

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

DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE E MORFOLOGIA RUMINAL DE BUBALINOS DE
TRÊS GRUPOS GENÉTICOS TERMINADOS EM CONFINAMENTO

AMANNA GONZAGA JACAÚNA

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

Botucatu, SP
Outubro de 2020

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

DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE E MORFOLOGIA RUMINAL DE BUBALINOS DE
TRÊS GRUPOS GENÉTICOS TERMINADOS EM CONFINAMENTO

AMANNA GONZAGA JACAÚNA

Orientador: Prof. Dr. André Mendes Jorge

Coorientadores: Dra Caroline de Lima Francisco

Dr. André Michel de Castilhos

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

Botucatu, SP
Outubro de 2020

J12d

Jacaúna, Amanna Gonzaga

Desempenho, digestibilidade e morfologia ruminal de bubalinos de
três grupos genéticos terminados em confinamento / Amanna Gonzaga
Jacaúna. -- Botucatu, 2020

59 f. : tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu

Orientador: André Mendes Jorge

Coorientador: André Michel de Castilhos Caroline de Lima
Francisco

1. Búfalo. 2. Desempenho. 3. Confinamento. 4. Papila ruminal. 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

AMANNA GONZAGA JACAÚNA, filha de Ezildomar Tavares Jacaúna e Maria do Socorro Gonzaga Jacaúna, nasceu em Parintins, Amazonas, no dia 08 de outubro de 1991. Em julho de 2008, iniciou no Curso de Graduação em Zootecnia, na Universidade Federal do Amazonas - UFAM, campus Parintins, onde foi bolsista de Iniciação Científica, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas, graduando-se em fevereiro de 2014. Em julho de 2014, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, a nível de Mestrado, sob orientação do Prof. Dr. Leonardo de Oliveira Seno e coorientação do Prof. Dr. Rafael Henrique Tonissi e Buschinelli de Góes, onde foi bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e conquistou em julho de 2016 o título de Mestre em Zootecnia na área de Produção Animal. Em abril de 2017 ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Botucatu-SP, sob orientação do Prof. Dr. André Mendes Jorge e coorientação da Dra. Caroline de Lima Francisco e Dr. André Michel de Castilhos. Durante o curso de doutorado foi bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), participando do Projeto Temático (processo 2014/05473-7) intitulado: Exigência nutricional, comportamento alimentar, temperamento animal, eficiência alimentar, parâmetros metabólicos, qualidade da carcaça e da carne de bubalinos em condições tropicais, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP.

À Deus,
Ao meu porto seguro:
meus pais e minha irmã,
Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por não deixar me faltar fé, força e determinação para vencer os desafios da vida sempre com descontração e um sorriso no rosto.

À minha família: meu pai pela confiança; minha mãe por me fazer acreditar que eu posso sempre ir mais além, por ser meu refúgio diário, minha melhor companhia; minha irmã (Bay) por me fazer reconhecer o momento de frear, refletir e seguir, pelos conselhos e toda ajuda a cada passo; meu cunhado (Ader) por ser quase um irmão e compartilhar todos esses momentos com a gente; e Zayra, minha pequena, por ter entrado na minha vida e enchido de amor quando nem mesmo eu sabia que precisaria muito.

Ao professor Dr. André Mendes Jorge pela oportunidade, apoio e orientação e compartilhar de diversos aprendizados pessoais e profissionais.

À Dra. Caroline de Lima Francisco e ao Dr. André Michel de Castilhos pelos ensinamentos e ajuda constante no desenvolvimento do projeto desde o papel à prática.

Aos queridos Arivaldo Inácio Primo Júnior (Dinho/Xuxu), Wilson Bueno de Oliveira (Lipe/Neguin) e Amarildo dos Santos Vieira (Liu/Amarildo) por toda troca de conhecimento no campo, toda conversa divertida e amizade.

Aos meus parceiros no Grupo de Pesquisa (CPTB), Daiane Marques, Aline Aranha, Felipe Barros, Tânia de Paula e aos demais, não menos importantes, que fizeram toda diferença durante esses anos de pesquisa.

Ao Professor Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles pelos ensinamentos, apoio e ajuda nos momentos de preparação de análises e de desespero, uma pessoa maravilhosa.

Aos professores Dra. Lúcia Maria Zeoula e Dr. Henrique Leal Perez, da Universidade Estadual de Maringá (UEM), pela generosidade em ceder animais e suas instalações para realização de parte do meu experimento, além da excelente hospitalidade. Ao professor Dr. Hilário Mantovani e toda a sua equipe da Universidade Federal de Viçosa pela ajuda com minhas análises e toda troca de conhecimento.

Aos meus amigos Bruno Lala, Gustavo Henrique, Kevin, Caio César, Junior de Carli, Anderson Santos, Filipe Guedes, por todas as histórias vividas, encontros culinários, churrascos, ovos, quero levar todos sempre na minha vida, vocês tornaram meus dias mais iluminados.

A todos que acreditaram em mim e me ajudaram dentro e fora da universidade.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, assim como da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Projeto Temático # 2014/05473-7).

*“No person has the right to rain
on your dreams”.*

Martin Luther King Jr.

RESUMO GERAL

Búfalos são animais que apresentam alta adaptabilidade em diversos sistemas de produção por suas habilidades no aproveitamento dos nutrientes dos alimentos. As poucas pesquisas envolvendo o conhecimento do metabolismo juntamente com as alterações morfológicas da mucosa ruminal de bubalinos em confinamento são escassas e é necessário estudos mais específicos para elucidar essas lacunas. Com isso, este estudo avaliou o desempenho, digestibilidade e morfologia ruminal de três grupos de bubalinos terminados em confinamento. Foram utilizados 78 bubalinos (*Bubalus bubalis bubalis*) machos não castrados de diferentes grupos genéticos (GG) (GG: Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah; n= 26 animais de cada GG; Peso corporal inicial: $378,57 \pm 42,76$ kg). A dieta foi fornecida *ad libitum* por meio de cochos eletrônicos para determinação individual do consumo de matéria seca (CMS). O período de eficiência constou de 84 dias, sendo que nos últimos 13 dias foi realizada a avaliação da digestibilidade em que 10 dias foram destinados para coleta de dados para cálculo do CMS e 3 dias para coleta de fezes. As amostras do epitélio ruminal foram coletadas após o abate para análises morfológicas e histológicas das papilas ruminais. Houve diferença estatística para as variáveis de desempenho entre os GG ($P < 0,01$). Jafarabadi e Mediterrâneo apresentaram desempenho superior em confinamento em comparação com Murrah ($P < 0,01$) para ganho médio diário (1,57, 1,60 e 1,29 kg/dia, para Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah, respectivamente) e CMS (10,72, 10,17 e 9,03 kg/dia, para Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah, respectivamente). Porém, entre os GG, o Mediterrâneo apresentou melhor eficiência alimentar (EA) e conversão alimentar (CA) (0,16 e 6,36, respectivamente; $P < 0,01$). Houve diferença estatística para o epitélio das papilas ruminais, em que o GG Murrah obteve maior valor que os outros GG (49,14, 48,99 e 55,46 μm , para Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah, respectivamente). Foi verificada tendência para a largura das papilas ($P = 0,09$) e número médio de papilas por cm^2 (NMP). Em conclusão, os GG de bubalinos possuem diferenças no desempenho, assim como nas características das papilas que indicam capacidade metabólica e absorptiva, sendo melhor para o GG Mediterrâneo e similar para os GG Murrah e Jafarabadi, em sistema de confinamento. No entanto, essas diferenças não afetam a digestibilidade.

Palavras-chave: búfalos, desempenho, confinamento, papila ruminal.

ABSTRACT

Buffaloes are animals that have high adaptability in several production systems due to their skills in using nutrients from food. Little research involving knowledge of metabolism together with morphological changes in the feedlot buffalo's ruminal mucosa is scarce and more specific studies are needed to clarify these gaps. This study evaluated the performance, digestibility and ruminal morphology of three groups of buffaloes finished in feedlot. 78 male buffaloes (*Bubalus bubalis bubalis*) from different genetic groups (GG) (GG: Jafarabadi, Mediterranean and Murrah; n = 26 animals from each GG; initial body weight: 378.57 ± 42.76 kg) were used. The diet was provided *ad libitum* by means of electronic troughs for individual determination of the dry matter intake (DMI). The efficiency period consisted of 84 days, and in the last 13 days the digestibility assessment was carried out, in which 10 days were used to collect data to calculate the DMI and 3 days to collect feces. Samples of the ruminal epithelium were collected after slaughter for morphological and histological analysis of the ruminal papillae. There was a statistical difference for the performance variables between the GG ($P < 0.01$). Jafarabadi and Mediterranean showed superior performance in feedlot compared to Murrah ($P < 0.01$) for average daily gain (1.57, 1.60 and 1.29 kg / day, for Jafarabadi, Mediterranean and Murrah, respectively) and DMI (10.72, 10.17 and 9.03 kg / day, for Jafarabadi, Mediterranean and Murrah, respectively). However, among the GGs, the Mediterranean showed better feed efficiency (FE) and feed conversion (FC) (0.16 and 6.36, respectively; $P < 0.01$). There was a statistical difference for the epithelium of the ruminal papillae, in which the GG Murrah obtained a higher value than the other GGs (49.14, 48.99 and 55.46 μm , for Jafarabadi, Mediterranean and Murrah, respectively). A trend was observed for the width of the papillae ($P = 0.09$) and the average number of papillae per cm^2 (ANP). In conclusion, the buffaloes' GG have differences in performance, as well as in the characteristics of the papillae that indicate metabolic and absorptive capacity, being better for the Mediterranean GG and similar for the GG Murrah and Jafarabadi, in a feedlot system. However, these differences do not affect digestibility.

Keywords: buffaloes, performance, feedlot, ruminal papillae.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2

Figura 1. Incubação <i>in situ</i> para quantificação dos teores de FDNi.....	57
Figura 2. Corte e destaque de papilas para análises morfológicas.....	58
Figura 3. Cortes histológicos das papilas com marcações dos locais onde foram realizadas as medições de: espessura do epitélio (A), largura (B), altura (C).....	58
Figura 4. Papilas apresentando processos de degradação: desprendimento da queratina do epitélio (A), vacúolos (B), desproporção entre as camadas (C).....	58

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes e características nutricionais da dieta.....	55
Tabela 2. Médias das variáveis de consumo, desempenho e eficiência alimentar dos três grupos genéticos de bubalinos terminados em confinamento.....	56
Tabela 3. Médias das variáveis morfológicas e histológicas das papilas ruminais de três grupos genéticos de bubalinos terminados em confinamento.....	56
Tabela 4. Coeficientes de correlação parcial de Pearson referentes a digestibilidade da matéria seca e as variáveis histológicas e morfológicas da papila ruminal de três grupos genéticos de bubalinos terminados em confinamento.....	57
Tabela 5. Avaliações histológicas expressas em porcentagem de ocorrência avaliadas na porção cranial do rúmen de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

µm	Micrômetro
ABCB	Associação Brasileira dos Criadores de Búfalo
AGCC	Ácidos Graxos Cadeia Curta
AMP	Área média das papilas
CEUA	Comitê de ética em uso animal
CMS	Consumo de matéria seca
Cr ₂ O ₃	Óxido de cromo
EB	Energia Bruta
ECQ	Espessura da camada de queratina no epitélio ruminal
EE	Extrato Etéreo
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
FDNi	Fibra em detergente neutro indigestível
g	Grama
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
IMS	Ingestão de Matéria Seca
l	Litro
Mg	Miligrama
min	Minutos
ml	Mililitros
MM	Matéria Mineral
mmol	Milimol
MO	Matéria Orgânica
MS	Matéria Seca
N-NH ₃	Nitrogênio Amoniacal
NDT	Nutrientes digestíveis totais
NH ₄ Cl	Cloreto de amônio
nm	Nanômetro
NMP	nº médio de papilas por cm ² de parede
PB	Proteína Bruta
RPSA	Representatividade da participação das papilas ruminais na área total de superfície absorviva

SÚMARIO

CAPÍTULO 1.....	14
Considerações iniciais.....	15
1. Revisão de literatura.....	17
1.1. A Bubalinocultura no Brasil.....	17
1.2. Grupos Genético.....	18
1.2.1. Murrah.....	18
1.2.2. Mediterrâneo.....	18
1.2.3. Jafarabadi.....	19
1.3. Desempenho animal.....	20
1.4. Digestibilidade	21
1.5. Papilas Ruminais.....	25
Referências.....	28
CAPÍTULO 2 – “Desempenho, digestibilidade e morfologia ruminal de três grupos genéticos de bubalinos terminados em confinamento”	36
Resumo.....	37
Abstract.....	38
1. Introdução.....	39
2. Material e Métodos.....	40
2.1. Local	40
2.2. Delineamento Experimental.....	40
2.3. Dieta	41
2.4. Desempenho animal.....	42
2.5. Ensaio de digestibilidade.....	43
2.6. Morfologia das papilas ruminais.....	44
2.7. Histologia das papilas ruminais.....	45
2.8. Análise estatística.....	46
3. Resultados.....	47
4. Discussão.....	48
5. Conclusão.....	51
Literatura citada.....	52
IMPLICAÇÕES.....	59

CAPÍTULO 1

Considerações Iniciais

Os búfalos domésticos são animais originários do continente asiático e pertencem à mesma família dos bovinos (família *Bovidae*, subfamília *Bovinae*, espécie *Bubalus bubalis*), e apresentam características de destaque como alta adaptabilidade e capacidade de sobreviver em diversos ambientes com grandes variações de clima, relevo e vegetação (SANTOS, 2016).

O agronegócio tem uma importante participação na formação do produto interno bruto do país e a pecuária de corte é um dos seus setores mais importantes na economia nacional (JORGE et al., 2005). Aliado a este fato, está a demanda crescente por alimento, ocasionada pelo crescimento populacional ascendente (FRANCISCO, 2020), que pressiona os produtores ao aumento da produtividade em áreas reduzidas de forma a ampliar a oferta de alimentos sem prejudicar o meio ambiente, e garantir a sustentabilidade na produção (SAATH; FACHINELLO, 2018).

A criação de búfalos pode ser considerada uma atividade economicamente promissora por estes animais apresentarem excelentes índices zootécnicos em regiões que outros ruminantes não conseguem (JORGE et al., 2005), tornando-se assim uma ótima opção para os pecuaristas que almejam o aumento eficaz de suas produções (JORGE et al. 2001).

No Brasil são reconhecidos quatro Grupos Genéticos (GG) pela Associação Brasileira dos Criadores de Búfalo (ABCB): Murrah, Mediterrâneo, Jafarabadi e Carabao, sendo as três primeiras classificadas como búfalos de rio (50 cromossomos) e a última como búfalo de pântano (48 cromossomos) (ABCB, 2020). Estes animais estão distribuídos em todas as regiões do país, sendo a estimativa da população, até o ano de 2018, superior a 1,39 milhões de cabeças, destacando o Brasil como maior produtor das Américas (IBGE, 2020).

Os búfalos são considerados animais de dupla aptidão podendo ser selecionados eficientemente para produção de carne ou leite. Os GG mais populosos no país são Murrah e Mediterrâneo, utilizados principalmente para o mercado de laticínios e no desenvolvimento de pesquisas nutricionais, produtivas e de metabolismo ruminal (LIMA, 2020; PANTOJA, 2019; ZEOULA, 2011); já para o GG Jafarabadi há poucas pesquisas que comparem a eficiência produtiva desses animais relacionados aos demais GG quando considerados em um mesmo sistema de produção (SILVA, 2017; ARANHA, 2019).

Os GG possuem características intrínsecas desde sua origem relacionada ao tamanho corporal, aptidão, comportamento (ABCB, 2020). A partir disso, supõe-se que índices produtivos como desempenho, consumo, digestibilidade, eficiência alimentar, entre outros, podem diferir entre os GG. Com isso, é necessário o conhecimento particular de cada GG para

identificação de seus potenciais produtivos o que ajudará na tomada de decisão do produtor quanto ao sistema, produção e GG que melhor atenda o seu objetivo dentro da cadeia bubalina.

A eficácia do sistema produtivo está relacionada ao desempenho animal, entre outros fatores. Para que o desempenho animal seja favorável, deve-se ter conhecimento das características da espécie, como seu crescimento, desenvolvimento e maturidade, as quais fornecerão subsídios para a elaboração de dietas específicas que atendam às exigências nutricionais para cada categoria trabalhada dentro dos diversos sistemas produtivos. A capacidade de utilização de nutrientes da dieta, seja em maior ou menor escala, é obtida a partir da digestibilidade do alimento que envolve a cinética e taxa de passagem do substrato pelo sistema digestivo do animal (SILVA, 2011).

Além disso, o conhecimento do metabolismo e do comportamento das estruturas do trato gastrointestinal é de extrema importância para elucidar seu funcionamento frente a diferentes dietas.

Os búfalos são ruminantes que possuem como principal característica o estômago compartimentado em quatro porções: rúmen, retículo, omaso e abomaso, em que o rúmen e o retículo estão intimamente relacionados tendo em conta a estrutura e função e por essa razão são denominados como compartimento rumino reticular (KONIG et al., 2009).

No compartimento rumino reticular ocorre a fermentação contínua do alimento, proporcionando ambiente ideal ao desenvolvimento de enorme variedade de bactérias anaeróbicas, protozoários e fungos, considerado um compartimento dinâmico (FERNANDO et al., 2010; KLEIN, 2013). Este ecossistema microbiano tem a função importante de realizar a digestão dos substratos ingeridos e geração de energia para o animal hospedeiro.

Além dos microrganismos a importância do conhecimento da mucosa ruminal e suas estruturas estão interligados ao entendimento da capacidade dos animais em absorver os nutrientes oriundos da fermentação ruminal. Nesse contexto, o epitélio e as papilas possuem papéis fundamentais na dinâmica ruminal.

O epitélio ruminal é estratificado, não glandular e organizado em quatro camadas bem definidas: estrato basal, espinhoso, granuloso e córneo (LAVKER et al., 1969). A parede ruminal é formada pelas túnicas serosas, muscular, submucosa e mucosa, dispostas nessa ordem em direção ao lúmen do órgão (CASTRO, 2013; MOLINARI, 2017). As inúmeras projeções macroscópicas da mucosa presentes na superfície interna do rúmen de um animal adulto são denominadas papilas ruminais (BANKS, 1992; CASTRO, 2013).

As papilas ruminais são responsáveis pela absorção dos produtos oriundos da fermentação ruminal promovendo assim a atividade metabólica do animal (GALFI et al., 1988).

O desenvolvimento das papilas ruminais e consequentemente a superfície de absorção ruminal estão correlacionados com o tipo de dieta ingerida pelos animais. Pesquisas que avaliam a mucosa ruminal de bubalinos de diferentes GG sob as mesmas condições de dieta e ambiente, são escassas (CORREA, 2017; LIMA, 2020).

Portanto, considerando o que foi exposto, torna-se evidente a relação entre o desempenho, digestibilidade e a morfologia ruminal em animais de produção para corte, bem como demonstra a necessidade de estudos nessa área que elucidem como essa relação se apresenta nos bubalinos destinados a produção de carne. Assim, buscou-se com o presente estudo avaliar o desempenho, digestibilidade e a morfologia ruminal de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento.

1. Revisão de Literatura

1.1. A Bubalinocultura no Brasil

De origem Asiática, os búfalos são animais que possuem características como alta adaptabilidade e capacidade de sobreviver em ambientes com grandes variações de clima, relevo e vegetação. São encontrados praticamente em todos os continentes, particularmente na Ásia, África, Europa e América do Sul (BERNARDES, 2011).

Os primeiros búfalos que chegaram ao Brasil vieram da Europa, Caribe e Ásia no final do século XIX, e foram introduzidos inicialmente na região Norte, na Ilha de Marajó – PA; logo após, se expandiram por toda a região e outras regiões do país. Inicialmente, esses animais foram trazidos apenas por curiosidade, sem nenhum interesse econômico e comercial (BERNARDES, 1997; LOURENÇO JÚNIOR; GARCIA, 2008).

No início da década de 1980, verificou-se o potencial econômico de se trabalhar com os rebanhos bubalinos a partir de criadores visionários que passaram a avaliar e quantificar as características zootécnicas destes animais. Inicialmente os animais foram criados para produção de carne, e somente a partir da década de 1990 reconheceu-se sua habilidade para produção leiteira (ANDRIGHETTO, 2005).

A população de búfalos é encontrada em todas as regiões do Brasil, concentrando-se principalmente no Norte do País (66,3%), e o restante do efetivo distribuído entre as Regiões Sudeste (12,4%), Nordeste (9,5%), Sul (7,5%) e Centro-Oeste (4,3%). A Região Norte foi a que registrou o maior crescimento do efetivo de bubalinos, com 1,37 milhões de cabeças em 2015, representando um aumento de 3,5% em relação ao ano anterior, seguida pelas Regiões Sudeste e Nordeste. O estado do Pará detém 38,2% de todo o efetivo do país, juntamente com

o Amapá, alcançam 89,2% do rebanho da Região Norte e 59,1% do rebanho nacional (IBGE, 2020).

A demanda por alimentos vem crescendo juntamente com o crescimento populacional e para atender ao mercado consumidor, seja interno ou externo, e assegurar a competitividade no mercado da carne vermelha, com sustentabilidade e qualidade, é necessário conhecimento da espécie trabalhada, suas particularidades e potenciais, para garantir eficiência da cadeia produtiva.

1.2. Grupos Genéticos

No Brasil são encontradas e reconhecidas, pela Associação Brasileira de Criadores de Búfalos (ABCB), quatro grupos genéticos (GG): Mediterrâneo, Murrah, Jafarabadi e Carabao. São classificados ainda como búfalos de rio (Murrah, Mediterrâneo e Jafarabadi) e búfalo de pântano (Carabao), diferenciando-se principalmente pelo número de cromossomos: 50 e 48, respectivamente (ABCB, 2020).

1.2.1. Murrah

Originário da Índia, mais precisamente do Estado de Punjab e da cidade de Delhi. Seu nome significa espiral, no qual refere-se a forma de seus cornos. É considerado o grupo genético mais amplamente distribuído nos trópicos (ZAVA, 2011).

O GG possui pelagem preta, fronte com pequena convexidade, cabeça leve e chifres curtos, espiralados, enrodilhando-se em anéis na altura do crânio. São animais profundos e de boa produtividade.

Os machos adultos deste GG chegam a pesar em média de 750 kg e as fêmeas 550 kg (ANDRADE et al., 2005). Possuem o menor frame size comparado aos outros GG, considerado assim um animal mais precoce. Pesquisas relatam melhor desempenho desse GG quando alimentados com dietas ricas em concentrado com médias de ganho de peso diário de 1,34 kg (MELO, 2017; SILVA, 2017).

Animais selecionados para produção leiteira possuem uma variação de 1.500 a 4.000 kg de leite produzido em 300 dias de lactação (ROSA et al., 2007).

1.2.2. Mediterrâneo

Originários da Índia, estes animais foram introduzidos na Europa pela ocupação árabe. Atualmente a Itália se destaca na criação deste GG destinados para a produção da famosa Mozzarella. No Brasil, foram os primeiros búfalos a serem introduzidos, em 1985, provenientes da Itália por meio do criador Vicent Chermont de Miranda e, desde então, houve importações de lotes de bubalinos para todas as regiões brasileiras (LOURENÇO JUNIOR et al., 2008).

Fenotipicamente, são animais de porte médio, com chifres longos, fortes e grossos, dirigidos para trás, para fora e para o alto terminando em forma semicircular ou de lira. Possuem pelagem preta, admitindo-se pequenas manchas na cabeça e corpo, cauda com vassoura clara. Possuem corpo robusto, peito profundo e traseira curta (ABCB, 2020).

Apesar de serem selecionados principalmente para produção de leite, devido ao seu porte maior também podem ser explorados para produção de carne, considerados assim animais de dupla aptidão. No Brasil é o segundo grupo genético mais numeroso possuindo linhagens leiteiras e de corte (ABCB, 2020).

Animais leiteiros podem produzir em média 2.000 kg de leite em 270 dias de lactação (ROSA et al., 2007).

O peso médio corporal varia de 700 a 800 kg nos machos, 550 kg nas fêmeas e geralmente são animais compactos (ZAVA, 2011). Possuem um frame size mediano e, assim como no GG Murrah, os animais que compõem este GG também podem ser considerados precoces, com médias de ganho de peso diário de 1,41 kg quando alimentados com dietas ricas em energia (SILVA, 2017), o que demonstra seu potencial para ser criado em sistemas mais intensivos.

1.2.3. Jafarabadi

Localizada na província de Gujarat, na Índia, a cidade de Jafarabadi deu origem ao nome desse GG. Algumas características fortes do GG é seu grande porte e aptidão para produção de carne. Na Índia são encontrados nas florestas de Gir de Kathiawad e estão concentrados principalmente em Kutch e distritos de Jamnagar no estado de Gujarat (ZAVA, 2011).

Algumas características fenotípicas inerentes a este GG são sua cor preta, podem possuir manchas brancas, corpo mais longo que o GG Murrah, pescoço e cabeça maciços. Seus cornos são pesados e longos e tendem a ir para baixo e para os lados do pescoço; possui cabeça com perfil ultra convexo e barbela bem desenvolvida. É o grupo genético de maior porte e desenvolvimento tardio, possuindo frente proeminente, enorme capacidade torácica, profundidade, porém, dificuldade em recuperar peso depois de sofrerem restrição alimentar.

Apresentam ainda uma subdivisão no GG em variedades Gir, de menor porte e a variedade Palitana, de porte maior e cabeça mais pesada (ABCB, 2020). Além do seu potencial para produção de carne, estes animais também possuem boas características leiteiras, podendo produzir de 1.800 a 2.700 kg de leite em 300 dias de lactação.

O peso médio dos animais adultos varia de 900 para as fêmeas e 1500 kg para os machos (ZAVA, 2011). Por serem animais maiores, possuem um grande frame size, comparado aos

outros GG, os animais do GG Jafarabadi são considerados mais tardios, com um ganho médio diário de 1,72 kg (SILVA, 2017).

Nos últimos anos, os GG mais estudados foram o Murrah e o Mediterrâneo (LIMA, 2020; PANTOJA, 2019; ZEOULA, 2011) pela maior concentração destes no Brasil, o que possibilitou desenvolver pesquisas envolvendo avaliações nutricionais sob diferentes dietas, produtividade e metabolismo ruminal. O GG Jafarabadi possui características que podem destacá-lo no setor de Corte, porém, há poucos estudos que evidenciem seu potencial comparado aos outros GG (SILVA, 2017; ARANHA, 2019). Com isso, faz-se importante o estudo destes três principais GG encontrados no Brasil, sob as mesmas condições de dieta e ambiente para compreender melhor sobre a adaptabilidade e desempenho de cada GG.

1.3. Desempenho animal

O desempenho animal está intimamente ligado ao consumo de alimentos e é um parâmetro fundamental na formulação de dietas para confinamento a fim de atender as exigências nutricionais, predizer o ganho de peso diário e estimar a lucratividade da produção (NRC, 1996). Alguns fatores afetam o consumo voluntário e podem estar relacionados ao alimento, como a umidade, processamento, conservação, composição, presença de substâncias tóxicas, e a palatabilidade; ao animal como estado fisiológico, genética e idade; e, ao ambiente, como a temperatura, deficiência de água, e frequência de arração, com efeito negativo e positivo, respectivamente (LANA, 2007).

O consumo alimentar possui variações que estão associadas à alteração nas exigências energéticas de manutenção dos ruminantes (SILVA, 2017). Além disso, o consumo está conectado ao aumento da quantidade de energia demandada pelos tecidos dos órgãos digestivos (KELLNER, 1909). Para os diferentes GG de bubalinos em confinamento, o consumo alimentar pode variar de 5,65 a 11 kg/dia (JORGE et al., 1997; BOLÍVAR et al., 2014; SILVA, 2017) e é dependente da proporção de concentrado contida na dieta fornecida.

Bubalinos apresentam potenciais satisfatórios para ganho de peso, ganho de carcaça e conversão alimentar, as quais influenciam o peso ao abate (JORGE et al., 1997) e podem ter relação com características do trato gastrointestinal em tamanho e funcionalidade (FREITAS et al., 2000; NAPOLITANO et al., 2013).

O ganho médio diário de bubalinos em sistemas de confinamento difere entre os GG apresentando médias superiores para o GG Jafarabadi de 1,72 kg/dia (SILVA, 2017); seguido do GG Mediterrâneo com uma média de 1,3 kg/dia (MOLETTA, 1994; JORGE et al., 1997; SILVA, 2017); e GG Murrah com média de 1,29 kg/dia (SILVA et al., 1997; SILVA, 2017).

Adicionalmente, a conversão alimentar (CA) é um dado de desempenho que demonstra o quanto o animal é eficiente na conversão do alimento em ganho de peso e pode diferir entre os GG de bubalinos. Estudos relatam CA para os GG Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah de 5,17, 6,75 e 6,93, respectivamente (SILVA et al., 1997; JORGE et al., 1997; SILVA, 2017).

O potencial produtivo dos bubalinos se deve a algumas particularidades da espécie, principalmente no seu ambiente ruminal que possui maior atividade celulolítica e melhor aproveitamento de componentes fibrosos (TEWATIA; BHATIA, 1998); maior número de protozoários ciliados, responsáveis pela fermentação de carboidratos estruturais (FRANZOLIN; FRANZOLIN, 2000) e menor taxa de passagem ruminal permitindo que o alimento permaneça mais tempo sob ação dos microrganismos no rúmen.

O tipo de alimento que os animais ingerem define as características das papilas como quantidade, distribuição e tamanho. Animais alimentados com dietas ricas em concentrados apresentam o número e o tamanho das papilas maiores para facilitar a absorção da grande quantidade de ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação dos carboidratos (CARVALHO et al., 2003; JUNIOR et al., 2016). Em adição, estudo sugere que os búfalos possuem maior taxa e extensão da degradação ruminal por apresentarem maiores concentrações de AGCC e amônia no líquido ruminal comparado a outros ruminantes (FRANZOLIN, 2002).

Além disso, estes animais possuem maior volume corporal, menor movimento, menor gasto energético (NAPOLITANO et al., 2013), caracterizando a espécie como uma excelente opção econômica.

Considerando que animais de um mesmo GG, consumindo a mesma dieta, podem variar quanto à eficácia de utilização dos nutrientes (CUNHA et al., 2008), animais de GG diferentes também podem diferir, pois possuem particularidades quanto ao consumo e digestibilidade, desempenho, desenvolvimento de papilas, entre outros, quando submetidos as mesmas condições (JORGE et al., 1997; SILVA, 2017).

1.4. Digestibilidade

A digestibilidade do alimento está relacionada com a cinética e taxa de passagem do substrato pelo sistema digestivo (SILVA, 2011) caracterizada pela capacidade de permitir que o animal utilize, em maior ou menor escala, seus nutrientes. Esta capacidade é expressa pelo coeficiente de digestibilidade do nutriente, relacionando-se a característica do alimento (COELHO DA SILVA; LEÃO, 1979). A utilização do alimento consumido pelo animal envolve o complexo de processos biológicos e as interações com o ambiente, onde o controle da ingestão é o resultado de vários mecanismos inter-relacionados e integrados (VAN SOEST,

1994; VALADARES, 1997). Este aspecto é fundamental na nutrição, pois estabelece a ingestão e a forma de como os nutrientes serão utilizados pelos animais (VAN SOEST, 1994).

As interações e associações das populações microbianas (bactérias, fungos e protozoários) ditam os produtos da fermentação ruminal (WANAPAT, 2000), demonstrando que há diferença no processo fermentativo dos ruminantes. O fornecimento de dietas ricas em fibras para bubalinos ocasiona maior atividade das bactérias celulolíticas (TEWATIA; BHATIA, 1998). Do mesmo modo, em diversas condições alimentares, foi observado maior população de bactérias na espécie bubalina (FRANZOLIN; ALVES, 2010), o que significa maior aproveitamento da dieta, conferindo vantagem aos bubalinos quando há maior inclusão de fonte volumosa.

A composição química do alimento pode ser influenciada pelas oscilações climáticas e edáficas dos trópicos que causam ampla variação e modificações na estrutura dos vegetais (DETMANN et al., 2008; MACEDO JR et al., 2007), o que ocasiona variação de 13,5 a 78% na digestibilidade da fibra de forragens, processo relacionado com a maturidade da planta (MACEDO JR et al., 2007). Assim, a interação dos alimentos e nutrientes pode influenciar sua digestibilidade e composição química (DETMANN et al., 2008). Além disso, outros fatores como a composição da ração, processamento, nível de consumo, assim como a taxa de passagem e idade do animal também podem influenciar a digestibilidade (LANA, 2007).

Estudo avaliando três dietas com 80 % de volumoso (controle, com ionóforo e com levedura) verificou-se que a digestibilidade da matéria orgânica (MO) e da fibra em detergente ácido (FDA) foram favoráveis aos bubalinos, os quais também obtiveram elevada digestibilidade de proteína bruta (PB), contudo, a digestibilidade do amido para essa espécie foi menos eficiente. (ZEOULA et al., 2014).

Em sistema de confinamento, avaliando a digestibilidade dos três GG (Murrah, Mediterrâneo e Jafarabadi), o GG Mediterrâneo, juntamente com o GG Jafarabadi, apresentaram maiores valores de digestibilidade de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), FDN e NDT (SILVA, 2017).

A proteína bruta também é um dos nutrientes importantes na dieta dos ruminantes e pode ser classificada como proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR). Os microrganismos do rúmen possuem a capacidade de transformar o nitrogênio da dieta em proteína de boa qualidade. A exigência de proteína nos ruminantes é denominada exigência de proteína metabolizável que consiste em aminoácidos absorvidos no intestino delgado. A proteína que chega ao intestino delgado é composta de fração microbiana, da fração dietética não-degradada e da proteína endógena (VALADARES, 1997).

O processo de fermentação das PDR inicia-se a partir da ação das peptidases, proteases e deaminases, que são secretadas pelos microrganismos, para que ocorra a degradação. Por meio da degradação da PDR ocorre a formação de peptídeos, aminoácidos e amônia que serão utilizados para a síntese da proteína microbiana e multiplicação celular. Quando ocorre excesso desses compostos nitrogenados oriundos da degradação ruminal, e no caso dos microrganismos não conseguirem utilizar todos os produtos para a síntese microbiana, a amônia em excesso atravessa a parede ruminal e pode ser perdida através da urina em forma de ureia, já os peptídeos e aminoácidos não aproveitados podem ser absorvidos quando passados para o duodeno dos ruminantes (SANTOS e MENDOÇA, 2011).

O nitrogênio não protéico (NNP), é uma fonte de PDR rapidamente metabolizável e a principal fonte utilizada na nutrição de ruminantes é a ureia, por dois motivos principais: nutricionalmente a ureia pode ser utilizada para adequar a ração em PDR, e economicamente possui baixo custo quando comparada, por exemplo, com a soja, que é a principal fonte de nitrogênio proteico (SANTOS e MENDONÇA, 2011). Esse composto ao alcançar o rúmen com a dieta é rapidamente desdobrado a amônia e CO_2 pela enzima uréase, produzida pelas bactérias.

Fontes de nitrogênio de alta digestibilidade como ureia e óleo de canola, favorecem a maior digestibilidade de MS, PB e amido por estimular o crescimento microbiano e a fermentação ruminal (ZEOULA, 1999). Estudos apresentam resultados positivos com o uso da ureia em substituição do farelo de soja, como fonte de nitrogênio, sobre o metabolismo ruminal em búfalos alimentados com dietas à base de palhadas e concentrado (KANG et al., 2013).

A determinação da digestibilidade a partir do método tradicional de coleta total de fezes requer controle rigoroso da ingestão e excreção dos animais, o que o torna o método trabalhoso e oneroso (BERCHIELLI et al., 2006). Portanto, foram desenvolvidos métodos indiretos com uso de indicadores ou marcadores os quais apresentam certas vantagens sobre o da coleta total de fezes, a exemplo da simplicidade e conveniência de utilização.

O uso de indicadores possui vantagens em relação a metodologia tradicional, por sua simplicidade em gerar informações como a quantidade consumida de alimentos ou nutrientes específicos, a taxa de passagem da digesta por todo trato digestivo e a digestibilidade de todo alimento ou nutriente específico (ZEOULA et al., 2001).

Os indicadores são classificados em dois grupos: 1) os internos, os quais estão presentes naturalmente no alimento: Matéria Seca indigestível (MSi), Fibra em Detergente Neutro indigestível (FDNi) e a Fibra em Detergente Ácido indigestível (FDAi); e 2) os externos, que precisam ser administrados aos animais: Lignina purificada e enriquecida (LIPE[®]), Óxido de Titânio (TiO_2) e Óxido de Cromo (Cr_2O_3) (RODRIGUEZ et al., 2006).

Podem ser utilizadas algumas substâncias como marcadores para monitoramento das atividades da digestão, estimativa do fluxo da digesta, produção fecal dos ruminantes e avaliar o consumo quando a recuperação fecal é conhecida. Contudo, nenhum marcador é exato, e informações confiáveis a respeito da migração e cinética induzida por tratamentos são resultados interessantes, apesar da necessidade de ajustes (OWENS; HANSON, 1992).

O óxido de cromo (Cr_2O_3) é o composto inorgânico mais utilizado como marcador externo em experimentos de digestibilidade e considerado como padrão para tal (ZEOULA et al., 2008; MAEDA et al., 2011). Em relação aos marcadores internos a matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) são freqüentemente utilizados (VAN SOEST, 1994; DETMANN et al., 2007) e possibilitam a estimativa de parâmetros, como a taxa de passagem, de modo não invasivo, apesar do conhecimento restrito a respeito do seu comportamento dentro do trato gastrointestinal.

As frações químicas MSi, FDNi e FDAi, podem ser utilizados tanto para estimativa da produção fecal, como na obtenção de estimativas dos coeficientes de digestibilidade e ingestão de alimentos em ensaios com ruminantes (CASALI, 2006).

A fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) tem sido bastante utilizada nos sistemas atuais de avaliação de alimentos para ruminantes sendo uma das medidas químicas e de digestibilidade mais importante para determinação de energia líquida (KRÄMER et al., 2012). É representada pela fração fibrosa insolúvel indigestível dos alimentos, e vem sendo utilizada como indicador interno, avaliada a partir de procedimentos de incubação ruminal *in situ* ou *in vitro*, em tempos superiores a 120 horas (DETMANN et al., 2004). A FDNi é a porção que não será digerida e assim como a porção potencialmente degradável, não pode ser alterada não importa o tempo de exposição a ação enzimática, pois após atingi-la, ela será constante (DETMANN et al., 2008).

Alguns trabalhos com a espécie bubalina utilizando o FDNi para prever a digestibilidade foram desenvolvidos nos últimos anos (MAEDA et al., 2011; SILVA, 2017) demonstrando o uso adequado deste parâmetro de análise. Estudos avaliando a importância do tamanho da partícula (1, 2 e 4 mm) para analisar a digestibilidade da MS, PB, FDN, FDA constataram que a granulometria grosseira (4 mm) prejudicou as características da análise e os tamanhos 1 e 2 mm proporcionaram melhores resultados, em que o 1 mm obteve melhor condição de digestibilidade da MS, FDN e FDA e conveniência de utilização (FRANZOLIN NETO et al., 2014).

Em outro estudo avaliando o uso de FDNi, em dois períodos de incubação *in vitro* (3 e 6 dias) e amostras moídas a 2 mm, para estimar a digestibilidade da MS, PB, EE, FDN e energia bruta (EB) em comparação com coleta total de fezes em bovinos mestiços alimentados com 55% de silagem de milho e 45% de concentrado, não foi observado diferença entre os resultados obtidos com os indicadores utilizados em comparação a coleta total de fezes no período mais extenso. O menor período teve maior variação, o que demonstra que não reproduziu a real porção indigestível dos indicadores (BERCHIELLI et al., 2000).

O uso de curto período para avaliação de indicadores internos não é suficiente e leva a erros de predição do coeficiente de digestibilidade, subestimando-o (ZEOULA et al., 2002; BERCHIELLI et al., 2005; FERREIRA et al., 2009). Contudo, o período de 192 horas para a FDNi demonstrou resultados satisfatórios, não diferindo da coleta total de fezes; de acordo com os autores, os resultados de FDNi encontrados são promissores e por isso seu uso como indicador mostra-se adequado para prever a digestibilidade da MS e MO de modo eficiente (ZEOULA et al., 2002).

A recuperação da fração indigestível do alimento é o ponto de partida para estimar a digestibilidade da dieta (BARROS et al., 2007), pois indica o quanto da dieta consumida realmente está disponível ao ruminante após a passagem pelo trato gastrointestinal (VAN SOEST, 1994).

1.5. Papilas Ruminais

O crescimento animal é definido como aumento no tamanho e função de vários órgãos e tecidos, e pode acontecer por multiplicação celular no início da vida (hiperplasia) e aumento no tamanho das células (hipertrofia) durante seu desenvolvimento com o tempo (OWENS et al., 1993). A morfologia externa e desenvolvimento visceral dos animais estão intimamente ligados ao plano nutricional oferecido para estes animais, principalmente no que diz respeito aos tecidos responsáveis pela absorção de nutrientes (CAVALCANTI et al., 2014).

Anatomicamente, o desenvolvimento do rúmen envolve aumento de tamanho, fortalecimento da musculatura, desenvolvimento das papilas (aumento da área absorptiva) e queratinização do epitélio (LI et al., 2012; LOPES, 2014).

O epitélio ruminal é estratificado, não glandular e organizado em quatro camadas bem definidas: estrato basal, espinhoso, granuloso e córneo (LAVKER et al., 1969). A parede ruminal é formada pelas túnicas serosas, muscular, submucosa e mucosa, dispostas nessa ordem em direção ao lúmen do órgão (CASTRO, 2013; MOLINARI, 2017). As inúmeras projeções

macroscópicas da mucosa presentes na superfície interna do rúmen de um animal adulto são denominadas papilas ruminais (BANKS, 1992; CASTRO, 2013).

As papilas ruminais são estruturas cônicas, formadas de tecido conjuntivo e cobertas por epitélio, que se projetam para o lúmen do órgão e estão relacionadas com o aumento da superfície de absorção de nutrientes pelo rúmen (BANKS, 1992). A proliferação e crescimento das células epiteliais promovem o aumento do comprimento, largura e espessura dessas papilas (KRISTENSEN et al., 2007). Algumas destas células podem, ainda, sofrer diferenciação e migrar para a superfície do epitélio e formar a camada de queratina (MOLINARI, 2017). As papilas podem apresentar diversas formas e tamanhos nas diferentes partes do rúmen, em que, por exemplo, são maiores e mais densas nas regiões ventrais dos sacos ruminais (SCHNORR; VOLLMERHAUS, 1967; HENRIKSON, 1970).

Os bubalinos são animais que apresentam um maior volume do conjunto compartimentado composto pelo rúmen, retículo, omaso e abomaso, em que o rúmen ocupa 88% do volume total e apresenta capacidade de armazenamento de alimento até 10% a mais que em bovinos. A baixa frequência ruminal faz com que esses animais tenham menor taxa de passagem, resultando em maior tempo de retenção e ação da população microbiana sobre o alimento (BASTIANETTO E BARBOSA, 2009). Este fato, aliado ao tipo de dieta fornecida a esses animais, definirá o desenvolvimento das papilas ruminais e conseqüentemente a superfície de absorção ruminal.

Animais alimentados com dietas contendo maior teor de carboidratos não fibrosos, produzem mais ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e conseqüentemente necessitarão de uma área de superfície de absorção maior (MELO et al., 2013). A fermentação ruminal converte componentes dietéticos em AGCC, proteína microbiana, metano, dióxido de carbono, amônia, nitrato, entre outros como resultado de uma atividade física e microbiológica (OWENS; GOETSCH, 1993). Os ruminantes utilizam os AGCC como principal fonte de energia, principalmente o acético, propiônico e butírico, advindo da fermentação de carboidratos preferencialmente e, em alguns casos proteína (BERCHIELLI et al., 2006).

Os AGCC possuem papel fundamental no desenvolvimento das papilas ruminais pelo fato destes estimularem a multiplicação de células no epitélio ruminal e omasal em proporções semelhantes (COSTA et al., 2008).

O desenvolvimento e desempenho produtivo dos animais está associado a capacidade de absorção dos nutrientes do alimento ingerido. O aumento da área de absorção ruminal é dependente da formação das papilas, confirmando a importância dessas estruturas na nutrição dos animais (VAN SOEST, 1994). O número de camadas celulares do epitélio determina a

capacidade metabólica e absorptiva do órgão, sendo influenciada pelos efeitos da dieta dos animais sobre as taxas de proliferação celular, diferenciação e descamação (CASTRO, 2013).

Poucas pesquisas avaliam as estruturas do rúmen de bubalinos relacionando os diferentes GG (LIMA, 2020; CORREA, 2017). A importância de se conhecer melhor o desenvolvimento e o mecanismo fisiológico dessas estruturas para cada GG sob as mesmas condições produtivas, nos permite avaliar o GG que melhor se adapta a determinada dieta e sistema de produção e, assim, trabalhar com eficiência a produtividade dos animais.

Com o presente exposto, hipotetizamos:

1. Bubalinos de diferentes grupos genéticos terão desempenho produtivo e digestibilidade da dieta diferentes entre os grupos genéticos;
2. A morfologia das papilas difere entre grupos genéticos de bubalinos.

O Capítulo 2, intitulado “Desempenho, digestibilidade e morfologia ruminal de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento”, foi redigido de acordo com as normas para publicação no periódico Journal of Animal Science. Objetivou-se com esse estudo avaliar o desempenho, digestibilidade e morfologia das papilas ruminais de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento.

Referências Bibliográficas

ABCB – Associação Brasileira de Criadores de Búfalos. Raças. Disponível em: <<http://www.bufalo.com.br/racas.html>>. Acessado em: 20 out. 2019.

ANDRADE, V. J.; GARCIA, S. K. Padrões raciais e registro de bubalinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.29, n.1, p.39-45, jan./mar. 2005.

ANDRIGHETTO, C.; JORGE, A.M.; PICCININ, A. Efeitos da monensina sódica sobre a produção e composição do leite, a produção de mozzarella e o escore de condição corporal de búfalas murrh. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.2, p.641-649, 2005.

ARANHA, A. S. **Composição química corporal de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento**. 2019. 76f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2019.

BANKS, W. **Histologia Veterinária Aplicada**. São Paulo: Editora Manole, 629p. 1992.

BARROS, R.A.M. et al. Avaliação do perfil nictemeral de excreção de indicadores internos e de óxido crômico em ensaios de digestão com ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2102-2108, 2007.

BASTIANETTO, E.; BARBOSA, J. D. Diferenças fisiológicas entre bubalinos e bovinos: interferência na produção. **Ciência Animal Brasileira**, 2009.

BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C. L. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 830-833, 2000.

BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; CARRILHO, E. N. V. M.; FEITOSA, J. V.; LOPES, A. D. Comparação de marcadores para estimativas de produção fecal e de fluxo de digesta em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 987-996, 2005.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006, v. 2. 583p.

BERNARDES, W. **Bubalinocultura leiteira no Brasil: tendências, parcerias e fomento**. 1997. Palestra no evento sobre as perspectivas da bubalinocultura leiteira no país e sobre o programa de “fomento” desenvolvido pela Fazenda Paineiras da Ingá. Disponível em: <<http://www.ingai.agr.br/x/parceria.htm>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

BERNARDES, O. Integração, associativismo e arranjos na cadeia produtiva da bubalinocultura: situação atual e perspectivas. In: SIMPÓSIO DA CADEIA PRODUTIVA DA BUBALINOCULTURA, 2, 2011. Botucatu. **Resumos**. p.1-13.

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**. 26 (7). 2014. Disponível em: <<http://www.lrrd.org/lrrd26/7/boli26131.html>>.

CARVALHO, P.A. et al. Desenvolvimento de Estômago de Bezerros Holandeses Desaleitados Precocemente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1461-1468, 2003.

CASALI, A. O. **Procedimentos metodológicos in situ na avaliação do teor de compostos indigestíveis em alimentos e fezes de bovinos**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

CASTRO, T. R. **Farelo de Girassol em dietas com diferentes teores de extrato etéreo para cordeiros em terminação**. 2013. 104f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

CAVALCANTI, L. F. L. et al. Morfologia dos pré-estômagos e de papilas ruminais de cordeiras Santa Inês em crescimento submetidas a dois planos nutricionais. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 374-380, 2014.

COELHO DA SILVA, J. F.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livrocercos, P. 380, 1979.

COSTA, S. F. et al. Lactate, propionate and, butyrate induced morphological alterations on calf ruminal mucosa and epidermis - histological aspects. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 60, 1–9, 2008.

CORREA, H. L. et al. Apparent diet digestibility and morphometric measurements of ruminal papillae of water buffaloes finished in feedlot. **Journal of Animal Science**. Champaign: Amer Soc Animal Science, v. 95, p. 74-74, 2017.

CUNHA, M. G. G. et al. Desempenho e digestibilidade aparente em ovinos confinados alimentados com dietas contendo níveis crescentes de caroço de algodão integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1103-1111, 2008.

DETMANN, E. et al. Avaliação da técnica dos indicadores na estimação do consumo por ruminantes em pastejo. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, n. 45, p. 40-57, 2004.

DETMANN, E.; SOUZA, A.L.; GARCIA, R. Avaliação do vício de tempo longo de indicadores internos em ensaio de digestão com ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2007.

DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C. Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 4., 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, p. 21-51. 2008.

FERNANDO, S. C. et al. Rumen microbial population dynamics during adaptation to a high-grain diet. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 76(22), p. 7482-7490. 2010.

FERREIRA, M. A. et al. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, p. 1568- 1573, 2009.

FRANCISCO, W. C. "**O crescimento populacional no mundo**". Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/o-crescimento-populacional-no-mundo.htm>. Acesso em 25 de janeiro de 2020.

FRANZOLIN, R.; FRANZOLIN, M. H. T. População protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1853-1861, 2000.

FRANZOLIN, M. H. T.; SILVEIRA, A. C.; FRANZOLIN, R. Efeitos de dietas com diferentes níveis de fibra em detergente neutro e do tamanho de poros de sacos de náilon incubados no rúmen sobre a fauna ruminal em bubalinos e bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 716-723, 2002.

FRANZOLIN, R.; ALVES, T. C. The ruminal physiology in buffalo compared with cattle. In: WORLD BUFFALO CONGRESS, 9., 2010, Buenos Aires. **Revista Veterinaria**, v. 21. p. 104-111, 2010.

FRANZOLIN NETO, R.; SILVA, H. B.; GOLDENBERG, D. C.; ALVES, T. C. Evaluation of forage particle size used in situ degradability technique with buffalo. In: Sustainable livestock production in the perspective of food security, policy, genetic resources and climate change, 2014, Yogyakarta. **Proceedings...** Yogyakarta: Gadjah Mada University, p. 1792-1794. 2014.

FREITAS, J. A. et al. Composição corporal e exigência de energia para manutenção de bovinos (zebuínos e mestiços) e bubalinos não castrados, em confinamento. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 3, n.1, p. 19-29, 2000.

GALFI, P., NEOGRADY, Z., KUTAS, F. Study of the physiological factors responsible for the adaptation of ruminal mucosa in cell-culture – preliminary report Magy. **Allatorvosok Lapja**, v. 43, p. 309-311, 1988.

HENRIKSON, R. C. Ultrastructure of ovine ruminal epithelium and localization of sodium in the tissue. **Journal of Ultra Structure Research**, San Diego, v. 30, n. 3/4, p. 385-386, 1970.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2015. Estados. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.com.br>>. Acesso em: 01 ago. 2020.

JORGE, A. M. et al. Ganho de peso e de carcaça, consumo e conversão alimentar de bovinos e bubalinos, abatidos em dois estágios de maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 5, p. 1039-1047, 1997.

JORGE, A. M. Produção e qualidade da carne bubalina. In: SIMPÓSIO PAULISTA DE BUBALINOCULTURA, 2001, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: USP/FZEA, p. 1-47. 2001.

JORGE, A. M.; ANDRIGHETTO, C. Características de Carcaça de Bubalinos. In: ZOOTECA 2005 - 24 a 27 de maio de 2005, Campo Grande. **Anais...** Mato Grosso do Sul, 2005.

JUNIOR, M. B. C.; CAETANO, G. A. O.; OLIVEIRA, M. D. A influência da dieta no desenvolvimento ruminal de bezerros. **Nutri-time revista eletrônica**. v. 13, n 06, nov./ dez.de 2016.

KANG, S. C. et al. Effect of Protein Level and Urea Source in Concentrate on Feed Intake and Rumen Ecology in Swamp Buffalo Fed Rice Straw. **Editorial Board**, p. 970, 2013.

KELLNER, O. **The scientific feeding of animals**. New York: McMillan, 1909.

KLEIN, B. G. Cunningham's textbook of veterinary physiology. 15 edition, St Louis Missouri, **Elsevier Health Sciences**. 2013.

KÖNIG, H. E., & LIEBICH, H. G. **Anatomia dos Animais Domésticos: Texto e Atlas Colorido**. 4ª ed., Artmed Editora. 2009.

KRÄMER, M. et al. Estimation of indigestible NDF in forages and concentrates from cell wall composition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 177, n. 1-2, p. 40-51, 2012.

KRISTENSEN, N. B. et al. Effects of milk allowance on concentrate intake, ruminal environment, and ruminal development in milk-fed Holstein calves. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 4346–4355, 2007.

LANA, R. P. **Nutrição e alimentação animal: mitos e realidades**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 344. 2007.

LAVKER, R.; CHALUPA, W.; DICKEY, J. F. An electron microscopic investigation of rumen mucosa. **Journal of Ultrastructure Research**, v. 28, p. 1–15, 1969.

LI, R.W. et al. Characterization of the rumen microbiota of preruminant calves using metagenomic tools. **Environmental Microbiology**, v. 14, p. 129–139, 2012.

LIMA, R. F. et al. Characterization of the absorptive surface area of the reticulorumen and omasum of buffaloes. **PUBVET**, v. 14, n. 2, 2020.

LOPES, J. F. **Eficiência alimentar, características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros alimentados com volumoso e/ou concentrado**. 2014. 119f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

LOURENÇO JÚNIOR, J. de B.; GARCIA, A.R. **Panorama da bubalinocultura na Amazônia**. 2008. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/409969/1/LOURENCO2008AmazonpecPanorama.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

MACEDO JUNIOR, G. L. et al. O. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. **Ciência Animal**, v. 17, n. 1, p. 7-17, 2007.

MAEDA, E. M. et al. Avaliação de indicadores usados nos estudos de ingestão e digestibilidade em bovinos e bubalinos. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 229, p. 123- 131, 2011.

MELO, L. Q. et al. Rumen morphometrics and the effect of digesta pH and volume on volatile fatty acid absorption. **Journal Animal Science**. 91, 1775–1783. 2013.

MELO, S. A. F. **Características da carcaça e qualidade da carne de búfalos (*Bubalus bubalis*) alimentados com cana de açúcar e diferentes níveis de concentrado**. 2017. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2017.

MOLETTA, J. L.; RESTLE, J. Feedlot performance of cattle and buffalo steers. In: IV World Buffalo Congress. **Proceedings...**, v.II, São Paulo, Brazil. P. 110-112. 1994.

MOLINARI, M. **Morfometria em rúmen de cordeiros alimentados exclusivamente a pasto ou com concentrado**. 2017. 49f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

NAPOLITANO F. et al. The behaviour and welfare of buffaloes (*Bubalus bubalis*) in modern dairy enterprises. **Animal**. v.7 n.10, p.1704-1713, 2013.

NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requeriments of beef cattle**.

Seventh Edition. Washington, D.C. National Academy Press. P. 244. 1996.

OWENS, F. N.; HANSON, C. F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 9, p. 2605-2617, 1992.

OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 11, p. 3138-3150, 1993.

OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Fermentación ruminal. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **El rumiante fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia, p.159-190. 1993.

PANTOJA, D. S. **Indicadores de produção fecal em búfalos**. 2019. 44f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

RODRIGUEZ, N. M.; SALIBA, E. O. S.; GUIMARAES Jr., R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.

ROSA, B. R. T. et al. Introdução de búfalos no Brasil e sua aptidão leiteira. **Revista científica eletrônica de Medicina Veterinária**. Ano IV, n. 08, 2007.

SAATH, K. C. O. FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia**. v. 56, n. 2, p. 195-212, 2018.

SANTOS, C. L. R. et al. Nível tecnológico e organizacional da cadeia produtiva da bubalinocultura de corte no estado do Maranhão. **Arquivos do Instituto Biológico**, Maranhão, v. 83, p. 1-8, 2016.

SANTOS, F. A. P., MENDONÇA, A. P. Metabolismo de Proteína. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. Ed. Jaboticabal: Funep, Cap. 9. p. 265-297. 2011.

SCHNORR, B.; VOLLMERHAUS, B. Das oberflächenrelief der pansenschleimhaut bei rind und ziege: erste mitteilung zur funktionellen morphologie der vormagen der hauswiederkauer. **Zentralblatt Für Veterinar Medizin**, Berlin, v. 14, n. 1, p. 93-95, 1967.

SILVA, M. E. T. Desempenho de búfalos confinados com dietas com diferentes relações de volumoso e concentrado. 1. Confinamento. In: XXXIV Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...**, Nutrição de Ruminantes, Juiz de Fora, MG, p. 314-316. 1997.

SILVA, J. F. C. Mecanismos reguladores de consumo. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Eds.). **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, p.57-78. 2011.

SILVA, F. M. **Consumo alimentar residual (car) e digestibilidade da dieta de bubalinos de três grupos genéticos na fase de crescimento em confinamento**. 2017. 62f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2017.

TEWATIA, B. S.; BHATIA, S. K. Comparative ruminal biochemical and digestion related physiological characteristics in buffaloes and cattle fed a fibrous diet. **Buffalo Journal**, v.14, n.2, p.161- 170, 1998.

VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C.; GONÇALVES, L. C. Níveis de proteína em dietas de bovinos. Concentrações de amônia ruminal e ureia plasmática e excreções de ureia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, p.1270-1278, 1997.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, p. 476. 1994.

WANAPAT, M.; et al. Comparative study on the rumen microbial population of cattle and swamp buffalo raises under traditional village conditions in the northeast of thailand. Asian Australasian. **Journal of Animal Science**, v. 13, n. 7, p. 918-921, 2000.

ZAVA, M. **El buffalo domestico**. OGE-Inta: Corrientes – Argentina, 900p. 2011.

ZEOULA, L. M. et al. Degradação ruminal de grãos de cereais e da raspa de mandioca amassados. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999.

ZEOULA, L. M. et al. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade para ruminantes. In: REUNIÃO ANUAL DE DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECHNIA, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.1122. 2001.

ZEOULA, L. M. et al. Recuperação fecal de indicadores internos avaliados em ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1865-1874, 2002.

ZEOULA, L. M. et al. Digestibilidade parcial e total de rações com a inclusão de ionóforo ou probiótico para bubalinos e bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 563-571, 2008.

ZEOULA, M. L. et al. Levedura ou monensina na dieta de bovinos e bubalinos sobre a fermentação ruminal e eficiência microbiana. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 4, p. 379-386, 2011.

ZEOULA, M. L. et al. Digestibilidade total e degradabilidade ruminal in situ de dietas volumosas com inclusão de ionóforo ou probiótico para bubalinos e bovinos. **Semina, Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2063-2076, 2014.

CAPÍTULO 2

“Desempenho, digestibilidade e morfologia ruminal de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento”

¹Agradecimentos. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, assim como da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Projeto Temático # 2014/05473-7).

RESUMO

Este estudo avaliou o desempenho, a digestibilidade e a morfologia ruminal de búfalos terminados em confinamento e recebendo dieta concentrada *ad libitum* (silagem de milho, milho moído, farelo de algodão, ureia, calcário calcítico e sal mineral). Foram utilizados 78 búfalos machos inteiros de diferentes grupos genéticos (GG) (GG; Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah; n = 26 animais para cada GG; $378,57 \pm 42,76$ kg de peso corporal inicial). O período de eficiência constou de 84 dias, sendo que nos últimos 13 dias foi realizada a avaliação da digestibilidade em que 10 dias foram destinados para coleta de dados para cálculo do CMS e 3 dias para coleta de fezes. As amostras do epitélio ruminal foram coletadas após o abate para análises morfológicas e histológicas das papilas ruminais. Houve diferença estatística para as variáveis de desempenho entre os GG ($P < 0,01$). Jafarabadi e Mediterrâneo apresentaram desempenho superior em confinamento em comparação com Murrah ($P < 0,01$) para ganho médio diário (1,57, 1,60 e 1,29 kg/dia, para Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah, respectivamente) e CMS (10,72, 10,17 e 9,03 kg/dia, para Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah, respectivamente). Porém, entre os GG, o Mediterrâneo apresentou melhor eficiência alimentar (EA) e conversão alimentar (CA) (0,16 e 6,36, respectivamente; $P < 0,01$). Houve diferença estatística para o epitélio das papilas ruminais, em que o GG Murrah obteve maior valor que os outros GG (49,14, 48,99 e 55,46 μm , para Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah, respectivamente). Foi verificada tendência para a largura das papilas ($P = 0,09$) e número médio de papilas por cm^2 (NMP). Em conclusão, os GG de bubalinos possuem diferenças no desempenho, assim como nas características das papilas que indicam capacidade metabólica e absorptiva, sendo melhor para o GG Mediterrâneo e similar para os GG Murrah e Jafarabadi, em sistema de confinamento. No entanto, essas diferenças não afetam a digestibilidade.

Palavras-chave: búfalo, confinamento, desempenho, papila ruminal.

ABSTRACT

This study evaluated the performance, digestibility and ruminal morphology of buffaloes finished in feedlot and receiving a concentrated diet *ad libitum* (corn silage, ground corn, cottonseed meal, urea, limestone and mineral salt). 78 whole male buffaloes from different genetic groups (GG) (GG; Jafarabadi, Mediterranean and Murrah; n = 26 animals for each GG; 378.57 ± 42.76 kg of initial body weight) were used. The efficiency period consisted of 84 days, and in the last 13 days the digestibility assessment was carried out, in which 10 days were used to collect data to calculate the dry matter intake (DMI) and 3 days to collect feces. Samples of the ruminal epithelium were collected after slaughter for morphological and histological analysis of the ruminal papillae. There was a statistical difference for the performance variables between the GG ($P < 0.01$). Jafarabadi and Mediterranean showed superior performance in feedlot compared to Murrah ($P < 0.01$) for average daily gain (1.57, 1.60 and 1.29 kg / day, for Jafarabadi, Mediterranean and Murrah, respectively) and DMI (10.72, 10.17 and 9.03 kg / day, for Jafarabadi, Mediterranean and Murrah, respectively). However, among the GG, the Mediterranean showed better feed efficiency (FE) and feed conversion (FC) (0.16 and 6.36, respectively; $P < 0.01$). There was a statistical difference for the epithelium of the ruminal papillae, in which the GG Murrah obtained a higher value than the other GG (49.14, 48.99 and 55.46 μm , for Jafarabadi, Mediterranean and Murrah, respectively). A trend was observed for the width of the papillae ($P = 0.09$) and the average number of papillae per cm^2 (ANP). In conclusion, the buffaloes GG have differences in performance, as well as in the characteristics of the papillae that indicate metabolic and absorptive capacity, being better for the Mediterranean GG and similar for the GG Murrah and Jafarabadi, in a feedlot system. However, these differences do not affect digestibility.

Keywords: buffaloes, feedlot, performance, ruminal papillae.

INTRODUÇÃO

A produção de búfalos é considerada uma atividade recente no Brasil e vem se expandindo a nível mundial, com o rebanho estimado em mais de 206 milhões de cabeças distribuídos por todo globo, sendo a Ásia detentora do maior rebanho mundial (97%) e o Brasil o maior rebanho das Américas (0,7%), com cerca de 1,39 milhões de cabeças (FAO, 2020).

Os bubalinos possuem características que favorecem sua produção como docilidade, adaptação e tolerância ambiental, elevada fertilidade, baixo índice de mortalidade e bons índices produtivos tornando-os uma excelente opção pecuária.

O conhecimento das funções e desenvolvimento das estruturas do rúmen sob diferentes dietas não estão bem descritos como em outras espécies, havendo uma carência de informação sobre o comportamento digestivo. Estudos que forneçam informações sobre as particularidades produtivas dos bubalinos são importantes para o desenvolvimento de um manejo adequado, principalmente quanto ao fornecimento de dietas ideais ou alternativas.

Algumas pesquisas sugerem que os bubalinos apresentam maior taxa e extensão da degradação ruminal por apresentarem maiores concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e amônia no líquido ruminal (FRANZOLIN, 2002; MAEDA et al., 2007; BASTIANETTO E BARBOSA, 2009). Essas características permitem maior desenvolvimento das papilas ruminais e aumento da superfície de absorção dos produtos de fermentação (SIDENEY e LYFORD, 1993).

Em adição, a determinação do consumo de alimentos apresenta importância na nutrição animal, permitindo relacionar a quantidade de nutrientes ingerida com o desempenho animal (BERCHIELLI et al., 2011). Alguns estudos relatam maior digestibilidade da matéria seca (MS) pelo búfalo, independentemente do tipo de volumoso utilizado. Além disso, outros autores relataram que o fluido ruminal de bubalinos obteve maior produção total de gás, e dos AGCC propionato (C3) e butirato (C4) (WANAPAT, 1984; CALABRO, 2008).

Bubalinos de um mesmo grupo genético (GG), consumindo a mesma dieta, podem variar quanto à eficácia de utilização dos nutrientes, o que pode ser medido através da digestibilidade, uma vez que esta diz respeito à quantidade de nutrientes contidos no alimento que o animal é capaz de utilizar após o consumo (CUNHA et al., 2008). Dessa forma, considerando que cada GG de bubalinos possui características intrínsecas desde sua origem, bem como tamanho corporal, aptidão, comportamento, supõe-se que a exigência nutricional vai diferir entre eles assim como variáveis de consumo e digestibilidade, desempenho, desenvolvimento de papilas, entre outros, quando submetidos as mesmas condições.

Portanto, objetivou-se com este estudo avaliar o desempenho, digestibilidade e morfologia ruminal de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Local

Os procedimentos adotados neste experimento obedeceram às exigências do Comitê de Ética em Uso Animal da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, campus de Botucatu (CEUA - FMVZ - UNESP, protocolo número 05/2015). O experimento foi realizado no Centro de Pesquisas Tropicais em Bubalinos, 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, altitude média de 556 metros, situada a 22°49'6.43" de latitude Sul e 48°24'29.55" de longitude Oeste.

Delineamento experimental

Foram utilizados 78 machos não castrados (*Bubalus bubalis bubalis*) de três diferentes grupos genéticos (GG): Jafarabadi (peso inicial $433,1 \pm 128$ kg), Mediterrâneo (peso inicial $347,6 \pm 93,25$ kg) e Murrah (peso inicial $355,1 \pm 61$ kg), com idade média de 14,8 meses.

Ao chegarem ao centro de pesquisa, os animais foram identificados individualmente por meio de brincos eletrônicos (tag ou botton, para identificação por “Rádio Frequência” no sistema), e separados de acordo com a raça e alojados em baias coletivas (25 animais de cada raça/baia) com dimensões de 896 m² cada (35,84 m²/animal). Cada baia foi equipada com 4 unidades de cochos eletrônicos e 1 bebedouro-balança do sistema Intergado® (Minas Gerais, Brasil) para possibilitar a coleta de dados individuais de consumo de matéria seca (CMS) e água. A linha de cocho era munida de 4 m de piso de concreto e cobertura metálica contínua revestida com pintura branca, com dimensões de 5 m de largura, 64 m de comprimento e 4 m de pé direito. O restante da baia era constituído de terra batida com área central de 64 m² coberta por tela de sombrite (2,56 m²/animal) no sentido transversal.

A adaptação dos animais a estrutura, a dieta e ao manejo foi de 28 dias e o período experimental foi de 84 dias (“período de eficiência”), sendo realizadas pesagens a cada 28 dias.

Dieta

Para a formulação da dieta (Tabela 1), utilizou-se o programa Large Ruminant Nutrition System (LRNS), modelo Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), publicado por Fox et al. (2004). Essa dieta foi utilizada para proporcionar consumo máximo para ganho médio aproximado de 1,4 kg/dia, respeitando a particularidade da espécie quanto à inclusão de concentrado na dieta.

Os animais foram alimentados três vezes ao dia nos horários 06h, 11h e 18h, sendo fornecido 20%, 25% e 55% do total da dieta, respectivamente. A oferta da dieta foi calculada para que houvesse sobras de 05 a 10%, permitindo o consumo *ad libitum* da ração, bem como da água.

Amostras diárias da dieta ofertada e das sobras foram coletadas e submetidas à análise bromatológicas pelo método clássico.

As alíquotas eram secas em estufas de ventilação forçada à temperatura de 55°C por 72 horas e moídas em moinhos tipo Willey com peneira de crivos de 01 mm. Posteriormente, foram realizadas as análises para obtenção dos teores de MS, PB, EE, MM, FDA e lignina de acordo com a metodologia descrita por AOAC (1990), e FDN e fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp) (MERTENS, 2002). O cálculo dos nutrientes digestíveis totais (NDT) foi realizado utilizando a equação: $NDT = 0,98 \times (100 - FDNcp - PB - MM - EE - 1) + 0,93 \times PB + 2,25 \times EE + 0,75 \times (FDNcp - \text{lignina}) \times [1 - (\text{lignina}/FDNcp)^{0,667}] - 7$ (NRC, 1999).

Os valores de todas as análises foram corrigidos para 100% de MS e 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”, Botucatu.

Desempenho animal

Os animais foram pesados ao início e final do experimento. Pesagens intermediárias foram realizadas a cada 28 dias para ajuste da quantidade de ração ofertada, avaliação do ganho médio de peso diário (GMD), conversão e eficiência alimentar. O GMD foi determinado pela diferença entre o peso vivo final e o peso vivo inicial dividido pelo período experimental em dias.

A partir do sistema on line Intergado® foram obtidas informações de consumo de Matéria Natural pelos animais as quais foram convertidas posteriormente para CMS a partir das análises bromatológicas dos alimentos fornecidos. A plataforma Intergado® registra diariamente o consumo dos animais, assim como outros dados de comportamento alimentar, e armazena na nuvem para posteriores consultas.

A conversão alimentar (CA) foi calculada conforme a equação: $CA = (CMS/GMD)$; onde: CMS: consumo de matéria seca (kg MS/ dia) e GMD: ganho médio de peso diário (kg/dia).

A eficiência alimentar (EA) foi calculada conforme a equação: $EA = (GMD/CMS)$; onde: GMD: ganho médio de peso diário (kg/dia) e CMS: consumo de matéria seca (kg MS/dia).

Ensaio de digestibilidade

O ensaio de digestibilidade foi realizado ao final do período de eficiência do animal, por 13 dias consecutivos (10 dias de coleta de dados para cálculo de CMS e três dias de coleta de fezes).

Para o cálculo do CMS durante o ensaio de digestibilidade foi utilizado período de 10 dias de confinamento, anteriores a coleta fecal (RUSSELL et al., 2016), para aumentar a confiabilidade dos dados e excluir qualquer interferência do meio ou comportamento animal alheio ao experimento que possa afetar os resultados.

Foram obtidas amostras de fezes para cálculo da excreção fecal a partir do método de marcador interno fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) (COCHRAN et al., 1986).

A coleta parcial das fezes de todos os animais foi realizada uma vez ao dia, por três dias consecutivos com intervalo de 2, 4 e 6 h contados a partir do oferecimento da dieta pela manhã, respectivamente. Amostras entre 150 a 250 g foram colhidas imediatamente após defecação, na superfície da massa fecal e evitando o contato com o piso. O material foi acondicionado e armazenado em freezer (-20°C), assim como as amostras da dieta e sobras do período do ensaio para posteriores processamento e análises.

Para quantificação dos teores de FDNi (COCHRAN; et al., 1986), as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada à temperatura de 55°C por 72 horas e moídas em moinhos tipo Willey com peneira de crivos de 1 mm. Posteriormente, foram pesadas em sacos Ankom[®] (4,0 x 5,0 cm; 20mg/cm² de área exposta) e incubadas “*in situ*” (Figura 1), em duplicatas, por 264 horas no rúmen de três fêmeas da espécie bubalina fistuladas (420 ± 25 kg e idade 5 anos e meio) as quais receberam a mesma dieta experimental durante o ensaio, e pertenciam ao Setor

de Digestibilidade de Bovídeos, situado na Fazenda Experimental de Iguatemi, da Universidade Estadual de Maringá - PR. Após este período, o material remanescente da incubação foi submetido à secagem em estufa de ventilação forçada (105°C), pesagem e posterior extração com detergente neutro (MERTENS, 2002).

Os valores de excreção fecal foram obtidos por meio de cálculo da produção fecal (PF; g/dia), obtido por: $PF = (\text{quantidade do indicador no alimento (g)} / \text{concentração do indicador nas fezes (\%)}) * 100$; possibilitando assim, o cálculo de digestibilidade por diferença de concentração do mesmo na MS da dieta e nas fezes.

Morfologia das Papilas Ruminais

Após o abate dos animais, foram coletadas amostras de três pontos do saco cranial do rúmen com cerca de 1 cm² as quais foram armazenadas em solução tampão (DANIEL et al., 2006). As variáveis morfológicas macroscópicas avaliadas foram: número médio de papilas por cm² de parede (NMP), área média das papilas (AMP), área total de superfície absorptiva por cm² de parede (ASA) e representatividade da participação das papilas ruminais na área total de superfície absorptiva (RPSA). O NMP em todo fragmento foi mensurado por três avaliadores, e a média das contagens foi considerada o dado final. A AMP foi mensurada por meio de imagens digitalizadas das papilas e da superfície parietal dos fragmentos (Figura 2) pelo programa de análise de imagens Image J (programa de processamento de imagem de código aberto projetado para imagens científicas multidimensionais), adaptado de Resende Júnior et al. (2006). Foram analisadas a área da face parietal e a área média de doze papilas seccionadas aleatoriamente da base de cada fragmento. A ASA foi calculada pela seguinte fórmula:

$$1 + (NMP * AMP) - (NMP * 0,002)$$

Em que o número 1 representa o fragmento de 1 cm² coletado, e o 0,002 é a área basal estimada de cada papila ruminal (DANIEL et al., 2006).

A RPSA foi calculada pela multiplicação do NMP pela AMP, divididos pela ASA, multiplicados por 100.

Histologia das Papilas Ruminais

Para a análise histológica, foram coletadas amostras de 5 cm² do recesso do saco ventral do rúmen e armazenadas formol tamponado a 10%, para fixação do material. As amostras foram desidratadas em uma série de álcoois, clarificadas com xilol, inclusas em parafina Histosec[®] em estufa a 65°C e confeccionados os blocos. Foram realizados cortes do material no micrótomo em secções de 5 µm, desparafinizados com xilol, hidratados em concentrações decrescentes de álcoois, corados em Hematoxilina de Harris e Eosina, desidratados em concentrações crescentes de álcoois, clarificados com xilol e por fim selados, formando a lâmina histológica em questão.

As mensurações histológicas foram realizadas em 10% do número médio de papilas, utilizando-se o Analisador de Imagens Leica Qwin, contido no microscópio eletrônico de luz Leica, tendo sido as imagens de cada corte captadas por lentes objetivas em aumentos de 5x, 10x e 40x e digitalizadas por câmera para as análises morfométricas (Figura 3) de: altura, largura, área das papilas ruminais e mensurações da espessura da camada de queratina no epitélio ruminal (ECQ) (COSTA et al.,2008).

A avaliação histológica constou de exame de todo o corte histológico presente na lâmina de cada animal por tratamento, com algumas modificações (COELHO, 1999). Foi utilizada a seguinte classificação: epitélio normal, desproporção entre as camadas com formação de vacúolos (lesão leve), desproporção entre as camadas com formação de vacúolos e infiltrado inflamatório polimorfonuclear (lesão moderada), desproporção entre as camadas com intensa formação de vacúolos e infiltrado inflamatório polimorfonuclear (lesão grave), desproporção entre as camadas com intensa formação de vacúolos, infiltrado inflamatório polimorfonuclear

e áreas de erosão (lesão muito grave). As alterações histológicas no epitélio ruminal foram avaliadas apenas quanto à porcentagem de alterações por tratamento.

Análise estatística

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 fora da normalidade (outliers). O animal foi considerado a unidade experimental. O procedimento MEANS (SAS Inst. Inc., Cary, NC) foi utilizado para a análise descritiva dos dados de desempenho e digestibilidade. Para a comparação das médias, os dados de desempenho, digestibilidade e as variáveis relacionadas as papilas ruminais foram analisados utilizando o procedimento MIXED (SAS Inst. Inc., Cary, NC) com o comando Satterthwaite para ajuste dos graus de liberdade denominador (DDF) para testes de efeito fixo. O modelo incluiu o efeito do grupo genético (GG). A variável aleatória utilizada foi descrita como animal (GG) para esse modelo. Os resultados são reportados como médias dos quadrados mínimos (LSMEANS) e separados utilizando a diferença mínima significativa (LSD) de acordo com os GG estudados. Os dados também foram submetidos ao procedimento CORR (SAS Inst. Inc., Cary, NC) para analisar a correlação de Pearson entre a digestibilidade e as variáveis histológicas e morfológicas das papilas ruminais. O comando Partial foi utilizado para que as observações com valores ausentes fossem excluídas da análise e o GG considerado. Para a descrição das lesões avaliadas nas papilas ruminais de acordo com o grau e a frequência foi utilizado o procedimento FREQ (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Para todas as análises, significância foi determinada se $P \leq 0,05$ e tendência foram discutidas se $P > 0,05$ e $P \leq 0,10$.

RESULTADOS

Desempenho e eficiência alimentar

Os dados de desempenho animal e eficiência alimentar estão apresentados na Tabela 2. Para os resultados de desempenho dos animais, foi verificada diferença estatística para os GG ($P < 0,01$). As variáveis de peso inicial, peso final e peso metabólico do GG Jafarabadi apresentaram valores superiores (433,08, 562,81 e 105,18 kg, respectivamente) quando comparado aos outros GG. Porém, para as variáveis de CMS e GMD o GG Jafarabadi e Mediterrâneo apresentaram valores superiores que comparado com o GG Murrah.

Os resultados obtidos de EA e CA, demonstram que o GG Mediterrâneo apresentou os melhores valores, sendo a EA superior em média 10,5% e CA menor cerca de 9,45% quando comparado aos demais GG, evidenciando assim o melhor desempenho em confinamento para o GG Mediterrâneo.

Para os dados de digestibilidade, não foi verificado efeito do GG ($P = 0,15$).

Morfologia e Histologia das papilas

Os resultados das análises morfológicas e histológicas das papilas ruminais estão apresentados na Tabela 3. As análises morfológicas das papilas apresentaram tendência para a NMP ($P = 0,09$). O GG Mediterrâneo apresentou resultados que tendem a ser superiores cerca de 17,4 e 14,25% a mais que aos verificados nos GG Jafarabadi e Murrah, respectivamente. As demais variáveis não apresentaram efeito do GG, inferindo que os diferentes GG mantiveram as características das estruturas ruminais similares.

Para os resultados histológicos das papilas ruminais houve diferença estatística entre os GG para o epitélio ($P < 0,01$) e tendência para a largura ($P = 0,09$), em que o GG Murrah apresentou o valor de epitélio cerca de 13% superior quando comparado aos outros GG. Os resultados obtidos de largura da papila ruminal tendem a ser menores para o GG Mediterrâneo cerca de 11,5 e 4,29% comparado aos GG Jafarabadi e Murrah, respectivamente.

Não houve correlação da digestibilidade com as variáveis morfológicas e histológicas das papilas (Tabela 4).

Na Figura 4 é possível verificar os pontos de degradação das papilas com ocorrências de desprendimento de queratina, vacúolos no interior das papilas e desproporção das camadas de epitélio, porém, não foi verificado diferença entre os GG ($P>0,05$) para os diferentes níveis de lesões avaliados nas papilas (Tabela 5).

DISCUSSÃO

Desempenho e eficiência alimentar

O presente estudo objetivou avaliar os parâmetros de desempenho de três GG de bubalinos a fim de verificar diferenças no ganho dos animais considerando que os GG possuem particularidades intrínsecas a sua origem, sendo o porte uma das principais diferenças constatadas entre eles (ABCB, 2020).

Pesquisas realizadas com os três GG em confinamento não apresentaram diferença no consumo para os GG (JORGE et al., 2005; SILVA; 2017), porém quando atingiram a maturidade o consumo foi maior para o GG Murrah seguido do Jafarabadi e Mediterrâneo (JORGE et al., 2005). No presente estudo houve diferença no CMS pelos GG, sendo maior nos GG Jafarabadi e Mediterrâneo e menor para Murrah, o que pode estar relacionado com a maturidade do animal o qual tende a diminuir o CMS quando inicia a fase de acabamento com deposição de gordura. Alguns autores sugerem que o CMS diminui 2,7% a cada 1% de aumento na gordura corporal, no intervalo de 21,3 a 31,5% de gordura corporal (FOX et al., 1988; NRC, 2000). Estudos envolvendo a composição corporal dos três grupos genéticos de bubalinos para avaliar a precocidade desses animais indicou que o GG Murrah é o animal mais precoce, seguido pelo Mediterrâneo e Jafarabadi, com pesos a maturidade de 423, 494 e 505 kg, respectivamente (ARANHA, 2019).

Bubalinos apresentam potenciais satisfatórios para ganho de peso, ganho de carcaça e conversão alimentar, as quais influenciam o peso ao abate (JORGE et al., 1997). Estudos relatam diferença no GMD de GG de bubalinos em confinamento, sendo em média 1,72, 1,3 e 1,29 kg/dia para os GG Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah, respectivamente (MOLETTA, 1994; JORGE et al., 1997; SILVA et al., 1997; SILVA, 2017), o que sustentam os resultados obtidos no presente estudo em que os GG Jafarabadi e Mediterrâneo apresentaram os maiores valores de GMD.

Além do GMD, outros dados de desempenho são essenciais para se avaliar o potencial produtivo dos animais como a conversão alimentar (CA) e eficiência alimentar (EA). A CA é um dado de desempenho que demonstra o quanto o animal é eficiente na conversão do alimento em ganho de peso. Estudos relatam resultados de CA para os GG Jafarabadi, Mediterrâneo e Murrah de 5,17, 6,75 e 6,93, respectivamente (SILVA et al., 1997; JORGE et al., 1997; SILVA, 2017). Os resultados obtidos no presente estudo foram próximos ao encontrado na literatura, sendo que a melhor CA foi para o GG Mediterrâneo, seguido pelo Jafarabadi e Murrah. Em adição, a EA pode ser definida como o ganho de peso do animal por kg de MS consumida, que reforçando os dados obtidos nesse estudo de CA, apresentou os maiores valores para o GG Mediterrâneo seguido do Jafarabadi e Murrah, evidenciando assim o melhor desempenho em confinamento para o GG Mediterrâneo.

Os bubalinos possuem algumas particularidades no seu ambiente ruminal que tem relação com a digestibilidade da dieta e consequentemente no desempenho dos animais, como: maior atividade celulolítica e melhor aproveitamento de componentes fibrosos (TEWATIA; BHATIA, 1998); maior número de protozoários ciliados, responsáveis pela fermentação de carboidratos estruturais (FRANZOLIN; FRANZOLIN, 2000) e menor taxa de passagem ruminal permitindo que o alimento permaneça mais tempo sob ação dos microrganismos no

rúmen. As diferenças de desempenho entre os GG sugerem que a adaptação dos animais à dieta do sistema de confinamento foi mais eficiente para o GG Mediterrâneo.

Em sistema de confinamento, avaliando a digestibilidade dos três GG (Murrah, Mediterrâneo e Jafarabadi), o GG Mediterrâneo, juntamente com o GG Jafarabadi, apresentaram maiores valores de digestibilidade de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), FDN e NDT (SILVA, 2017). Estudos sugerem que pode ocorrer diferença de digestibilidade nos bubalinos tendo em vista o maior tempo de retenção da digesta no rúmen e a maior atividade de desaminases intracelular e reciclagem salivar de ureia (TEWATIA; BHATIA, 1998), porém, no presente estudo não houve diferença estatística para digestibilidade de MS entre os GG.

Morfologia e Histologia das papilas ruminais

O tipo de dieta fornecida ao animal define as características das papilas como quantidade, distribuição e tamanho.

Os bubalinos, em geral, possuem elevado desenvolvimento das papilas ruminais o que permite um aumento da superfície de absorção dos produtos de fermentação (SIDENEY e LYFORD, 1993). Corroborando com os resultados obtidos no presente estudo em que não houve diferença entre os GG para as características de área, altura, ASA e RSPA, demonstrando que o processo fermentativo do alimento no rúmen não afeta negativamente a uniformidade da mucosa absorptiva.

O epitélio é a parte metabolicamente ativa da mucosa e exerce as funções fisiológicas de absorção, metabolismo de AGV e proteção (SAKATA & TAMATE, 1979; GÁLFI et al., 1991). As diferenças estatísticas encontradas para o epitélio, no presente estudo, explicam o despendimento metabólico da papila para absorção dos produtos da fermentação ruminal, em que o número de camadas celulares do epitélio determina a capacidade metabólica e absorptiva

do órgão a qual é influenciada pelos efeitos da dieta sobre as taxas de proliferação celular, diferenciação e descamação (CASTRO, 2013).

O GG que apresentou maior espessura de epitélio, foi o Murrah, indicando que foi exigido mais energia para desenvolver suas papilas para absorção dos metabólitos. Nessa condição ocorre maior proliferação celular até atingir o equilíbrio entre a produção e a capacidade de absorção, e então ele retorna para seus valores iniciais (TAMATE e FELL, 1978).

Ao contrário, os GG Mediterrâneo e Jafarabadi apresentaram menores espessuras de epitélio, mas somente o Mediterrâneo teve menor largura comparados aos demais GG, evidenciando assim maior adaptação das papilas desses animais à dieta que pode resultar numa maior capacidade de absorção dos produtos oriundos da fermentação ruminal. Esses resultados corroboram com os dados de NMP e de desempenho desses animais, em que o GG Mediterrâneo apresentou melhor desempenho em confinamento resultado do maior número e capacidade de absorção das papilas no rúmen desses animais.

São escassos, na literatura, estudos da morfologia ruminal para os três GG de bubalinos e suas alterações frente diferentes sistemas de produção e dietas.

CONCLUSÃO

Os GG de bubalinos possuem diferenças no desempenho, assim como nas características das papilas que indicam capacidade metabólica e absorptiva, sendo melhor para o GG Mediterrâneo e similar para os GG Murrah e Jafarabadi, em sistema de confinamento. No entanto, essas diferenças não afetam a digestibilidade.

LITERATURA CITADA

- ABCB – Associação Brasileira de Criadores de Búfalos. Raças. Disponível em: <<http://www.bufalo.com.br/racas.html>>. Acessado em: 20 ago. 2020.
- Aranha, A. S. 2019. Composição química corporal de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento. 76f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15th ed. Washington, DC: AOAC.
- Bastianetto, E. 2009. Criação de búfalos no Brasil: Situação e perspectivas. Revista Brasileira de Reprodução Animal.
- Berchielli, T.T.; Vegagarcia, A.; Oliveira, S.G. 2011. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: Berchielli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. (Eds). Nutrição de Ruminantes. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP.
- Calabro, S., Moniello, G., Piccolo, V., Bovera, F., Infascelli, F., Tudisco, R. and Cutrignelli, M.I. 2008. Rumen fermentation and degradability in buffalo and cattle using the in vitro gas production technique. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 92: 356-362.
- Castro, T. R. 2013. Farelo de Girassol em dietas com diferentes teores de extrato etéreo para cordeiros em terminação. 104f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- Cochran, R.C.; Adams, D.C.; Wallace, J.D.; Galyean, M.L. 1986. Predicting digestibility of different diets with internal, J. Anim. Sci., 6(3), 1476–1483.
- Coelho, S. G. 1999. Ganho de peso e desenvolvimento do estômago de bezerros desaleitados aos trinta dias de idade e alimentados com concentrado e com ou sem feno. 123f. Tese (doutorado) – Escola de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belorizonte, MG.
- Costa, S. F.; Pereira, M. N.; Melo, L. Q.; Resende Júnior, J.C. and Chaves, M. L., 2008. Lactate, propionate and, butyrate induced morphological alterations on calf ruminal mucosa and epidermis - histological aspects, Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 60, 1–9.
- Cunha, M. G. G.; Carvalho, F. R. R.; Vêras, A. S. V. C.; Batista, A. M. V. 2008. Desempenho e digestibilidade aparente em ovinos confinados alimentados com dietas contendo níveis crescentes de caroço de algodão integral. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, p.1103-1111.
- Daniel, J. L. P.; Resende Junior, J. C. & Cruz, F. J. 2006. Participação do rumino-retículo e omaso na superfície absorptiva total do proventrículo de bovinos. Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci. 43:688-694.
- FAO. 2020. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Dados da evolução do rebanho brasileiro, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

Fox, D. G. et al. 2004. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology*, v. 112, n. 1-4, p. 29-78.

Fox, S. M. 1988. Probiotics: intestinal inoculants for production animals. *Vet. Med.* v.83, n.8, p.806-830.

Franzolin, M. H. T.; Silveira, A. C.; Franzolin, R. 2020. Efeitos de dietas com diferentes níveis de fibra em detergente neutro e do tamanho de poros de sacos de náilon incubados no rúmen sobre a fauna ruminal em bubalinos e bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 2, p. 716-723.

Franzolin, R.; Franzolin, M. H. T. 2000. População protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 6, p. 1853-1861.

Galfi, P., Neogrady, Z., Kutas, F. 1988. Study of the physiological factors responsible for the adaptation of ruminal mucosa in cell-culture – preliminary report Magy. *Allatorvosok Lapja*, 43, pp. 309-311.

Jorge, A. M. et al. 1997. Ganho de peso e de carcaça, consumo e conversão alimentar de bovinos e bubalinos, abatidos em dois estágios de maturidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 26, n. 5, p. 1039-1047.

Jorge, A. M.; Andrighetto, C. Características de Carcaça de Bubalinos. In: *ZOOTEC 2005 - 24 a 27 de maio de 2005, Campo Grande. Anais...* Mato Grosso do Sul, 2005.

Maeda, E. M.; Zeoula, L. M.; Gomes, H. C. C.; Jacobi, G. Simioni, F. L.; Oliveira, R. A. 2011. Avaliação de indicadores usados nos estudos de ingestão e digestibilidade em bovinos e bubalinos. *Archivos de Zootecnia*, v. 60, n. 229, p. 123- 131.

Mertens, D. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC International*, v. 85, n. 6, p. 1217-1240.

Moletta, J. L.; Restle, J. 1994. Feedlot performance of cattle and buffalo steers. In: *IV World Buffalo Congress. Proceedings...*, v.II, São Paulo, Brazil. P. 110-112.

NRC. 2000. National Research Council. Nutrient requirements of beef cattle. 7th edition, revised. Washington, D.C.: National Academic Press, 248 p.

NRC. 1999. National Research Council. Arsenic in Drinking Water. Arsenic in Drinking Water. 1999; National Academy Press Washington DC p. 1-310.

Resende Júnior, J. C. et al. 2006. Effect of the feeding pattern on rumen wall morphology of cows and sheep. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. v.43, p. 526-536.

Russell, J. R.; et al. 2016. Influence of feed efficiency classification on diet digestibility and growth performance of beef steers. *Journal of Animal Science*, v.94, p.1610–1619. <http://doi.org/10.2527/jas2015-9949>.

Sakata, T.; Tamate, H. 1979. Rumen epithelial cell proliferation accelerated by rapid increase in intraruminal butyrate. *Journal of Dairy Science*. v. 61, p. 1109–1113.

Sideney J, Lyford J. 1993. Crecimiento y desarrollo del aparato digestivo de los Rumiantes. In: Chuch, D, editor. *El rumiante, fisiología digestiva y nutrición*. 1st ed. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A. p. 47-68.

Silva, F. M. 2017. Consumo alimentar residual (car) e digestibilidade da dieta de bubalinos de três grupos genéticos na fase de crescimento em confinamento. 2017. 62f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu.

Silva, M. E. T. 1997. Desempenho de búfalos confinados com dietas com diferentes relações de volumoso e concentrado. 1. Confinamento. In: XXXIV Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais..., Nutrição de Ruminantes, Juiz de Fora, MG, p. 314-316.

Tamate, H.; Fell, B. F. 1978. Cell deletion as a factor in the regulation of rumen epithelial populations. *Veterinary Science Communications*, Amsterdam, v.1, n.1, p. 359-364.

Tewatia, B. S.; Bhatia, S. K. 1998. Comparative ruminal biochemical and digestion related physiological characteristics in buffaloes and cattle fed a fibrous diet. *Buffalo Journal*, v.14, n.2, p.161- 170.

Wanapat, M.; Sriwattanasombat, P.; Chanthai, S. 1984. The utilization of diets containing untreated rice straw, urea-ammonia treated rice straw and water hyacinth. The utilization of fibrous agricultural residues as animal feeds, p. 155-165.

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

Item	% Matéria Seca (MS)
Ingredientes	
Silagem de milho	34,58
Milho grão moído	48,56
Farelo de algodão	13,83
Calcário Calcítico	0,30
Ureia	0,69
Sal Mineral ¹	2,05
Nutrientes²	
Matéria Seca ² , % MN	52,00
Proteína Metabolizável ² , % MS	14,60
Energia Metabolizável ² , Mcal/kg MS	1,68
Energia Líquida ² , Mcal/kg MS	1,07
Nutrientes Digestíveis Totais ² , % MS	71,00
Fibra em Detergente Neutro ² , %	32,80
FDN fisicamente efetiva ² , % MS	24,00
Cálcio ² , %	0,49
Fosforo ² , %	0,47
Amido, % MS	38,76

¹ Composição do Sal Mineral (kg do produto) 180g Ca, 80g P, 5g Mg, 17g S, 140g Na, 215 g Cl, 12mg Se, 650mg Cu, 826 mg Fe, 2400 mg Zn, 1500 mg Mn, 150 mg I, 80 mg Co, 900 mg Fl, 440 mg de monensina;

² Valores estimados pelo LRNS-CNCPS model versão 5.0.40 (Fox et al., 2004).

Tabela 2. Médias das variáveis de consumo, desempenho e eficiência alimentar dos três grupos genéticos de bubalinos terminados em confinamento.

Variáveis ¹	Grupo Genético			EPM	P
	Jafarabadi	Mediterrâneo	Murrah		
Peso inicial, kg	433,1 ^A	347,6 ^B	355,1 ^B	14,755	<0,001
Peso final, kg	562,81 ^A	482,19 ^B	463,75 ^B	17,374	<0,001
Peso, kg ^{0,75}	105,18 ^A	91,78 ^B	90,96 ^B	2,584	<0,001
GMD, kg/dia	1,57 ^A	1,60 ^A	1,29 ^B	0,070	<0,001
CMS, kg/dia	10,72 ^A	10,17 ^A	9,03 ^B	0,445	<0,001
CMS, % PV	2,14 ^B	2,47 ^A	2,21 ^B	0,001	<0,001
EA	0,15 ^B	0,16 ^A	0,14 ^B	0,005	0,025
CA	6,83 ^{AB}	6,36 ^B	7,09 ^A	0,255	0,038
Digestibilidade, %MS	68,50	66,97	69,28	1,197	0,149

¹ GMD: ganho médio diário; CMS: consumo de matéria seca; EA: Eficiência alimentar; CA: Conversão alimentar

Tabela 3. Médias das variáveis morfológicas e histológicas das papilas ruminais de três grupos genéticos de bubalinos terminados em confinamento.

Grupos genéticos de bubalinos terminados em conspurcamento.					
Variáveis ¹	Grupo Genético			EPM	P
	Jafarabadi N= 26	Mediterrâneo N= 26	Murrah N= 26		
<i>Morfológicas</i>					
Área da papila, mm ²	23,17	19,07	21,81	2,53	0,27
Largura da papila, mm	2,17	1,92	2,10	0,13	0,15
Altura da papila, mm	9,56	8,82	9,37	0,70	0,55
NMP, cm ²	56,48 ^B	66,31 ^A	58,04 ^B	13,88	0,09
AMP, cm ²	0,23	0,19	0,22	0,03	0,27
ASA, cm ²	13,38	12,59	13,78	1,51	0,73
RSPA, %	92,76	91,99	92,64	0,80	0,58
<i>Histológicas</i>					
Área da papila, mm ²	0,922	0,933	0,917	0,06	0,97
Altura da papila, mm	2,84	2,99	2,64	0,08	0,43
Largura da papila, mm	0,338 ^A	0,303 ^B	0,316 ^{AB}	0,16	0,09
Epitélio, µm	49,14 ^B	48,99 ^B	55,46 ^A	4,97	<0,01
Queratina, µm	10,69	9,83	10,37	0,48	0,20

¹ NMP: número médio de papilas por cm²; AMP: área média das papilas; ASA: área de superfície de absorção do epitélio ruminal; RSPA: representatividade das papilas na superfície absorptiva

Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística (P<0,05) ou tendência (P>0,05 e P≤0,10).

Tabela 4. Coeficientes de correlação parcial de Pearson referentes a digestibilidade da matéria seca e as variáveis histológicas e morfológicas da papila ruminal de três grupos genéticos de bubalinos terminados em confinamento.

Item		Variáveis histológicas					
		Número de papilas	Área da papila, mm ²	Altura da papila, µm	Largura da papila, µm	Epitélio, µm	Queratina, µm
Digestibilidade	r	0,06	0,04	-0,13	0,29	-0,02	-0,16
	P	0,75	0,83	0,51	0,12	0,94	0,40
		Variáveis morfológicas ¹					
		NMP	AMP, cm ²	ASA, cm ²	RSPA, %		
Digestibilidade	r	0,02	-0,12	-0,08	-0,10		
	P	0,92	0,52	0,68	0,60		

¹ NMP: número médio de papilas; AMP: área média das papilas; ASA: área de superfície de absorção do epitélio ruminal; RSPA: representatividade das papilas na superfície absorviva

Tabela 5. Avaliações histológicas expressas em porcentagem de ocorrência avaliadas na porção cranial do rúmen de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento.

Grupo Genético	N	Lesões, %				
		Normal	Leve	Moderada	Grave	Muito grave
Jafarabadi	26	3,85	26,92	30,77	23,08	15,38
Mediterrâneo	26	3,85	11,54	42,31	26,92	15,38
Murrah	26	11,54	30,77	19,23	19,23	19,23



Figura 1. Incubação *in situ* para quantificação dos teores de FDNi.



Figura 2. Corte e destaque de papilas para análises morfológicas.

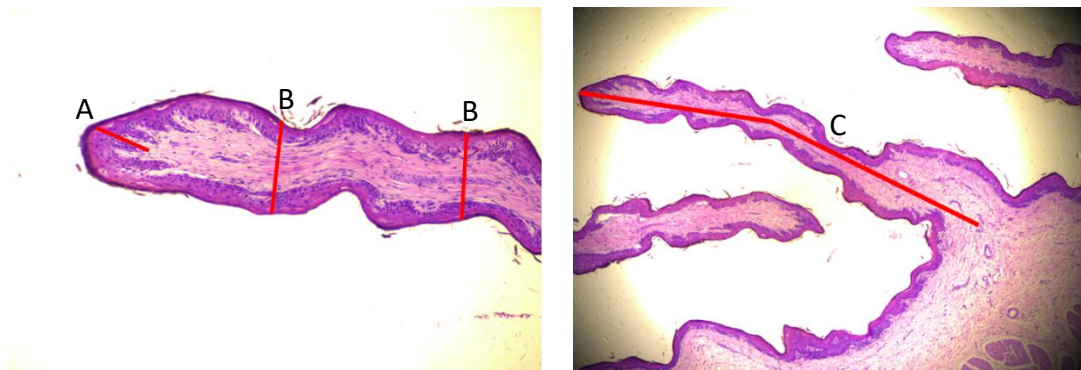


Figura 3. Cortes histológicos das papilas com marcações dos locais onde foram realizadas as medições de: espessura do epitélio (A), largura (B), altura (C).

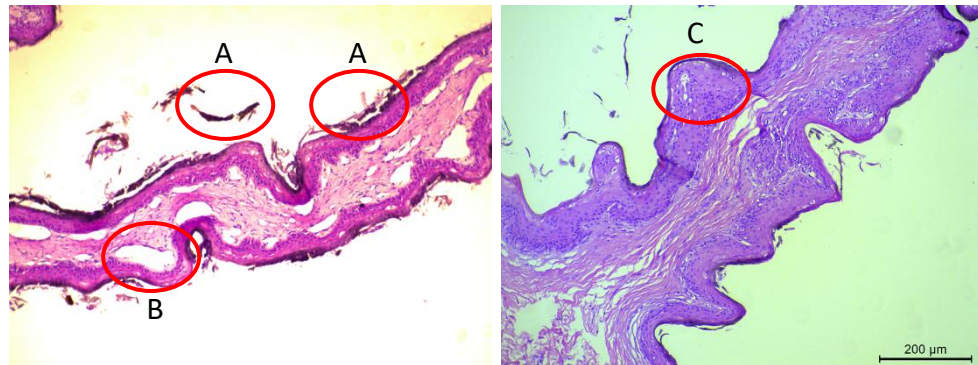


Figura 4. Papilas apresentando processos de degradação: desprendimento da queratina do epitélio (A), vacúolos (B), desproporção entre as camadas (C).

IV – IMPLICAÇÕES

Por ser recente, a produção de Bubalinos necessita de muitos estudos que elucidem o funcionamento do trato gastrointestinal desses animais nos diferentes e principais sistemas de produção utilizados.

Sistemas mais modernos, como o utilizado neste estudo, que são instrumentos da zootecnia de precisão e permitem uma maior facilidade na obtenção dos dados utilizando maior número de animais, tem auxiliado no desenvolvimento de pesquisas com menor interferência sobre os animais, pois permitem verificar consumo individual de alimento e água, além de peso diário e comportamento alimentar dos animais.

Estudos do ecossistema e morfologia ruminal com o uso de diferentes dietas para se avaliar a melhor opção para cada sistema produtivo são passos importantes para responder ao desempenho dos GG de Bubalinos e traçar além de um limite um objetivo a se chegar para potencializar a produção desses animais.

Dados de Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC), N-NH₃, pH, complementariam o presente estudo pois influenciam diretamente nas estruturas da mucosa ruminal.

A produção de bubalinos tende a ser mais econômica, principalmente comparada as produções à pasto de grandes ruminantes destinados a produção de corte. A inclusão de sistemas como confinamento que intensificam a produção para gerar produtos com qualidade em menor tempo e menor uso de concentrado comparado a outras produções, e devido as características dos bubalinos quanto a utilização das fibras e do amido, entram também como uma ótima opção aos produtores.

Por isso, evidenciar as particularidades e principais características produtivas destes animais é de extrema importância para difundir a espécie não só ao que diz respeito ao produtor como também as exigências do consumidor que deve conhecer o produto e seus benefícios para gerar demanda no mercado. Assim, a identidade dos bubalinos deve ser propagada e valorizada no mercado da carne.