ALLEN, J.C.; HAMILTON, R.J. **Rancidity in foods**. Glasgow: Blackie Academic e Professional, 1994. Cap.1, p.1-21.

HARA, A.; RADIN, N.S. Lipid extraction of tissues with low-toxicity solvent. **Analytical Biochemistry**, New York, v.90, p.420-426, 1978.

HARFOOT, C.G.; HAZELWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N. (Ed.) **The Rumen Microbial Ecosystem**. London: Elsevier Science, 1988. p.285-322.

HARVATINE, D.I. et al. Whole Linted Cottonseed as a Forage Substitute: Fiber Effectiveness and Digestion Kinetics. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.85, p.1988-1999, 2002.

HAWKE, J.C.; SILCOCK, W.R. The in vitro rates of lipolysis and biohydrogenation in rumen contents. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v.218, p.201-212, 1970.

HORNER, J.L. et al. Influence of niacin and whole cottonseed on intake, milk yield and composition, and systemic responses of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, p. 3087-3093, 1986.

HUERTA-LEIDENZ, N.O. et al. Growth, carcass traits, and fatty acid profiles of adipose tissues from steers fed whole cottonseed. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, p.3665-3672, 1991.

ISSANCHOU, S. Consumer Expectations and Perceptions of Meat and Meat Product Quality. **Meat Science**, Barking, v. 43, p.5-19, 1996 (supplement).

ÍTAVO, C.C.B.F. et al. Aspectos da fermentação ruminal de lipídios. In: ÍTAVO, L.C.V.; ÍTAVO, C.C.B.F. **Nutrição de Ruminantes**: aspectos relacionados à

digestibilidade e ao aproveitamento de nutrientes. Campo Grande: UCDB, 2005. Cap.8, p.151-169.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, p.3851-3863, 1993.

JENKINS, T.C.; FOTOUHI, N. Effects of lecithin and corn oil on site of digestion, ruminal fermentation and microbial protein synthesis in sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, p.460, 1990.

JENSCHKE, B.E. et al. Chemical and sensory properties of beef of known source and finished on wet distillers grains diets containing varying types and levels of roughage. **Journal of Animal Science**, 2008. Disponível em: <<http://jas.fass.org/>> Acessado em: 16 de jan. 2008.

JENSCHKE, B.E. et al. Unsaturated fatty acid and sodium affect the liver-like off-flavor in cooked beef. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, p.3072-3078, 2007.

JHAM, G.N.; TELES, F.F.F.; CAMPOS, L.G. Use of aqueous HCl/MeOH as esterification reagent for analysis of fatty acids derived from soybean lipids. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v.59, n.3, p.132-133, 1982.

JOHNSON, E.R.; VIDYADARAN, M.K. An Evaluation of different sites for measuring fat thickness in the beef carcass to determine carcass fatness. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.32, p.999-1007, 1981.

KEELE, J.W.; ROFFLER, R.E.; BEYERS, K.Z. Ruminal metabolism in non-lactating cows fed whole cottonseed or extruded soybeans. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.67, p.1612-1622, 1989.

KEMP, J.D. et al. Effect of feeding systems, slaughter weight and sex on organoleptic properties, and fatty acid composition of lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.51, n.2, p.321-330, 1981.

KERTZ, A.F. Variability in Delivery of Nutrients to Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.81, p.3075-3084, 1998.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization process of meat. **Meat Science**, Barking, v.45, p. S193-S201, 1996 (supplement).

KOOHMARAIE, M.; WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D. **Beef tenderness: regulation and prediction**. USDA-ARS, US Meat Animal Research Center: Nebraska, 1994. 25p. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/54380530/19950004A1.pdf>> Acesso em: 4 jul. 2007.

KRISHNAMURTY, R.G. Cooking oils and salad dressing. In: SWERN, D. **Bailey's industrial oil and fat products**. 4.ed. New York: Wiley-Interscience, 1982, v.2. Cap.5, p.320-326.

LABORDE, F.L. et al. Breed effects on growth performance, carcass characteristics, fatty acid composition, and palatability attributes in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.79, p.355-365, 2001.

LANNA, D.P.D. et al. Desempenho e composição corporal de novilhas alimentadas com dois níveis de concentrado e bagaço de cana submetidos a diferentes processos de hidrólise. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, n.2, p.412-420, 1998.

LANNA, D.P.D. Fatores condicionantes e predisponentes da puberdade e da idade de abate. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE: PRODUÇÃO DO NOVILHO DE CORTE, 4., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997, p.41-79.

LARICK, D.K.; TURNER, B.E. Flavor characteristics of forage- and grain-fed beef as influenced by phospholipid and fatty acid compositional differences. **Journal of Food Science**, Chicago, v.55, n.2, 1990.

LÄUBLI, M.W.; BRUTTEL, P.A. Determination of the oxidative stability of fats and oils: comparison between the active oxygen method (AOAS Cd 12-57) and the rancimat method. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v.63, n.6, p.792-795, 1986.

LÓPEZ, S.E.; LÓPEZ, J.; STUMPF JÚNIOR, W. Parâmetros séricos de vacas leiteiras na fase inicial de lactação suplementadas com diferentes fontes de gordura. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, Mayaguez, v.12, n.3, p.16-102, 2004.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: A. Luchiari Filho, 2000. 134 p.

LUDOVICO, A.; MATTOS, W.R.S. Avaliação de dietas à base de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.26, n.2, p.403-410, 1997.

LUGINBUHL, J.M.; POORE, M.H.; CONRAD, A.P. Effect of level of whole cottonseed on intake, digestibility, and performance of growing male goats fed hay-based diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.78, p.1677-1683, 2000.

MACLEOD, G. The flavour of beef. In: SHAHIDI, F. **Flavor of Meat and Meat Products**. Glasgow: Blackie Academic e Professional, 1994. Cap.2, p.5-37.

MANÇO, M.C.W. **Efeito da idade de abate me parâmetros *post-mortem* e na maturação da carne de bovinos da raça Nelore**. 2002. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

MANÇO, M.C.W. **Características físico-químicas, sensoriais e higiênicas da carne bovina em duas classes de maturidade e sob influência da maturação**. 2006. 140f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

MANDELL, I.B. et al. Effects of diet and slaughter endpoint on carcass composition and beef quality in Charolais cross steers. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.77, n.3, p.403-414, 1997.

MANUAL MERCK DE VETERINÁRIA: um manual de diagnóstico, tratamento, prevenção e controle de doenças para o veterinário, 7.ed., São Paulo: Roca, 1997.

MARQUES, D.C. **Criação de Bovinos**. 7.ed. Belo Horizonte: CVP Consultoria Veterinária e Publicações, 2003.

MAY, S.G. et al. Effects of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, p.444-453, 1992.

McKEVITY, B. Nutritional aspects of oilseeds: review. **Nutrition Bulletin**, Londres, v.30, p.13-26, 2005.

MEDEIROS, S.R. et al. Efeito do teor de gordura na dieta e do grupo genético no perfil de ácidos graxos na carcaça de bovinos terminados em confinamento. A Produção Animal e o Foco do Agronegócio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE

BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., Goiânia, 2005. A produção animal e o foco no agronegócio. **Anais...** Goiânia: UFG, 2005. CD-ROM a.

MEDEIROS, S.R. et al. Efeito do caroço de algodão na qualidade do “*Longissimus dorsi*” de bovinos de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento. A Produção Animal e o Foco do Agronegócio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., Goiânia, 2005. A produção animal e o foco no agronegócio. **Anais...** Goiânia: UFG, 2005. CD-ROM b.

MEDEIROS, S.R. Modulação do perfil lipídico dos bovinos: implicações na produção e aceitação da carne. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE, 5., Campinas, 2003. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2003.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques.** Boca Raton: CRC, v.2, 1999.

MELO, A.A.S. et al. Caroço de algodão em dietas à base de palma forrageira para vacas leiteiras: píntese de proteína microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, n.4, p.912-920, 2007.

MELTON, S.L. Effects of feeds on flavor of red meat: a review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, p.4421-4435, 1990.

MELTON, S.L. et al. Flavor and selected chemical components of ground beef from steers backgrounded on pasture and fed corn up to 140 days. **Journal of Food Science**, Chicago, v.47, n.3, p.699-704, 1982.

MENDES, A.R. et al. Desempenho, parâmetros plasmáticos e características de carcaça de novilhos alimentados com farelo de girassol e diferentes fontes energéticas, em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.34, n.2, p.692-702, 2005.

MERTENS, D.R. Análise de fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 29., Lavras, 1992. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992, p.188-219.

MEYER, R.; VOSTER, S.; DUBERY, I.A. Identification and quantification of gossypol in cotton by using packed micro-tips columns in combination with HPLC. **Analytical and bioanalytical chemistry**, Heidelberg, v.380, p.719-724, 2004.

MILLER, R. Assessing consumer preferences and attitudes toward meat and meat products. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.6, n.esp., p.1-162, 2003.

MISCEVIC, B. The influence of nutrition on the meat quality of cattle. In: ZOOTEC – A Zootecnia e o Agronegócio, 2004, Brasília. **Anais...** Brasília: ABZ, 2004. CD-ROOM.

MOLETTA, J.L. Utilização de soja grão ou caroço de algodão na terminação de bovinos de corte em confinamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., Porto Alegre, 1999. **Anais...** São Paulo: Gnosis, 1999. CD-ROOM.

MOLETTA, J.L.; RESTLE, J. Influência do grupo genético sobre características qualitativas da carne de novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.26, n.5, p.866-875, 1996.

MORAIS, M.G. et al. Variação sazonal da bioquímica clínica de vacas aneloradas sob pastejo contínuo de *Brachiaria decumbens*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.52, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 4 jul. 2007.

MORGAN, S. Gossypol toxicity in livestock. **Oklahoma Cooperative Extension Service**. Oklahoma State University. Disponível em: <<http://osufacts.okstate.edu.html>>. Acesso em: 28 ago.2007.

MOTTRAM, D.S. Flavour formation in meat and meat products: a review. **Food Chemistry**, London, v.62, n.4, p.415-424, 1998.

MUIR, P.D.; DEAKER, J.M.; BOWN, M.D. Effects of forage-and grain-based feeding systems on beef quality: a review. **New Zealand of Agricultural Research**, Wellington, v.41, p.623-635, 1998.

MURRAY, J.M.; DELAHUNTY, C.M.; BAXTER, I.A. Descriptive sensory analysis: past, present and future. **Food Research International**, Barking, v.34, p.461-471, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6.ed. Washington: National Academy Press, 1989.

NEUMANN, M. et al. Avaliação da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) por meio do desempenho de novilhos de corte confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.30, sup.6, p.2099-2109, 2001.

NEVES, M.F. et al. Redes Agro-alimentares & Marketing da Carne Bovina em 2010, 2001. Disponível em < <http://pa.esalq.usp.br/~pa/pa0101/fava.pdf> > Acessado em: 10 de março de 2006

NOBLE, A.C. Taste – aroma interactions. **Trends in Food Science e Technology**, Cambridge, v.7, p.439-443, 1996.

NORMAN, G.A. Effect of breed and nutrition on the productive traits of beef cattle in south-east Brazil: part 3 – Meat quality. **Meat Science**, Barking, v.6, p.79-96, 1982.

NUNES, I.J. **Nutrição Animal Básica**. Belo Horizonte: Ilto José Nunes, 1998.

OLIVEIRA, A.L. Qualidade da carne bovina. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v.21, n.205, p.39-47, jul/ago. 2000.

OLIVEIRA, L.B.; SOARES, G.J.D.; ANTUNES, P.L. Influência da maturação de carne bovina na solubilidade do colágeno e perdas de peso por cozimento. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.4, n.3, p.166-171, 1998.

OWENS, F.N.; GARDNER, B.A. A review of the impact of feedlot management and nutrition on carcass measurements of feedlot cattle. **Proceedings of the American Society of Animal Science**, 2000.

PAGE, J.K. et al. Dietary whole cottonseed depress lipogenesis but has no effect on stearoyl coenzyme desaturase activity in bovine subcutaneous adipose tissue. **Comparative Biochemistry And Physiology**, Nova York, v.118b, n.1, p.79-84, 1997.

PAGE, J.K.; WULF, D.M.; SCHWORTZER, T.R. A survey of beef muscle color and pH. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, p. 678-687, 2001.

PALMQUIST, D.L. Utilización de lípidos en dietas de rumiantes. In: Curso de Especialización FEDNA, 12, Madrid, 1996. Disponível em: <<http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/96capituloIII.pdf.html>> Acesso em: 27 de jan. 2005.

PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation ration: a review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.63, n.1, p.1-14, 1980.

PALMQUIST, D.L.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T. Ruminal, intestinal, and total digestibilities of nutrients in cows fed diets high in fat and undegradable protein. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, p.1353-1364, 1993.

PARDI, M.C. et al. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia:CEGRAF-UFG, v. I, 1995.

PAULINO, M.F. et al. Soja grão e caroço de algodão em suplementos múltiplos para terminação de bovinos mestiços em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.31, n.1, p.484-491, 2002 (Supl.).

PEREIRA, A.S.C. **Qualidade da carne de bovinos Nelore (*Bos taurus indicus*) suplementados com vitamina E**. 2002. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

PEREIRA, D.H. et al. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos de corte recebendo silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e diferentes proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.35, n.1, p.282-291, 2006.

PIER, A.C. Major biological consequences of aflatoxicosis in animal production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, p.3964-3967, 1992.

POORE, M.H. Whole cottonseed and cotton textile mill waste in sorghum silagem-based diets for developing heifers, 2001. Disponível em: <http://www.cals.ncsu.edu/an_sci/ann_rep94/mhpoo46.html> . Acessado em: 19 fev. 2006.

PRADO, I.N. et al. Desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore confinados, recebendo 15 ou 30% de caroço integral de algodão, bagaço auto-hidrolisado de cana-de-açúcar e cana-de-açúcar ou capim elefante. **Arquivo de Biologia e Tecnologia**, Maringá, v.38, n.2, p.353-365, 1995.

PUTRINO, S.M. **Exigências de proteína e energia líquidas para o ganho de peso de tourinhos das raças Nelore e Brangus alimentados com dietas com diferentes proporções de concentrado**. 2002. 82 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

PUTRINO, S.M. **Composição corporal, exigências de energia e proteína para ganho e composição da carne de novilhos Nelore alimentados com dietas com milho grão seco ou úmido contendo gordura não degradável no rúmen**. 2006. 100 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

RAES, K. et al. Meat quality, fatty acid composition and flavour analysis in Belgian retail beef. **Meat Science**, Barking, v.65, p.1237-1246, 2003.

RAES, K.; DE SMET, S. ; DEMEYER, D. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.113, n.1-4, p.199-221, 2004.

RANDEL, R.D.; CHASE Jr., C.C.; WYSE, S.J. Effects of gossypol and cottonseed products on reproduction of mammals. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, p.1628-1638, 1992.

RESTLE, J. et al. Características de carcaça e da carne de novilhas Charolês e 3/4 Charolês 1/4 Nelore, terminadas em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.30, n.3, p.1065-1075, 2001(Supl.1).

RESTLE, J. et al. Substituição do grão de sorgo por casca de soja na dieta de novilhos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, n.4, p.1009-1016, 2004.

RHEE, M.S. et al. Combination of low voltage electrical stimulation and early postmortem temperature conditioning on degradation of myofibrillar proteins in Korean native cattle (Hanwoo). **Meat Science**, Barking, v.55, p.391-396, 2000.

RISCO, C.A. et al. Effects of gossypol from cottonseed on hematological responses and plasma α -tocopherol concentration of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.85, p.3395-3402, 2002.

ROBARDS, K.; KERR, A.F.; PATSALIDES, E. Rancidity and its measurement in edible oils and snack foods: a review. **Analyst**, Londres, v.2, n.113, p.213-224, 1988.

ROBINSON, P.H. et al. Influence of variety and storage for up to 22 days on nutrient composition and gossypol level of Pima cottonseed (*Gossypium* spp.). **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.91, p.149-156, 2001.

ROÇA, R.O. Modificações *post-mortem*. Disponível em :
<<http://www.fca.unesp.br/outros/carnes/fca.html>> Acesso em: 20 mai. 2005.

ROGÉRIO, M.C.P. et al. Uso do caroço de algodão na alimentação de ruminantes. **Arquivo de Ciência Veterinária e Zoologia UNIPAR**, Umuarama, v.6, n.1, p.85-90, jan./jun. 2003.

RUSMAN et al. Characteristics of *Biceps femoris* and *Longissimus thoracis* muscles of five cattle breeds grown in a feedlot system. **Animal Science Journal**, Tokyo, v.74, p.59-65, 2003.

RUSSEL, J.B. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, p.3551-3561, 1992.

RUY, D.C. et al. Degradação da proteína e fibra do caroço de algodão integral (*Gossypium hirsutum* L.) no rúmen. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.33, p.276-280, 1996. (Supl.)

SAAB, M.S.B.L.M. **Valor percebido pelo consumidor : um estudo de atributos da carne bovina**. 1999. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1999.

SALLES, M.S.V. et al. Avaliação dos efeitos de caroço de algodão e gordura protegida nos parâmetros ruminais de bovinos em terminação arraçoados com alto nível de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: Infovia, 2003. CD-ROM.

SAMPAIO, A.A.M.; BRITO, R.M.; CARVALHO, R.M. Comparação de sistemas de avaliação de dietas para bovinos no modelo de produção intensiva de carne. Confinamento de tourinhos jovens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.31, n.1, p.157-163, 2002.

SANTOS, F.A. P.; MOSCARDINI, M.C. Substituição de fontes de amido por subprodutos ricos em pectina ou fibra de alta digestibilidade na ração de bovinos confinados. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 3., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2007, p.35-52.

SANTOS, R. L. Efeitos do gossipol sobre a reprodução. **Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, n.21, p.73-82, 1997.

SAVELL, J.W.; MUELLER, S.L.; BAIRD, B.E. The chilling of carcass: review. **Meat Science**, Barking, v.70, p.449-459, 2005.

SHACKELFORD, S.D. et al. An evaluation of tenderness of the *Longissimus* muscle of Angus by Hereford *versus* Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, p.171 - 177, 1991a.

SHACKELFORD, S.D. et al. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine post rigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, p.857-863, 1994.

SHACKELFORD, S.D. et al. Predictors of beef tenderness: development and verification. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.5, p.1130-1135, 1991b.

SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Repeatability of tenderness measurement in beef round muscles. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, p.2411-2416, 1997.

SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Tenderness classification of beef: II. design and analysis of a system to measure beef *Longissimus* shear force under commercial processing conditions. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.77, p.1474-1481, 1999.

SHERWIN, E.R. Oxidation and antioxidants in fat and oil processing. **Journal of the American Oil Chemists` Society**, Chicago, v.55, p.809-814, 1978.

SHIBUYA, C.M. **Análise sensorial da carne (m. L. dorsi) de novilhos terminados com dietas de milho seco vs. úmido, com ou sem gordura protegida (Lactoplus), e de Lactoplus vs. caroço de algodão**. 2004. 87f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002.

SILVA, E.B. et al. Análise da maciez da carne de bovinos (*Bos indicus*) submetidos a pendura tradicional (tendão de Aquiles) e a pendura pelo dianteiro (carpo radial). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. A produção animal e o foco no agronegócio. **Anais...** Goiânia: UFG, 2005. CD-ROM b.

SILVA, F.A.M.; BORGES, M.F.; FERREIRA, M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v.22, n.1, p.94-103, 1999.

SILVA, R.G. et al. Dietary effects on muscle fatty acid composition on finished heifers. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.1, p.95-101, 2002.

SILVA, S.L. **Estimativa de características de carcaça e ponto ideal de abate por ultra-sonografia, em bovinos submetidos a diferentes níveis energéticos na ração**. 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

SILVA, S.L. **Milho grão seco, úmido e sais de cálcio de ácidos graxos em dietas para novilhos Nelore em confinamento: desempenho, características de carcaça e perfil de ácidos graxos**. 2005. 75 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

SIMPSON, D.M. Factors affecting the longevity of cottonseed. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.64, n.7, p.407-419, 1942.

SOUZA, A. A cana avança na fronteira pecuária. **ABCZ**, Uberaba, v.7, n.36, p.30-33, jan/fev, 2007.

ST. ANGELO, A.J.; VINYARD, B.T.; BETT, K.L. Sensory and statistical analyses in meat flavour research. In: SHAHIDI, F. **Flavor of Meat and Meat Products**, 1.ed. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1994.

STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W. Update on Fats and Oils for Ruminant Diets. **Proceedings Florida Dairy Production Conference**, University of Florida, Gainesville, p.84-97, 2003.

SUGUISAWA, L. et al. Correlações simples entre as medidas de ultra-som e a composição da carcaça de bovinos jovens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n.1, p.169-175, 2006.

SULLIVAN, H.M. et al. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.87, p.665-671, 2004.

SULLIVAN, H.M.; BERNARD, J.K.; AMOS, H.E. Ruminal fermentation and amino acid flow in Holstein steers fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.88, p.690-697, 2005.

SULLIVAN, J.L. et al. Comparison of digestibility, nutritive value, and storage characteristics of different forms of cottonseed in diets fed to lactating dairy cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, p.2837-2842, 1993.

SUTTER, F. et al. Comparative evaluation of rumen-protected fat, coconut oil and various oilseeds supplemented to fattening bulls.1.Effects on growth, carcass and meat quality. **Archives of Animal Nutrition**, Berlim, v.53, p.1-23, 2000.

SWENSON, M.J. Propriedades fisiológicas e constituintes químicos e celulares do sangue. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. (Ed.) **Dukes** - Fisiologia dos Animais Domésticos. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. Cap.3, p.19-43.

TARRANT, P.V.; SHERINGTON, J. An investigation of ultimate pH in the muscles of commercial beef carcasses, **Meat Science**, Barking, v.4, p.287-297, 1980.

TAYLOR, R.G. et al. Is z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p.1351-1367, 1995.

THOMSON, D.U.; PRESTON, R.L.; BARTLE, S.J. Influence of protein source and level on the performance, plasma urea nitrogen and carcass characteristics of finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, suppl.1, p.257, 1995 (Abstract).

TJARDES, K.E. et al. Neutral detergent fiber concentration in corn silage influences dry matter intake, diet digestibility, and performance of Angus and Holstein steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.80, p.841-846, 2002.

TORRES, E.A.F.S. et al. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n.2, p.145 - 150, 2000.

VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo de matéria seca de bovinos Nelore e mestiços. In: VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. (Ed.) **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-corte**. 1.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 1-11.

VALADARES, R.F.D. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 4. Concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.26, n.6, p.1270-1278, 1997.

VAN NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N. (Ed.) **The Rumen Microbial Ecosystem**. London: Elsevier Science, 1988. p.387-445.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. New York: Cornell University, 1994.

VASCONCELOS, P.M.B. **Guia prático do confinador**. São Paulo: Nobel, 1993.

VAZ, F.N. et al. Efeitos de raça e heterose na composição física da carcaça e na qualidade da carne de novilhos da primeira geração de cruzamento entre Charolês e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.31, n.1, p.376-386, 2002 (Supl.).

VELASQUEZ-PEREIRA, J. et al. Reproductive effects of feeding gossypol and vitamin E to bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, p.2894-2904, 1998.

WATANABE, A.; DALY, C.C.; DEVINE, C.E. The Effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. **Meat Science**, Barking, v.42, n.1, p.67-79, 1996.

WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61, 1999, **Proceedings...**, Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.

WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. **Shear force procedures for meat tenderness measurement**. Clay Center, USA: Meat Animal Research Center/USDA, 2001.

WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. The accuracy and repeatability of untrained laboratory consumer panelists in detecting differences in beef *Longissimus* tenderness. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.557-562, 2004.

WHEELER, T.L. et al. A comparison of Warner-Bratzler shear force assessment within and among institutions. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, p.2423-2432, 1997.

WHEELER, T.L.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M. Effect of marbling degree on beef palatability in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, p.3145-3151, 1994.

WHIPPLE, G. et al. Evaluation of attributes that affect *Longissimus* muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, p.2716-2728, 1990.

WOOD, J.D. et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v.66, p.21-32, 2003.

YANG, A. et al. Δ^9 desaturase activity in bovine subcutaneous adipose tissue of different fatty acid composition. **Lipids**, Champaign, v.34, n.9, p.971-978, 1999.

ZEMBAYASHI, M. et al. Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, p.3325-3332, 1995.

ZINN, R.A. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.66, p.213- 227, 1988.

ZINN, R.A.; PLASCENCIA, A. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, p.11-17, 1993.

APÊNDICE A

Temperaturas máxima e mínima, em graus Celsius e umidade relativa do ar, em porcentagem, observadas pela manhã (M) e à tarde (T) no caroço de algodão submetido ao aquecimento em câmara climática por 12 dias consecutivos.

Dia da observação	turno	temperatura máxima (°C)	temperatura mínima (°C)	UR(%)
1/6/2006	manhã	34,0	24,0	48
1/6/2006	tarde	37,0	24,0	46
2/6/2006	manhã	38,0	25,0	38
2/6/2006	tarde	39,0	29,0	38
3/6/2006	manhã	39,0	25,0	38
3/6/2006	tarde	39,0	24,0	38
4/6/2006	manhã	38,0	24,0	36
4/6/2006	tarde	40,0	24,0	36
5/6/2006	manhã	39,0	39,0	37
5/6/2006	tarde	40,5	40,5	37
6/6/2006	manhã	40,0	40,0	37
6/6/2006	tarde	41,0	39,0	37
7/6/2006	manhã	40,0	39,5	36
7/6/2006	tarde	41,5	41,0	36
10/6/2006	manhã	41,0	41,0	37
10/6/2006	tarde	43,0	41,0	36
11/6/2006	manhã	42,0	41,0	36
11/6/2006	tarde	43,0	41,0	35
12/6/2006	manhã	43,0	42,0	35
Média		39,9	33,9	37,74

APÊNDICE B

Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA), expressos em porcentagem da matéria seca, do caroço de algodão, do caroço de algodão aquecido e da casca de soja peletizada.

Ingrediente	MS	PB	FB	EE	MM	ENN	FDN	FDA
CA	92,12	25,26	27,79	23	3,93	19,99	47,21	39,86
CA aquecido	93,09	21,81	30,55	21,6	3,87	22,15	45,3	34,66
Casca de soja peletizada	91,0	11,9	39,7	2,85	4,19	41,38	71,28	54,24

CA (caroço de algodão)

APÊNDICE C

Ácidos graxos encontrados no *Longissimus dorsi* de novilhos Nelore confinados com a respectiva nomenclatura.

Ácidos graxos	nomenclatura
C10:0	Ácido cáprico
C12:0	Ácido láurico
C12:1	Ácido dodecenóico
C14:0	Ácido mirístico
C15:0 <i>iso</i>	Ácido pentadecanóico
C16:0	Ácido palmítico
C16:0 <i>iso</i>	Ácido iso-palmítico
C16:1 <i>cis</i> -9	Ácido palmitoléico
C17:0	Ácido margárico
C17:0 <i>iso</i>	Ácido iso-margárico
C18:0	Ácido esteárico
C18:1 <i>cis</i> -9	Ácido oléico
C18:1 <i>cis</i> -11	Ácido asclépico
C18:1 <i>cis</i> -12	Ácido <i>cis</i> -12 octadecenóico
C18:1 <i>cis</i> -13	Ácido <i>cis</i> -13 octadecenóico
C18:1 <i>cis</i> -15	Ácido <i>cis</i> -15 octadecenóico
C18:1 <i>trans</i> -6-9	Ácido <i>trans</i> -6-9 octadecenóico
C18:1 <i>trans</i> -10	Ácido <i>trans</i> -10 octadecenóico
C18:1 <i>trans</i> -11	Ácido vacênico
C18:2 <i>trans</i> -11 <i>cis</i> -15	Ácido <i>trans</i> -11 <i>cis</i> -15 octadecadienóico
C18:1 <i>trans</i> -16	Ácido <i>trans</i> -16 octadecenóico
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12	Ácido linoléico
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11 (CLA)	Ácido <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11 octadecadienóico
C18:3	Ácido linolênico
C20:1	Ácido <i>cis</i> -11 eicosenóico
C20:3	Ácido eicosatrienóico
C20:4	Ácido araquidônico
C20:5	Ácido eicosapentaenóico
C22:0	Ácido behênico
C22:1	Ácido erúcico
C22:5	Ácido docosapentaenóico
C22:6	Ácido docosahexanóico
C24:0	Ácido lignocérico
C24:1	Ácido nervônico

ANEXO

Tabela usada pelos provadores do painel treinado na análise sensorial

ANÁLISE SENSORIAL DE CARNE BOVINA

Nome: _____ **Data:** _____
Laboratório: _____ **Ramal:** _____

Você recebeu uma amostra de carne bovina. Por favor, prove a amostra e dê uma nota a cada atributo de acordo com as escalas correspondentes.

Amostra: _____

Aroma característico ()	Textura ()	Sabor característico()
8- Extremamente forte	8- Extremamente macia	8- Extremamente forte
7- Muito forte	7- Muito macia	7- Muito forte
6- Forte	6- Moderadamente macia	6- Forte
5- Moderado	5- Levemente macia	5- Moderado
4- Fraco	4- Levemente dura	4- Fraco
3- Muito fraco	3- Moderadamente dura	3- Muito fraco
2- Extremamente fraco	2- Muito dura	2- Extremamente fraco
1- Ausente	1- Extremamente dura	1- Ausente
Aroma estranho ()	Suculência ()	Sabor estranho ()
8- Extremamente forte	8- Extremamente suculenta	8- Extremamente forte
7- Muito forte	7- Muito suculenta	7- Muito forte
6- Forte	6- Moderadamente suculenta	6- Forte
5- Moderado	5- Levemente suculenta	5- Moderado
4- Fraco	4- Levemente seca	4- Fraco
3- Muito fraco	3- Moderadamente seca	3- Muito fraco
2- Extremamente fraco	2- Muito seca	2- Extremamente fraco
1- Ausente	1- Extremamente seca	1- Ausente

Comentários:
