

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS DE BOTUCATU

DESEMPENHO E PARÂMETROS SANGUÍNEOS DE BUBALINOS  
TERMINADOS EM CONFINAMENTO

CAMILA SABINO DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Zootecnia como parte  
das exigências para obtenção do título de  
Mestre em Zootecnia

BOTUCATU – SP

Maio - 2021



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS DE BOTUCATU

DESEMPENHO E PARÂMETROS SANGUÍNEOS DE BUBALINOS  
TERMINADOS EM CONFINAMENTO

CAMILA SABINO DE OLIVEIRA

Médica Veterinária

Orientador: Prof. Dr. André Mendes Jorge

Coorientadores: Dra. Caroline De Lima Francisco

Dr. André Michel De Castilhos

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Zootecnia como parte  
das exigências para obtenção do título de  
Mestre em Zootecnia

BOTUCATU – SP

Maio – 2021

O48d

Oliveira, Camila Sabino de

Desempenho e parâmetros sanguíneos de bubalinos terminados em confinamento / Camila Sabino de Oliveira. -- Botucatu, 2021

87 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu

Orientador: André Mendes Jorge

Coorientador: Francisco; Caroline de Lima Castilhos; André Michel de

1. Pecuária. 2. Confinamento (Animais). 3. Bubalinocultura. 4. Eficiência alimentar. 5. Leptina. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

CAMILA SABINO DE OLIVEIRA – nascida no dia 10 de fevereiro de 1996, na cidade de São Bernardo do Campo/SP, filha de Raquel Sabino e Josino Onório de Oliveira. Ingressou no curso de Medicina Veterinária na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP - Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, campus de Araçatuba, em março de 2014. Foi bolsista de Iniciação Científica pela FAPESP durante um ano, na área de Clínica Cirúrgica de Grandes Animais. Gradou-se em dezembro de 2018. Em março de 2019, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, campus de Botucatu, onde foi bolsista pelo CNPq.

**DEDICO**

A todos que trabalham direta ou  
indiretamente pelo avanço da ciência.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, especialmente aos meus pais, Raquel e Josino e à minha irmã Cíntia, por sempre me apoiarem e me ajudarem em tudo o que precisei, pela paciência em todas as crises e surtos de ansiedade que eu tive (e que não foram poucos). Eu não teria conseguido sem vocês.

Agradeço também aquelas que se tornaram minha segunda família, amigas da república durante a graduação e que, apesar da distância, continuaram presentes e que sempre terão um espaço especial no meu coração: Angélica Vidal, Cynthia Yumi, Maria Cecília Pelissari, Mayla Guimarães e Natália Santos.

Agradeço a todos os meus amigos: à minha amiga de longa data, Fernanda Ribeiro, aos meus amigos de pós-graduação e, em especial, a quem eu conheci na FMVZ, mas se tornaram amigas para todos os momentos: Laís Cordeiro, Maria Anita Moraes e Tânia Vieira.

Agradeço aos professores que tive em todos esses anos de estudos, todos foram muito importantes para a minha formação, desde os do ensino fundamental e médio até os da graduação e pós-graduação. Agradeço especialmente à professora Dra. Maira Margareth Theodoro Caminhas que me apoiou desde o princípio a fazer estágio com búfalos e, sem a qual, talvez eu não tivesse conhecido e me apaixonado pela bubalinocultura.

Agradeço à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu (FMVZ), UNESP – Botucatu pela oportunidade de realizar o Mestrado e a todos os funcionários que nela trabalham, principalmente aos que me ajudaram diariamente, sempre com bom humor, carinho e disposição: Arivaldo Inácio Primo Júnior (Dinho), Amarildo Vieira dos Santos (Liu) e Wilson Bueno de Oliveira (Lipe).

Agradeço a todos os membros da equipe do Centro de Pesquisas Tropicais em Bubalinos (CPTB), inclusive aos que eu não cheguei a conhecer, porém contribuíram grandemente para o desenvolvimento desse projeto. Agradecimentos especiais aos que conviveram comigo nesse período: Amanna Jacaúna, Felipe de Barros e Vanessa Raikelly Jacob.

Agradeço ao meu orientador, André Mendes Jorge, e aos meus coorientadores, Dra. Caroline de Lima Francisco e Dr. André Michel de Castilhos, por todo o aprendizado que obtive

com todos e por terem me orientado nesse período tão importante e tão cheio de crescimento pessoal e profissional.

Agradeço aos estagiários mais lindos e queridos do mundo por todo empenho e dedicação nesse projeto e por terem tornado dias tão cansativos muito mais divertidos e felizes: Ana Catarina Lima (Fashion), Matheus Oliveira (Boroça) e Vítor Fittipaldi (Beckel).

Agradeço a todos os animais da FMVZ e aos búfalos que contribuíram para a realização de todas as etapas desse projeto.

Agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram com a realização desse trabalho e com o meu crescimento profissional ou pessoal.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Mestrado concedida e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro para execução do projeto (Projeto Temático # 2014/05473-7).

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

## RESUMO GERAL

Parâmetros sanguíneos, bem como medidas de desempenho, indicam eficiência alimentar dos animais para melhorar a rentabilidade da cadeia produtiva de carne. O objetivo deste estudo foi avaliar a associação entre parâmetros séricos, medidas de desempenho e eficiência de bubalinos de corte terminados em confinamento. Foram utilizados 75 animais de três grupos genéticos (GG: Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah), com média de peso e idade de  $314 \pm 117$  kg e  $13 \pm 1,2$  meses, respectivamente. Peso corporal, consumo de alimentos e de água dos animais foi acompanhado ao longo de todo o período experimental. Um sistema de cochos eletrônicos possibilitou o cálculo das medidas de eficiência [conversão alimentar (CA), eficiência alimentar (EA), consumo alimentar residual (CAR), ganho residual (GR) e consumo e ganho residual (CGR)] considerando 84 dias de experimento. Foram avaliados também ganho médio diário (GMD, kg/dia), consumo de matéria seca (CMS, kg/dia) e espessura de gordura subcutânea (EGS). Os animais apresentavam-se clinicamente saudáveis e tiveram amostras de sangue coletadas da veia jugular nos dias 0, 56 e 84 que foram avaliadas quanto aos níveis séricos de leptina, glicose, insulina, colesterol, triglicérides, lipoproteína de alta densidade (HDL), lipoproteína de baixa densidade (LDL) e lipoproteína de densidade muito baixa (VLDL) por meio de kits comerciais. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando o programa SAS. Os GGs diferiram quanto ao desempenho, o grupo Jafarabadi apresentou melhor peso final, GMD, CMS, CA e EA do que os grupos Mediterrâneo e Murrah, porém menor EGS. As concentrações de algumas das variáveis sanguíneas foram influenciadas pelo GG e pela classe de eficiência (alta ou baixa), de acordo com as medidas de eficiência. Foram observadas algumas correlações entre os parâmetros séricos e o desempenho e medidas de eficiência ( $P \leq 0,05$ ), assim como tendências ( $P \leq 0,10$ ), sugerindo que as alterações desses parâmetros séricos ocorrem conforme o desempenho e a eficiência do animal. Além disso, colesterol, triglicérides e lipoproteínas foram os parâmetros mais associados as medidas de eficiência, o que implica na sua utilização como ferramentas para a seleção de bubalinos eficientes em um sistema produtivo de corte.

**Palavras-chave:** bubalinocultura, consumo alimentar residual, eficiência.

## ABSTRACT

Blood parameters, as well as performance measures, indicate feed efficiency of animals to improve the profitability of the beef production chain. This study evaluated the association between serum parameters and feedlot performance, and efficiency measures of water buffalo for meat production. Seventy-five animals of three different genetic groups (GG:Jafarabadi, Mediterranean, and Murrah) were used, with initial body weight (BW) and age means of  $314\pm 117$  kg and  $13\pm 1.2$  months, respectively. Body weight, feed and water consumption of the animals were monitored throughout the experimental period. An automatic feeder system allowed to calculate the efficiency measures [feed conversion ratio (F:G), feed efficiency (G:F), residual feed intake (RFI), residual gain (RG), and residual intake and gain (RIG)] considering 84 days of experimentation. The average daily gain (ADG, kg/day), dry matter intake (DMI, in kg/day and %BW) were evaluated. Animals clinically healthy had blood samples collected from their jugular vein on days 0, 56, and 84 when serum levels of leptin, glucose, insulin, cholesterol, triglycerides, high-density lipoprotein (HDL), low-density lipoprotein (LDL), and very low-density lipoprotein (VLDL) were evaluated using commercial kits. Data were analyzed using the SAS program. GGs differed regarding performance, Jafarabadi group showed better BW, ADG, DMI, F:G and G:F than the Mediterranean and Murrah groups, but lower SFT. The concentrations of some of the blood variables were influenced by GG and efficiency class (high or low), according to the efficiency measures. Some correlations were observed between serum parameters and performance and efficiency measures ( $P\leq 0.05$ ), as well as trends ( $P\leq 0.10$ ), suggesting that changes in these serum parameters occur according to the performance and efficiency of the animal. Furthermore, cholesterol, triglycerides and lipoproteins were the parameters most associated with efficiency measures, implying their use as tools for the selection of efficient buffaloes in a beef production system.

**Keywords:** buffaloes, efficiency, residual feed intake.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes e características nutricionais da dieta.....	60
Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis sanguíneas de bubalinos terminados em confinamento. ....	64
Tabela 3. Média, erro padrão da média (EPM) e probabilidades das variáveis de desempenho e eficiência de acordo o grupo genético (GG) de bubalinos avaliados durante o período de eficiência (84 dias).....	65
Tabela 4. Média, erro padrão da média (EPM) e probabilidades das variáveis sanguíneas de acordo com a classe (alto ou baixo) do consumo alimentar residual (CAR), ganho residual (GR), consumo ganho residual (CGR) e grupo genético (GG) de bubalinos terminados em confinamento. ....	67
Tabela 5. Média, erro padrão da média (EPM) e probabilidades das variáveis sanguíneas de acordo com o grupo genético (GG) e medidas de eficiência avaliados de bubalinos terminados em confinamento. ....	71
Tabela 6. Média, erro padrão da média (EPM) e probabilidades das variáveis sanguíneas de bubalinos terminados em confinamento de acordo com a classe (alto ou baixo) do consumo alimentar residual (CAR), ganho residual (GR), consumo ganho residual (CGR). ....	73
Tabela 7. Coeficientes parciais de Pearson entre as variáveis sanguíneas, variáveis de desempenho e medidas de eficiência de bubalinos avaliados durante o período de 84 dias em confinamento. ....	74

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

ABCB	Associação Brasileira dos Criadores de Búfalos
ACAT	Colesterol aciltransferase
AGCC	Ácido graxo de cadeia curta
AGV	Ácidos graxos voláteis
ATP	Adenosina trifosfato
CA	Conversão alimentar
CAR	Consumo alimentar residual
CEUA	Comissão de ética em uso de animais
CGR	Consumo ganho residual
CMS	Consumo de matéria seca
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPTB	Centro de Pesquisas Tropicais em Bubalinos
DDF	Graus de liberdade denominador
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
DNA	Ácido desoxirribonucleico
DP	Desvio padrão
EA	Eficiência alimentar
EE	Extrato etéreo
EGS	Espessura de gordura subcutânea
EPM	Erro padrão da média

FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
FDNcp	Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína
FMVZ	Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
GG	Grupo genético
GH	<i>Growth Hormone</i>
GMD	Ganho médio diário
GPD	Ganho de peso diário
GPR	Ganho de peso residual
GR	Ganho residual
HDL	lipoproteínas de alta densidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGF-1	<i>Insulin-like growth factor-1</i>
ILDL	Lipoproteínas de densidade intermediária
ILPF	Integração lavoura pecuária floresta
IR	Intervalo de referência
K-EDTA	<i>Ethylenediamine tetraacetic acid</i>
LDL	Lipoproteínas de baixa densidade
LCAT	Lecitina-colesterol-aciltransferase

MM	Matéria mineral
MS	Matéria seca
NEFA	<i>Nonesterified fatty acids</i>
NIRS	<i>Near-Infrared Spectroscopy</i>
NPY	Neuropeptídeo Y
NRC	<i>National Research Council</i>
PB	Proteína bruta
ph	Potencial hidrogeniônico
PV	Peso vivo
PVMM	Peso vivo metabólico
PV <sup>0,75</sup>	Peso vivo metabólico
POMC	Pró-opiomelanocorticotropina
RNAm	Ácido ribonucleico mensageiro
SAS	<i>Statistical Analysis System</i>
SNC	Sistema nervosa central
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
VLDL	Lipoproteínas de densidade muito baixa
$\alpha$ -MSH	Hormônio estimulador de melanócitos
®	Marca registrada

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	17
CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	18
1. Revisão de literatura .....	19
1.1. Bubalinocultura no Brasil .....	19
1.2. Raças bubalinas .....	20
1.3. Sistemas de produção de bubalinos.....	21
1.4. Medidas de eficiência.....	23
1.4.1. Consumo alimentar residual (CAR).....	25
1.4.2. Ganho residual (GR)/ Ganho de peso residual (GPR).....	26
1.4.3. Consumo ganho residual (CGR).....	26
1.5. Parâmetros sanguíneos em animais de produção.....	27
1.5.1. Leptina .....	29
1.5.2. Glicose .....	33
1.5.3. Insulina.....	37
1.5.4. Triglicérides .....	40
1.5.5. Colesterol .....	42
1.5.6. Lipoproteínas .....	44
REFERÊNCIAS .....	47
CAPÍTULO II “Desempenho e parâmetros sanguíneos de bubalinos terminados em confinamento” <sup>1</sup> .....	54
RESUMO .....	55
ABSTRACT .....	56
1. INTRODUÇÃO.....	57
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	58
2.1. Condução do experimento .....	58

2.2. Dieta .....	59
2.3. Medidas de eficiência.....	60
2.4. Análises sanguíneas.....	61
2.5. Espessura de gordura subcutânea (EGS).....	62
2.6. Análise estatística.....	62
3. Resultados .....	63
4. Discussão .....	75
5. Conclusão .....	82
Referências.....	83
CAPÍTULO III.....	86
IMPLICAÇÕES .....	87

## **CAPÍTULO I**

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A bubalinocultura vem ganhando destaque como atividade econômica no Brasil, recentemente, como alternativa para suprir a demanda por proteína de origem animal. O maior rebanho das Américas está presente em território brasileiro (FAO, 2020) e, com um crescimento anual mínimo estimado entre 3 e 3,5% (BERNARDES, 2010), acredita-se que esses números continuarão aumentando.

A carne bubalina possui diversos atributos que agradam ao consumidor, como a coloração vermelho brilhante, aroma e suculência. As qualidades físico-químicas desse produto demonstram valores inferiores de calorias e, além disso, a carne pode ser classificada como macia, de acordo com a força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar e painel sensorial (ANDRIGHETTO et al., 2008).

Os índices zootécnicos de bubalinos em diferentes sistemas demonstram o potencial da espécie para a produção de carne. Atualmente, utilizar animais eficientes é imprescindível na pecuária, tanto para trazer maior retorno financeiro ao produtor quanto para reduzir os impactos ambientais gerados por esta atividade. Animais considerados eficientes consomem menos e produzem similares quantias de carne se comparados a animais menos eficientes.

Nos últimos anos, alguns cálculos alternativos às medidas clássicas de desempenho animal (CA, EA, CMS e GMD) foram propostos para selecionar animais eficientes para a produção de carne. Apesar de serem ferramentas com benefícios comprovados, o CAR, GR e CGR (KOCH et al., 1963; BERRY, CROWLEY, 2012; SHARMA et al., 2017; DAMIRAN et al., 2018) apresentam algumas limitações, como: o custo elevado para aquisição e implantação do sistema utilizado para registro do consumo alimentar individual (LANNA; ALMEIDA, 2004) e o período de tempo mínimo de 70 dias necessário para mensurar o consumo (CASTILHOS et al., 2011).

Dessa forma, mostra-se interessante estabelecer correlações entre medidas de eficiência e parâmetros sanguíneos como forma de facilitar a seleção de animais adequados para a pecuária de corte. Variáveis sanguíneas podem ser utilizadas como indicadores de eficiência animal na produção de carne (KELLY et al., 2010; BOURGON et al., 2017), porém ainda há uma enorme escassez de dados na literatura referentes tanto a variáveis sanguíneas, quanto as medidas de eficiência em bubalinos.

## **1. REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.1. Bubalinocultura no Brasil**

Os bubalinos foram introduzidos no Brasil no final do século XIX, provenientes da Ásia, Caribe e Itália. A princípio, não havia interesse zootécnico na espécie, porém, a partir da década de 80, os búfalos, devido à sua grande adaptabilidade, foram utilizados para preencher os vazios pecuários (BERNARDES, 2007). Este termo refere-se às regiões nas quais a bovinocultura não se desenvolvia adequadamente, tendo em vista os aspectos naturais do local, caracterizado por clima quente e úmido, com presença de solo alagado ou pantanoso, típico principalmente da região amazônica (NASCIMENTO; GUIMARÃES, 1971).

Além da capacidade de adaptação ao ambiente, os búfalos apresentam elevada taxa de fertilidade, longevidade produtiva, rusticidade e temperamento extremamente dócil (BERNARDES, 2006). Foram estas características que, associadas a um maior conhecimento do potencial produtivo da espécie, permitiram uma acentuada expansão da bubalinocultura por todo o país, inclusive em regiões que tradicionalmente dedicavam-se à bovinocultura (BERNARDES, 2007).

O búfalo é considerado um animal de tripla aptidão, utilizado para a produção de leite, carne e trabalho (BASTIANETTO, 2009). Até a década de 80, a produção era voltada para a produção de carne, mas, com o passar dos anos, o interesse pelo leite aumentou em decorrência tanto do crescimento do mercado consumidor como da qualidade, demonstrando importância também em propriedades que manejam os animais com duplo propósito. Atualmente, a bubalinocultura no Brasil tem tanto a carne quanto o leite como principais produtos. (BERNARDES, 2007).

O Brasil é o país que possui o maior rebanho bubalino das Américas. As últimas estimativas realizadas pela FAO, no ano de 2019, mostram que existem cerca de 1.390.066 de cabeças de búfalos distribuídos pelo território brasileiro, o que representa 0,67% da produção mundial (FAO, 2021). Segundo dados do IBGE de 2020, o Brasil possuía 1.434.141 animais em 2019, com uma concentração maior na região Norte (952.059 cabeças), seguida pela região Sudeste (198.711 cabeças), Nordeste (128.711 cabeças), Sul (100.161 cabeças) e Centro-Oeste (55.012 cabeças).

Bernardes (2010) afirma que algumas particularidades do sistema estatístico do Brasil impedem a estimativa real do rebanho bubalino e que este pode ser subestimado, visto que em diversas situações o registro de bubalinos pode se confundir com o de bovinos. Entretanto,

apesar dos desafios enfrentados (falta organizacional da cadeia produtiva e de equilíbrio na oferta dos produtos), a bubalinocultura brasileira apresenta um crescimento anual mínimo de 3 a 3,5%, o que torna a atividade uma opção pecuária relevante (BERNARDES, 2010). A qualidade dos produtos de origem bubalina e os índices zootécnicos da espécie mostram que este setor tende a continuar crescendo e necessita de atenção no que se refere à descoberta de novas tecnologias, assim como maiores investimentos em pesquisas.

## 1.2. Raças bubalinas

Os búfalos domésticos (*Bubalus bubalis*) são integrantes da família *Bovidae* e pertencem à subfamília *Bovinae*. A espécie é dividida em dois grupos ou subespécies: búfalos de rio (*Bubalus bubalis bubalis*) e búfalos de pântano (*Bubalus bubalis kerebau*) (DAMASCENO et al., 2010). Há diferença cromossômica entre esses grupos: os búfalos de rio apresentam o cariótipo  $2n=48$  cromossomos, enquanto os búfalos de pântano possuem  $2n=50$  cromossomos (MARQUES, 2000).

No Brasil são reconhecidas quatro raças de búfalos pela Associação Brasileira dos Criadores de Búfalos (ABCB): Jafarabadi, Murrah, Mediterrâneo e Carabao (MARQUES, 2000). O conhecimento dos padrões raciais dos bubalinos, suas aptidões produtivas e o registro genealógico, desde que devidamente realizado permitem a seleção de animais superiores no que se refere ao melhoramento genético do rebanho. Temperamento manso ou dócil é uma característica que todas essas raças têm em comum (ANDRADE; GARCIA, 2005).

Jabarabadi é a raça bubalina maior e mais pesada, com peso corporal médio na idade adulta de 700 quilos para machos e 530 quilos para fêmeas (HEDGE, 2019). Os animais possuem grande porte e musculatura bem desenvolvida e, por esta razão, em muitos locais foram selecionados para a produção de carne, apesar de também possuírem aptidão leiteira. De origem indiana, representam um papel importante na bubalinocultura deste país. No Brasil, há duas variações dessa raça: Gir e Palitana (MINERVINO et al., 2020).

A raça Murrah, originária do Noroeste da Índia, possui chifres pequenos, de ponta retorcida e enrolada. São animais de dupla aptidão e considerados os melhores produtores de leite dentre as raças bubalinas (ANDRADE; GARCIA, 2005) e, talvez por isso, é a raça mais conhecida mundialmente, presente em diversos países (MINERVINO et al., 2020).

Os animais da raça Mediterrâneo foram selecionados na Itália para produção leiteira, mas também apresentam aptidão para carne devido ao seu porte. Têm chifres pretos, longos e

fortes, em forma semicircular. Tanto a pele quanto a pelagem desses três grupos genéticos citados anteriormente são pretas (ANDRADE; GARCIA, 2005).

O búfalo Carabao ou Rosilho foi o primeiro a ser introduzido no Brasil, teve sua origem no Sudoeste da Ásia. Conhecido como o “trator do Oriente”, possui massa muscular e membros fortes, ideal para corte e para tração agrícola (transporte de carga e de sela). Apresenta pelagem mais clara e é a raça bubalina mais adaptada a ambientes alagados e pantanosos (ANDRADE; GARCIA, 2005).

Os búfalos do tipo Baio ( $2n=50$  cromossomos), de coloração pardacenta, fazem parte da espécie *Bubalus bubalis*, variedade *bubalis*, porém não são considerados uma raça por não apresentarem um padrão definido. Demonstram potencial como animal de dupla aptidão: possui porte grande, boa conformação e precocidade com relação ao desenvolvimento ponderal, ideal para a produção de carne e, com relação à produção leiteira, apresenta boa média diária, contudo, a porcentagem de gordura é mais baixa que o ideal, quando comparados às demais raças bubalinas (NASCIMENTO; GUIMARÃES, 1971). Apesar de apresentarem características produtivas de interesse zootécnico, o tipo Baio, assim como o Carabao, exprime um efetivo de poucos animais no Brasil apontando elevado risco de extinção e descaracterização para ambos os grupos genéticos (CASSIANO et al., 2003; MARQUES et al., 2017).

Em virtude do cenário de redução do número de animais pertencentes à raça Carabao e ao tipo Baio e devido à maior semelhança genética entre os animais das raças Jafarabadi, Murrah e Mediterrâneo, esses três grupos genéticos são os mais estudados no Brasil atualmente e foco da maioria das pesquisas realizadas.

### **1.3. Sistemas de produção de bubalinos**

Os búfalos tem sido criados, em sua maioria, em pequenas e médias propriedades pelo território brasileiro. Grandes rebanhos são encontrados principalmente na região Norte, onde está concentrado o maior número de animais (BERNARDES, 2010).

Há registros de bubalinos criados em diferentes sistemas: em pastagem, confinamento, em sistemas mistos (áreas com pastagens e áreas alagadas) ou sistemas silvipastoris (integração lavoura-pecuária). Os búfalos podem ser criados nos mais diversos ambientes devido à sua grande adaptabilidade, desde que respeitadas suas necessidades comportamentais e fisiológicas características da espécie. Bubalinos apresentam particularidades no que se refere à

termorregulação: a pele espessa e de coloração geralmente escura, com reduzida quantidade de pelos e a menor proporção de glândulas sudoríparas dificultam o processo (SOUZA JUNIOR et al., 2008).

Desta forma, faz-se necessário que as instalações, independente do sistema produtivo, garantam conforto térmico aos animais, caso contrário, a resposta fisiológica gerada para garantir a termólise leva a alterações de parâmetros (sanguíneo, hormonal, temperatura corpórea, frequência respiratória, cardíaca, entre outros) que trazem consequências para o gasto energético. O clima tropical apresenta desafios para a produção animal e compreender os mecanismos termorreguladores de bubalinos, assim como adotar práticas que forneçam bem-estar e condições para um desenvolvimento adequado podem melhorar a qualidade do produto final (VILELA, 2013).

Ablas et al. (2007) buscaram alternativas de manejo a pasto com a intenção de solucionar problemas decorrentes da restrição produtiva causada pelo estresse térmico. No estudo foi avaliado o comportamento de dez búfalas em três diferentes sistemas de manejo a pasto: um piquete com sombra natural e artificial, um piquete com sombra artificial e água para imersão e um piquete com água para imersão. Os autores concluem o trabalho afirmando que todas as búfalas utilizaram algum dos tipos de proteção contra o calor nos períodos mais quentes do dia e que o pastejo sempre ocorria nos horários de temperatura mais baixa nos dias mais quentes para evitar exposição direta à radiação solar. Tais resultados demonstram a necessidade dos recursos de proteção contra o calor como forma de melhorar os índices produtivos da bubalinocultura, assim como o bem estar dos animais.

Deste modo, mostra-se interessante a adoção do sistema silvipastoril ou agroflorestal, também conhecido como integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Este sistema consiste na incorporação de atividades de produção agrícola, pecuária e florestal. O componente arbóreo proporciona sombreamento aos animais (BUNGENSTAB et al., 2019). Castro et al. (2008) afirmam que, na região da Amazônia, a utilização do sistema silvipastoril é uma importante estratégia para elevar o desempenho produtivo de bubalinos, pois além de disponibilizar áreas sombreadas e conforto térmico aos animais também favorece a sustentabilidade da atividade pecuária.

A utilização de recursos de proteção contra o calor é necessária em sistemas de confinamento. Sevegnani et al. (2013) avaliaram os efeitos de três tratamentos sobre a capacidade termorregulatória e o ganho de peso de bubalinos em confinamento. O tratamento

considerado mais eficiente foi o que disponibilizou água para imersão aos animais: houve maior ganho de peso do que no tratamento que forneceu sombra ou água para aspersão.

Quando terminados em confinamento, os bubalinos apresentam bom rendimento de carcaça e de cortes comerciais (FRANZOLIN; SILVA, 2001). O sistema de confinamento apresenta bons resultados quanto ao rendimento de carcaça e ganho de peso dos animais, em comparação aos demais sistemas, mesmo que os animais confinados sejam provenientes de rebanhos leiteiros.

Segundo Jorge, Andrighetto e Castro (2005), bubalinos da raça Murrah nascidos em rebanhos leiteiros e criados em pastagem (*Brachiaria brizantha*) apresentam um desempenho ponderal considerado suficiente para serem inseridos na produção de carne. Menegucci et al. (2006) obtiveram rendimento de carcaça de 48,4% em bubalinos da raça Murrah terminados em confinamento e originários de propriedades produtoras de leite.

Em estudo comparando bovinos da raça Sindi e bubalinos da raça Mediterrâneo terminados em confinamento, Neto et al. (2011) observaram rendimento de carcaça superior em bovinos (55,1%) em relação aos bubalinos (48,3%), apesar de o peso vivo ter sido maior em búfalos. Este resultado foi devido ao fato de bubalinos apresentarem maiores porcentagens de perdas no abate por possuírem cabeça, patas, couro e vísceras relativamente mais pesados.

#### **1.4. Medidas de eficiência**

As medidas de eficiência para pecuária de corte visam obter maior retorno econômico por meio de um bom desempenho por parte do animal. Altos índices produtivos são alcançados quando os objetivos da produção são estabelecidos previamente, assim como quais estratégias serão utilizadas neste processo. Importante ressaltar que o êxito da cadeia produtiva de carne depende de uma somatória de características, e a relevância de cada característica varia de acordo com a finalidade da produção (ARCHER et al., 1999).

A eficiência e desempenho em produtos de origem animal são importantes tanto para a lucratividade, quanto para a sustentabilidade dos sistemas de produção de corte (SANTANA et al., 2014). A rentabilidade do sistema produtivo está diretamente relacionada com o desempenho dos animais, visto que menores custos com alimentação e adequada produção de carne podem reduzir os custos de produção, principalmente a longo prazo. Diante disso, a pecuária de corte busca animais que transformem a dieta oferecida em carne com o menor desembolso financeiro possível a fim de otimizar a rentabilidade do sistema (ARTHUR; HERD, 2008).

A produção de carne é determinada pelo crescimento dos tecidos corpóreos dos animais, em especial o tecido muscular. O ideal é que haja uma alta proporção de músculos para uma adequada proporção de gordura e o mínimo possível de tecido ósseo. Ruminantes, em particular, tem a habilidade de transformar alimentos de baixo custo e sem interesse para a alimentação humana (plantas forrageiras e resíduos agroindustriais) em carne. Esse processo é influenciado por características do animal, como idade, sexo, raça (BERG; BUTTERFIELD, 1976) e pelo manejo ao qual esses animais são submetidos. A junção de todas essas variáveis irá determinar o desempenho e eficiência do animal.

Animais em diferentes faixas etárias e estados fisiológicos apresentam especificidade quanto à energia necessária para manutenção de seus organismos (KOCH et al., 1963) e, conseqüentemente, apresentarão eficiência alimentar distintas. O foco do sistema produtivo em que o animal está inserido também influencia diretamente nas exigências de manutenção: a produção de carne requer altas proporções de energia total na dieta (ARCHER et al., 1999).

A eficiência alimentar é definida como o ganho de peso corporal resultante do consumo de determinada quantia de alimento. Tal ganho de peso não é preciso devido a variações individuais que se manifestam mesmo quando os animais estão sob as mesmas condições, sendo elas as necessidades nutricionais e a ingestão alimentar, que é fortemente influenciada pelo comportamento alimentar e pela qualidade do alimento (KOCH et al., 1963).

Atualmente, o confinamento é uma ferramenta viável para a produção de carne, desde que se faça uso de tecnologias que permitam obter lucratividade através de melhor desempenho do rebanho (HERRINGTON; TONSOR, 2013). Preconizando o fornecimento de dietas altamente energéticas baseadas em grãos e seus subprodutos, com a finalidade de acelerar o crescimento do animal, melhorar a eficiência alimentar e a qualidade de carcaça (NRC, 2016), a criação de gado no sistema de confinamento traz inúmeras vantagens ao produtor. Entretanto, os custos são bastante elevados e a alimentação representa uma das parcelas mais consideráveis, próximo a cerca de 70%.

O desempenho dos animais pode ser medido através de diversas formas e algumas delas são simples razões entre o consumo alimentar (CMS) e o ganho de peso resultante (GMD), como a conversão alimentar (CA) e a eficiência alimentar. Nos últimos anos, outros cálculos foram propostos para suprir alguns problemas que as medidas anteriormente citadas podem gerar quando utilizadas em programas de seleção lineares. Os cálculos alternativos são: consumo alimentar residual (CAR), ganho residual (GR) e consumo ganho residual (CGR).

### 1.4.1. Consumo alimentar residual (CAR)

O conceito de consumo alimentar residual (CAR) foi proposto por Koch et al. (1963) e baseia-se na diferença entre o consumo observado e o consumo estimado em função do peso vivo metabólico médio (PVMM) e o ganho médio diário (GMD), como representado na fórmula a seguir:

$$\text{CAR} = \text{CMSobs} - \text{CMSest} [f(\text{GMD}; \text{PVMM})]$$

Para realização do cálculo desta medida, dados individuais de consumo são registrados por um período de tempo estabelecido previamente, geralmente entre 70 a 84 dias, em um grupo de animais sob as mesmas condições (SAINZ; PAULINO, 2004). De acordo com o resultado, os animais são, então, classificados em alto/baixo CAR ou CAR positivo/negativo, sendo os animais de baixo CAR ou CAR negativo considerados mais eficientes, já que apresentam menor requerimento de manutenção (LANCASTER et al., 2014); com os animais de alto CAR ou CAR positivo, ocorre o inverso.

Selecionar animais baseando-se apenas na ingestão da dieta e ganho de peso, que são medidas geralmente utilizadas para estimar o consumo de alimentos, pode levar a obtenção de um rebanho com uma exigência de manutenção maior e com maior taxa de crescimento, o que acarretaria em animais maiores à maturidade. O CAR independe do crescimento e do peso à maturidade e, além disso, a inclusão do peso vivo metabólico (PVMM) busca ajustar as diferenças na eficiência quando os animais apresentarem diferença de peso durante a avaliação, levando a concluir que as variações no valor do CAR se devem aos processos metabólicos individuais (ARTHUR; HERD, 2008; BUARQUE, 2018).

Segundo Arthur et al. (2001), o CAR deve ser a principal característica a ser considerada em um melhoramento genético quando se deseja uma boa eficiência alimentar. Diversos estudos comprovaram que os bubalinos considerados eficientes, segundo a classificação estabelecida pelo CAR, apresentaram menor consumo de alimentos e ganho de peso semelhante ou superior aos demais indivíduos avaliados: Sharma et al. (2018), Subhashchandra bose et al. (2014), Negesse et al. (2016).

Porém, alguns autores obtiveram resultados discordantes. Singh et al. (2018) observaram que os animais de alto CAR apresentaram maior ganho de peso. Bolívar et al. (2014) separaram bubalinos da raça Murrah em três grupos referentes ao CAR: alto, médio e baixo; porém, não foram observadas diferenças no ganho de peso dos animais entre os grupos.

#### 1.4.2. Ganho residual (GR)/ Ganho de peso residual (GPR)

Também proposto por Koch et al. (1963), o ganho residual (GR) utiliza o resíduo da diferença entre o ganho de peso observado e o ganho de peso predito em um modelo de regressão múltipla, regredindo o GMD relacionado ao CMS e PVMM, com o objetivo de identificar animais de crescimento rápido (KOCH et al., 1963; BERRY; CROWLEY, 2012).

Apesar de ter princípio semelhante ao CAR, por ser independente do CMS, o resultado da seleção pelo GPR pode gerar animais com maiores taxas de crescimento que pode ou não ser acompanhada de aumento na exigência de manutenção, o que comprometeria a eficiência alimentar (BUARQUE, 2018).

$$\text{GPR} = \text{GMDobs} - \text{GMDest} [F(\text{CMS}; \text{PVMM})]$$

Animais com alto GR são mais eficientes: apresentam menor peso inicial e maior peso final, ou seja, maior ganho de peso, consumindo quantidades semelhantes de MS. O GR tem associação com altas taxas de crescimento, mas não está associado ao consumo de alimentos (BERRY; CROWLEY, 2012).

#### 1.4.3. Consumo ganho residual (CGR)

Conceito proposto por Berry e Crowley (2012) como alternativo ao CAR que, segundo os autores, tem pouca aceitação por não ser correlacionado com o ganho de peso diário (GPD) e pode considerar animais de crescimento lento como eficientes erroneamente. Logo, o CGR busca identificar animais com maior GPD, porém, são considerados favoráveis à seleção aqueles que apresentam um consumo de alimentos proporcionalmente menor do que o esperado.

Com o objetivo de identificar animais que passem menos tempo confinados associado a menor ingestão diária de MS, o CGR é uma combinação de GR e CAR, retendo as características favoráveis dessas duas medidas. A equação compreende a soma do GR e CAR, após multiplicação do CAR por -1, como apresentado na fórmula a seguir:

$$\text{CGR} = \text{GPR} + (-1 * \text{CAR})$$

A herdabilidade do CGR é moderada, assim como a do CAR e GR, podendo ser inserido em programas de melhoramento genético. Os animais selecionados pelo CGR são tidos como intermediários no que se refere a taxa de crescimento e consumo alimentar; em estudo realizado pelos mesmos autores, os animais com alto GR tiveram melhores taxas de crescimento e consumo alimentar diário elevado, enquanto os animais com baixo CAR tiveram menor consumo alimentar diário e taxa de crescimento mais lenta. Isso sugere que o CAR seleciona animais baseando-se no consumo alimentar sem levar em consideração o ritmo de crescimento do animal e que o GR indica os animais com crescimento mais rápido sem considerar o consumo médio diário deles.

Assim, pode-se afirmar que os animais com alto valor de CGR são mais rentáveis ao sistema produtivo por gerarem menos gastos com a dieta, por terem melhor taxa de crescimento e, conseqüentemente, terem um tempo de confinamento reduzido.

### **1.5. Parâmetros sanguíneos em animais de produção**

Valores de referência para um perfil bioquímico tem como finalidade estabelecer um padrão de normalidade e auxiliar no diagnóstico de doenças e alterações fisiológicas. Os intervalos de referência variam de acordo conforme a espécie e, mesmo animais da mesma espécie apresentam valores divergentes, sendo a idade, sexo, raça e estado fisiológico responsáveis por tais alterações (THRALL et al., 2007).

Os intervalos de referência mais comumente usados e que são encontrados na literatura foram elaborados com base em estudos europeus ou americanos, locais que apresentam clima temperado e animais com adequadas condições de manejo alimentar e sanitário, mas que podem ser diferentes das situações encontradas nos países em desenvolvimento, o que dificulta a interpretação dos resultados em regiões tropicais e com diferentes práticas (ABD ELLAH et al., 2014).

Contudo, em bubalinos ainda não há intervalos de referência estabelecidos ou perfil bioquímico nessa espécie. Ainda há uma enorme escassez de informações relacionadas a variáveis sanguíneas em bubalinos machos confinados. Fontes et al., (2014) buscaram estabelecer intervalos de referência para perfil hematológico e bioquímico em bubalinos da região da Amazônia Oriental. Foram utilizados animais pertencentes a apenas um grupo genético (Murrah), de ambos os sexos, divididos em grupos de acordo com a idade. Os

resultados mostraram que houve influência das variáveis (idade, sexo) sobre alguns dos constituintes sanguíneos.

Abd Ellah et al. (2014) também buscaram estabelecer intervalos de referência séricos para búfalos domésticos (*Bubalus bubalis*) no Egito. Em estudo que utilizou 127 fêmeas bubalinas, saudáveis e com idade entre um e dois anos foram avaliados parâmetros hematológicos e bioquímicos séricos. Entretanto, os autores ressaltam que os resultados obtidos são condizentes com o cenário do país em que o trabalho foi desenvolvido e os valores não devem ser utilizados para interpretação de dados encontrados em búfalos de idades, sexo ou condições fisiológicas diferentes.

Parâmetros sanguíneos podem ser utilizados como ferramentas para indicar a eficiência alimentar de animais inseridos na cadeia de produção de carne e, desta forma, potencializar índices de desempenho e eficiência, além de otimizar os lucros (Bourgon et al., 2017). Alguns estudos recentes em bubalinos têm avaliado correlações entre alguns parâmetros sanguíneos e hormônios, como a leptina, e medidas de eficiência e desempenho (DI PALO et al., 2010; SHARMA et al., 2016; MADAN et al., 2019; SIKKA et al., 2020).

Sikka et al., (2020) utilizaram 42 fêmeas bubalinas em confinamento, com idade entre 9 e 11 meses. Os autores basearam-se em um modelo matemático que, ao explorar a relação entre nutrição e as variáveis sanguíneas, pode prever a eficiência de bubalinos. Isso pode tornar possível a utilização de parâmetros sanguíneos como ferramentas para a seleção de animais considerados mais eficientes ao sistema produtivo sem ser preciso enfrentar as limitações de uso das medidas de eficiência, como o tempo necessário para mensuração do consumo alimentar individual e os altos custos envolvidos com os equipamentos eletrônicos necessários para realização desse teste.

Em estudo com bubalinos em crescimento, Madan et al. (2019) buscaram avaliar a relação entre CAR e perfil bioquímico sanguíneo. Os animais foram separados em dois grupos de acordo com a classe de CAR: grupo de alto CAR e grupo de baixo CAR. Ambos os grupos foram comparados quanto ao consumo de ração e parâmetros sanguíneos ao longo de 90 dias de experimento. Três coletas de sangue foram realizadas (início, meio e fim do experimento) para determinação de triglicérides, colesterol, entre outras variáveis bioquímicas presentes no plasma sanguíneo por meio de kits comerciais. Baseando-se nos resultados encontrados os autores afirmam que os metabólitos sanguíneos podem ser utilizados para o reconhecimento de

eficiência alimentar, porém, sem deixar de considerar fatores de manejo, como dieta fornecida, estresse e meio ambiente.

### **1.5.1. Leptina**

Determinada pelo gene “OB”, a leptina é um hormônio proteico circulante que age como um sinalizador do estado nutricional e cuja produção ocorre principalmente no tecido adiposo (BARB; HAUSMAN; RAMSAY, 2006). Responsável por desempenhar um importante papel na regulação da homeostase energética metabólica, no comportamento alimentar e na utilização das reservas de gordura corporal, a leptina está envolvida em diversos outros processos fisiológicos (CHILLIARD et al., 2001). Conhecida por seu efeito pleiotrópico (JAMRE et al., 2016) é estudada em diversas áreas: reprodução, imunologia e endocrinologia.

A leptina participa de fatores neuro-hormonais envolvidos nos mecanismos reguladores de consumo de alimentos que são essenciais para a manutenção do peso corporal. A região hipotalâmica contém grandes concentrações de leptina que estão correlacionadas com as concentrações plasmáticas. A ação periférica deste hormônio regula o estoque de tecido adiposo (BERCHIELLI; PIREZ; OLIVEIRA, 2006).

O tecido adiposo, formado por células nomeadas de adipócitos, constitui a maior e mais eficiente reserva de energia corporal, na forma de triglicérides. Esse depósito é instável, pois renova-se continuamente devido a influências de estímulos nervosos e hormonais. O tecido adiposo branco ou unilocular, principal responsável pela produção de leptina, está distribuído de maneira uniforme no subcutâneo de recém nascidos; com o crescimento do animal, ocorre a concentração de gordura em regiões específicas do corpo de acordo com a regulação dos hormônios sexuais, corticais e adrenais. A saída dos lipídeos do interior dos adipócitos, processo conhecido como mobilização das reservas de gordura, ocorre à medida que o organismo necessita de energia para manter-se em funcionamento e é possível devido à inervação do tecido adiposo por fibras simpáticas do sistema nervoso autônomo que se dá por terminações nervosas localizadas na parede dos vasos sanguíneos de apenas alguns desses adipócitos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008).

A concentração plasmática da leptina está diretamente relacionada à quantidade de gordura corpórea do indivíduo, mais especificamente ao tamanho dos adipócitos. Regulada por um mecanismo de feedback negativo, a leptinemia é aumentada quando os adipócitos estão com grandes reservas de lipídeos em seu interior e tende a reduzir se o organismo em questão passa

por algum tipo de privação alimentar, jejum prolongado ou atividade física intensa e necessita utilizar o estoque de gordura para manutenção das atividades fisiológicas vitais (MAFFEI et al., 1995).

O tecido adiposo também produz outros hormônios peptídicos, além da leptina, que são conhecidos como adipocinas e possuem ação local (autócrina e parácrina) ou endócrina e que, interagindo com o sistema nervoso central (SNC), adequam a utilização e armazenamento das reservas de energia. O hipotálamo recebe informações provenientes do tecido adiposo por meio da leptina e responde aos adipócitos através de sinais neuronais. A síntese e liberação de dois tipos de neuropeptídeos no hipotálamo tornam essa comunicação possível: os neurônios orexigênicos são estimuladores da ingestão de alimentos a partir da produção e liberação do neuropeptídeo Y (NPY) e os neurônios anorexigênicos são inibidores da ingestão de alimentos por produzirem o pró-opiomelanocorticotropina (POMC), hormônio precursor do hormônio estimulador de melanócitos ( $\alpha$ -MSH). Os níveis sanguíneos de leptina indicam se as reservas de gordura são suficientes e, se porventura forem, ocorrerá estímulo para produção dos hormônios anorexigênicos que causarão redução do apetite alimentar. Do contrário, quando a leptinemia diminui, o hipotálamo recebe estímulos neuronais para que ocorra diminuição do desacoplamento das mitocôndrias dos adipócitos marrons, reduzindo a termogênese e a mobilização de gordura com a finalidade de poupar energia (NELSON; COX, 2014).

Acredita-se que este complexo sistema tenha se desenvolvido para possibilitar a sobrevivência do animal, ajustando sua atividade e seu metabolismo em períodos de jejum ou deficiência nutricional (NELSON; COX, 2014). Dessa forma, a leptina é considerada mediadora entre o tecido adiposo e o tecido nervoso, ligando-se aos seus receptores no SNC que são estruturalmente parecidos com receptores de citocina tipo I. (TARTAGLIA et al., 1995). Os receptores de leptina estão localizados nos principais tipos de células que participam da regulação de apetite e função neuroendócrina (CLARKE et al., 2001).

Atualmente, são conhecidos seis tipos de receptores de membrana de leptina (ObRa, ObRb, ObRc, ObRd, ObRe e ObRf) distribuídos entre os órgãos (rim, fígado, coração, trato gastrointestinal, ovários, testículos, baço, pâncreas e cérebro). Apenas o receptor ObRb apresenta isoforma longa e devido a isso é o único capaz de ativar a via Janus kinase. A expressão de ObRb é maior no SNC, principalmente, no núcleo arqueado, núcleo ventromedial e núcleo dorsomedial do hipotálamo (BARRIOS-CORREA; ESTRADA; CONTRERAS, 2018). No entanto, sabe-se que cada receptor desempenha uma função diferente nas interações

que levarão a ocorrência de eventos como: transporte da leptina, regulação da ingestão de alimentos e balanço energético e excreção do hormônio. Os receptores de leptina estão presentes em outras regiões do cérebro, por isso, podem ser classificados como centrais, quando localizados no hipotálamo, ou periféricos, quando presentes no hipocampo (JAMRE et al., 2016).

A leptina causa uma sensação de saciedade que inibe a ingestão alimentar e ocasiona uma diminuição da concentração de glicose e insulina no plasma sanguíneo em contraste com um aumento da concentração de ácidos graxos livres e GH. O aumento das concentrações de leptina estimula a lipólise e inibe a lipogênese, portanto, é um hormônio que pode ser considerado um antagonista da insulina. Além disso, a leptina inibe a esterificação dos ácidos graxos, o que impede o acúmulo de lipídeos nos adipócitos. Este equilíbrio entre lipólise, lipogênese e esterificação dos ácidos graxos demonstra o papel da leptina na distribuição de energia fora do tecido adiposo para utilização por outros tecidos do corpo (fígado, músculos e glândula mamária). Com relação a glicose, a leptina tem a ação de reduzir o metabolismo geral como tentativa de poupar a sua utilização por outros tecidos. Os ácidos graxos formados a partir da glicose podem ter sua síntese inibida pela ação da leptina (BARB; HAUSMAN; RAMSAY, 2006).

Apesar de o teor de gordura corporal ser o que mais influencia a quantidade de leptina, tanto no tecido adiposo quanto no sangue, há fatores intrínsecos e extrínsecos que regulam a expressão da leptina (CHILLIARD et al., 2005). O fotoperíodo é considerado secundário a mudanças no peso e adiposidade do animal; em ruminantes, a leptina é secretada de forma pulsátil sem apresentar um ritmo marcado específico (INGVARTSEN; BOISCLAIR, 2001).

A redução da leptinemia estimula a alimentação do animal e secreção de glicocorticoides, diminui a atividade da tireoide, o gasto energético, a sensibilidade à insulina e síntese proteica e bloqueia a reprodução. Animais com menos gordura corporal têm menos RNAm de leptina do tecido adiposo e menos leptina no plasma. Os níveis de RNAm e leptina também são diminuídos rapidamente por privação de comida ou subnutrição crônica e aumentada por realimentação (CHILLIARD et al., 2005). Em ratos, a leptina plasmática é mais elevada quando a dieta é composta por altas quantias de calorias totais e teor de ácidos graxos poli-insaturados. Já em ruminantes, o processo é mais complexo porque ocorrem eventos como a bio-hidrogenação ruminal dos ácidos graxos insaturados (FRIEDERICH et al., 1995).

A leptina apresenta diferentes objetivos de estudo, de acordo com as espécies. Em humanos, a relação deste hormônio com a obesidade e seus decorrentes problemas de saúde são o principal foco das pesquisas atuais. Já em ruminantes, o interesse se deve a sua associação com a ingestão voluntária de alimentos e o ganho de peso que determinam a eficiência e produtividade do animal no sistema, podendo gerar lucros ou prejuízos ao produtor. Um indivíduo que apresenta consumo alimentar baixo ou balanço energético negativo geralmente apresenta um menor ganho de peso, função imunológica deprimida e problemas reprodutivos (INGVARTSEN; BOISCLAIR, 2001).

As pesquisas sobre leptina em ruminantes começaram em 1997, após a caracterização do mRNA da leptina bovina (CHILLIARD et al., 2001). Desde então, tem demonstrado sua importância na produção animal por ser uma biomolécula com potencial para utilização como marcador capaz de identificar e selecionar animais de alto desempenho, objetivando principalmente promover o melhoramento genético do rebanho (JAMRE et al., 2016). A compreensão dos processos envolvidos no controle de energia e deposição de gordura é imprescindível para o avanço na cadeia produtiva de carne (MÁČAJOVÁ; LAMOŠOVÁ; ZEMAN, 2004). Pouco se sabe, porém, sobre os hormônios plasmáticos em búfalos e como seu perfil relaciona-se com o metabolismo de gordura (BAN-TOKUDA et al., 2007).

Devido a correlação entre leptina plasmática e espessura de gordura subcutânea (BELLMAN et al., 2004) e pelo fato de estar diretamente associada com as reservas corporais de gordura, a expressão gênica da leptina evidencia-se sobretudo no fígado e no tecido subcutâneo. Desta forma, os polimorfismos referentes ao gene da leptina podem ser utilizados em programas de melhoramento genético também como indicadores da deposição e espessura de gordura subcutânea em algumas raças bovinas (RAZA et al., 2020).

Em experimento que utilizou bovinos de corte, Foote et al. (2015) mensuraram a concentração plasmática de leptina em três períodos do confinamento e observaram uma correlação positiva entre este as quantidades deste hormônio e a ingestão de matéria seca e uma correlação negativa com o ganho médio diário e a eficiência alimentar em bovinos de corte confinados, sugerindo que a concentração da leptina pode ser usada como marcador fisiológico para crescimento e eficiência alimentar para animais nestas condições. Foote et al. (2016) utilizaram fêmeas e machos bovinos em fase de terminação e chegaram a resultados semelhantes: houve uma associação positiva entre concentrações plasmáticas de leptina e CMS, GPD e CAR; e uma associação negativa com eficiência alimentar.

Em estudo comparando espécie e sexo, Ban-Tokuda et al. (2007) utilizaram bovinos e bubalinos mestiços machos e fêmeas. As amostras de sangue foram coletadas mensalmente, durante os seis meses de experimento, para mensuração plasmática de leptina, insulina, glicose, triglicérides e colesterol. Os autores notaram um aumento dos níveis de leptina, insulina, e colesterol ao longo do período experimental, ou seja, aumentaram concomitantemente ao acúmulo de gordura; com valores significativamente maiores em bovinos. Não houve diferença significativa nas concentrações plasmáticas de glicose e triglicérides entre bovinos e bubalinos. Com relação ao sexo, houve diferença significativa entre fêmeas e machos nas concentrações plasmáticas de leptina, com maiores concentrações em fêmeas de ambas as espécies.

Em bubalinos, Othman et al. (2011) realizaram um estudo com o objetivo de detectar o polimorfismo genético do gene da leptina, foram utilizadas cem fêmeas bubalinas saudáveis, das quais foi coletado sangue para extração de DNA genômico. Os autores afirmam que a leptina tem demonstrado ser um gene com forte potencial para ser utilizado como marcador de desempenho, características de carcaça e qualidade de carne.

Di Palo et al. (2005) avaliaram níveis plasmáticos de leptina em fêmeas bubalinas da raça Murrah com a intenção de relacioná-los com outras medidas e indicadores do estado nutricional, como o ganho de peso, escore corporal, insulina, glucagon, IGF-1 e alguns parâmetros sanguíneos (glicose, colesterol, HDL, triglicérides e NEFA). Os doze animais utilizados no estudo foram divididos em dois grupos e cada grupo recebeu uma dieta com teor de energia diferente. As coletas de sangue foram realizadas individualmente em vários momentos, assim como a pesagem e avaliação do escore corporal.

Os resultados permitiram observar uma diferença no ganho de peso e peso final entre os grupos avaliados. Os dados gerais mostram que houve uma correlação significativa entre leptina e ganho de peso acumulado ao longo do período experimental, escore corporal, insulina, glucagon, glicose, colesterol e HDL. Houve uma leve correlação entre leptina e peso corporal e leptina e ganho de peso. As concentrações de IGF-1 foram correlacionadas significativamente com a leptina apenas após a quarta semana do experimento.

### **1.5.2. Glicose**

A glicose é o monossacarídeo mais importante pertencente ao grupo dos carboidratos não estruturais e está presente em compostos energéticos largamente utilizados na nutrição de ruminantes, como a sacarose da cana-de-açúcar e o amido dos grãos de cereais, presente nas

silagens de milho ou sorgo (MARZZOCO; TORRES, 1999; BERCHIELLI; PIREZ; OLIVEIRA, 2006).

Os carboidratos da dieta animal são provenientes das plantas e podem ser classificados em três tipos: fibras (celulose e hemicelulose), açúcares (glicose) e amidos, presentes no milho e silagem de milho (CUNNINGHAM; KLEIN, 2004). Constituem de 50 a 80% da matéria seca de forragens e cereais. A disponibilidade nutricional dos carboidratos estruturais e não estruturais depende de sua degradação e de fatores que influenciam sua disponibilidade para os animais e para a digestão microbiana (VAN SOEST, 1994).

Como a glicose não está prontamente disponível como fonte de energia para os ruminantes, ela faz parte de uma fase intermediária da digestão fermentativa. As enzimas ruminais são responsáveis por degradar os carboidratos estruturais (celulose, hemicelulose e pectina) presentes nos volumosos em substrato para os microorganismos ruminais. Em um primeiro momento, os microorganismos fermentam o substrato em glicose. Degradações sucessivas da glicose resultam na produção dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) - ácido acético, propiônico e butírico, cujas proporções são alteradas de acordo com a alimentação que o animal recebe. Maiores quantias de concentrado na dieta aumentam a produção total de AGCC. Assim, tanto os carboidratos estruturais, quanto os não estruturais originam a glicose (MILLEN; ARRIGONI; PACHECO, 2016).

A quantidade de ácidos graxos (AGV) produzidos no rúmen varia de acordo com o tempo após a ingestão e o tipo de alimento. Dietas à base de concentrado produzem os AGV de forma mais rápida quando comparadas com dietas à base de forragem. O rúmen é o principal responsável pela absorção dos AGV que ocorre de forma passiva e sem o gasto de energia, através do epitélio ruminal. Tal processo ocorre devido à diferença do gradiente de concentração e diferença de pH entre o fluido ruminal e o sangue, sendo este mais alcalino e com menor concentração de AGV. O rúmen possui altas concentrações de formas ionizadas e não ionizadas de AGV; apenas as formas não ionizadas atravessam a membrana ruminal de forma passiva, no sentido do gradiente de concentração e, quando chegam à corrente sanguínea, os AGV sofrem dissociação, o que impede seu retorno ao rúmen (KOSLOSKI, 2017).

Os AGCC produzidos no rúmen chegam à corrente sanguínea ao serem absorvidos pelo epitélio ruminal e representam a maior fonte de energia para os ruminantes. O acetato é o principal gerador de energia, porém, como alguns tecidos necessitam especificamente da glicose e esta não se encontra diretamente disponível para o metabolismo do animal, o

propionato, ao cair na corrente sanguínea, é transportado até o fígado, onde é transformado em glicose (gliconeogênese). Dessa forma, o propionato torna-se a principal fonte de glicose. Já o acetato e butirato funcionam como fonte de energia por meio do metabolismo oxidativo e da lipogênese (MILLEN; ARRIGONI; PACHECO, 2016).

A relação entre volumoso e concentrado na dieta altera a proporção dos ácidos graxos de cadeia curta (acetato e butirato) e glicogênicos (propionato e butirato). Quanto maior a proporção de concentrado, maior será a quantidade de ácidos glicogênicos produzidos pelo rúmen. No sistema portal, não há alteração dos valores de ácidos produzidos, independentemente do tipo de dieta, sendo relativamente constante (KOSLOSKI, 2017).

Em animais, a glicose tem quatro caminhos principais ou vias metabólicas: pode ser usada na síntese de polímeros estruturais direcionados à matriz extracelular e polissacarídeos da parede celular; pode ser armazenada nas células na forma de glicogênio, polissacarídeo ou sacarose; pode ser oxidada em piruvato através da glicólise para fornecimento de ATP e intermediários metabólicos, pode ainda ser oxidada pela via das pentose-fosfato para a síntese de ácidos nucleicos e NADPH (NELSON; COX, 2014).

Os ruminantes, em condições normais apresentam concentrações sanguíneas baixas de glicose, em contraste com altas quantidades de corpos cetônicos e ureia. Quando o animal encontra-se em jejum prolongado, a produção de lactato é aumentada devido à mobilização do tecido adiposo, principalmente o tecido mesentérico, que contribui para a gliconeogênese hepática (KOSLOSKI, 2017).

Alguns tecidos, como o cérebro, medula renal, eritrócitos e epitélio intestinal utilizam exclusivamente a glicose como fonte de energia. O cérebro chega a utilizar cerca de 10% da glicose disponível para o organismo, enquanto no trato gastrointestinal o consumo varia entre 20 e 30%. É importante ressaltar que, nestes tecidos, a absorção da glicose não é dependente de insulina, ao contrário do tecido muscular e adiposo, que são estimulados pela insulina. Dessa forma, a gliconeogênese hepática é um processo constante e imprescindível para os ruminantes. A gliconeogênese é um processo que ocorre mais intensamente quando o animal encontra-se alimentado. Apesar de a medula renal ser capaz de produzir glicose, sua contribuição é mais significativa durante o estado de jejum. No músculo, a glicose é convertida em glicogênio. Já no tecido adiposo, é metabolizada em glicerol que é utilizado para a síntese de triglicérides (KOSLOSKI, 2017).

No sangue, a glicose pode ter origem através da absorção intestinal, da produção hepática ou renal (THRALL et al., 2007). Menos de 10% da síntese de glicose ocorre nos rins. Como a fermentação dos carboidratos no rúmen é rápida e quase completa, apenas quantidades pouco significativas são digeridas no intestino delgado. Quando há chegada de carboidratos residuais no intestino grosso, estes podem ser fermentados e absorvidos por difusão passiva, como no rúmen, porém, a maioria é excretada nas fezes (BERCHIELLI; PIREZ; OLIVEIRA, 2006; KOSLOSKI, 2017).

No intestino delgado, a absorção da glicose para dentro do enterócito ocorre através de uma proteína transportadora dependente de Na<sup>+</sup>, a favor do gradiente de concentração. Para manter a concentração de sódio baixa no interior dos enterócitos, os íons passam constantemente para o sangue contra o gradiente de concentração. Neste processo há gasto de ATP, assim, o enterócito metaboliza praticamente toda a glicose que for absorvida da luz intestinal, caracterizando um dos principais substratos energéticos utilizados pelo intestino delgado e não alcança a circulação portal. Como o fluxo de alimentos proveniente do rúmen é contínuo, as enzimas digestivas são secretadas ininterruptamente e em baixas concentrações, inclusive as enzimas responsáveis pela digestão intestinal dos carboidratos e lipídeos (KOSLOSKI, 2017).

A glicemia depende de diversos fatores, como a interação entre hormônios e a utilização da glicose pelos tecidos periféricos. Hormônios como insulina, glucagon, glicocorticoides, catecolaminas e GH influenciam a concentração sanguínea de glicose. A insulina diminui a concentração de glicose no sangue por causar aumento da absorção da glicose pelo fígado, musculatura esquelética e tecido adiposo, além de interromper a gliconeogênese hepática e promover a formação e estocagem de glicogênio no fígado (THRALL et al., 2007).

A mensuração da glicose sanguínea faz parte do perfil bioquímico padrão das análises laboratoriais e é realizada a partir de amostras de soro ou plasma que devem ser separadas dos eritrócitos em até trinta minutos após a coleta, com o objetivo de interromper a glicólise da amostra em questão. A glicólise nos eritrócitos leva a uma diminuição da glicose, o que pode levar a uma interpretação equivocada dos resultados da análise. Uma alternativa para esta situação é o uso de fluoreto de sódio como inibidor glicolítico e anticoagulante nos tubos de coleta. Os ruminantes não precisam ser mantidos em jejum antes da coleta, já que as alterações glicêmicas pós prandiais não são significativas nestas espécies, mantendo-se sempre em níveis baixos devido à absorção dos AGV (THRALL et al., 2007).

A glicose está entre os metabólitos sanguíneos frequentemente utilizados para monitorar o status energético dos animais. Apesar de ser o indicador menos representativo para avaliar balanço energético, pois não se altera com as mudanças nutricionais e é sensível ao stress, a glicemia pode ser útil em condições de grave déficit energético. Há relação entre a concentração de glicose no sangue e peso corporal e, também, com a fertilidade (GONZÁLEZ et al., 2000).

Abd Ellah et al. (2014) observaram, em fêmeas bubalinas com idade de um a dois anos e provenientes de diferentes propriedades, valores de glicose entre 35,45–92,47 mg/dL. Em estudo com doze animais da raça Murrah, Di Palo et al. (2005) avaliaram a relação entre algumas variáveis sanguíneas (glicose, colesterol, HDL, triglicérides, NEFA, insulina, glucagon, IGF-1) e desempenho dos animais. Os resultados mostraram uma ligação entre altos níveis de glicose no plasma e leptina, e essa apresenta correlação com peso corporal, ganho de peso e escore corporal.

### **1.5.3. Insulina**

A insulina é uma proteína formada por duas cadeias de aminoácidos ligadas através de duas pontes de dissulfeto. A cadeia denominada A possui 21 aminoácidos e a cadeia B, 30 aminoácidos. Somente a forma monomérica (ligada) da insulina é ativa ou funcional, assim, quando as duas cadeias se separam, a atividade hormonal se perde (CUNNINGHAM; KLEIN, 2004).

Atua em diversos momentos e etapas nas vias metabólicas da glicose, lipídeos e proteínas; é produzida pelo pâncreas, órgão que apresenta dois tipos principais de tecido: os ácinos (função exócrina, associada à função gastrintestinal) e as ilhotas de Langerhans (função endócrina). As ilhotas de Langerhans ou ilhotas pancreáticas são grupamentos de células epiteliais endócrinas e organizam-se em torno de pequenos capilares, onde são secretados, diretamente no sangue, os hormônios produzidos, por exemplo, insulina e glucagon (GUYTON, 2006; JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008).

De acordo com as características morfológicas e de coloração, as células das ilhotas de Langerhans são classificadas em quatro tipos: alfa, beta, delta e células PP. Apenas as células beta secretam a insulina e representam 60% das células presentes nas ilhotas. Os tipos celulares relacionam-se entre si e permitem a comunicação intercelular, o que possibilita o controle da secreção de determinados hormônios por outros hormônios, ou seja, a secreção de um hormônio

depende de outro: a insulina inibe a secreção de glucagon; a amilina inibe a secreção de insulina; a somatostatina inibe a secreção de insulina e glucagon (GUYTON, 2006).

Na corrente sanguínea, a insulina circula livremente. Tem meia vida plasmática de seis minutos e, quando não se liga aos receptores das células-alvo, é eliminada dentro de 10 a 15 minutos, degradada pela insulinase principalmente no fígado, e também nos rins, músculos e outros tecidos. Esse rápido processo de eliminação é importante, uma vez que a rápida ativação e desativação são essenciais para o controle das funções da insulina. A presença de insulina é crítica para o movimento de glicose através da membrana plasmática nas células, pois a glicose não penetra rapidamente na membrana celular exceto em poucos tecidos, como cérebro, fígado e células sanguíneas brancas e vermelhas; esses devem ter acesso contínuo à glicose (CUNNINGHAM; KLEIN, 2004).

Após ligar-se aos seus receptores de membrana, há um aumento da captação de glicose pelas células do organismo que, transportadas para o interior, são fosforiladas e transformadas em substrato para realização das funções metabólicas dos carboidratos (GUYTON, 2006). No fígado, a captação de glicose é independente da insulina, porém, ela é responsável pela síntese de glicogênio no fígado e no músculo esquelético (MURRAY et al., 2014).

Os efeitos desencadeados pela ação da insulina incluem a redução das concentrações sanguíneas de glicose, ácidos graxos e aminoácidos para que sejam convertidos intracelularmente nas suas formas de armazenamento: glicogênio, triglicérides e proteínas (GUYTON, 2006).

A insulina também contribui para a glicólise para a produção de glicogênio no fígado, no tecido adiposo e no músculo esquelético. A insulina reduz a neoglicogênese por dois motivos: há uma diminuição de aminoácidos disponíveis para tal processo devido ao aumento da síntese proteica nos tecidos periféricos e há diminuição das enzimas hepáticas envolvidas na conversão de aminoácidos em glicose (GUYTON, 2006).

Com relação ao metabolismo lipídico, a insulina permite a síntese de triglicérides e reduz a lipólise do tecido adiposo. A insulina faz com que a glicose seja usada pelo meio intracelular, o que gera aumento do nível de piruvato e de glicerol 3-fosfato para que ocorra a esterificação dos ácidos graxos. As enzimas piruvato desidrogenase e acetil-CoA carboxilase são ativadas pela insulina para que a síntese de ácidos graxos a partir de acetil-CoA seja realizada. Além disso, a insulina aumenta a atividade da lipase lipoproteica presente nos tecidos

extra-hepáticos que possibilitam o movimento de ácidos graxos no tecido adiposo (GUYTON, 2006).

A insulina promove a síntese e inibe a degradação proteica. Quando há redução de insulina no organismo, ocorre aumento do catabolismo proteico, uma vez que ela é responsável pela absorção de aminoácidos pelos tecidos, com exceção do fígado. Dessa forma, maiores quantidades de aminoácidos ficam disponíveis para a gliconeogênese hepática e há um aumento da glicose sanguínea. A insulina também exerce efeito sobre a captação de aminoácidos (íons potássio e fosfato) e conversão em proteínas pelas células, inibindo o catabolismo das proteínas que já estão dentro nas células (GUYTON, 2006).

A secreção de insulina é determinada principalmente pela concentração sanguínea de glicose, através de um sistema de feedback negativo. Altas concentrações de glicose no sangue dão início à síntese e liberação de insulina. Com menor influência, hormônios gastrintestinais também estimulam a secreção de insulina, como a gastrina, colecistocinina, secretina e peptídeo gastroinibidor (GUYTON, 2006).

O glucagon, possui efeito estimulador para secreção de insulina. Estes dois hormônios desempenham um importante papel no controle metabólico da glicose (GUYTON, 2006) e também na formação e utilização das reservas de triglicérides (MURRAY *et al.*, 2014). Outros hormônios também exercem efeito sobre a liberação da insulina. A somatostatina causa inibição. Já as catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) possuem interação com os receptores alfa-adrenérgicos e, por isso, tendem a reduzir a secreção de insulina (GUYTON, 2006).

Por possuir um papel no armazenamento de energia, a insulina é secretada em grandes quantidades quando a alimentação possui altos teores de energia, principalmente quando há excesso de carboidratos. Se não for armazenado sob a forma de glicogênio no fígado e músculos, a insulina estimula a conversão do carboidrato excedente em gordura para ser armazenado no tecido adiposo (GUYTON, 2006).

Di Palo *et al.* (2005) observou, em seu experimento com bubalinos da raça Murrah, correlação positiva entre insulina e leptina, no geral. Entretanto, os animais foram divididos em dois grupos de acordo com o conteúdo energético da dieta e, ao analisar os resultados dentro dos grupos, a correlação entre leptina e insulina mostrou-se inferior no grupo com alto teor de energia, enquanto nenhuma correlação foi observada no grupo com baixo teor de energia.

Em bubalinos, Sharma *et al.*, (2016) realizaram estudo com dezoito machos da raça Murrah com o objetivo de avaliar a eficiência alimentar desses animais por meio do CAR e

comparar características de crescimento e metabólitos sanguíneos. Os resultados mostraram que não houve diferença nas concentrações de insulina entre as classes de alto ou baixo CAR.

Ainda não foram realizados estudos que avaliaram a utilização das concentrações sanguíneas de insulina como ferramenta para mensurar a eficiência de bubalinos em confinamento.

#### **1.5.4. Triglicérides**

Os triglicérides ou triacilgliceróis são considerados lipídeos de armazenamento, constituídos por três ácidos graxos, cada um deles ligado a uma molécula de glicerol, por meio de ligações éster. São moléculas apolares e insolúveis em água. Podem ser classificados em simples, quando contém o mesmo tipo de ácido graxo nas três posições, ou mistos, quando apresenta dois ou três ácidos graxos distintos (NELSON; COX, 2014).

Os ácidos graxos podem ser usados de duas formas no organismo: na incorporação em triglicérides ou nos componentes fosfolipídicos da membrana. Esse destino é escolhido de acordo com a necessidade metabólica. Em fase de crescimento rápido, a síntese de novas membranas requer a produção de fosfolipídeos de membrana; quando há oferta de alimento em excesso e o animal não está crescendo ativamente, a maior parte dos ácidos graxos é usada para a síntese das gorduras de reserva (NELSON; COX, 2014).

São os principais lipídeos presentes nos adipócitos por representarem a forma mais eficiente de armazenamento de energia nos seres vivos, já que são compostos altamente reduzidos e por liberarem altas quantidades de energia. O caráter hidrofóbico dos triglicérides torna desnecessária a hidratação que está associada aos polissacarídeos armazenados e a adsorção de água neste processo aumentaria o peso da reserva de energia. A oxidação dos triglicérides libera mais energia do que a oxidação de quantidades equivalentes de carboidratos (mais especificamente, o dobro) ou proteínas (MARZZOCO; TORRES, 1999).

Os triglicérides dispõem do maior conteúdo energético de todos os nutrientes estocados. Tanto a síntese quanto a degradação dos triglicérides são reguladas pela ação de diversos hormônios, um exemplo é a insulina que promove a conversão de carboidrato em triglicérides, e a via metabólica favorecida varia conforme as fontes metabólicas e as necessidades fisiológicas do organismo em determinado momento (NELSON; COX, 2014).

Sua função, além de armazenar energia, consiste no isolamento térmico, quando em baixas temperatura, e na proteção contra traumas mecânicos. Localizam-se principalmente na

região visceral (no omento e entre os órgãos) e subcutânea (MARZZOCO; TORRES, 1999). Os triglicérides armazenados no tecido adiposo podem originar-se das seguintes formas: através da alimentação, formados no fígado ou sintetizados nas células do próprio tecido adiposo (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008).

Carboidratos podem ser ingeridos em quantidades maiores do que a capacidade de armazenamento de glicogênio. Neste caso, o excedente é convertido em triglicérides e armazenado no tecido adiposo. O mesmo ocorre com gorduras ou proteínas que também forem consumidas em excesso. Entretanto, quando o organismo encontra-se em déficit energético, as lipases, enzimas que estão presentes nos adipócitos, catalisam a hidrólise dos triglicérides armazenados para que ocorra a liberação dos ácidos graxos e posterior transporte destes para os locais que necessitam de energia (NELSON; COX, 2014).

Quando provenientes da alimentação, os triglicérides são transportados, sob a forma de quilomícrons, das células epiteliais do intestino delgado até o tecido adiposo. Os quilomícrons são partículas que podem atingir 3  $\mu\text{m}$  de diâmetro e que tem a capacidade de deixar o intestino adentrando os capilares linfáticos e chegar à corrente sanguínea, onde a lipase lipoproteica, que é produzida pelas células adiposas, causa a hidrólise dos quilomícrons e das lipoproteínas. Este processo permite a liberação de ácidos graxos e glicerol que se difundem no citoplasma dos adipócitos e recombina-se para formar novas moléculas de triglicérides que serão armazenadas (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008).

Sikka et al. (2020) utilizaram 42 fêmeas bubalinas, da raça Murrah em crescimento para avaliar interações entre catorze parâmetros sanguíneos e eficiência alimentar, mensurada por meio do CAR. Foi coletado sangue em quatro momentos ao longo do experimento: dia zero, d30, d60 e d90. Através de kits comerciais, os autores observaram valores de triglicérides entre 31,900-46,200 mg/dL. Concentrações significativamente inferiores desta variável sanguínea foram observadas apenas no dia 60 do período experimental e não foi observado correlação entre triglicérides e eficiência alimentar.

Também na espécie bubalina, Madan et al. (2019) relataram que em seu estudo as concentrações plasmáticas de triglicérides variaram de acordo com a classe de CAR e com o dia da coleta: os animais de baixo CAR tiveram concentrações mais elevadas apenas no dia 0 ( $10,25 \pm 0,38$  mg/dL). Nos dias 45 e 90 os animais de alto CAR apresentaram maior concentração plasmática de triglicérides ( $10,47 \pm 0,36$  mg/dL e  $10,47 \pm 0,27$  mg/dL, respectivamente), porém, não houve correlação entre CAR e triglicérides. Abd Ellah et al.

(2014), em estudo citado anteriormente, observaram valores de triglicérides entre 4,02–49,72 mg/dL. Por outro lado, Tajik et al. (2011) relataram valores médios de  $0,220 \pm 0,01$  mmol/L<sup>-1</sup>.

### 1.5.5. Colesterol

O colesterol é o principal esterol presente nos tecidos animais. Tem como estrutura básica um núcleo de esterol (possui três anéis fusionados e um grupo hidroxila, polar, no terceiro carbono de sua cadeia) que é sintetizado a partir de diversas moléculas de acetil-CoA (GUYTON, 2006; NELSON; COX, 2014).

Devido à sua característica anfipática, o colesterol é um componente estrutural indispensável das membranas celulares e camada externa das lipoproteínas, responsável por manter permeabilidade e fluidez adequadas. É precursor de todos os esteroides do organismo, como os corticosteroides, hormônios sexuais, ácidos biliares e vitamina D (MURRAY et al., 2014).

Pode ser encontrado na forma livre ou esterificada. A forma livre é proveniente da alimentação e é única capaz de ser absorvida pelo organismo. A forma esterificada refere-se à capacidade do colesterol de formar ésteres quando em associação a ácidos graxos e destina-se ao armazenamento e transporte do colesterol, já que não fica disponível para ser absorvido pelo tecido adiposo (GUYTON, 2006; NELSON; COX, 2014; MEDEIROS, ALBERTINI E MARINO, 2015). No plasma sanguíneo, ambas as formas são encontradas ligadas às lipoproteínas (MURRAY et al., 2014).

O colesterol tem duas possibilidades de formação: exógena (absorvido pela linfa no trato gastrointestinal através da alimentação) ou endógena (formado nas células do corpo). Todas as células do corpo formam algum tipo de colesterol, porém o colesterol que circula com as lipoproteínas plasmáticas é formado apenas no fígado (GUYTON, 2006). A síntese do colesterol ocorre a partir de diversas moléculas de acetil-CoA em um complexo processo bioquímico (MURRAY et al., 2014).

Com relação ao colesterol proveniente da alimentação, é importante ressaltar que apenas dietas que contêm produtos de origem animal o possuem em sua composição. Em ruminantes, o acetato é precursor do colesterol e parte de sua síntese ocorre na mucosa intestinal, onde é absorvido junto com o colesterol proveniente do fígado (BERCHIELLI; PIREZ; OLIVEIRA, 2006).

Alguns fatores estão envolvidos na concentração de colesterol plasmático, como a ingestão de alimentos que contenham colesterol ou ingestão de gorduras com alto teor de ácidos graxos insaturados ou, ainda, dietas que contenham gorduras saturadas (GUYTON, 2006), em animais monogástricos.

A biossíntese de colesterol é regulada pela HMG-CoA-redutase. A atividade dessa enzima é aumentada na ausência de insulina ou de hormônio tireoidiano, causando um aumento da concentração sérica de colesterol. Por outro lado, o glucagon ou o excesso de hormônio tireoidiano no organismo que causam diminuição do colesterol plasmático (GUYTON, 2006; (MURRAY et al., 2014).

Em sua grande maioria, o colesterol do organismo é utilizado para formação do ácido cólico que serve de base para a formação dos sais biliares no fígado. Quantidades menores de colesterol são usadas pelo córtex da adrenal para formação de hormônios esteroides ou adrenocorticais, pelos ovários para formação de progesterona e estrogênio e pelos testículos para formação de testosterona (GUYTON, 2006).

Além disso, quantias consideráveis de colesterol estão presentes na camada córnea da pele juntamente com lipídeos, proporcionando a este órgão a importante característica de resistência contra a absorção de substâncias hidrossolúveis e contra agentes químicos diversos. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, a principal função do colesterol consiste na formação de estruturas especializadas: as membranas. Tanto a membrana celular, quanto a membrana das organelas celulares possuem o colesterol em sua composição. A lenta taxa de renovação do colesterol nos tecidos não hepáticos (leva meses ou anos) torna essa substância indispensável também nas células cerebrais (GUYTON, 2006).

Sikka et al. (2020) utilizaram fêmeas bubalinas da raça Murrah em crescimento para avaliar interações entre catorze parâmetros sanguíneos e eficiência alimentar, mensurada através do CAR. Foi coletado sangue em quatro momentos ao longo do experimento: dia zero, d30, d60 e d90. Através de kits comerciais, os autores observaram valores de colesterol entre 53,000-80,725 mg/dL. Concentrações significativamente mais altas de colesterol corresponderam às coletas realizadas no dia 60 e no dia 90. Não houve correlação entre colesterol e eficiência alimentar.

Em estudos citados anteriormente referentes à espécie bubalina, Abd Ellah et al. (2014) observaram valores de colesterol entre 34,92–76,82 mg/dL. Tajik et al. (2011) encontraram valores médios de colesterol de  $4,17 \pm 0,005$  mmol/L<sup>-1</sup>. Di Palo et al. (2005), em estudo também

citado anteriormente, observaram que altas concentrações de colesterol estão relacionadas a altas concentrações de leptina no plasma.

### **1.5.6. Lipoproteínas**

Lipoproteínas são complexos macromoleculares de proteínas transportadoras específicas. Diferentes combinações de lipídeos e proteínas formam as lipoproteínas de densidades distintas: quilomícrons, lipoproteínas de alta densidade (HDL), lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e lipoproteínas de densidade muito baixa (VLDL) (NELSON; COX, 2014).

Além da densidade, também diferem seus tamanhos, forma, reações com anticorpos específicos e função. As lipoproteínas são facilitadoras do transporte de colesterol e triglicérides que, mesmo sendo insolúveis em água, necessitam chegar aos tecidos onde serão armazenados, através do plasma sanguíneo (NELSON; COX, 2014).

As lipoproteínas consistem em um núcleo apolar de lipídeos apolares que é formado principalmente por triglicérides e éster de colesterol, envolto por uma única camada superficial de lipídeos anfipáticos e colesterol. Essa estrutura é organizada de modo que os grupos polares ficam voltados para o meio aquoso externo. A fração proteica das lipoproteínas é denominada apolipoproteína ou apoproteína (MURRAY et al., 2014).

As VLDL contêm altas concentrações de triglicérides e moderadas concentrações de colesterol e fosfolipídeos (GUYTON, 2006). São derivadas do fígado para a exportação de triglicérides (MURRAY et al., 2014); formadas quando há excesso de ácidos graxos e colesterol na dieta e estes não são utilizados imediatamente como combustível ou como precursores de outras moléculas e são então convertidos em triglicérides ou ésteres de colesterol no fígado (NELSON; COX, 2014).

Dietas ricas em carboidratos também podem formar triglicérides no fígado e serem transformados em VLDL. Do fígado, as VLDL são transportadas pelo sangue para músculo e tecido adiposo, onde a lipase lipoproteica catalisa a liberação dos ácidos graxos presentes nas moléculas de triglicérides. Após essa liberação, os adipócitos captam os ácidos graxos e reconvertem em triglicérides; os miócitos os oxidam para obtenção de energia. Em estado alimentado, com o nível de insulina elevado, as VLDL atuam principalmente no transporte de lipídeos da dieta para o tecido adiposo para que sejam armazenados. Em jejum, com o nível de

insulina reduzido, as VLDL são direcionadas para os miócitos do coração e do músculo esquelético (NELSON; COX, 2014).

As LDL possuem concentrações elevadas de colesterol e derivam de IDL (lipoproteínas de densidade intermediária) ou VLDL remanescentes. As IDL são VLDL que tiveram parte de seus triglicérides removida (GUYTON, 2006). Representam um estágio final no catabolismo das VLDL (MURRAY et al., 2014). Tem como função transportar o colesterol para tecidos periféricos ou extra-hepáticos (músculo, glândulas suprarrenais e tecido adiposo).

Se não forem captadas por esses tecidos, realizam a via endógena do metabolismo e transporte do colesterol (irá formar as VLDL, posteriormente): as LDL retornam ao fígado e são captadas pelos hepatócitos, através de receptores de LDL. O colesterol que entra no hepatócito por essa via pode ser incorporado às membranas e convertidas em ácidos biliares ou reesterificados pela ACAT para serem armazenadas como gotículas lipídicas citosólicas (NELSON; COX, 2014).

As partículas de LDL são reconhecidas por receptores específicos na membrana plasmática das células que necessitam captar o colesterol nos tecidos periféricos. O processo de captação é mediado por esses receptores, ao quais ligam-se apoB-100 (principal apolipoproteína que compõe as LDL) (NELSON; COX, 2014).

As HDL contêm baixa concentração de colesterol e fosfolípidos, não contêm ésteres de colesterol e são formadas no fígado e intestino delgado, como pequenas partículas ricas em proteína; realizam o transporte reverso do colesterol (GUYTON, 2006; NELSON; COX, 2014). A principal apolipoproteína presente em HDL é apoA-I e, além disso, apresentam a enzima LCAT na superfície de suas partículas recém formadas (NELSON; COX, 2014).

Além de estarem envolvidas no transporte do colesterol, as HDL também atuam no metabolismo das VLDL e dos quilomícrons (MURRAY et al., 2014). A enzima LCAT converte o colesterol e a fosfatidilcolina dos remanescentes de quilomícron e de VLDL presentes na corrente sanguínea nos ésteres de colesterol; ela atua na catálise da formação de ésteres de colesterol a partir de lecitina. Esse processo dá início à formação do núcleo da HDL e transforma a HDL recém formada (com formato de disco) em HDL madura (formato esférico) (NELSON; COX, 2014).

A HDL recém formada ou nascente é responsável por captar o colesterol de células extra-hepáticas. A HDL madura volta ao fígado e o colesterol é liberado através do receptor SR-BI. Uma proteína conhecida como transportadora de éster de colesterol pode transferir

parte dos ésteres de colesterol das HDL para as LDL. A maioria desse colesterol é convertido em sais biliares no fígado e armazenado na vesícula biliar (NELSON; COX, 2014).

Tajik et al. (2011) avaliaram correlações entre leptina, lipídeos, lipoproteínas (HDL, LDL e VLDL) e hormônios tireoidianos, porém não houve correlação entre as concentrações de lipoproteínas e leptina. Os valores de HDL, LDL e VLDL observados foram, respectivamente, 12,58–52,25 mg/dL, 4,69–31,47 mg/dL, 0,87–9,87 mg/dL. Di Palo et al. (2005), em estudo citado anteriormente, observaram que altas concentrações de HDL estão relacionadas a altas concentrações de leptina no plasma.

O Capítulo 2, intitulado **Desempenho e parâmetros sanguíneos de bubalinos terminados em confinamento**, foi redigido de acordo com as normas para publicação no periódico *Livestock Science*. Objetivou-se avaliar a correlação de determinados parâmetros sanguíneos com a eficiência alimentar de bubalinos de três grupos genéticos em confinamento na fase de terminação através do CAR, GR e CGR.

## REFERÊNCIAS

- ABD ELLAH, M. R.; HAMED, M. I.; IBRAHIM, D. R.; RATEB, H. Z. Serum biochemical and haematological reference intervals for water buffalo (*Bubalus bubalis*) heifers. **Journal of the South African Veterinary Association**, v. 85, n. 1, p. 01-07, 2014.
- ABLAS, D. S.; TITTO, E. A. L.; PEREIRA, A. M. F.; PEREIRA, A. M. F. TITTO, C. G.; LEME, T. M. C. Comportamento de bubalinos a pasto frente a disponibilidade de sombra e água para imersão. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 167-176, 2007.
- ANDRADE, V. J.; GARCIA, S. K. Padrões raciais e registro de bubalinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 29, n. 1, p. 39-45, 2005.
- ANDRIGHETTO, C.; JORGE, A. M.; ROÇA, R. D. O.; RODRIGUES, É.; BIANCHINI, W.; FRANCISCO, C. D. L. Características físico-químicas e sensoriais da carne de bubalinos Murrah abatidos em diferentes períodos de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 12, p. 2179-2184, 2008.
- ARCHER, J. A.; RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 50, n. 2, p. 147-162, 1999.
- ARTHUR, J. P. F.; HERD, R. M. Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. SPE, p. 269-279, 2008.
- ARTHUR, P. F.; J. A. ARCHER; D. J. JOHNSTON; R. M. HERD; E. C. RICHARDSON; P. F. PARNELL. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2805–2811, 2001.
- BAN-TOKUDA, T.; ORDEN, E. A.; BARRIO, A. N.; LAPITAN, R. M.; DELAVAUD, C.; CHILLIARD, Y.; FUJIHARA, T.; CRUZ, L. C.; HOMMA, H.; KANAI, Y. Effects of species and sex on plasma hormone and metabolite concentrations in crossbred Brahman cattle and crossbred water buffalo. **Livestock Science**, v. 107, n. 2-3, p. 244-252, 2007.
- BARB, C. R.; HAUSMAN, G. J.; RAMSAY; T. G. Leptin in farm animals. In: **Leptin**. Springer, Boston, MA, p. 263-308, 2006.
- BARRIOS-CORREA, A. A.; ESTRADA, J. A.; CONTRERAS, I. Leptin signaling in the control of metabolism and appetite: lessons from animal models. **Journal of Molecular Neuroscience**, v. 66, n. 3, p. 390-402, 2018.
- BASTIANETTO, E. Criação de búfalos no Brasil: situação e perspectiva. **Revista brasileira de Reprodução Animal**, p. 98-103, 2009.
- BELLMANN, O.; WEGNER, J.; TEUSCHER, F.; SCHNEIDER, F.; ENDER, K. Muscle characteristics and corresponding hormone concentrations in different types of cattle. **Livestock Production Science**, v. 85, n. 1, p. 45-57, 2004.

BERCHIELLI, T. T.; PIREZ, A. V.; OLIVEIRA, S. G. D. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006.

BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **New concepts of cattle growth**. Sydney University Press: University of Sydney, 1976.

BERNARDES, O. Bubalinocultura no Brasil e no mundo. Perspectivas frente ao agronegócio. **I Simpósio de Ruminantes – Unesp Registro**, 2010.

BERNARDES, O. Bubalinocultura no Brasil: situação e importância econômica. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 31, n. 3, p. 293-298, 2007.

BERNARDES, O. Os búfalos no Brasil. **SIMPÓSIO DE BÚFALO DE LAS AMÉRICAS**, v. 2, p. 18-23, 2006.

BERRY, D. P.; CROWLEY, J. J. Residual intake and gain: A new measure of efficiency in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.90, p.109–115, 2012.

BOLÍVAR, D. M.; CERÓN-MUÑOZ, M. F.; BARAHONA-ROSALES, R. Feed efficiency traits and productive performance in fifteen-month old buffaloes (*Bubalus bubalis*) from a dual-purpose system. **Livestock Research for Rural Development**, v. 26, n. 7, 2014. Disponível em: <http://www.lrrd.org/lrrd26/7/boli26131.html>. Acesso em: 31 ago. 2020.

BOURGON, S. L.; AMORIM, M. D.; MILLER, S. P.; MONTANHOLI, Y. R. Associations of blood parameters with age, feed efficiency and sampling routine in young beef bulls. **Livestock Science**, v. 195, p. 27-37, 2017.

BUARQUE, V. L. M. **Relação entre diferentes medidas de eficiência alimentar e características de desempenho, carcaça e termografia em bovinos Nelore confinados**. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2018.

BUNGENSTAB, D.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V.; BALBINO, L.; FERREIRA, A. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa Gado de Corte, 2019.

CASSIANO, L. A. P.; MARIANTE, A. D. S.; MCMANUS, C.; MARQUES, J. R. F.; COSTA, N. A. D. Caracterização fenotípica de raças bubalinas nacionais e do tipo Baio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 11, p. 1337-1342, 2003.

CASTILHOS, A. M. D.; BRANCO, R. H.; RAZOOK, A. G.; BONILHA, S. F. M.; MERCADANTE, M. E. Z.; FIGUEIREDO, L. A. D. Test post-weaning duration for performance, feed intake and feed efficiency in Nelore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 301-307, 2011.

CASTRO, A. C.; LOURENÇO JÚNIOR, J. D. B.; SANTOS, N. F. A.; MONTEIRO, E. M. M.; AVIZ, M. A. B.; GARCIA, A. R. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2395-2402, 2008.

CHILLIARD, Y.; DELAVAUD, C.; BONNET, M. Leptin expression in ruminants: nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. **Domestic animal endocrinology**, v. 29, n. 1, p. 3-22, 2005.

CHILLIARD, Y.; BONNET, M.; DELAVAUD, C.; FAULCONNIER, Y.; LEROUX, C.; DJIANE, J.; BOCQUIER, F. Leptin in ruminants. Gene expression in adipose tissue and mammary gland, and regulation of plasma concentration. **Domestic animal endocrinology**, v. 21, n. 4, 271-295, 2001.

CLARKE, I. J.; J., HENRY, B.; IQBAL, J.; GODING, J. W. Leptin and the regulation of food intake and the neuroendocrine axis in sheep. **Clinical and experimental pharmacology & physiology**, v. 28, n. 1-2, p. 106-107, 2001.

CUNNINGHAM, J. G.; KLEIN, B. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 3. ed. São Paulo: Guanabara Koogan S. A., 2004.

DAMASCENO, F. A.; VIANA, J. M.; TINÔCO, I. F. F.; GOMES, R. C. C.; SCHIASSI, L. Adaptação de bubalinos ao ambiente tropical. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 7, p. 1370-1381, 2010.

DI PALO, R.; CAMPANILE, G.; PRANDI, A.; BARUSELLI, P. S.; VECCHIO, D.; CARVALHO, N. A. T.; ZICARELLI, L. Plasma leptin levels in Murrah buffalo heifers fed diet with two different energy levels. **Italian Journal of Animal Science**, v. 4, n. sup2, p. 301-303, 2005.

DAMIRAN, D.; PENNER, G. B.; LARSON, K.; LARDNER, H. B. Use of residual feed intake as a selection criterion on the performance and relative development costs of replacement beef heifers. **The Professional Animal Scientist**, v. 34, n. 2, p. 156-166, 2018.

FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA/visualize>. Acesso em: 10 abr. 2021.

FONTES, G. D.; MONTEIRO, M. V. B.; JORGE, E. M.; OLIVEIRA, C. M. C.; RITTER, R. A.; BARBOSA NETO, J. D.; SILVA FILHO, E.; MONTEIRO, F. O. B. Perfil hematológico e bioquímico de búfalos (*Bubalus bubalis*) na Amazônia Oriental. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, p. 57-63, 2014.

FOOTE, A. P.; TAIT JR, R. G.; KEISLER, D. H.; HALES, K. E.; FREETLY, H. C. Leptin concentrations in finishing beef steers and heifers and their association with dry matter intake, average daily gain, feed efficiency, and body composition. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 55, p. 136-141, 2016.

FOOTE, A. P.; HALES, K. E.; KUEHN, L. A.; KEISLER, D. H.; KING, D. A.; SHACKELFORD, S. D.; FREETLY, H. C. Relationship of leptin concentrations with feed intake, growth, and efficiency in finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 9, p. 4401-4407, 2015.

FRANZOLIN, R.; SILVA, J. R. Níveis de Energia na Dieta para Bubalinos em Crescimento Alimentados em Confinamento: 2. Características da Carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1880-1885, 2001.

FREDERICH, R. C.; HAMANN, A.; ANDERSON, S.; LÖLLMANN, B.; LOWELL, B. B.; FLIER, J. S. Leptin levels reflect body lipid content in mice: evidence for diet-induced resistance to leptin action. **Nature medicine**, v. 1, n. 12, p. 1311-1314, 1995.

GONZÁLEZ, F. H.; BARCELLOS, J.; PATIÑO, H. O.; RIBEIRO, L. A. **Perfil metabólico em ruminantes. Seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: Editora UFRGS, v. 106, 2000.

GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica**. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HEGDE, N. G. Buffalo Husbandry for Sustainable Development of Small Farmers in India and other Developing Countries. **Asian Journal of Research in Animal and Veterinary Sciences**, p. 1-20, 2019.

HERRINGTON, M. A.; TONSOR, G. T. Econometric estimations of performance improvements in Kansas feedlot cattle. **The Professional Animal Scientist**, v. 29, n. 4, p. 435-442, 2013.

IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil>. Acesso em: 19 out. 2020.

INGVARTSEN, K. L.; BOISCLAIR, Y. R. Leptin and the regulation of food intake, energy homeostasis and immunity with special focus on periparturient ruminants. **Domestic animal endocrinology**, v. 21, n. 4, p. 215-250, 2001.

JAMRE, B; JAIN, A.; GAUTAM, M.; SHAKKARPUDE, J.; KUSHWAH, M. S. Physiological role of leptin in farm animals. **International Journal of Advanced Biological Research**, v. 6, n. 1, p. 09-14, 2016.

JORGE, A. M.; ANDRIGHETTO, C.; CASTRO, V. S. Desenvolvimento ponderal de bubalinos da raça Murrah criados em pastagem de *Brachiaria brizantha* no Centro-Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Ciência rural**, v. 35, n. 2, p. 417-421, 2005.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2008. cap. 6, p. 124-128.

KELLY, A. K.; MCGEE, M.; CREWS JR, D. H.; FAHEY, A. G.; WYLIE, A. R.; KENNY, D. A. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal of animal science**, v. 88, n. 1, p. 109-123, 2010.

KOCH, R. M., SWIGER, L. A., CHAMBERS, D., GREGORY, K. E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.22, n.2, p.486-494, 1963.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3. ed. Santa Maria: Editora da UFSM, 2019.

LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E.; MICHAL, J.J.; BRENNAN, K.M.; JOHNSON, K.A.; DAVIS, M. E. Relationships between residual feed intake and hepatic mitochondrial function in growing beef cattle. **Journal of Animal Science**, 92, p.134-3141, 2014.

- LANNA, D. P.; Almeida, R. Residual Feed Intake: um novo critério de seleção. **Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal**, v. 5, 2004.
- LIMA, N. L. L., PEREIRA, I. G., RIBEIRO, J. S. Consumo alimentar residual como critério de seleção para eficiência alimentar. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 7, n. 4, p. 255-260, 2013.
- MÁČAJOVÁ, M.; LAMOŠOVÁ, D.; ZEMAN, M. Role of leptin in farm animals: a review. **Journal of Veterinary Medicine Series A**, v. 51, n. 4, p. 157-166, 2004.
- MAFFEI, Á.; HALAAS, J.; RAVUSSIN, E.; PRATLEY, R. E.; LEE, G. H.; ZHANG, Y.; FEI, H.; KIM, S.; LALLONE, R.; RANGANATHAN, S.; FRIEDMAN, J. M.; KERN, P. A. 1995. Leptin levels in human and rodent: measurement of plasma leptin and ob RNA in obese and weight-reduced subjects. **Nature medicine**, v. 1, n. 11, p. 1155-1161, 1995.
- MADAN, J.; SINGH, V.; SINDHU, S.; KUMAR, R. Residual feed intake and its association with blood biochemical parameters and metabolic hormones in buffalo calves. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, 2019.
- MARQUES, J., SALES, R., DIAS, J., SILVA, C., LEAL, R., TEIXEIRA, L., MARQUES, L. C.; MIRANDA, B. R. SILVA, C. S.; COSTA, J. S. Núcleo de conservação de búfalos da tipo Baio (*Bubalus bubalis bubalis*) na Embrapa/BAGAM, Ilha de Marajó, Pará, Brasil. In: **Embrapa Amazônia Oriental-Resumo em anais de congresso (ALICE)**, 2017.
- MARQUES, J. R. F. **Búfalos: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.
- MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A, 1999.
- MASUZAKI, H.; OGAWA, Y.; SAGAWA, N.; HOSODA, K.; MATSUMOTO, T., MISE, H.; NAKAO, K. Nonadipose tissue production of leptin: leptin as a novel placenta-derived hormone in humans. **Nature medicine**, v. 3, n. 9, p. 1029-1033, 1997.
- MEDEIROS, S. R.; ALBERTINI, T. Z.; MARINO, C. T. Lipídios na nutrição de ruminantes. **Nutrição de bovinos de corte Fundamentos e aplicações. EMBRAPA**, v. 1, 2015.
- MENEGUCCI, P. F. N. B. F.; JORGE, A. M.; ANDRIGHETTO, C.; ATHAYDE, N. B.; FRANCISCO, C. D. L.; RODRIGUES, E; STORTI, S. M. M. Rendimentos de carcaça, dos cortes comerciais e da porção comestível de bubalinos Murrah castrados abatidos com diferentes períodos de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2427-2433, 2006.
- MILLEN, D. D.; ARRIGONI, M. D. B.; PACHECO, R. D. L. **Rumenology**. Springer, 2016.
- MURRAY, R. K.; BENDER, D. A.; BOTHAM, K. M.; KENNELLY, P. J.; RODWELL, V. W.; WEIL, P. A. **Bioquímica Ilustrada de Harper**. 29. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- NASCIMENTO, C. N. B.; GUIMARÃES, J. M. A. B. Características zootécnicas do búfalo baio. **Embrapa Amazônia Oriental-Séries anteriores (INFOTECA-E)**, 1971.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 8. ed. Washington, DC: The National Academies Press, 2016.

NEGESSE, T.; DATT, C.; KUNDU, S. S. Variability in residual feed intake and nutrient utilization in Murrah buffalo heifers. **Tropical animal health and production**, v. 48, n. 8, p. 1577-1584, 2016.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

NETO, O. C.; RODRIGUES, V. C.; CAMARGO, A. M.; SILVA, J. C. G.; COSTA, D. B. Rendimento de abate de bovinos e bubalinos em confinamento. **Acta Tecnológica**, v. 6, n. 1, p. 114-122, 2011.

OTHMAN, O. E.; ZAYED, F. A.; EL GAWEAD, A. A.; EL-RAHMAN, M. R. Genetic polymorphism of two genes associated with carcass trait in Egyptian buffaloes. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology**, v. 9, n. 1, p. 15-20, 2011.

RAZA, S. H. A.; LIU, G. Y.; ZHOU, L.; GUI, L. S.; KHAN, R.; JINMENG, Y.; CHGAND, M.; SCHREURS, N. M.; JI, R.; ZAN, L. Detection of polymorphisms in the bovine leptin receptor gene affects fat deposition in two Chinese beef cattle breeds. **Gene**, v. 758, p. 144957, 2020.

SAINZ, R. D.; PAULINO, P. V. **Residual feed intake**. UC Davis: Sierra foothill research and extension center. Disponível em: <http://escholarship.org/uc/item/9w93f7ks>. Acesso em: 02 set. 2020.

SANTANA, M. H. A.; GOMES, R. C.; FERRAZ, J. B. S.; JUNIOR, P. R. Medidas de eficiência alimentar para avaliação de bovinos de corte. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 2, p. 95-107, 2014.

SHARMA, V. K.; KUNDU, S. S.; PRUSTY, S.; DATT, C.; KUMAR, M. Nutrient utilisation, growth performance and blood metabolites in Murrah buffalo calves (*Bubalus bubalis*) divergently selected for residual feed intake. **Archives of animal nutrition**, v. 70, n. 6, p. 455-469, 2016.

SHARMA, V. K.; KUNDU, S. S.; DATT, C.; PRUSTY, S.; Kumar, M.; SONTAKKE, U. B. Buffalo heifers selected for lower residual feed intake have lower feed intake, better dietary nitrogen utilisation and reduced enteric methane production. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 102, n. 2, p. e607-e614, 2017.

SINGH, V.; MADAN, J.; KUMAR, R.; CHHIKARA, S. K.; BANGAR, Y. C. Relationship of residual feed intake with dry matter intake of growing buffalo calves. **Science and Nature**. v. 8. n. 2, p. 258-263, 2018.

SIKKA, P.; NATH, A.; PAUL, S. S.; ANDONISSAMY, J.; MISHRA, D. C.; RAO, A. R.; BALHARA, S. Inferring Relationship of Blood Metabolic Changes and Average Daily Gain With Feed Conversion Efficiency in Murrah Heifers: Machine Learning Approach. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, 2020.

SEVEGNANI, K. B.; FERNANDES, D. P. B.; SILVA, S. H. M. G.; CARVALHO, N. A. T. Efeito da aspersão de água, do sombreamento e do banho de imersão na capacidade termorregulatória e no ganho de peso de bubalinos. **Energia na Agricultura**, v. 28, n. 1, p. 25-32, 2013.

SOUZA JUNIOR, J. B. F.; DOMINGOS, H. G. T., SILVA, R. B.; LIMA, R. N. Termorregulação em búfalos manejados em ambiente tropical. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 2, n. 41, 2008.

SUBHASHCHANDRA BOSE, B. K.; KUNDU, S. S.; THO, N. T. B.; SHARMA, V. K.; SONTAKKE, U. B. Residual feed intake as a feed efficiency selection tool and its relationship with feed intake, performance and nutrient utilization in Murrah buffalo calves. **Tropical Animal Health and Production**, v. 46, n. 4, p. 615-621, 2014.

TAJIK, J.; NAZIFI, S.; BADI EI, K.; GHOLAMINEJAD, M. R.; NAGHIB, S. M. Correlations of serum leptin with lipids, lipoproteins, and thyroid hormones in Water Buffalo (*Bubalus bubalis*). **Comparative Clinical Pathology**, v. 21, n. 5, p. 1013-1017, 2012.

TARTAGLIA, L. A.; DEMBSKI, M.; WENG, X.; DENG, N.; CULPEPPER, J.; DEVOS, R.; MUIR, C. Identification and expression cloning of a leptin receptor, OB-R. **Cell**, v. 83, n. 7, p. 1263-1271, 1995.

THRALL, M. A.; WEISER, G.; ALLISON, R. W.; CAMPBELL, T. W. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. 2. ed. Editora Roca, 2007.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell University, 1994.

VILELA, Reíssa Alves. **Efeito do ambiente térmico na fisiologia adaptativa de bubalinos**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

## **CAPÍTULO II**

### **“Desempenho e parâmetros sanguíneos de bubalinos terminados em confinamento”<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

Parâmetros sanguíneos, bem como medidas de desempenho, indicam eficiência alimentar dos animais para melhorar a rentabilidade da cadeia produtiva de carne. O objetivo deste estudo foi avaliar a associação entre parâmetros séricos, medidas de desempenho e eficiência de bubalinos de corte terminados em confinamento. Foram utilizados 75 animais de três grupos genéticos (GG: Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah), com média de peso e idade de  $314 \pm 117$  kg e  $13 \pm 1,2$  meses, respectivamente. Peso corporal, consumo de alimentos e de água dos animais foi acompanhado ao longo de todo o período experimental. Um sistema de cochos eletrônicos possibilitou o cálculo das medidas de eficiência [conversão alimentar (CA), eficiência alimentar (EA), consumo alimentar residual (CAR), ganho residual (GR) e consumo e ganho residual (CGR)] considerando 84 dias de experimento. Foram avaliados também ganho médio diário (GMD, kg/dia), consumo de matéria seca (CMS, kg/dia) e espessura de gordura subcutânea (EGS). Os animais apresentavam-se clinicamente saudáveis e tiveram amostras de sangue coletadas da veia jugular nos dias 0, 56 e 84 que foram avaliadas quanto aos níveis séricos de leptina, glicose, insulina, colesterol, triglicérides, lipoproteína de alta densidade (HDL), lipoproteína de baixa densidade (LDL) e lipoproteína de densidade muito baixa (VLDL) por meio de kits comerciais. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando o programa SAS. Os GGs diferiram quanto ao desempenho, Jafarabadi apresentou melhor peso final, GMD, CMS, CA e EA do que os grupos Mediterrâneo e Murrah, porém menor EGS. As concentrações de algumas das variáveis sanguíneas foram influenciadas pelo GG e pela classe de eficiência (alta ou baixa), de acordo com as medidas de eficiência. Foram observadas algumas correlações entre os parâmetros séricos e o desempenho e medidas de eficiência ( $P \leq 0,05$ ), assim como tendências ( $P \leq 0,10$ ), sugerindo que as alterações desses parâmetros séricos ocorrem conforme o desempenho e a eficiência do animal. Além disso, colesterol, triglicérides e lipoproteínas foram os parâmetros mais associados as medidas de eficiência, o que implica na sua utilização como ferramentas para a seleção de bubalinos eficientes em um sistema produtivo de corte.

**Palavras-chave:** bubalinocultura, consumo alimentar residual, eficiência.

## ABSTRACT

This study evaluated the association between serum parameters and feedlot performance, and efficiency measures of water buffalo for meat production. Seventy-five animals of three different genetic groups (GG:Jafarabadi, Mediterranean, and Murrah) were used, with initial body weight (BW) and age means of  $314\pm 117$  kg and  $13\pm 1.2$  months, respectively. Animal BW was recorded at the beginning of the experiment and every 28 days until the final of the efficiency period (EP; 84 days). Animals of each GG were placed in collective pens which were provided with artificial shade and automatic feeder system to determine individual daily intake and water (offered *ad libitum*). The average daily gain (ADG, kg/day), dry matter intake (DMI, in kg/day and %BW) were evaluated. Efficiency measures [feed conversion ratio (F:G), feed efficiency (G:F), residual feed intake (RFI), residual gain (RG), and residual intake and gain (RIG)] were calculated considering 84 days of experiment. The average daily gain (ADG), dry matter intake (DMI) and subcutaneous fat thickness (SFT) were measured. Animals clinically healthy had blood samples collected from their jugular vein on days 0, 56, and 84 when serum levels of leptin, glucose, insulin, cholesterol, triglycerides, high-density lipoprotein (HDL), low-density lipoprotein (LDL), and very low-density lipoprotein (VLDL) were evaluated using commercial kits. Data were analyzed using the SAS program. GGs differed regarding performance, Jafarabadi showed better BW, ADG, DMI, F:G and G:F than the Mediterranean and Murrah groups, but lower SFT. The concentrations of some of the blood variables were influenced by GG and efficiency class (high or low), according to the efficiency measures. Some correlations were observed between serum parameters and performance and efficiency measures ( $P\leq 0.05$ ), as well as trends ( $P\leq 0.10$ ), suggesting that changes in these serum parameters occur according to the performance and efficiency of the animal. Furthermore, cholesterol, triglycerides and lipoproteins were the parameters most associated with efficiency measures, implying their use as tools for the selection of efficiency buffaloes in a beef production system.

**Keywords:** buffaloes, efficiency, residual feed intake.

## 1. INTRODUÇÃO

A população de aproximadamente 200 milhões de bubalinos está distribuída em 40 países, no entanto, sua importância evidencia-se em pequenas propriedades localizadas principalmente nos países em desenvolvimento. Por serem animais resistentes e com grande capacidade de digerir alimentos fibrosos, os búfalos podem ser criados por produtores de baixa renda, desta forma, garantindo a subsistência de pessoas em diversas regiões (Hegde, 2019). Nas Américas, o maior rebanho bubalino encontra-se no Brasil (FAO, 2021), onde a espécie se adaptou de forma a demonstrar seu enorme potencial produtivo e tem se destacado como atividade econômica devido à qualidade de seus produtos (Vieira et al., 2011).

Entretanto, apesar de seus bons índices zootécnicos, os diferentes grupos genéticos de bubalinos utilizados na pecuária de corte ainda tem suas particularidades pouco conhecidas ou exploradas. Para otimizar a rentabilidade da cadeia produtiva de carne utilizam-se algumas ferramentas que permitem identificar animais considerados melhores para esta finalidade. Ao longo dos anos foram propostos cálculos alternativos às medidas clássicas de desempenho animal (CA, EA, CMS e GMD), conhecidos como medidas de eficiência que permitem a seleção de animais considerados adequados para a pecuária de corte (Santana et al., 2014).

Animais eficientes são necessários tanto para atender a demanda comercial como para reduzir os impactos ambientais gerados por esta atividade econômica, ao mesmo tempo que garantem lucro ao sistema produtivo (Favero et al., 2015). Faz-se necessário cobrir os custos com a alimentação do rebanho que geralmente envolve cerca de 70% dos recursos financeiros em uma propriedade (Freetly et al., 2020). Apesar de terem benefícios comprovados (KOCH et al., 1963; Berry, Crowley, 2012; Sharma et al., 2017; Damiran et al., 2018), CAR, GR e CGR necessitam da instalação de equipamentos de alto valor e tempo mínimo de 70 dias para avaliação do CMS, o que impede sua ampla utilização (Castilhos et al., 2011; Buarque, 2018).

Assim como as medidas de eficiência e desempenho, parâmetros sanguíneos podem ser utilizados como indicadores de eficiência em animais de produção (Kelly et al., 2010; Bourgon et al., 2017). Recentemente, alguns autores têm avaliado possíveis correlações entre parâmetros sanguíneos e CAR em búfalos domésticos (*Bubalus bubalis*) (Madan et al., 2019; Sikka et al., 2020), porém, há uma enorme escassez de informações relacionadas a este assunto na espécie bubalina que ainda não possui sequer um perfil hematológico ou bioquímico estabelecido (Abd Ellah et al., 2014).

A utilização de parâmetros sanguíneos como indicadores de eficiência pode promover um avanço na cadeia produtiva de carne, de modo a facilitar e tornar mais acessíveis essas ferramentas, e também da bubalinocultura, auxiliando os produtores na seleção de seus rebanhos. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar parâmetros sanguíneos, desempenho e medidas de eficiência em três grupos genéticos de bubalinos (Murrah, Mediterrâneo e Jafarabadi) terminados em sistema de confinamento e as correlações entre essas medidas e grupos.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O manejo e os procedimentos com os animais foram conduzidos de acordo com os princípios éticos na experimentação animal determinados pela Comissão de Ética em Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Estadual Paulista – FMVZ – UNESP, Botucatu/SP, Brasil, sob o protocolo n° 05/2015 - CEUA.

O experimento a campo foi realizado no Centro de Pesquisas Tropicais em Bubalinos (CPTB), da Fazenda Experimental Edgárdia, em Botucatu, unidade pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, localizada no centro-oeste do Estado de São Paulo, numa altitude média de 556 metros, situada a 22°49'6.43" de latitude Sul e 48°24'29.55" de longitude Oeste. A região possui clima temperado quente (mesotérmico) úmido (Cfa), segundo Köppen, com temperatura média do mês mais quente superior à 22° C (Cunha; Martins, 2009).

### **2.1. Condução do experimento**

Foram utilizados 75 bubalinos machos desmamados e não-castrados, pertencentes a três grupos genéticos: Murrah, Mediterrâneo e Jafarabadi (25 animais de cada raça), com média de peso e idade inicial  $314 \pm 117$  kg e  $13 \pm 1,2$  meses, respectivamente. Todos os animais incluídos neste estudo eram contemporâneos e cada uma das raças foi trazida de uma propriedade distinta que seguia adequados protocolos de manejo sanitário. Assim que chegaram ao centro de pesquisa, os animais passaram por um período de quarentena, no qual não foi observado nenhum sinal de qualquer enfermidade. Os animais foram considerados saudáveis, segundo critérios de inclusão previamente estabelecidos: apresentavam boa condição de escore corporal,

estado de consciência alerta, ausência de lesões cutâneas ou alopecia, sem presença de diarreia e, além disso, nenhum medicamento foi administrado nos sete dias anteriores ao início do experimento.

O alojamento dos animais consistia em uma baia coletiva de 896 m<sup>2</sup> (35,84 m<sup>2</sup>/animal), provida de 4 m de concreto na linha do cocho e o chão de terra batida, com cobertura de 4 m de largura e 16 m de comprimento e o restante destinado ao solário, com o sistema *Intergado*® (n = 16 unidades; Minas Gerais, Brasil), utilizado para determinar o consumo e o comportamento alimentar individualmente. O período experimental teve 28 dias de adaptação e 84 dias de coleta de dados, inclusive para as variáveis de eficiência e desempenho, de acordo com metodologia proposta por Castilhos et al. (2011).

## 2.2. Dieta

Os animais tiveram acesso *ad libitum* à alimentação que foi fornecida em sistema de cochos automáticos (Sistema *Intergado*®, Minas Gerais, Brasil), composto por 16 unidades de cocho, para determinação do consumo individual diário de alimento e água. O alimento foi fornecido duas vezes ao dia, às 8h e às 15h. Antes do início do período experimental, cada animal recebeu um brinco auricular que permitiu a identificação do animal após a entrada no sistema de alimentação (cocho).

No início da fase de adaptação, foram coletadas amostras dos ingredientes da dieta para análise, visando obter os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e lignina. Para estabelecimento das exigências e características nutricionais da dieta, foi utilizado o programa NRC (2000) nível 2, que se baseia em simulação ruminal para animais não castrados em crescimento. As análises foram efetuadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Júlio de Mesquita Filho (FMVZ – UNESP), campus de Botucatu.

A dieta fornecida teve a mesma proporção de ingredientes durante todo o período experimental e sofreu ajustes apenas com relação a quantidade ofertada aos animais, variando de acordo com o peso vivo dos mesmos, e consistia em silagem de milho, milho moído, farelo de algodão, calcário calcítico, ureia, sulfato de amônia e sal mineral (Tabela 1). O alimento foi

homogeneizado por meio de misturadora (Misturadora Alimentadora Casale VERTIMIX; modelo VM35, Casale Equipamentos LTDA, São Carlos, SP) acoplada a um trator (Farmall 60 plataformado, Casei IH Brasil, Sorocaba, SP).

Em todas as ocasiões nas quais foram feitas a homogeneização dos ingredientes da dieta, amostras do alimento oferecido foram coletadas e submetidas à análise bromatológica pelo princípio de espectrometria de refletância no infravermelho próximo (NIRS) por meio do aparelho FOSS NIRS DS2500TM Feed and Forage Analyzer, (Foss NIRSystems, Inc., USA).

**Tabela 1.** Composição percentual dos ingredientes e características nutricionais da dieta

Item	% Matéria Seca (MS)
<b>Ingredientes</b>	
Silagem de milho	30,00
Milho grão moído	53,19
Farelo de algodão	12,99
Ureia	0,76
Calcário calcítico	0,75
Sal mineral <sup>1</sup>	2,24
<b>Nutrientes <sup>2</sup></b>	
Matéria Seca %	55,00
Proteína Bruta % MS	14,70
Energia Metabolizável Mcal/kg MS	2,66
Fibra em Detergente Neutro % MS	29,10
Carboidratos Não Fibrosos % MS	49,00
Extrato Etéreo % MS	3,30
Cálcio % MS	0,66
Fósforo % MS	0,45

<sup>1</sup> Composição do Sal Mineral (kg do produto) 180g Ca, 80g P, 5g Mg, 17g S, 140g Na, 215g Cl, 12mg Se, 650mg Cu, 826mg Fe, 2400mg Zn, 1500mg Mn, 150mg I, 80mg Co, 900mg Fl, 440 mg de monensina <sup>2</sup>  
Valores calculados pelo BR-CORTE 2 (Valadares Filho et al., 2010)

### 2.3. Medidas de eficiência

Foram avaliadas as seguintes medidas de eficiência: conversão alimentar (CA; razão entre kg de CMS/kg de GMD), eficiência alimentar (EA; razão entre kg de GMD/kg de CMS), consumo alimentar residual (CAR), ganho residual (GR) e consumo ganho residual (CGR).

Os valores estimados do consumo de matéria seca (CMS) e do CAR foram determinados segundo o modelo proposto por Koch et al. (1963). A determinação do CMS estimado foi realizado a partir de regressão do consumo diário como função do peso vivo médio ( $PV^{0,75} = ((PV \text{ final} + PV \text{ inicial}) / 2)^{0,75}$ ) e ganho médio diário (GMD). Com os resultados de CMS e GMD foi calculada a conversão alimentar ( $CA = CMS/GMD$ ) e a eficiência alimentar ( $EA = GMD/CMS$ ).

O CAR de cada animal foi calculado como o consumo observado menos o consumo estimado. O ganho residual foi calculado pela diferença do ganho observado e do ganho estimado ajustado para consumo alimentar e peso vivo metabólico médio segundo modelo proposto por Koch et al. (1963). A soma dos valores de CAR e GR determinam o consumo ganho residual, após multiplicar os valores de CAR por -1:  $CGR = GR + [CAR \times (-1)]$ , de acordo com Berry e Crowley (2012). A classificação em animais de alto e baixo foi realizada a partir da soma e subtração de 0.5 do desvio padrão (DP) na média dos resíduos, respectivamente, de acordo com a medida de eficiência (CAR, GR e CGR).

#### **2.4. Análises sanguíneas**

As amostras sanguíneas foram coletadas em três momentos durante o experimento (dia 0, 56 e 84), no período da manhã e antes do fornecimento da dieta, por punção com agulha na veia jugular e em tubos a vácuo (Vacutainer®) com anticoagulante (heparina; 10 mL), livre de anticoagulante (10 mL) ou fluoreto de sódio (5 mL), de acordo com o parâmetro analisado.

Nas mesmas ocasiões das coletas de sangue foi aferida a temperatura retal com termômetro veterinário digital (Brasil Instrumentos Cirúrgicos Eireli, SP, Brasil) para verificar qualquer alteração no animal que pudesse subestimar ou superestimar os resultados das análises. Dados meteorológicos também foram registrados a partir de uma mini estação climática (Intergado, MG, Brasil) presente no local, próxima as baias do confinamento. Os dados de temperatura retal e os dados meteorológicos registrados referentes aos três dias de coleta de sangue foram muito semelhantes e não foi observada diferença entre as médias diárias, sendo a média da temperatura retal (°C)  $38,92 \pm 0,56$ ; da temperatura ambiente (°C)  $17,82 \pm 1,98$ ; e, da umidade relativa do ar (% UR)  $82,49 \pm 6,74$ .

As amostras sanguíneas em duplicatas foram identificadas e colocadas em caixas isotérmicas até chegar ao local de processamento quando, então, foram centrifugadas a  $2.500 \times g$ , durante 30 minutos a  $4^\circ\text{C}$  para obtenção do plasma e soro. O plasma foi aliqotado em tubos

"eppendorf" identificados de acordo com a análise a ser realizada e armazenado em Thermo Cientific Revco Ultra-Freezer a  $-80^{\circ}\text{C}$ .

Para as determinações dos parâmetros colesterol, glicose, lipoproteínas e triglicérides foi utilizado o método enzimático colorimétrico por meio de kits comerciais (Bioclin, Quibasa Química Básica Ltda, Belo Horizonte, MG, Brasil) em analisador automático modelo BS-200 (Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd, Shenzhen, China).

A análise da concentração sérica de leptina foi conduzida por meio de kit comercial (Leptina – Cat. # XL-85K, Millipore Corporation, Billerica, MA, USA) e metodologia para quantificação em radioimunoensaio (RIA), utilizando-se o equipamento Automatic Gamma Counter (PerkinElmer precisely, MA, USA), do Laboratório de Endocrinologia, Unesp, Câmpus de Araçatuba, SP. A análise de insulina foi realizada por meio de kit comercial (Cat. # IM3210, Immunotech s.r.o., Praga, República Tcheca) e metodologia para quantificação em ensaio imunoradiométrico (IRMA), utilizando-se o equipamento Automatic Gamma Counter (PerkinElmer precisely, MA, USA), do Laboratório de Endocrinologia, Unesp, Câmpus de Araçatuba, SP.

## **2.5. Espessura de gordura subcutânea (EGS)**

A espessura de gordura subcutânea (EGS) foi aferida ao final do período de eficiência (d84) por meio de ultrassom (ALOKA 500V) na região entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costela do músculo *Longissimus thoracis*. O equipamento ultrassonográfico possuía sonda linear de 17,2 cm e 3,5 MHz com uma guia acústica acoplada para melhor adaptação ao corpo do animal. Foi utilizado o programa Image J (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) para análise das imagens obtidas previamente armazenadas em microcomputador portátil.

## **2.6. Análise estatística**

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o animal como unidade experimental em um delineamento experimental totalmente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3 x 2 (três grupos genéticos e duas classes de eficiência). A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o animal como unidade experimental. Para a estatística descritiva foi utilizado o procedimento MEANS do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Os dados foram testados para distribuições normais utilizando o procedimento UNIVARIATE (SAS Inst. Inc., Cary,

NC) e o teste de Shapiro-Wilk (W), com o auxílio do comando plot para a visualização de possíveis dados suspeitos (outliers).

Os parâmetros séricos foram analisados utilizando o procedimento MIXED (SAS Inst. Inc., Cary, NC) com o comando Satterthwaite para ajuste dos graus de liberdade do denominador (DDF) para testes de efeito fixo. O modelo utilizado incluiu o efeito do GG, classe da medida de eficiência (CAR, GR e CGR), dia e suas interações resultantes, sendo utilizado o termo animal (GG×Classe) como variável aleatória. O peso inicial dos animais foi utilizado como covariável e mantido no modelo se significativo ( $P < 0,05$ ). O termo dia foi utilizado para medidas repetidas no tempo, sendo animal (GG×Classe) utilizado como subject. Os resultados estão reportados como média dos quadrados mínimos e separados utilizando LSD de acordo com o efeito principal observado.

Os dados relacionados as variáveis de desempenho e eficiência foram analisadas utilizando o procedimento MIXED (SAS Inst. Inc., Cary, NC) com o comando Satterthwaite para ajuste dos graus de liberdade do denominador (DDF) para testes de efeito fixo. O modelo incluiu o efeito do GG. O peso inicial dos animais foi utilizado como covariável e mantido no modelo se significativo ( $P < 0,05$ ). A variável aleatória utilizada foi descrita como animal (GG). Os resultados são demonstrados como média dos quadrados mínimos e separados utilizando LSD de acordo com o efeito principal observado.

Os dados também foram submetidos ao procedimento CORR (SAS Inst. Inc., Cary, NC) para analisar a correlação de Pearson das variáveis de eficiência com as variáveis sanguíneas. O comando Partial foi utilizado para que as observações com valores ausentes fossem excluídas da análise e o GG considerado. Para todas as análises realizadas neste estudo, significância foi considerada se  $P \leq 0,05$  e tendência se  $P > 0,05$  e  $P \leq 0,10$ .

### **3. RESULTADOS**

#### *3.1. Intervalo de referência das variáveis sanguíneas*

A estatística descritiva e desvio padrão das variáveis sanguíneas avaliadas estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Estatística descritiva das variáveis sanguíneas de bubalinos terminados em confinamento.

Variáveis <sup>1</sup>	Média <sup>2</sup>	DP <sup>3</sup>	95% LC <sup>4</sup> Inferior	95% LC Superior	Abd Ellah et al. (2014) <sup>5</sup>		Kaneko, Harvey e Bruss (2008) <sup>6</sup>	
					IR	Média ±DP	IR	Média ±DP
Glicose, mg/dL	88,407	14,359	86,277	90,537	35,45–92,47	63,96 ± 14,55	45,0-75,0	57,4 ± 6,8
Insulina, UI/mL	25,666	17,940	22,838	28,494	-	-	0-0,5 <sup>7</sup>	-
Leptina, ng/mL	6,599	2,048	6,276	6,922	-	-	-	-
Colesterol, mg/dL	68,122	10,533	66,590	69,654	34,92–76,82	63,96 ± 14,55	80,0-120,0	-
Triglicérides, mg/dL	17,407	5,694	16,565	18,249	4,02–49,72	26,87 ± 11,50	0–14,0	-
HDL, mg/dL	35,989	6,584	35,029	36,949	12,58–52,25	32,41 ± 10,12	-	-
LDL, mg/dL	28,402	6,829	27,409	29,395	4,69–31,47	18,08 ± 6,83	-	-
VLDL, mg/dL	3,531	1,168	3,358	3,704	0,87–9,87	5,37 ± 2,29	-	-

<sup>1</sup>HDL=Lipoproteína de alta densidade; LDL=Lipoproteína de baixa densidade; VLDL=Lipoproteína de densidade muito baixa; IR=Intervalo de referência observado na literatura;

<sup>2</sup>Médias referentes às 3 coletas realizadas durante o período de eficiência (d0, d56 e d84).

<sup>3</sup>DP = Desvio padrão.

<sup>4</sup>LC = Limite de confiança.

<sup>5</sup>Valores apresentados por Abd Ellah et al. (2014) para a espécie bubalina.

<sup>6</sup>Valores apresentados por Kaneko, Harvey e Bruss (2008) para a espécie bovina.

<sup>7</sup>Valores originais apresentados em µL, por Kaneko, Harvey e Bruss (2008), para a espécie bovina, e convertidos em UI/mL para o presente estudo.

Os valores encontrados no presente estudo correspondem a média dos valores obtidos para os três GGs de bubalinos, considerando as três coletas realizadas durante o período de 84 dias, referentes à fase de eficiência avaliada em confinamento.

### 3.2. Desempenho e medidas de eficiência

Houve efeito do grupo genético sobre peso final, GMD, CA, EA e EGS. Os dados referentes a estas variáveis de acordo com os três grupos genéticos de bubalinos avaliados durante o período de eficiência de 84 dias estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Média, erro padrão da média (EPM) e probabilidades das variáveis de desempenho e eficiência de acordo o grupo genético (GG) de bubalinos avaliados durante o período de eficiência (84 dias).

Variáveis	Grupo Genético			EPM	P-value
	Jafarabadi	Mediterrâneo	Murrah		
Peso Inicial, kg	332,64	298,28	305,85	19,399	0,239
Peso Final, kg	477,32 <sup>a</sup>	420,22 <sup>b</sup>	418,76 <sup>b</sup>	21,415	0,022
GMD, kg/dia	1,722 <sup>a</sup>	1,452 <sup>b</sup>	1,344 <sup>b</sup>	0,089	<0,001
CMS, kg MS, dia	8,512	8,476	8,201	0,313	0,514
EGS, mm	4,902 <sup>b</sup>	5,610 <sup>ab</sup>	6,139 <sup>a</sup>	0,796	0,068
CAR, kg/kg	-0,164	0,169	-0,079	0,182	0,168
GR, kg/kg	0,074	-0,055	0,034	0,042	0,101
CGR	0,233	-0,223	0,114	0,230	0,123
CA, kg MS/kg	4,951 <sup>b</sup>	5,923 <sup>a</sup>	6,360 <sup>a</sup>	0,321	<0,001
EA, kg/kg MS	0,201 <sup>a</sup>	0,173 <sup>b</sup>	0,164 <sup>b</sup>	0,008	<0,001

GMD = ganho médio diário; CMS = consumo de matéria seca; EGS = espessura de gordura subcutânea aferida por ultrassom (ALOKA, 500V), na região entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costela do músculo *Longissimus thoracis* ao final do período de eficiência (d84); CAR = consumo alimentar residual; GR = ganho residual; CGR = consumo ganho residual; CA = conversão alimentar; EA = eficiência alimentar; EPM = erro padrão da média.

Peso inicial aferido no início do período de eficiência (d0) e peso final aferido ao final do período de eficiência (d84) em sistema de confinamento;

Letras distintas na mesma linha indicam diferença significativa entre as médias;

Significância considerada se  $P \leq 0,05$  e tendência se  $P \leq 0,10$ .

O peso final dos animais sofreu efeito do GG ( $P = 0,022$ ). Jafarabadi apresentou peso final médio superior de 57,1 kg em relação a Mediterrâneo e 58,56 kg em relação a Murrah. Esses dois grupos, Mediterrâneo e Murrah, foram semelhantes entre si quanto ao peso final. O GMD foi influenciado pelo GG ( $P = <0,001$ ), Jafarabadi mostrou maior valor médio dessa variável, seguido de Mediterrâneo e Murrah que não diferiram entre si.

O GG demonstrou efeito sobre a conversão alimentar ( $P < 0,001$ ) e eficiência alimentar ( $P < 0,001$ ) durante o período experimental. A conversão alimentar média foi melhor no grupo Murrah e não apresentou diferença com o grupo Mediterrâneo. Entretanto, o grupo Jafarabadi mostrou conversão alimentar pior do que os outros dois grupos. Com relação à eficiência alimentar, Jafarabadi apresentou o melhor valor médio desta variável, diferindo dos demais. Mediterrâneo e Murrah apresentaram valores médios piores e não diferiram entre si.

Houve tendência de efeito do GG sobre a EGS ( $P = 0,068$ ). Murrah apresentou valor médio superior, diferindo dos demais grupos. Jafarabadi teve o menor valor médio de EGS entre os grupos. Mediterrâneo mostrou valor intermediário, sem diferir de Murrah ou de Jafarabadi. Não houve efeito do grupo genético no peso inicial ( $P = 0,239$ ), consumo de matéria seca ( $P = 0,514$ ), CAR ( $P = 0,168$ ), GR ( $P = 0,101$ ) e CGR ( $P = 0,123$ ).

### 3.3. Variáveis sanguíneas e medidas de eficiência

Os dados referentes às interações entre grupo genético e classe (alta ou baixa) das medidas de eficiência (CAR, GR e CGR) sobre algumas das variáveis sanguíneas avaliadas estão apresentados na Tabela 4.

As concentrações de glicose sofreram influência do grupo genético e da classe de CAR ( $P = 0,025$ ), GR ( $P = 0,027$ ) e CGR ( $P = 0,024$ ). Com relação ao CAR, houve diferença da classe de eficiência nos grupos Jafarabadi e Mediterrâneo; Jafarabadi de alto CAR apresentaram valores médios maiores desta variável quando comparados aos de baixo CAR dentro deste mesmo GG. Já no grupo Mediterrâneo, animais de alto CAR tiveram concentrações mais baixas de glicose, enquanto o grupo de baixo CAR teve concentrações superiores; o mesmo resultado foi observado no grupo Jafarabadi quando avaliado pelo GR e CGR.

O grupo Murrah não mostrou diferença nas concentrações de glicose entre as classes de CAR, apresentando valores médios altos, assim como Jafarabadi de alto CAR e Mediterrâneo de baixo CAR. Quando a medida de eficiência utilizada foi o GR, os grupos Mediterrâneo e Murrah apresentaram valores médios mais baixos de glicose do que Jafarabadi e não houve diferença quanto a classe dessa medida de eficiência.

**Tabela 4.** Média, erro padrão da média (EPM) e probabilidades das variáveis sanguíneas de acordo com a classe (alto ou baixo) do consumo alimentar residual (CAR), ganho residual (GR), consumo ganho residual (CGR) e grupo genético (GG) de bubalinos terminados em confinamento.

Variáveis <sup>1</sup>	Jafarabadi		Mediterrâneo		Murrah		EPM	P-value
	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo		
<b>CAR</b>								
Glicose, mg/dL	96,131 <sup>a</sup>	81,939 <sup>b</sup>	81,555 <sup>b</sup>	91,538 <sup>a</sup>	90,213 <sup>a</sup>	90,984 <sup>a</sup>	4,830	0,025
Insulina, UI/mL	23,757	19,860	23,915	28,406	29,102	26,228	5,392	0,781
Leptina, ng/mL	7,318	6,626	6,345	5,959	6,746	6,483	1,098	0,997
Colesterol, mg/dL	57,099 <sup>c</sup>	63,613 <sup>bc</sup>	67,245 <sup>b</sup>	74,768 <sup>a</sup>	66,360 <sup>b</sup>	69,440 <sup>ab</sup>	4,531	0,017
Triglicérides, mg/dL	16,818 <sup>b</sup>	13,293 <sup>b</sup>	21,297 <sup>a</sup>	16,205 <sup>b</sup>	15,430 <sup>b</sup>	15,599 <sup>b</sup>	2,150	0,024
HDL, mg/dL	31,167 <sup>b</sup>	33,838 <sup>b</sup>	34,095 <sup>b</sup>	42,010 <sup>a</sup>	34,546 <sup>b</sup>	39,986 <sup>a</sup>	2,743	0,018
LDL, mg/dL	22,328 <sup>b</sup>	26,832 <sup>ab</sup>	28,814 <sup>a</sup>	29,488 <sup>a</sup>	28,583 <sup>a</sup>	25,780 <sup>ab</sup>	3,259	0,029
VLDL, mg/dL	3,461 <sup>b</sup>	2,734 <sup>b</sup>	4,275 <sup>a</sup>	3,440 <sup>b</sup>	3,015 <sup>b</sup>	3,216 <sup>b</sup>	0,433	0,021
<b>GR</b>								
Glicose, mg/dL	84,523 <sup>b</sup>	108,06 <sup>a</sup>	87,452 <sup>b</sup>	84,972 <sup>b</sup>	87,970 <sup>b</sup>	89,153 <sup>b</sup>	5,161	0,027
Insulina, UI/mL	21,883	25,321	26,724	25,440	28,305	25,304	5,516	0,874
Leptina, ng/mL	6,577	6,862	6,449	6,272	7,025	7,224	1,069	0,674
Colesterol, mg/dL	62,915 <sup>bc</sup>	58,267 <sup>c</sup>	71,739 <sup>a</sup>	69,335 <sup>ab</sup>	70,687 <sup>a</sup>	69,659 <sup>ab</sup>	4,777	0,024
Triglicérides, mg/dL	14,791 <sup>c</sup>	19,207 <sup>ab</sup>	17,958 <sup>b</sup>	22,739 <sup>a</sup>	16,477 <sup>bc</sup>	15,160 <sup>bc</sup>	2,139	0,018
HDL, mg/dL	32,953 <sup>b</sup>	31,108 <sup>b</sup>	39,017 <sup>a</sup>	35,368 <sup>ab</sup>	37,829 <sup>a</sup>	34,995 <sup>ab</sup>	3,063	0,021
LDL, mg/dL	26,773 <sup>ab</sup>	23,066 <sup>b</sup>	28,943 <sup>ab</sup>	29,112 <sup>ab</sup>	29,425 <sup>a</sup>	31,285 <sup>a</sup>	3,303	0,028
VLDL, mg/dL	2,951 <sup>b</sup>	4,022 <sup>a</sup>	3,904 <sup>a</sup>	4,524 <sup>a</sup>	3,365 <sup>b</sup>	3,001 <sup>b</sup>	0,421	0,092
<b>CGR</b>								
Glicose, mg/dL	82,649 <sup>b</sup>	96,997 <sup>a</sup>	90,544 <sup>ab</sup>	83,827 <sup>b</sup>	90,705 <sup>ab</sup>	90,576 <sup>ab</sup>	5,228	0,024
Insulina, UI/mL	19,847	23,739	25,472	23,002	25,519	29,512	5,376	0,800
Leptina, ng/mL	6,715	7,315	5,835	6,265	7,024	7,916	1,118	0,557
Colesterol, mg/dL	63,847 <sup>bc</sup>	57,094 <sup>c</sup>	75,247 <sup>a</sup>	68,159 <sup>ab</sup>	71,353 <sup>ab</sup>	68,105 <sup>ab</sup>	4,768	0,017
Triglicérides, mg/dL	13,468 <sup>b</sup>	16,824 <sup>b</sup>	16,389 <sup>b</sup>	21,913 <sup>a</sup>	16,358 <sup>b</sup>	15,635 <sup>b</sup>	2,256	0,026
HDL, mg/dL	33,642 <sup>b</sup>	31,189 <sup>b</sup>	43,364 <sup>a</sup>	34,213 <sup>b</sup>	39,566 <sup>a</sup>	34,540 <sup>b</sup>	2,852	0,017
LDL, mg/dL	27,149 <sup>ab</sup>	22,355 <sup>b</sup>	28,571 <sup>ab</sup>	29,383 <sup>a</sup>	28,173 <sup>ab</sup>	29,997 <sup>a</sup>	3,485	0,033
VLDL, mg/dL	2,762 <sup>b</sup>	3,458 <sup>b</sup>	3,586 <sup>b</sup>	4,391 <sup>a</sup>	3,338 <sup>b</sup>	3,015 <sup>b</sup>	0,456	0,020

<sup>1</sup>HDL=Lipoproteína de alta densidade; LDL=Lipoproteína de baixa densidade; VLDL=Lipoproteína de densidade muito baixa; CAR = consumo alimentar residual; GR = ganho residual; CGR = consumo ganho residual; EPM = erro-padrão médio. <sup>2</sup>Efeitos: GG = grupo genético (Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah); Classe = alto vs baixo, de acordo com a medida de eficiência; P = referente a interação GGxClasse. Significância se P < 0,05 e tendência se P ≤ 0,10.

Ao observar CGR, nota-se que houve diferença de classe de eficiência sobre as concentrações de glicose nos grupos Jafarabadi e Mediterrâneo. Animais de baixo CGR desses dois GGs tiveram valores mais elevados nas concentrações dessa variável. Os grupo Mediterrâneo de alto CGR e Murrah de ambas as classes de eficiência apresentaram valores intermediários, este último não mostrou diferença entre classes.

Insulina e leptina não tiveram suas concentrações médias influenciadas pela interação entre GG e classe das medidas de eficiência. Não houve interação entre GG e classe de CAR nas concentrações médias de insulina e leptina, respectivamente, ( $P = 0,781$ ;  $P = 0,997$ ); entre GG e classe de GR ( $P = 0,874$ ;  $P = 0,674$ ); entre CGR e GG ( $P = 0,800$ ;  $P = 0,557$ ).

Nas concentrações médias de colesterol, foi observada interação entre GG e classe de CAR ( $P = 0,017$ ), GR ( $P = 0,024$ ) e CGR ( $P = 0,017$ ). Com relação ao CAR, observou-se diferença entre as classes de eficiência nos três GGs avaliados. O grupo Mediterrâneo de baixo CAR apresentou valores médios mais elevados de colesterol e Jafarabadi de alto CAR, valores médios mais baixos. Os demais grupos tiveram valores intermediários, citados em ordem decrescente: Murrah (baixo CAR), Mediterrâneo (alto CAR), Murrah (alto CAR), e Jafarabadi (alto CAR).

O GR também mostrou diferença na classe das medidas de eficiência quanto aos três GGs avaliados. Animais de classe alta do grupo Mediterrâneo e Murrah apresentaram concentrações médias mais altas de colesterol. A classe baixa desses dois GGs apresentou valores intermediários. Jafarabadi de baixo GR teve as menores concentrações dessa variável; foi observado concentrações médias intermediárias em Jafarabadi de alto GR.

Quanto ao CGR, houve diferença na classe das medidas de eficiência nos grupos Jafarabadi e Mediterrâneo. Animais de alto CGR apresentaram concentrações médias maiores de colesterol. O grupo Murrah não mostrou diferença de classe e apresentou concentrações intermediárias de colesterol. Foram observadas as menores concentrações dessa variável no grupo Jafabarabadi de baixo CGR.

O GG e classe de CAR ( $P = 0,024$ ), GR ( $P = 0,018$ ) e CGR ( $P = 0,026$ ) interagiram nas concentrações médias de triglicérides. As concentrações mais altas foram observadas no grupo Mediterrâneo de alto CAR, baixo GR e baixo CGR. Além disso, Mediterrâneo mostrou diferença na classe de eficiência com relação às três medidas avaliadas. Jafarabadi e Murrah tiveram concentrações menores dessa mesma variável e não houve diferença na classe de CAR

e CGR. Com relação ao GR, o grupo Murrah não apresentou diferença quanto à classe e teve valores intermediários. O grupo Jafarabadi de alto GR teve valores mais baixos de triglicérides.

Para as concentrações médias de HDL observou-se interação entre GG e classe de CAR ( $P = 0,018$ ), GR ( $P = 0,021$ ) e CGR ( $P = 0,017$ ). HDL apresentou concentrações mais altas em animais de baixo CAR do GG Mediterrâneo e Murrah, diferindo da classe alta. O inverso foi observado com relação ao CGR: animais Mediterrâneo de classe alta e Murrah tiveram valores maiores dessa variável sanguínea, diferindo da classe baixa.

Com relação ao GR, houve diferença de classe nos grupos Mediterrâneo e Murrah; em ambos os grupos, animais de alto GR mostraram concentrações maiores de HDL, enquanto animais de baixo GR tiveram concentrações intermediárias. Foi observado que Jafarabadi não teve diferença entre classes com relação às três medidas de eficiência avaliadas e apresentou concentrações médias baixas dentre os grupos avaliados.

GG e classe de CAR ( $P = 0,029$ ), GR ( $P = 0,028$ ) e CGR ( $P = 0,033$ ) demonstraram interação sobre as concentrações médias de LDL. Concentrações mais altas foram apresentadas no grupo Mediterrâneo, de ambas as classes de CAR, sem diferir do grupo de classe alta do GG Murrah. O grupo Murrah de baixo CAR diferiu da classe alta do CAR desse mesmo GG e mostrou valores intermediários, assim como o grupo de baixo CAR do GG Jafarabadi; este também mostrou diferença com a classe de alto CAR que teve concentrações médias mais baixas.

Quanto ao GR, os maiores valores de LDL foram observados em animais Murrah, sem diferir quanto a classe. O grupo Mediterrâneo também não mostrou diferença na classe de GR e apresentou valores intermediários, assim como animais Jafarabadi de classe alta. A classe baixa de GR teve menores concentrações médias de LDL no GG Jafarabadi, diferindo da classe de alto GR.

As concentrações mais altas de LDL foram observadas em animais Mediterrâneo e Murrah de baixo CGR, com diferença da classe alta que, por sua vez apresentou valores intermediários, assim como animais Jafarabadi de alto CGR. Desta forma, a classe de baixo CGR do GG Jafarabadi mostrou os menores valores médios de LDL.

Com relação às concentrações médias de VLDL, houve interação entre GG e classe de CAR ( $P = 0,021$ ) e CGR ( $P = 0,020$ ), e tendência de interação entre VLDL e GR ( $P = 0,092$ ). VLDL mostrou valores mais altos em animais Mediterrâneo de ambas as classes de GR. Concentrações altas dessa variável sanguínea também foram observadas em animais

Mediterrâneo de alto CAR e baixo CGR, e Jafarabadi de baixo GR; todos grupos esses apresentaram diferença quanto a classe da medida de eficiência. Concentrações mais baixas de VLDL sem diferença na classe da medida de eficiência foram observadas nos seguintes grupos: Jafarabadi, com relação ao CAR e CGR; Murrah, quanto as três medidas de eficiência (CAR, GR e CGR).

A Tabela 5 mostra dados referentes às variáveis sanguíneas de acordo com os três grupos genéticos de bubalinos e medidas de eficiência avaliados durante o período de confinamento. Foram apresentadas apenas as variáveis cujos valores médios demonstraram significância ( $P < 0,05$ ) ou tendência ( $P \leq 0,10$ ) entre os grupos genéticos.

Com relação ao CAR, houve efeito do grupo genético sobre as concentrações médias de colesterol ( $P = 0,007$ ), triglicérides ( $P = 0,002$ ), HDL ( $P = 0,038$ ) e VLDL ( $P < 0,001$ ). O grupo Jafarabadi apresentou concentrações médias inferiores de colesterol, quando comparado com os grupos Mediterrâneo e Murrah, que não diferiram entre si. Por outro lado, o grupo Mediterrâneo apresentou concentrações médias superiores de triglicérides, diferindo dos outros dois grupos (Jafarabadi e Murrah) que não diferiram entre si.

Mediterrâneo também apresentou valores médios superiores de HDL, porém sem diferir de Murrah. As concentrações médias de HDL foram inferiores no grupo Jafarabadi. As VLDL tiveram valores médios mais elevados no grupo Mediterrâneo, com diferença significativa para os demais grupos. Murrah e Jafarabadi apresentaram concentrações inferiores, sem diferir entre si.

Ao analisar o GR, observa-se efeito do GG sobre as concentrações médias de glicose ( $P = 0,004$ ), triglicérides ( $P = 0,002$ ) e VLDL ( $P < 0,001$ ). A concentração média de glicose diferiu entre os três grupos genéticos avaliados. Em ordem decrescente, valores superiores foram observados nos grupos: Jafarabadi, Murrah, Mediterrâneo.

Valores de colesterol foram superiores no grupo Mediterrâneo, sem apresentar diferença com Murrah. Por outro lado, Jafarabadi apresentou concentrações médias inferiores aos outros dois grupos avaliados. Mediterrâneo mostrou concentrações médias superiores de VLDL, com diferença significativa para os demais grupos. Murrah apresentou o segundo maior valor de VLDL, porém não diferiu do grupo Mediterrâneo.

**Tabela 5.** Média, erro padrão da média (EPM) e probabilidades das variáveis sanguíneas de acordo com o grupo genético (GG) e medidas de eficiência avaliados de bubalinos terminados em confinamento.

Variáveis <sup>1</sup>	Grupo Genético			EPM	P-value
	Jafarabadi	Mediterrâneo	Murrah		
<b>CAR</b>					
Colesterol, mg/dL	62,555 <sup>b</sup>	71,547 <sup>a</sup>	68,607 <sup>a</sup>	2,550	0,007
Triglicérides, mg/dL	14,865 <sup>b</sup>	19,381 <sup>a</sup>	16,024 <sup>b</sup>	1,212	0,002
HDL, mg/dL	33,651 <sup>b</sup>	37,881 <sup>a</sup>	36,889 <sup>a</sup>	1,542	0,038
VLDL, mg/dL	3,015 <sup>b</sup>	3,988 <sup>a</sup>	3,226 <sup>b</sup>	0,244	<0,001
<b>GR</b>					
Glicose, mg/dL	96,063 <sup>a</sup>	85,481 <sup>c</sup>	90,481 <sup>b</sup>	2,887	0,004
Colesterol, mg/dL	61,686 <sup>b</sup>	70,592 <sup>a</sup>	69,058 <sup>a</sup>	2,684	0,009
Triglicérides, mg/dL	15,873 <sup>b</sup>	19,801 <sup>a</sup>	16,129 <sup>b</sup>	1,190	0,002
HDL, mg/dL	33,032 <sup>b</sup>	37,127 <sup>a</sup>	36,552 <sup>a</sup>	1,718	0,074
LDL, mg/dL	25,241 <sup>b</sup>	29,282 <sup>a</sup>	29,160 <sup>a</sup>	1,857	0,090
VLDL, mg/dL	3,233 <sup>b</sup>	4,092 <sup>a</sup>	3,243 <sup>b</sup>	0,234	<0,001
<b>CGR</b>					
Colesterol, mg/dL	62,687 <sup>b</sup>	71,621 <sup>a</sup>	69,075 <sup>a</sup>	2,651	0,009
Triglicérides, mg/dL	14,966 <sup>b</sup>	19,119 <sup>a</sup>	16,169 <sup>b</sup>	1,254	0,007
HDL, mg/dL	33,547 <sup>b</sup>	38,374 <sup>a</sup>	36,610 <sup>a</sup>	1,584	0,022
VLDL, mg/dL	3,030 <sup>b</sup>	3,966 <sup>a</sup>	3,235 <sup>b</sup>	0,253	0,002

<sup>1</sup>HDL=Lipoproteína de alta densidade; LDL=Lipoproteína de baixa densidade; VLDL=Lipoproteína de densidade muito baixa; CAR = consumo alimentar residual; GR = ganho residual; CGR = consumo ganho residual; Significância se P < 0,05 e tendência se P ≤ 0,10.

Houve tendência de efeito do grupo genético sobre as seguintes variáveis: colesterol (P = 0,009), HDL (P = 0,074) e LDL (P = 0,090). Observou-se que HDL teve concentrações

médias superiores no grupo Mediterrâneo, sem diferir de Murrah. O grupo Jafarabadi diferiu dos grupos anteriormente citados, apresentando valores inferiores. Jafarabadi apresentou valores médios inferiores de LDL. Murrah e Mediterrâneo apresentaram concentrações médias superiores e não diferiram entre si.

No que se refere ao CGR, houve efeito do grupo genético nas concentrações médias de colesterol ( $P = 0,009$ ), triglicérides ( $P = 0,007$ ), HDL ( $P = 0,022$ ) e VLDL ( $P = 0,002$ ). O grupo genético Jafarabadi apresentou concentrações médias inferiores de colesterol, com diferença para os grupos Mediterrâneo e Murrah que não diferiram entre si. O grupo Mediterrâneo apresentou concentrações médias superiores de triglicérides e diferiu dos outros dois grupos. Jafarabadi e Murrah apresentaram valores maiores de triglicérides, mas não diferiram entre si.

As concentrações médias de HDL foram menores no grupo Jafarabadi, diferindo dos outros dois grupos. O grupo Mediterrâneo apresentou valores médios maiores e não diferiu do grupo Murrah. O grupo Mediterrâneo apresentou maiores concentrações médias de VLDL, diferindo significativamente dos outros dois grupos genéticos. Foi observado no grupo Murrah o segundo maior valor de VLDL, sem diferença para o grupo Jafarabadi.

Houve efeito de classe (alta ou baixa) com relação às medidas de eficiência (CAR, GR e CGR) em algumas das variáveis sanguíneas avaliadas (Tabela 6). Foram apresentadas apenas as variáveis cujos valores médios demonstraram significância ( $P < 0,05$ ) ou tendência ( $P \leq 0,10$ ) entre as classes de eficiência.

O CAR apresentou efeito da classe de eficiência nas seguintes variáveis sanguíneas: colesterol ( $P = 0,035$ ), triglicérides ( $P = 0,029$ ) e HDL ( $P = 0,002$ ). As concentrações médias de colesterol foram maiores em animais de baixo CAR do que em animais de alto CAR. Os triglicérides tiveram concentrações médias maiores em animais de alto CAR do que em animais de baixo CAR. HDL teve maiores concentrações médias em animais de baixo CAR. Houve tendência de efeito de classe sobre VLDL ( $P = 0,077$ ). Animais com alto CAR tenderam a ter maior concentração média de VLDL desta variável do que animais com baixo CAR.

Com relação ao GR, houve efeito da classe de eficiência sobre a glicose ( $P = 0,015$ ) e triglicérides ( $P = 0,039$ ). Animais de baixo GR apresentaram concentrações médias maiores de glicose do que animais de alto GR. As concentrações médias de triglicérides foram maiores em animais de alto GR. Houve tendência de efeito da classe de eficiência sobre a VLDL ( $P = 0,076$ ), animais de baixo GR apresentaram maiores concentrações médias de VLDL do que animais de baixo GR.

**Tabela 6.** Média, erro padrão da média (EPM) e probabilidades das variáveis sanguíneas de bubalinos terminados em confinamento de acordo com a classe (alto ou baixo) do consumo alimentar residual (CAR), ganho residual (GR), consumo ganho residual (CGR).

Variáveis <sup>1</sup>	Classe		EPM	P-value
	Alto	Baixo		
<b>CAR</b>				
Colesterol, mg/dL	63,568	69,274	2,627	0,035
Triglicérides, mg/dL	17,848	15,032	1,246	0,029
HDL, mg/dL	33,269	38,611	1,590	0,002
VLDL, mg/dL	3,584	3,130	0,252	0,077
<b>GR</b>				
Glicose, mg/dL	86,648	94,061	3,011	0,015
Triglicérides, mg/dL	16,401	19,035	1,243	0,039
VLDL, mg/dL	3,406	3,849	0,245	0,076
<b>CGR</b>				
Colesterol, mg/dL	70,149	64,452	2,757	0,044
Triglicérides, mg/dL	15,405	18,124	1,304	0,043
HDL, mg/dL	38,857	33,314	1,648	0,002

<sup>1</sup>HDL=Lipoproteína de alta densidade; LDL=Lipoproteína de baixa densidade; VLDL=Lipoproteína de densidade muito baixa;

Significância se  $P < 0,05$  e tendência se  $P \leq 0,10$ .

Para o CGR, a classe de eficiência demonstrou efeito nas concentrações médias de colesterol ( $P = 0,044$ ), triglicérides ( $P = 0,043$ ) e HDL ( $P = 0,002$ ). Animais de alto CGR tiveram maiores concentrações médias de colesterol do que animais de baixo CGR, assim como maiores concentrações de HDL também foram observadas em animais de alto CGR do que em animais com baixo CGR. As concentrações médias de triglicérides foram maiores em animais de baixo CGR do que em animais de alto CGR.

As correlações entre as variáveis sanguíneas, variáveis de desempenho e as medidas de eficiência estão apresentadas na Tabela 7. Observou-se correlação positiva e fraca entre colesterol e EGS ( $r = 0,2657$ ;  $P = 0,0204$ ). Colesterol não demonstrou correlação com as medidas de eficiência (CAR, GR e CGR) e com as medidas de desempenho (CA, EA, GMD e CMS).

**Tabela 7.** Coeficientes parciais de Pearson entre as variáveis sanguíneas, variáveis de desempenho e medidas de eficiência de bubalinos avaliados durante o período de 84 dias em confinamento.

	COL	TRI	HDL	LDL	VLDL	GLI	INS	LEP
CAR	-0,007 <i>0,9493</i>	0,3655 <i>0,0012</i>	-0,280 <i>0,0142</i>	0,1919 <i>0,0969</i>	0,3687 <i>0,0010</i>	-0,116 <i>0,3182</i>	0,0689 <i>0,5542</i>	-0,209 <i>0,0694</i>
GR	-0,177 <i>0,1256</i>	-0,297 <i>0,0091</i>	0,0164 <i>0,8881</i>	-0,203 <i>0,0790</i>	-0,291 <i>0,0107</i>	-0,032 <i>0,7813</i>	-0,116 <i>0,3173</i>	0,1074 <i>0,3556</i>
CGR	-0,043 <i>0,7123</i>	-0,372 <i>0,0009</i>	0,2270 <i>0,0486</i>	-0,208 <i>0,0710</i>	-0,373 <i>0,0009</i>	0,0834 <i>0,4740</i>	-0,087 <i>0,4561</i>	0,1958 <i>0,0900</i>
CA	0,1250 <i>0,2818</i>	0,0992 <i>0,3938</i>	0,0631 <i>0,5881</i>	0,0894 <i>0,4420</i>	0,1072 <i>0,3566</i>	0,0469 <i>0,6873</i>	0,1495 <i>0,1973</i>	0,1139 <i>0,3271</i>
EA	-0,125 <i>0,2833</i>	-0,184 <i>0,1111</i>	-0,072 <i>0,5388</i>	-0,069 <i>0,5528</i>	-0,175 <i>0,1296</i>	-0,041 <i>0,7219</i>	-0,143 <i>0,2165</i>	0,0115 <i>0,9213</i>
EGS	0,2657 <i>0,0204</i>	0,1426 <i>0,2190</i>	-0,0024 <i>0,9836</i>	0,3393 <i>0,0027</i>	0,1423 <i>0,2200</i>	0,0959 <i>0,4101</i>	0,1587 <i>0,1709</i>	-0,0245 <i>0,8336</i>
GMD	-0,144 <i>0,2136</i>	-0,011 <i>0,9237</i>	-0,216 <i>0,0612</i>	0,0133 <i>0,9090</i>	-0,002 <i>0,9868</i>	-0,110 <i>0,3431</i>	-0,013 <i>0,9084</i>	-0,046 <i>0,6933</i>
CMS	-0,061 <i>0,5988</i>	0,1541 <i>0,1837</i>	-0,216 <i>0,0616</i>	0,0976 <i>0,4013</i>	0,1568 <i>0,1762</i>	-0,103 <i>0,3776</i>	0,1403 <i>0,2268</i>	-0,075 <i>0,5192</i>

COL = colesterol; TRI = triglicérides; HDL = Lipoproteína de alta densidade; LDL=Lipoproteína de baixa densidade; VLDL=Lipoproteína de densidade muito baixa; GLI = glicose; INS = insulina; LEP = leptina; CAR = consumo alimentar residual; GR = ganho residual; CGR = consumo ganho residual; CA = conversão alimentar; EA = eficiência alimentar; EGS = espessura de gordura subcutânea; GMD = ganho médio diário; CMS = consumo de matéria seca.

Correlações parciais de Pearson significantes a  $P \leq 0,05$  e tendência se  $P \leq 0,10$ .

Houve correlação entre triglicérides e as três medidas de eficiência. Entre triglicérides e CAR, GR e CGR houveram, respectivamente, correlação positiva moderada ( $r = 0,3655$ ;  $P = 0,0012$ ), correlação negativa fraca ( $r = -0,297$ ;  $P = 0,0091$ ) e correlação negativa moderada ( $r = -0,372$ ;  $P = 0,0009$ ). Não foi observada correlação entre triglicérides e as medidas de desempenho (CA, EA, GMD e CMS) ou entre triglicérides e EGS.

Para as variáveis HDL e CAR, observou-se correlação negativa e fraca ( $r = -0,280$ ;  $P = 0,0142$ ), entretanto, para HDL e CGR a correlação mostrou-se positiva fraca ( $r = 0,2270$ ;  $P =$

0,0486). Foi constatada tendência entre HDL e as variáveis de desempenho GMD ( $r = -0,216$ ;  $P = 0,0612$ ) e CMS ( $r = -0,216$ ;  $P = 0,0616$ ). Não houve correlação entre HDL e GR e também entre HDL, duas das medidas de desempenho (CA e EA) e EGS.

Verificou-se correlação entre VLDL e as três medidas de eficiência. Entre VLDL e CAR houve correlação positiva moderada ( $r = 0,3687$ ;  $P = 0,0010$ ). Contudo, para VLDL e GR a correlação foi negativa fraca ( $r = -0,291$ ;  $P = 0,0107$ ). Entre VLDL e CGR houve correlação negativa moderada ( $r = -0,373$ ;  $P = 0,0009$ ). Não houve correlação entre VLDL, medidas de desempenho (CA, EA, GMD e CMS) e EGS.

As três medidas de eficiência mostraram tendência de correlação com LDL. Observou-se tendência de correlação negativa fraca entre LDL e GR ( $r = -0,203$ ;  $P = 0,0790$ ) e também entre LDL e CGR ( $r = -0,208$ ;  $P = 0,0710$ ). Para LDL e EGS, notou-se correlação positiva e fraca ( $r = 0,3393$ ;  $P = 0,0027$ ). Não houve correlação entre LDL e medidas de desempenho (CA, EA, GMD e CMS).

Houve tendência de correlação negativa fraca entre leptina e CAR ( $r = -0,209$ ;  $P = 0,0694$ ) e tendência de correlação positiva fraca entre leptina e CGR ( $r = 0,1958$ ;  $P = 0,0900$ ). Não houve correlação entre leptina e GR e também entre leptina e medidas de desempenho (CA, EA, GMD e CMS). Glicose e insulina não demonstraram correlação com as medidas de eficiência (CAR, GR e CGR) e com as medidas de desempenho (CA, EA, GMD e CMS).

#### **4. DISCUSSÃO**

Valores de referência para parâmetros sanguíneos, como os apresentados neste estudo, auxiliam na identificação de possíveis anormalidades metabólicas, contribuindo para o diagnóstico de doenças e outras alterações fisiológicas. Dentro de uma espécie, esses valores variam de acordo com idade, sexo, raça e estado fisiológico, bem como as condições alimentares e sanitárias em que os animais vivem (Thrall et al., 2007). Foram observadas variações nas concentrações das variáveis sanguíneas de acordo com os diferentes grupos genéticos (Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah), dentro das classes das medidas de eficiência avaliadas (CAR, GR e CGR) neste trabalho.

Um perfil bioquímico específico da espécie bubalina ainda não foi estabelecido e há uma enorme escassez de informações relacionadas ao assunto. Frequentemente, valores de referência utilizados para búfalos pertencem a outras espécies, como bovinos, e obtidos em países desenvolvidos e de clima temperado, um cenário bastante distinto do encontrado nos

países de clima tropical e em desenvolvimento (Abd Ellah et al., 2014), o que impede a interpretação adequada dos resultados. Deste modo, os resultados encontrados no presente estudo podem contribuir para possíveis diagnósticos laboratoriais para bubalinos que vivem em condições compatíveis com as do presente estudo.

Apesar de diversos autores terem avaliado intervalos de referência na espécie bubalina em diferentes cenários ao redor do mundo, a maioria dos dados disponíveis na literatura retratam animais em situações bastante diferentes das encontradas na região em que o presente estudo foi desenvolvido. Essa controversa reforça a importância de realizar-se estudos em locais diversificados, com todos os possíveis sistemas produtivos e de manejo e, claro, com especificidade de espécie. Os bubalinos utilizados neste experimento estavam sob condições fisiológicas bastante específicas e em ambiente monitorado, com adequadas condutas de manejo nutricional e sanitário.

Os intervalos de referência de todas as variáveis sanguíneas analisadas no presente estudo diferiram dos dados encontrados na literatura, estabelecidos por Kaneko, Harvey e Bruss (2008) e Abd Ellah et al. (2014). Tais discordâncias podem ser atribuídas a múltiplos fatores, destacando-se as variações na espécie, idade e sexo dos animais avaliados. Além disso, é importante ressaltar que os animais estavam sob climas, condições sanitárias e de manejo distintos, porém, é importante ressaltar que todos os intervalos de parâmetros sanguíneos avaliados nesse experimento estão dentro dos intervalos observados por Abd Ellah et al. (2014) que também utilizaram a espécie bubalina como material de estudo.

As variáveis sanguíneas também podem ser utilizadas como indicadores da eficiência animal na produção de carne (Kelly et al., 2010; Bourgon et al., 2017). Relações entre ingestão alimentar e crescimento são interessantes na criação de rebanhos de diversas espécies animais que tem como objetivo a melhoria nas condições de manejo e o intuito de otimizar os lucros (Di Palo et al., 2005). A seleção de animais considerados eficientes mostra-se extremamente importante devido aos elevados custos envolvidos na alimentação do rebanho.

No presente estudo, apesar de os animais pertencerem a grupos genéticos distintos, cada um com suas características e particularidades, foi possível estabelecer a uniformidade do rebanho quanto ao peso vivo inicial. Tal afirmação pode ser feita devido ao grupo genético não ter demonstrado efeito sobre o peso inicial dos animais. Contudo, a individualidade de cada GG ficou evidente no peso final, EA e CA, mostrando que o grupo Jafarabadi teve melhor

desempenho do que os grupos Mediterrâneo e Murrah. Além disso, Jafarabadi teve um GMD significativamente maior entre os grupos avaliados, sem apresentar diferença quanto ao CMS.

Os animais da raça Jafarabadi possuem grande porte e musculatura bem desenvolvida. Por esta razão, em muitos países, inclusive o Brasil, foram selecionados para a produção de carne. Em contrapartida, Mediterrâneo e Murrah são raças muito conhecidas e amplamente difundidas pelo mundo devido ao seu elevado potencial genético voltado para a produção leiteira (Minervino et al., 2020). Dessa forma, a seleção genética que essas raças sofreram ao longo do tempo poderia explicar a diferença de desempenho entre os GGs no presente estudo.

O grupo Jafarabadi apresentou uma tendência de EGS menor, medida que pode estar relacionada com as concentrações de variáveis sanguíneas ligadas ao acabamento de carcaça, como colesterol, triglicérides, VLDL e HDL. Entre os GGs há notável diferença de estrutura corporal (*frame size*) e taxa de crescimento: enquanto animais Jafarabadi tem desenvolvimento mais rápido e a deposição de gordura ocorre mais tardiamente, a raça Murrah e Mediterrâneo apresentam desenvolvimento reduzido e mais lento, assim como deposição de gordura mais precoce.

Com base nos resultados das interações entre grupo genético e classe das medidas de eficiência aqui apresentados, ficou evidente que a maioria das variáveis sanguíneas analisadas sofreu efeito tanto do GG quanto da classe, demonstrando que quando são consideradas mutuamente no modelo estatístico, podem exercer efeito muitas vezes superior do que quando analisadas individualmente. Insulina e leptina não sofreram efeito de GG ou de classe em nenhuma das medidas de eficiência avaliadas, o que pode indicar que não são adequadas para serem utilizadas como ferramentas associadas a essas medidas ou características de um determinado grupo genético.

Os parâmetros sanguíneos podem predizer a eficiência de bubalinos por indicarem animais com ganho de peso considerável e baixo consumo alimentar, vistos como mais adequados ao sistema produtivo de corte. Essa estratégia torna possível enfrentar algumas das limitações quanto ao uso das medidas de eficiência (Sikka et al., 2020), como o tempo necessário para mensuração do consumo alimentar individual e os altos custos envolvidos com os equipamentos eletrônicos necessários para realização do teste de eficiência alimentar.

Os resultados das probabilidades das variáveis sanguíneas de acordo com o grupo genético mostram que colesterol e HDL foram as variáveis significativamente relacionadas às três medidas de eficiência (CAR, GR e CGR). As concentrações desses parâmetros estão

relacionadas com determinados GGs e isso levanta a suposição de que também estejam ligados à eficiência do animal.

No presente estudo, Jafarabadi foi o grupo que demonstrou melhor desempenho e, coincidentemente, apresentou concentrações médias de colesterol inferiores quanto às três medidas de eficiência avaliadas. Desta forma, sugere-se que animais mais eficientes apresentem concentrações inferiores de colesterol. O mesmo foi observado com relação às concentrações médias de HDL: as concentrações médias dessa variável sanguínea foram inferiores no GG Jafarabadi, de acordo com as três medidas de eficiência avaliadas (CAR, GR e CGR).

O efeito da classe das medidas de eficiência foi evidente sobre a concentração média de algumas variáveis sanguíneas, entre elas o colesterol que apresentou valores superiores em animais de baixo CAR e de alto CGR, ou seja, animais considerados eficientes segundo estas medidas. Bourgon et al. (2017) observaram uma tendência de que animais eficientes, com base no CAR, apresentaram uma menor concentração plasmática de colesterol total em experimento realizado com touros. Por outro lado, Montanholi et al. (2017), em experimento com bovinos de corte confinados, tiveram resultados diferentes também utilizando o CAR. Animais eficientes apresentaram concentração plasmática de colesterol significativamente menor do que animais ineficientes.

Karisa et al. (2014) avaliaram a relação de diversos metabólitos sanguíneos com o CAR em bovinos de corte e, a partir deste estudo, os autores sugerem que o colesterol pode ter importância na regulação biológica do CAR. Em fêmeas bubalinas, Sikka et al. (2020) observaram aumento das concentrações de colesterol da metade para o final do experimento. Contudo, Madan et al. (2019), em bubalinos machos, observaram concentrações inferiores de colesterol em animais de baixo CAR ao longo de todo o período experimental, assim como no presente estudo. Essas informações podem indicar que as concentrações de colesterol estão relacionadas à eficiência alimentar, espécie e sexo dos animais avaliados.

Apesar da diferença entre as classes de eficiência, as médias de concentração do colesterol nos animais de alto e baixo CAR estão dentro dos valores apresentados como referência no presente estudo. Animais de baixo CAR apresentaram maior concentração de colesterol total e de HDL, enquanto animais de alto CAR apresentaram concentrações superiores de VLDL.

A classe das medidas de eficiência também mostrou efeito sobre as concentrações médias de triglicérides, indicando que animais mais eficientes apresentaram menores valores

desse parâmetro sanguíneo. Madan et al. (2019), em bubalinos, observaram que as concentrações de triglicérides variaram de acordo com a classe de CAR e com o dia da coleta: os animais de baixo CAR tiveram concentrações mais elevadas apenas no dia 0, diferentemente do que foi observado no presente estudo. Nos dias 45 e 90 os animais de alto CAR apresentaram maior concentração plasmática de triglicérides, coincidindo com os resultados do presente estudo.

No presente estudo, a glicose foi influenciada significativamente pela classe do GR. Maiores concentrações médias de glicose foram observadas em animais de baixo GR. Segundo dados reportados na literatura, a classe de CAR não influenciou as concentrações plasmáticas desta variável (Bourgon et al., 2017; Kelly et al., 2011; Kelly et al., 2010; Richardson et al., 2004), assim como no presente estudo, mostrando que esse parâmetro sanguíneo pode estar relacionado à eficiência do animal apenas quando a medida de eficiência utilizada for o GR.

A seleção de animais eficientes, mostra-se imprescindível atualmente, pois, além de garantir benefícios econômicos, permite a redução da quantidade de áreas utilizadas para a produção de carne (Basarab et al., 2003), reduzindo o impacto ambiental causado pela atividade pecuária. Segundo Nkrumah et al. (2014) animais de baixo CAR produzem de 24 a 28% menos metano do que animais de alto CAR.

Todas as correlações observadas neste estudo foram fracas ou moderadas, mas sugere-se que as concentrações (superiores ou inferiores) de algumas das variáveis sanguíneas avaliadas ocorrem conforme a eficiência e desempenho do animal, o que implica na possibilidade de utilização destas variáveis como ferramentas para a seleção de animais considerados adequados para o sistema de produção de búfalos de corte. As variáveis sanguíneas mais associadas com as variáveis de eficiência e desempenho foram triglicérides, leptina e lipoproteínas (HDL, LDL e VLDL).

Colesterol mostrou correlação apenas com EGS, sendo essa classificada como positiva, indicando que animais com maiores concentrações sanguíneas dessa variável teriam maior EGS. Conforme citado anteriormente, o colesterol está relacionado com as características de acabamento de carcaça e ressalta-se que há diferença nas taxas de crescimento e *frame size* de acordo com o GG. No presente estudo, Murrah apresentou EGS médio maior do que os demais grupos, além de altas concentrações de colesterol no sangue baseando-se nas três medidas de eficiência avaliadas (CAR, GR e CGR).

Triglicérides e suas correlações com as medidas de eficiência (CAR, GR e CGR) podem indicar que animais considerados mais eficientes, segundo essas medidas avaliadas no presente estudo, teriam concentrações inferiores dessa variável sanguínea. Os resultados encontrados por Madan et al. (2019) contradizem esses dados, no que se refere a correlação entre triglicérides e CAR: os autores não encontraram correlação entre essas duas variáveis. No mesmo experimento, também não houve correlação entre CAR e colesterol, em concordância com os dados obtidos no presente estudo. Sikka et al. (2020) não observaram correlação entre triglicérides e eficiência alimentar, avaliada através do CAR.

A correlação negativa entre HDL e CAR e a correlação positiva entre HDL e CGR indica que animais mais eficientes podem ter concentrações de HDL superiores, baseando-se nessas duas das medidas. Os valores médios de HDL foram superiores em animais de alto CAR e também em animais de alto CGR, o que confirmaria tal suposição. Porém, o grupo Jafarabadi, que apresentou melhor desempenho, demonstrou valores médios menores de HDL com relação às três medidas de eficiência avaliadas, o que corrobora com a tendência de correlação negativa entre HDL e GMD e CMS, afirmação essa que implicaria em animais com melhor desempenho possuírem valores inferiores de HDL.

LDL apresentou tendência de correlação com as três medidas de eficiência avaliadas (CAR, GR, CGR e EGS). Tais resultados sugerem que quanto maior a concentração sanguínea dessa variável, menor a eficiência do animal, baseando-se nas medidas citadas, e maior a EGS. Em concordância com tal suposição, Mediterrâneo e Murrah apresentaram os valores médios mais altos de LDL e também pior desempenho quando comparados a Jafarabadi.

A correlação positiva entre CAR e VLDL permite afirmar que animais mais eficientes teriam concentrações superiores de VLDL. O mesmo pode ser concluído no que se refere às correlações negativas entre VLDL e GR e, também, entre VLDL e CGR. Entretanto, Jafarabadi apresentou concentrações médias menores de VLDL com relação às três medidas de eficiência avaliadas. Além disso, a classe das medidas de eficiência mostrou apenas uma tendência de que animais de alto CAR (ineficiente) apresentem valores médios maiores de VLDL, assim como tendência de que animais de alto GR (eficientes) apresentem valores menores de VLDL.

Não foram encontrados na literatura dados sobre a correlação entre lipoproteínas e medidas de desempenho e eficiência em bubalinos, mas sabe-se que estão relacionadas com o metabolismo e transporte de colesterol e triglicérides (Nelson; Cox, 2014). Os resultados do

presente estudo sugerem que as lipoproteínas podem contribuir para a seleção de animais eficientes.

Alguns estudos recentes têm buscado avaliar as correlações entre indicadores de nutrição e leptina na espécie bubalina (Di Palo et al. 2010; Tajik et al. 2011). No presente estudo, a tendência de correlação negativa entre CAR e leptina levanta a hipótese de que quanto maior o CAR, menos eficiente o animal e menor a concentração deste hormônio no plasma. Em concordância, a tendência de correlação positiva entre CGR e leptina, permite afirmar que animais com alto CGR, considerados mais eficientes, teriam quantidades superiores de leptina.

Os resultados do presente estudo diferiram dos encontrados por Foote et al. (2015). Esses autores, em experimento com machos bovinos de corte em terminação, observaram uma correlação positiva entre concentrações plasmáticas de leptina e CAR. No mesmo trabalho, foi relatado também que houve correlação negativa entre as concentrações plasmáticas de leptina e a eficiência alimentar e que, portanto, a leptina presente no plasma pode ter sua mensuração usada como marcador fisiológico para crescimento e eficiência alimentar em animais nestas condições.

Em um outro experimento, Foote et al. (2016) utilizaram fêmeas e machos bovinos também em fase de terminação e os autores chegaram a resultados semelhantes aos de Foote et al. (2015): houve uma associação positiva entre concentrações plasmáticas de leptina e CAR. Além disso, foi observada uma associação positiva entre leptina circulante e ingestão de matéria seca, demonstrando que animais mais eficientes teriam menores quantidades de leptina no plasma. Apesar dos bovinos e bubalinos serem grandes ruminantes, tratam-se de espécies distintas e, portanto, sugere-se que podem haver particularidades quanto ao metabolismo da leptina em ambas.

Em conjunto com outros fatores, a leptina é responsável por regular a ingestão de alimentos, o armazenamento e gasto de energia metabólica através de complexas interações com o sistema nervoso central (Nelson; Cox, 2014), sendo considerada mediadora entre o tecido adiposo e nervoso (Tartaglia et al., 1995). Em búfalos, demonstrou importância também no crescimento, apesar de seu papel ainda não ser bem esclarecido nesta espécie (Di Palo et al. 2010).

A leptina sinaliza saciedade, quanto maior a sua quantidade circulante no sangue, menor será o estímulo para a ingestão voluntária de alimentos (Barrios-Correa, Estrada, Contreras; 2018). Sabe-se que o teor de gordura corporal, mais especificamente o tamanho dos adipócitos,

influencia diretamente na leptinemia e, por isso, animais mais magros tem quantidades inferiores deste hormônio tanto no plasma, quanto no tecido adiposo (Chilliard et al., 2005). Entretanto, não houve correlação entre leptina e medidas de desempenho no presente estudo.

## **5. CONCLUSÃO**

As concentrações da maioria das variáveis sanguíneas, com exceção de leptina e insulina, foram influenciadas tanto pela classe das medidas de eficiência quanto pelo grupo genético. Dentre os parâmetros sanguíneos avaliados, colesterol, triglicérides, HDL e VLDL foram os mais associados às medidas de eficiência (CAR, GR e CGR), tendo demonstrado potencial para uso como ferramentas na seleção de bubalinos considerados adequados para o sistema produtivo de corte. Nas condições do presente estudo, Jafarabadi apresentou melhor desempenho: maior peso final e GMD e melhor CA e EA, em comparação aos outros dois grupos avaliados (Mediterrâneo e Murrah), e as concentrações de colesterol e HDL nesse grupo sugerem que animais eficientes tem menores níveis dessas variáveis no sangue.

## **AGRADECIMENTOS**

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

O presente trabalho faz parte do Projeto Temático intitulado “Exigência nutricional, comportamento alimentar, temperamento animal, exigência alimentar, parâmetros metabólicos, qualidade da carcaça e da carne de bubalinos em condições tropicais”, Processo FAPESP nº 2014/05473-7.

## REFERÊNCIAS

- Arthur, P. F., Archer, J. A., Herd, R. M. 2004. Feed intake and efficiency in beef cattle: overview of recent Australian research and challenges for the future. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(5), 361-369.
- Abd Ellah, M. R., Hamed, M. I., Ibrahim, D. R., Rateb, H. Z. 2014. Serum biochemical and haematological reference intervals for water buffalo (*Bubalus bubalis*) heifers. *Journal of the South African Veterinary Association*, 85(1), 01-07.
- Andrighetto, C., Jorge, A. M., Roça, R. D. O., Rodrigues, E., Bianchini, W., Francisco, C. D. L. 2008. Características físico-químicas e sensoriais da carne de bubalinos Murrah abatidos em diferentes períodos de confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(12), 2179-2184.
- Ban-Tokuda, T., Orden, E. A., Barrio, A. N., Lapitan, R. M., Delavaud, C., Chilliard, Y., Kanai, Y. 2007. Effects of species and sex on plasma hormone and metabolite concentrations in crossbred Brahman cattle and crossbred water buffalo. *Livestock Science*, 107(2-3), 244-252.
- Barrios-Correa, A. A., Estrada, J. A., Contreras, I. 2018. Leptin signaling in the control of metabolism and appetite: lessons from animal models. *Journal of Molecular Neuroscience*, 66(3), 390-402.
- Bernardes, O. 2010. Bubalinocultura no Brasil e no mundo. Perspectivas frente ao agronegócio.
- Berry, D. P., Crowley. J. J. 2012. Residual intake and gain: A new measure of efficiency in growing cattle. *Journal of Animal Science*. 90, 109-115.
- Bourgon, S. L., Amorim, M. D., Miller, S. P., Montanholi, Y. R. 2017. Associations of blood parameters with age, feed efficiency and sampling routine in young beef bulls. *Livestock Science*, 195, 27-37.
- Buarque, V. L. M. 2018. *Relação entre diferentes índices de eficiência alimentar e características de desempenho, carcaça e termografia em bovinos Nelore confinados* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Castilhos, A. M. D., Branco, R. H., Razook, A. G., Bonilha, S. F. M., Mercadante, M. E. Z., Figueiredo, L. A. D. 2011. Test post-weaning duration for performance, feed intake and feed efficiency in Nelore cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(2), 301-307.
- Chilliard, Y., Delavaud, C., Bonnet, M. 2005. Leptin expression in ruminants: nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. *Domestic animal endocrinology*, 29(1), 3-22.
- Cunha, A. R., Martins, D. 2009. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. *Irriga*, v. 14, n. 1, p. 1-11.
- Damiran, D., Penner, G. B., Larson, K., Lardner, H. B. 2018. Use of residual feed intake as a selection criterion on the performance and relative development costs of replacement beef heifers. *The Professional Animal Scientist*, 34(2), 156-166.

- Delavaud, C., Bocquier, F., Chilliard, Y., Keisler, D. H., Gertler, A., Kann, G. 2000. Plasma leptin determination in ruminants: effect of nutritional status and body fatness on plasma leptin concentration assessed by a specific RIA in sheep. *Journal of Endocrinology*, 165(2), 519-526.
- Di Palo, R., Campanile, G., Prandi, A., Baruselli, P. S., Vecchio, D., Carvalho, N. A. T., Zicarelli, L. 2005. Plasma leptin levels in Murrah buffalo heifers fed diet with two different energy levels. *Italian Journal of Animal Science*, 4(sup2), 301-303.
- FAO. Agricultural production: live animals. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Accessed in: 10 apr. 2021.
- Favero, R., Gomes, R. D. C., Menezes, G. D. O. 2015. Implicações da seleção pelo consumo e ganho residual no desempenho e características de carcaça de bovinos da raça Brahman. In *Embrapa Gado de Corte-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: BEEFEXPO. 2015., Foz do Iguaçu, Brasil. Anais...[sl: sn]., p. 39-45.
- Foote, A. P., Hales, K. E., Kuehn, L. A., Keisler, D. H., King, D. A., Shackelford, S. D., Freetly, H. C. 2015. Relationship of leptin concentrations with feed intake, growth, and efficiency in finishing beef steers. *Journal of Animal Science*, 93(9), 4401-4407.
- Foote, A. P., Tait Jr, R. G., Keisler, D. H., Hales, K. E., Freetly, H. C. 2016. Leptin concentrations in finishing beef steers and heifers and their association with dry matter intake, average daily gain, feed efficiency, and body composition. *Domestic animal endocrinology*, 55, 136-141.
- Freetly, H. C., Kuehn, L. A., Thallman, R. M., Snelling, W. M. 2020. Heritability and genetic correlations of feed intake, body weight gain, residual gain, and residual feed intake of beef cattle as heifers and cows. *Journal of Animal Science*, 98(1).
- Hegde, N. G. 2019. Buffalo Husbandry for Sustainable Development of Small Farmers in India and other Developing Countries. *Asian Journal of Research in Animal and Veterinary Sciences*, 1-20.
- Kaneko, J. J., Harvey, J. W., Bruss, M. L. 2008. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 8. ed. Academic press.
- Karisa, B. K., Thomson, J., Wang, Z., Li, C., Montanholi, Y. R., Miller, S. P., Plastow, G. S. 2014. Plasma metabolites associated with residual feed intake and other productivity performance traits in beef cattle. *Livestock Science*, 165, 200-211.
- Kelly, A. K., McGee, M., Crews Jr, D. H., Fahey, A. G., Wylie, A. R., Kenny, D. A. 2010. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. *Journal of animal science*, 88(1), 109-123.
- Kelly, A. K., McGee, M., Crews Jr, D. H., Lynch, C. O., Wylie, A. R., Evans, R. D., Kenny, D. A. 2011. Relationship between body measurements, metabolic hormones, metabolites and residual feed intake in performancetested pedigree beef bulls. *Livestock Science*, 135(1), 8-16.
- Koch, R. M., Swiger, L. A., Chambers, D., Gregory, K. E. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. *Journal of animal science*, 22(2), 486-494.

- Madan, J., Singh, V., Sindhu, S., Kumar, R. 2019. Residual feed intake and its association with blood biochemical parameters and metabolic hormones in buffalo calves.
- Montanholi, Y. R., Haas, L. S., Swanson, K. C., Coomber, B. L., Yamashiro, S., Miller, S. P. 2017. Liver morphometrics and metabolic blood profile across divergent phenotypes for feed efficiency in the bovine. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 59(1), 24.
- Nelson, D. L., Cox, M. M. 2014. *Princípios de Bioquímica de Lehninger-6*. Artmed Editora.
- Richardson, E. C., Herd, R. M., Archer, J. A., Arthur, P. F. 2004. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(5), 441-452.
- Santana, M. H. A., Gomes, R. C., Ferraz, J. B. S., Junior, P. R. 2014. Medidas de eficiência alimentar para avaliação de bovinos de corte. *Scientia Agraria Paranaensis*, 13(2), 95-107.
- Sharma, V. K., Kundu, S. S., Prusty, S., Datt, C., Kumar, M. 2016. Nutrient utilisation, growth performance and blood metabolites in Murrah buffalo calves (*Bubalus bubalis*) divergently selected for residual feed intake. *Archives of animal nutrition*, 70(6), 455-469.
- Sikka, P., Nath, A., Paul, S. S., Andonissamy, J., Mishra, D. C., Rao, A. R., Balhara, S. 2020. Inferring Relationship of Blood Metabolic Changes and Average Daily Gain With Feed Conversion Efficiency in Murrah Heifers: Machine Learning Approach. *Frontiers in Veterinary Science*, 7.
- Tajik, J., Nazifi, S., Badiei, K., Gholaminejad, M. R., Naghib, S. M. 2011. Correlations of serum leptin with lipids, lipoproteins, and thyroid hormones in Water Buffalo (*Bubalus bubalis*). *Comparative Clinical Pathology*, 21(5), 1013-1017.
- Tartaglia, L. A., Dembski, M., Weng, X., Deng, N., Culpepper, J., Devos, R., ... & Muir, C. 1995. Identification and expression cloning of a leptin receptor, OB-R. *Cell*, 83(7), 1263-1271.
- Thrall, M. A., Weiser, G., Allison, R. W., Campbell, T. W. 2007. *Hematologia e bioquímica clínica veterinária*. 2 ed. Editora Roca.
- Vieira, J. N., Teixeira, C. S., Kuabara, M. Y., Oliveira, D. A. A. 2011. Bubalinocultura no Brasil-Short communication. *PUBVET*, 5, Art-999.

### **CAPÍTULO III**

## IMPLICAÇÕES

1 Os bubalinos possuem inúmeras particularidades características da espécie sob diversos  
2 aspectos, incluindo o comportamento, nutrição e metabolismo. Entretanto, ainda são  
3 frequentemente comparados com bovinos e outros ruminantes. Dessa forma, a utilização de  
4 informações de outras espécies, como tabelas de exigências nutricionais de bovinos (NRC) para  
5 bubalinos ainda é uma prática comum. Intervalos de referência de bovinos também são  
6 consultados devido à falta de perfil bioquímico e hematológico estabelecido especificamente  
7 para búfalos.

8 Todos esses fatores contribuem para que atualmente persista uma enorme escassez de  
9 estudos relacionados a essa espécie, apesar de apresentar bons índices zootécnicos e poder de  
10 adaptabilidade nos mais diversos sistemas de produção. Atualmente, há pouca literatura  
11 disponível a ser consultada, o que dificultou a compreensão e comparação dos resultados  
12 encontrados no presente trabalho.

13 O sistema de cochos eletrônicos utilizado neste experimento mostrou-se um exemplo de  
14 instalação que não foi projetada para a espécie bubalina, mas precisou ser ajustado na falta de  
15 equipamentos mais adequados e, apesar, de serem animais extremamente dóceis e curiosos, foi  
16 preciso um grande esforço de toda a equipe para que se adaptassem aos equipamentos.

17 Os búfalos são animais de temperamento calmo e extremamente fáceis de manejar,  
18 porém, mostra-se necessário a intensificação de pesquisas na área de bubalinocultura para que  
19 seja possível melhor entender os processos metabólicos e fisiológicos da espécie e melhorar  
20 índices produtivos ideais, sem deixar de respeitar suas necessidades e garantindo o bem estar.