

ANDRÉ COUTINHO FERNANDES

**Efeito do estresse térmico sobre
a seleção de dieta por bovinos**

Pirassununga

2005

ANDRÉ COUTINHO FERNANDES

**Efeito do estresse térmico sobre
a seleção de dieta por bovinos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição Animal

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues

Pirassununga

2005

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.1566 Fernandes, André Coutinho
FMVZ Efeito do estresse térmico sobre a seleção de dieta por
 bovinos / André Coutinho Fernandes. – Pirassununga : A. C.
 Fernandes, 2005.
 90 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo.
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de
Nutrição e Produção Animal, 2005.

Programa de Pós-graduação: Nutrição Animal.
Área de concentração: Nutrição Animal.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues.

1. Consumo de alimentos. 2. Dieta animal. 3. Estresse.
4. Ruminantes. I. Título.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"


Comissão Bioética

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Viabilidade da utilização da seleção da dieta como ferramenta para determinar as exigências nutricionais dos ruminantes. III. Efeito do estresse térmico sobre a seleção da dieta", Protocolo nº 36/2002, sob a responsabilidade do Prof.Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo sendo aprovado "ad referendum".

(We certify that the Research "Viability of the use of diet selection as a tool to determine the nutritional requirements of ruminants. III. Effects of thermal stress on diet selection" protocol number 36/2002, under the responsibility of Prof.Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Bioethic Commision of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechny of University of São Paulo and was approved "ad referendum" meeting.)

São Paulo, 21 de junho de 2002


Prof.ª Dr.ª Júlia Maria Matera
Presidente da Comissão de Bioética
FMVZ/USP

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: FERNANDES, André Coutinho

Título: Efeito do estresse térmico sobre a seleção de dieta por bovinos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Assinatura : _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Assinatura : _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Assinatura : _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

À minha querida mãe, Marizete, e ao meu querido pai, Sérgio, que com muito amor, incentivo e respeito me deram oportunidades para o meu crescimento pessoal e profissional,

Às minhas irmãs Lia e Lílian, e ao meu irmão Serginho, que são eternos amigos,

À minha amada esposa Cristiane, sempre companheira,

Dedico este trabalho, com todo o meu amor, respeito e gratidão!

Ao Professor Doutor Paulo Henrique Mazza Rodrigues, orientador sempre presente, pelo incentivo, paciência e confiança depositada em mim e por seus ensinamentos,

À Doutora Roberta Passini, à Mestre Fernanda Ferreira e à Pós Doutoranda Laura Borgatti pela ajuda e amizade,

Registro aqui meus mais sinceros agradecimentos!

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Félix Ribeiro de Lima e a todos os docentes do Departamento de Nutrição e Produção Animal (VNP),

A todos os funcionários do VNP e em especial às secretárias pela ajuda e socorro nos momentos necessários,

Aos profissionais, Gilmar e Everson, da seção do estábulo experimental, pelo cuidados com os animais,

À equipe do laboratório de bromatologia do VNP: Ari, pelos ensinamentos, Gilson, Simi e Isabel, pelos cuidados,

Aos funcionários das bibliotecas da FZEA e da FMVZ, em especial a bibliotecária Maria Cláudia Pestana (FMVZ), pelo auxílio com as pesquisas e com a formatação do trabalho,

À Paula Meyer, por sua gentileza em revisar as versões para a língua inglesa,

Ao pessoal da fábrica de ração do Campus Administrativo de Pirassununga,

A todos meus colegas de pós-graduação da FMVZ, pela amizade,

Aos animais 334, 255, 259, 323, 261, 247, Diana, 339, 266, 240 (Veinha), 325 e 238,

A todos os que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho,

Agradeço sinceramente!

RESUMO

FERNANDES, A. C. **Efeito do estresse térmico sobre a seleção de dieta por bovinos.** [Effect of heat stress on diet selection by bovine]. 2005. 90 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

Foi objetivo do presente estudo avaliar o efeito do estresse térmico sobre a seleção da dieta e digestibilidade dos nutrientes em bovinos através de um ensaio delineado inteiramente ao acaso, utilizando-se doze vacas secas, não gestantes e portadoras de cânulas ruminais. O ensaio foi conduzido no período de 20 dias e contou com dois tratamentos: conforto (galpão aberto, 21°C) e estresse (câmara climática, 38°C). Os alimentos oferecidos, separadamente e à vontade, foram cana-de-açúcar e uréia (14% PB) e concentrado a base de milho e farelo de soja (14% PB). A capacidade de seleção dos animais foi identificada através da comparação da dieta selecionada nos dois diferentes ambientes, dos parâmetros da fermentação ruminal e digestibilidade total obtida pelo marcador externo óxido de cromo. Os animais em estresse térmico reduziram em 22% o consumo de matéria seca (kgMS/dia) comparados aos mantidos em temperatura de conforto. A relação concentrado:volumoso escolhida não diferiu entre os tratamentos. Isto sugere que os animais reduziram a ingestão total de matéria seca sem alterar a concentração de energia e fibra das suas dietas, na tentativa de manter estável o ambiente ruminal. Quanto aos parâmetros ruminais, não houve diferença sobre a concentração total dos ácidos graxos voláteis, porcentagens molares dos ácidos acético, propiônico e butírico, relação acético/propiônico e pH ruminal. Foi observado aumento de 47% na concentração de N-amoniaco nos animais estressados. Esses achados sugerem que os animais, através da seleção de dietas, objetivam a manutenção de seu ambiente ótimo, corrigindo desbalanços e minimizando seu desconforto. Em contrapartida, houve redução na digestibilidade (49% para a matéria seca, 55% para a proteína bruta, 26% para extrativo não nitrogenado, 31% para

extrato etéreo, 44% para o amido e 52% para energia bruta) nos animais em estresse térmico, reduzindo assim a disponibilidade dos nutrientes da dieta pelos bovinos.

Palavras-chave: Ruminantes. Estresse. Digestibilidade. Dieta animal. Consumo de alimentos.

ABSTRACT

FERNANDES, A. C. **Effect of heat stress on diet selection by bovine.** [Efeito do estresse térmico sobre a seleção de dieta por bovinos]. 2005. 90 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

The effect of heat stress on diet selection of ruminants was studied in a completely randomized design with 12 fistulated dry cows. The trial was conducted in 20 days with two treatments: thermal comfort (open barn, 21°C) and heat stress (climatic chamber, 38°C). Feeds were offered separately and *ad libitum* and composed by sugar cane + urea (14% CP) and concentrate, based on corn + soybean meal (14% CP). The ability of bovine to select their diets was identified comparing the composition of diet selected, ruminal fermentation parameters and total tract digestibility (chromic oxide as external marker) in different environments. A decrease of 22% in total dry matter intake was observed for animals in heat stress compared to the ones in comfort environment. Concentrate:roughage ratio chosen was similar for both treatments. These data suggest that animals decreased dry matter intake without changing energy and fiber concentration in their diets, attempting maintain a stable ruminal environment. There was not difference on total volatile fatty acids production in the rumen, molar percentage of acetate, propionate and butirate, acetate/propionate ratio and ruminal pH. Ammoniacal-N concentration in the rumen was 47% higher for stressed than for comfort animals. This indicates that animals do make wise choices in order to maintain an ideal ruminal environment. However, there was a decrease in digestibility (49% for dry matter, 55% for crude protein, 26% for nitrogen-free extractive, 31% for ether extract, 44%

for starch and 52% for gross energy) for animals in stress, reducing the availability of nutrients for bovine.

Key words: Ruminant. Heat stress. Digestibility. Diet choice. Voluntary intake.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO II

FIGURA 1 - Consumo de matéria seca (kg/dia), nos diferentes ambientes, durante o experimento	62
FIGURA 2 - Porcentagem de concentrado consumido nos diferentes tratamentos, com base na MS	64
FIGURA 3 - Gráfico cumulativo do consumo individual dos animais em estresse, ao longo dos dias (kg de MS/dia)	65
FIGURA 4 - Gráfico cumulativo do consumo individual dos animais em conforto térmico, ao longo dos dias (kg de MS/dia)	66

CAPÍTULO III

FIGURA 1 - Médias de pH ruminal nos diferentes tratamentos, ao longo dos dias	83
FIGURA 2 - Relação entre os ácidos acético (C ₂) e propiônico (C ₃) nos diferentes tratamentos, ao longo do período experimental	83
FIGURA 3 - Média da concentração de nitrogênio amoniacal nos diferentes tratamentos, ao longo do período experimental	84

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

TABELA 1 - Valores médios e a variação (valores máximos e mínimos) observados para as variáveis climáticas e índices de conforto térmico nos diferentes ambientes.....	59
TABELA 2 - Médias do consumo diário, nos últimos 4 dias, dos nutrientes pela seleção dos alimentos nos diferentes tratamentos, com os coeficientes de variação (CV) e probabilidades estatísticas (Prob.)	60

CAPÍTULO III

TABELA 1 - Valores médios e a variação (valores máximos e mínimos) observados para as variáveis climáticas e índices de conforto térmico nos diferentes ambientes.....	80
TABELA 2 - Concentração total de AGVs no líquido ruminal, porcentagens molares dos ácidos acético, propiônico e butírico, relação acético/propiônico, pH ruminal e concentração de N-amoniaco no rúmen, nos diferentes tratamentos, com os coeficientes de variação (CV) e probabilidades estatísticas	81

TABELA 3 - Médias da digestibilidade aparente da matéria seca da dieta e suas frações, nos diferentes tratamentos, com os erros padrão da média (EPM) e probabilidades estatísticas (Prob.).....

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGVs	ácidos graxos voláteis
CV	coeficiente de variação
DAM	digestibilidade do amido
DEB	digestibilidade da energia bruta
DEE	digestibilidade do extrato etéreo
DENN	digestibilidade do extrativo não nitrogenado
DFB	digestibilidade da fibra bruta
DFDA	digestibilidade da fibra em detergente ácido
DFDN	digestibilidade da fibra em detergente neutro
DMS	digestibilidade da matéria seca
DPB	digestibilidade da proteína bruta
EE	extrato etéreo
ENN	extrativo não nitrogenado
EPM	erro padrão da média
FB	fibra bruta
FDA	fibra em detergente ácido
FDN	fibra em detergente neutro
ITGU	índice de temperatura de globo e umidade
ITU	índice de temperatura e umidade
MS	matéria seca
NDT	nutrientes digestíveis totais
N-NH ₃	nitrogênio amoniacal
NS	não significativo

PB	proteína bruta
Prob.	probabilidade
SNC	sistema nervoso central
TGI	trato gastrointestinal
Trat.	tratamento

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	SELEÇÃO DE DIETA	20
2.1.1	Teoria da seleção de dieta	21
2.1.2	Evidências da seleção de dieta	22
2.1.3	Pré-requisitos para seleção de dieta	23
2.1.4	O processo de aprendizagem na escolha de alimentos	24
2.1.5	Teoria do desconforto total mínimo	28
2.1.6	Limitações à seleção de dieta	29
2.1.7	Integração do aprendizado e sinais metabólicos dentro da teoria de ingestão e escolha dietária dos alimentos	31
2.1.8	Seleção não aleatória de dieta	32
2.1.9	Influência do rúmen no processo de escolha pelos ruminantes	34
3	CONTROLE DA INGESTÃO DE ALIMENTOS	37
	REFERÊNCIAS	44

CAPÍTULO II

1	INTRODUÇÃO	54
2	MATERIAL E MÉTODOS	56
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4	CONCLUSÕES.....	67
	REFERÊNCIAS	68

CAPÍTULO III

1	INTRODUÇÃO	74
2	MATERIAL E MÉTODOS	76
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
4	CONCLUSÕES.....	87
	REFERÊNCIAS	88

CAPÍTULO IV

1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
---	----------------------------------	----

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

Muitos pesquisadores vêm realizando estudos no esforço de confirmar a hipótese de que os animais conseguem fazer escolhas alimentares inteligentes. Tais escolhas não seriam baseadas apenas nas exigências nutricionais, como se acreditava, mas também no que o animal julga ser melhor para seu próprio organismo, sob o aspecto de mantê-lo em conforto ou desconforto mínimo.

A fim de se testar a hipótese da seleção de dieta, alguns modelos experimentais foram criados. Aves, por exemplo, foram utilizadas desde o começo de século XX, quando se começou a explorar a idéia. Animais de laboratório também serviram aos pesquisadores, pela praticidade em seu uso.

Atualmente, o foco destes ensaios recaiu sobre os animais de produção (aves poedeiras, frangos de corte, suínos, ovinos e bovinos) por sua importância econômica e pelo impacto ambiental da produção animal, hoje, sobre o mundo. Os experimentos geralmente são realizados por grupos de pesquisa sediados em alguns países como Inglaterra, Escócia, Estados Unidos e Austrália.

Este estudo objetivou relacionar a idéia de seleção de dieta, não em função do conteúdo protéico ou da disponibilidade energética, e sim da relação da seleção da dieta em função do conforto ou estresse térmico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SELEÇÃO DE DIETA

Nos modernos sistemas de criação, os animais normalmente recebem os alimentos misturados ou em quantidades predeterminadas. Esta não é a situação na qual a maioria das espécies está adaptada e pode ser considerada antinatural. Os ancestrais de nossos animais domésticos sempre tiveram oportunidade de selecionar uma ampla variedade de alimentos e, obviamente, eram capazes de balancear uma mistura que garantisse seu desenvolvimento e reprodução. É possível que ingerindo uma grande quantidade de alimentos pudessem obter nutrientes suficientes para a sobrevivência, mas talvez fosse insuficiente em algumas situações como, por exemplo, quando fontes tóxicas de alimentos eram uma parte significativa do alimento disponível. Isso explica o fato de algumas espécies terem se especializado em consumir apenas um tipo de alimento (seleção de dieta inata). Entretanto, a maioria das espécies, entre elas os ruminantes, consome uma variedade de alimentos e devem aprender suas propriedades (FORBES, 1995).

Segundo Forbes (1995), muitas são as oportunidades para a aplicação da seleção de dieta, seja nos campos científico ou profissional. A percepção de que é necessário que os animais estejam aptos a perceberem os diferentes valores nutricionais dos alimentos por suas características organolépticas e a necessidade de aprenderem a relacionar tais características com as conseqüências metabólicas da ingestão dos mesmos torna possível vislumbrar que um apetite específico para cada nutriente pode ser desenvolvido. No momento, há mais certeza de que este argumento possa ser usado em uma situação de escolha de alimentos para melhorar o balanço entre as exigências do animal e o que o mesmo ingere.

A compreensão de como a seleção da dieta e a ingestão de alimentos são controladas são preocupações importantes nos campos da nutrição, fisiologia e psicologia. No caso dos ruminantes, há duas razões para o interesse no assunto: a complexidade de seu sistema digestivo, com conseqüentes peculiaridades metabólicas, e sua importância ecológica e agropecuária (econômica).

2.1.1 Teoria da seleção de dieta

Os princípios de seleção de dieta foram descritos por Emmans (1991). Quando são consideradas duas propriedades nutricionais de dois alimentos como as proporções destes dois alimentos necessárias para atender as exigências nutricionais do animal destes dois nutrientes, pode-se imaginar uma linha reta. Nos extremos desta linha, podem estar dois nutrientes como, por exemplo, energia e proteína. Se houver dois alimentos que se situam no meio de tal linha, qualquer mistura destes dois alimentos satisfará o animal de sua exigência protéico-energética. Porém, se houver a combinação de dois alimentos que estejam perto do pólo energético (ricos em energia), não haverá combinação possível destes dois que possa satisfazer o animal de sua exigência protéica. Se houver o oferecimento de dois alimentos, um rico em proteína e outro em energia, o animal poderá escolher proporções destes dois a fim de atender as suas exigências.

Conforme vão se acrescentando nutrientes, este modelo geométrico ganha dimensões. Assim, quando são levados em conta às exigências animais para minerais a figura torna-se um triângulo, quando se adicionam à energia e proteína exigências para cálcio e fósforo a figura torna-se um tetraedro (quatro vértices) e assim sucessivamente. Para que se elabore um

experimento para se testar a hipótese de seleção de um nutriente é necessário que pelo menos um alimento oferecido seja pobre neste nutriente estudado.

2.1.2 Evidências da seleção de dieta

Evidências consideráveis foram sendo acumuladas por diversos estudos feitos com animais de laboratório que puderam escolher sua dieta em função de acesso a alguns alimentos diferentes. Tais experimentos vêm sendo mais recentemente repetidos com animais de produção.

Já no início do século, Kempster (1916) e Rugg (1925) observaram que poedeiras que tinham acesso à escolha de alimentos puderam balancear sua própria ração; estes animais produziram mais ovos que aqueles que eram submetidos ao manejo nutricional tradicional (uma única ração). Poedeiras jovens, frangos de corte e perus jovens também mostraram habilidade de balancearem suas próprias dietas a partir de acesso a certos alimentos que, quando oferecidos sozinhos, não atendiam as exigências nutricionais dos animais em questão, segundo Forbes e Shariatmadari (1994). Frangos de corte conseguiram selecionar sua dieta a partir do acesso a nove diferentes gêneros alimentares, que proviam os animais de proporções similares dos nutrientes às que eram recomendadas, segundo Rose e Kyriazakis (1991).

Estudo realizado com suínos por Kyriazakis, Emmans e Whittemore (1990) mostra que quando eram oferecidos dois alimentos aos animais, um com nível alto de proteína e outro com nível baixo, eles eram capazes de consumir uma mistura dos dois que garantisse o nível de proteína adequado para sua exigência. Já quando os dois alimentos possuíam níveis baixos de proteína havia a ingestão do que possuía a maior quantidade. Quando havia o oferecimento

de dois alimentos com altos níveis de proteína, os animais se alimentaram preferencialmente pelo alimento que possuía o menor nível, talvez pela sobrecarga metabólica da excreção de compostos nitrogenados.

Em ovinos, o estudo de Glimp (1971) mostrou que cordeiros em crescimento com acesso a diferentes alimentos que possuíam diferentes níveis de energia aprenderam a selecionar o alimento mais energético, no caso, o que mais atendia sua exigência nutricional.

2.1.3 Pré-requisitos para seleção de dieta

Segundo Forbes (1995), há a necessidade de diferenciação sensorial dos alimentos por parte do animal. Assim, um nutriente que seja exigido em quantidades pequenas e que seja incolor ou insípido deverá ser colorido ou flavorizado para sinalizar ao animal. Um exemplo é se um determinado aminoácido se apresenta em excesso em um alimento e em outro é deficiente.

O treinamento ou condicionamento também é um aspecto necessário no processo de aprendizagem de escolha de alimentos. Dar tempo e oportunidades para que os animais escolham sua dieta é condição para que aprendam a associar sentidos e experiências alimentares (FORBES, 1995).

2.1.4 O processo de aprendizagem na escolha dos alimentos

Há fortes evidências de que os animais podem aprender a associar o gosto, o cheiro e a cor dos alimentos com as sensações que sentiram quando provaram tais alimentos. Esta é uma habilidade poderosa que permite aos animais selecionarem dentre uma variedade de alimentos a combinação que melhor atende suas exigências nutricionais. Segundo Holder (1991), o gosto e o cheiro são os dois sentidos mais importantes no momento da refeição. A visão e a audição são importantes para aves, enquanto que para mamíferos não têm grande participação no processo de escolha. Esta conclusão pôde ser extraída de alguns trabalhos, como o realizado por Wilcoxon, Dragoin e Kral (1971), no qual foram oferecidas a codornas e ratos uma solução com substância tóxica de sabor azedo e colorida de azul. Em etapa posterior duas soluções eram oferecidas aos animais: uma, colorida de azul, e a outra, adicionada de flavorizante azedo. Os ratos evitaram a solução azeda, enquanto que as codornas evitaram a solução azul, fato que demonstra que cada um associou a presença da toxina com uma sensação. Outros trabalhos ratificam estas conclusões com aves, para as quais a cor é um forte estímulo para desencadear aversões aprendidas (MARTIN; BELLINGHAM; STORLIEN, 1977) e preferências (KUTLU; FORBES, 1993), bem como ovinos, que utilizam mais o olfato que a visão, pois identificam forragens mesmo com os olhos vendados (ARNOLD, 1966).

O sabor também é um estímulo muito forte para associação com as propriedades nutritivas dos alimentos e na sua identificação (SCOTT, 1992). Como existem alimentos com sabor atraente aos animais, porém potencialmente tóxicos, os animais acabam, por tentativa e

erro, relacionando ao longo de suas vidas aqueles que se mostram mais nutritivos (STEPHENS; KREBS, 1986). Os bovinos identificam sabores melhor do que os ovinos (GOATCHER; CHURCH, 1970). Em novilhas, concentrados ricos em farinha de carne e ossos foram mais aceitos quando flavorizantes foram adicionados, como extrato de plantas, de laticínios ou melão (ARAVE; PURCELL; ENGSTROM, 1989). Um flavorizante pode aumentar a ingestão por um curto período, mas Frederick, Forbes e Johnson (1988) conseguiram maior duração utilizando flavorizante comercial com predomínio de laranja em silagem oferecida para vacas leiteiras (WELLER; PHIPPS, 1989). Apesar dos resultados obtidos com flavorizantes, os estímulos naturais são mais efetivos em desencadear respostas, quando comparados a situações artificiais (JOHNSON; BOLHIUS; HORN, 1985).

Neste contexto, insere-se o conceito de palatabilidade, que deve ser explicada como uma característica fixa do alimento. Engloba seu sabor, cor, textura e possivelmente até o ambiente em que o alimento normalmente é consumido, segundo Forbes (2001). É mais inerente ao animal que ao alimento, já que depende da experiência que este animal possui (FORBES, 1995). A tal palatabilidade, porém, não deve ser atribuído todo o processo de escolha dos alimentos. Um exemplo de que a palatabilidade não determinou o processo de escolha de alimentos foi o trabalho realizado por Blair e Fitzsimons (1970) com leitões. Aos animais foi oferecido alimento com Bitrex, a substância de gosto mais amargo ao paladar do ser humano. Em um primeiro momento, os animais pararam de comer; porém, ao ficarem com fome e percebendo que o alimento tinha apenas um gosto ruim, mas era saudável, alimentaram-se normalmente três dias depois da adição de Bitrex. Logo, um alimento ruim ao paladar tornou-se palatável em alguns dias. Gherardi e Black (1991) confirmam este estudo, afirmando que a adição de substâncias químicas desagradáveis em um alimento não influencia a palatabilidade do mesmo isoladamente, mas tem efeitos marcantes na ingestão quando há possibilidade de escolha.

Há algumas atribuições inadequadas à palatabilidade. Algumas vezes, o animal pretere um determinado alimento pelo fato de este não satisfazê-lo nutricionalmente e não pela baixa palatabilidade do mesmo. Para diferenciar o que é efeito metabólico e o que é efeito da palatabilidade foi proposto por Greenhalgh e Reid (1967) um experimento no qual ofereceram palha ou feno às ovelhas. Quantidades iguais do mesmo alimento que estava sendo administrado pela boca eram administradas via fístula ruminal. Quando a palha era oferecida oralmente e feno ruminalmente, a ingestão foi mais baixa, bem como a digestibilidade, quando comparada com o tratamento inverso. Isto demonstra uma forte influência da palatabilidade sobre a ingestão voluntária. Ovelhas gestantes consumiram pouco menos de uma silagem de baixa qualidade quando oferecida isoladamente, em relação a outras duas apresentando qualidade melhor, mas bem menos quando oferecidas juntas, possibilitando a escolha (FORBES; REES; BOAZ, 1967).

Outro sentido envolvido na escolha dos alimentos é o olfato. A bulbectomia em suínos não afetou a seleção de alimentos, mas talvez os animais já tivessem aprendido a localizar o alimento por exploração (BALDWIN; COOPER, 1979). Da mesma forma, o odor talvez não seja tão importante para ruminantes, pois ovinos bulbectomizados não alteravam sua ingestão (MCLAUGHLIN; BALDWIN; BAILE, 1974). Ruminantes carentes em sal podem detectar cheiro deste nutriente, embora este não seja volátil (BELL; SLY, 1983). Segundo Forbes (2002) o odor isolado de um alimento não influencia o nível de ingestão, mas sim a identificação de um alimento em meio a outros (informação verbal)¹.

¹ Informação fornecida por Forbes durante aula teórico-expositiva da disciplina “Balanços Nutricionais”, fornecida pelo curso de pós-graduação do Departamento de Nutrição e Produção Animal da FMVZ/USP, Pirassununga, SP, 2002.

A textura do alimento também exerce forte influência no seu reconhecimento pelo animal. Compreendendo-se o papel dos sentidos no processo de aprendizagem dos alimentos, conclui-se que há uma complexa interação entre visão, olfato, paladar e textura, chamada contraste dinâmico, que ajuda o animal a lembrar o quanto de alimento deve ser ingerido para satisfação do organismo (HYDE; WITHERLY, 1993).

No processo de aprendizagem, há de se considerar o fator social como ferramenta de escolha dos animais. Em estudo com ovinos, Green et al. (1984) observaram que cordeiros aceitavam muito mais facilmente grãos de trigo, quando viam suas mães alimentando-se do mesmo, do que cordeiros que não tiveram a mesma experiência. Forbes (2002) afirma que há evidências de que animais em grupo influenciam uns aos outros quanto às preferências, principalmente por sabores específicos transmitidos através do leite para as crias ou através da experiência de animais já adaptados a certos alimentos frente aos novatos (informação verbal)².

Vacas alimentadas em grupo consumiram 7% mais ração completa quando comparadas com vacas alimentadas isoladamente, embora as alterações na produção não tenham sido significativas (PHIPPS; BINES; COOPER, 1983). No entanto, pode haver competição entre animais alojados em grupo, já que bezerros dominantes apresentam maior ingestão de matéria seca e têm maior ganho de peso que os animais submissos (BROOM, 1982). Lawrence e Wood-Gush (1988), trabalhando com cordeiros a campo, observaram que os mais jovens tendem a formar blocos separados dos mais velhos, sendo que estes últimos consomem mais pasto e são mais agressivos, forçando os menores a tomar esta atitude de defesa.

² Informação fornecida por Forbes durante aula teórico-expositiva da disciplina “Balanços Nutricionais”, fornecida pelo curso de pós-graduação do Departamento de Nutrição e Produção Animal da FMVZ/USP, Pirassununga, SP, 2002.

2.1.5 Teoria do desconforto total mínimo

Uma teoria vem sendo estudada por diversos pesquisadores que afirmam que os animais se alimentam para minimizar seu desconforto, comendo mais ou menos de determinado nutriente. Esta teoria vem tomando consistência com o fato de que diversos sinais de retroalimentação negativos chegam ao sistema nervoso central e são integrados pelo mesmo de maneira aditiva (FORBES, 2001).

Algumas considerações foram sendo incorporadas em um modelo de ingestão de alimentos, descrito por Forbes (1999) e por Forbes e Provenza (2000), que se baseia nas seguintes premissas:

- a. as exigências nutricionais são determinadas pelo potencial genético dos animais;
- b. deficiência ou excesso de um ou mais componentes dos alimentos gerarão desconforto relacionado à magnitude do desvio da exigência de tal nutriente;
- c. a integração de todos os desconfortos gerados por todos os alimentos forma um sinal de desconforto total;
- d. ingestão e/ou seleção de alimentos mudam de acordo com a necessidade de o animal minimizar seu desconforto e
- e. os animais aprendem a associar as propriedades organolépticas dos alimentos com o desconforto gerado após a ingestão dos mesmos.

Para se utilizar tal modelo é necessário que seja decidido quais nutrientes serão levados em consideração. Forbes (2001) considera em exemplo a produção energética advinda da digestão de um alimento, seu conteúdo fibroso e o tempo gasto para sua ingestão, considerando um grupo de ovelhas a pasto. Neste exemplo, há a compreensão de que os animais necessitavam de uma quantidade do alimento superior àquela limite que causaria

desconforto nos mesmos. O modelo propõe a determinação da quantidade de alimento que não causaria desconforto e nem prejudicaria as exigências nutricionais dos animais.

2.1.6 Limitações à seleção de dieta

Algumas substâncias podem agir como fator limitante da seleção de dieta, como descreveu Forbes (1995).

As toxinas são substâncias que causam sinais de desconforto ou aversão, seja por sua própria toxicidade, seja por sabor amargo, como, por exemplo, o tanino. Dietas que possuíam em sua composição a canola eram rejeitadas pelos animais até mesmo quando os glicosinolatos (substâncias tóxicas) estavam presentes em menor quantidade devido ao desenvolvimento de genótipos da planta com menor concentração do composto (FORBES, 1995).

O rúmen pode reduzir as chances de que um alimento contendo toxinas seja associado negativamente, tanto pelo período longo de permanência deste alimento no mesmo, como pela ação da atividade microbiana (THORHALLSDOTTIR; PROVENZA; RALPH, 1987). Entretanto, este órgão também pode prolongar o período no qual tal toxina fica disponível para ser absorvida pelo organismo (ZAHORIK; HOUPPT, 1981). Novilhas que receberam altas doses de uréia na ração recusaram a mesma mesmo após a retirada da uréia, demonstrando que desenvolveram uma aversão devida à toxidez (CHALUPA et al., 1979).

Launchbaugh, Provenza e Burritt (1993) flavorizaram arroz e trigo com canela e ofereceram a cordeiros. Quando um dos alimentos foi associado ao cloreto de lítio, a aversão ocorreu para ambos os flavorizantes, parecendo estar associada tanto ao olfato como paladar.

A neofobia é outro limitante de seleção de dieta. Os animais costumam ter receio de ingerir alimentos estranhos a seu costume, alimentos novos na dieta. Ratos preferem alimentar-se de alimentos conhecidos em detrimento do que precisam. Por exemplo, se já conhecem a gordura e precisam de proteína, comerão gordura e rechaçarão a proteína, como mostra estudo de Reed, Friedman e Tordoff (1992).

Além de aprender a reconhecer alimentos que os façam se sentir desconfortáveis, os animais também associam os alimentos a sensações prazerosas. Frangos preferiram, como observado por Kutlu e Forbes (1993), alimentos coloridos associados ao ácido ascórbico quando a exigência desta vitamina foi aumentada devido a um estresse térmico.

A experiência prévia com um alimento pode marcar a memória de maneira bastante intensa. Ovelhas que receberam 10g diário de um certo suplemento consumiram-no prontamente após três anos da parada desta suplementação (GREEN et al., 1984). Também se observou que cabras que já haviam estado em regiões secas de vegetação arbustiva pastaram mais rápida e eficientemente que as soltas pela primeira vez neste ambiente (ORTEGA-REYS; PROVENZA, 1993).

Assim, essas associações aprendidas formam a base da habilidade para fazer escolhas apropriadas quando há chance de escolha de alimento, o que é muito importante para se determinar o quanto de um alimento isolado será ingerido.

2.1.7 Integração do aprendizado e sinais metabólicos dentro da teoria de escolha dietária e ingestão de alimentos

Há de se ter uma conexão entre o que o animal aprende e o reflexo que este aprendizado teve em seu organismo, sob a forma de sinais. Todo nutriente é capaz de funcionar como toxina se estiver em excesso e da mesma forma, uma deficiência pode desencadear uma aversão (FORBES, 1998). Alguns exemplos entre aprendizado e seu reflexo no organismo são apresentados em estudos com proteína (KYRIAZAKIS; OLDHAM, 1993) e energia (BURRITT; PROVENZA, 1992).

Existe também a associação entre o sabor e o valor nutritivo dos alimentos. Villalba e Provenza (1997b) demonstraram preferência por palha flavorizada associada com administração ruminal de amido (2,5 a 9,4% da energia digestível diária), mesmo depois de oito semanas de término das infusões. Os mesmos autores demonstraram que os animais apresentam forte preferência por dieta flavorizada associada com administração de propionato (VILLALBA; PROVENZA, 1997a).

Sinclair et al. (1993) propuseram que certos tipos de dietas podem provocar desbalanço entre energia e proteína em diferentes períodos ao longo do dia, mesmo que esta seja balanceada no final de um dia de consumo.

Cooper, Kyriazakis e Oldham (1994) ofereceram dietas com alta e baixa proteína para ovelhas prenhes e não prenhes, ambas com alta energia. As prenhes selecionaram a dieta de alta proteína muito mais que as não prenhes. Entretanto, quando a dieta era de baixa energia todas escolheram alta proteína, sendo as ovelhas prenhes ou não.

Se for verdade que os animais se alimentam para minimizar o desconforto, então mudanças no fornecimento de nutrientes para os tecidos deveriam levar a uma mudança na seleção de dietas.

2.1.8 Seleção não aleatória da dieta

As diferentes espécies podem confiar em poucos alimentos para seu sustento e o reconhecimento pode ser geneticamente pré-determinado ou os animais podem aprender pela experiência quais alimentos são palatáveis e nutritivos, se têm acesso a uma ampla escolha.

Em suínos, foi demonstrada por Kyriazakis, Emmans e Whittemore (1990) uma escolha entre dois alimentos contendo diferentes porcentagens de proteína. Se uma dieta continha altos níveis de proteína e a outra baixos níveis, os animais selecionavam um pouco de cada, de forma que consumissem uma dieta com 20% de proteína bruta. Quando as duas eram baixas em proteína, ingeriam mais, tentando compensar pela quantidade. Friend (1970) demonstrou que marrãs prenhes aumentavam o consumo de concentrado protéico em detrimento de *pellets* de cereais conforme avançava a gestação, evidenciando que a exigência de proteína aumentava.

Cropper, Loyd e Emmans (1985) e Hou et al. (1991) demonstraram, em ovelhas, que há uma seleção de proporções de alimentos ricos e pobres em proteína de forma a garantir o preenchimento de suas exigências para crescimento. Mesmo tendo que enfrentar uma bateria de trinta combinações, os animais conseguiram balancear a dieta.

Os animais podem ser treinados a associar diferenças nas propriedades de cada alimento. Kyriazakis, Emmans e Whittemore (1990) treinaram suínos em crescimento para diferenciar entre uma ração rica e pobre em proteína, oferecendo-lhes as rações separadamente em dias alternados por uma semana antes do teste de escolha. Shariatmadari e Forbes (1990) usaram um sistema similar com frangos, mas com tempo menor, sendo uma ração oferecida de manhã e outra à tarde, já que esses animais possuem maior taxa de reposição de nutrientes.

Tolkamp e Kyriazakis (1997), estudando em vacas leiteiras o processo de escolha entre duas dietas que diferiam em seu conteúdo protéico, concluíram que os animais escolheram a dieta mais adequada a eles e que esta escolha diferiu significativamente de um fato aleatório. Este fato é confirmado por Tolkamp et al. (1998) que também trabalharam com diferentes níveis de proteína como critério de seleção de dieta e Lawson, Redfern e Forbes (2000), trabalhando com proteína não degradável no rúmen.

Weller e Phipps (1985b), oferecendo silagens de milho ou de gramíneas para novilhas, notaram que o consumo médio foi ao redor de 40% de silagem de gramíneas e 60% para silagem de milho. A ingestão e a produção de leite foram significativamente maior nas novilhas que tiveram chance de escolha ou nas que receberam silagem de milho, comparado com as que consumiram silagem de gramíneas. Os mesmos autores (WELLER; PHIPPS, 1985a) ofereceram para metade de um grupo de vacas uma mistura de silagem de gramíneas e silagem de milho, onde a silagem de gramínea era de boa qualidade, e para outra metade uma mistura em que esta silagem era de baixa qualidade. O consumo de matéria seca foi maior quando puderam escolher, comparado com o oferecimento de apenas silagem de gramínea, sendo que a mistura com silagem de gramínea de boa qualidade teve maior preferência. Mesmo com a silagem de gramínea de alta qualidade, o oferecimento de silagem de milho aumentou o desempenho na produção de leite.

2.1.9 Influência do rúmen no processo de escolha pelos ruminantes

As razões para baixo consumo de forragens podem incluir falta de proteína (baixos níveis, como na silagem de milho) ou falta de carboidratos solúveis. A dieta, então, deve providenciar não apenas nitrogênio suficiente, como deve também providenciar proteína que escape da degradação ruminal (fornecimento de aminoácidos essenciais).

Tolkamp e Kyriazakis (1997) evidenciaram que uma ração completa com baixo nível de proteína deprimiu a ingestão e a produção, porém quando oferecida juntamente com outra ração apresentando alto nível de proteína, possibilitando a escolha, a preferência foi pela última em mais de 50%.

A dieta de qualquer ruminante deve fornecer nitrogênio suficiente na forma de amônia (proteína altamente degradável ou nitrogênio não-protéico) para a atividade e o crescimento microbiano no rúmen, e também proteína que escape dessa degradação ruminal para oferecer os aminoácidos essenciais não supridos pela proteína microbiana. Se o equilíbrio for ótimo entre a proteína degradável e a não-degradável não há necessidade de se fornecer quantidades de proteína maiores que as recomendadas (NRC, 1989).

Uma alternativa para se balancear corretamente uma dieta é fazer com que o próprio animal escolha seus alimentos. Há evidências de que podem escolher quantidades diferentes de dois ou mais alimentos nas proporções corretas, pois são capazes de associar as propriedades sensoriais do alimento ao seu efeito no organismo, algo facilmente demonstrável em monogástricos (FORBES, 1995). Nos ruminantes, os alimentos permanecem muito tempo no trato gastrintestinal e são completamente misturados no rúmen, tornando difícil essa associação. Porém, foi demonstrado que ovelhas preferem alimentos nutritivos e rejeitam

dietas desbalanceadas (COOPER; KYRIAZAKIS; NOLAN,1995; KYARIAZAKIS; OLDHAM, 1993).

Estudos com vacas leiteiras demonstraram que esses animais podem escolher entre dois alimentos com propriedades diferentes. Quando oferecido feno e silagem de milho, a última era consumida cada vez mais, conforme piorava a qualidade do primeiro (WELLER; PHIPPS, 1985b).

Tolkamp e Kyriazakis (1997), oferecendo para vacas leiteiras duas rações completas baseadas em silagem de milho, uma com excesso de proteína em relação à energia e a outra com falta, observaram que, embora a dieta de baixa proteína diminuísse a ingestão e a produção se fornecida sozinha, teve seu consumo apenas ligeiramente menor que a de alta proteína, sugerindo que a escolha ocorre visando evitar um excesso de nitrogênio em relação à energia.

Quando permitida a escolha, observa-se que as vacas consomem ligeiramente maior quantidade de alimentação do que quando recebem os alimentos misturados, com aumento ainda maior do consumo quando oferecida uma grande variedade de alimentos (REID, 1965).

Kyriazakis e Oldham (1997) ofereceram dietas rápida ou lentamente fermentescíveis associadas com proteína de alta ou baixa degradabilidade ruminal para ovelhas. A escolha da dieta contendo proteína mais degradável foi associada à seleção da fonte de carboidrato rapidamente fermentescível, evidenciando a hipótese que os ruminantes aprendem a associar dietas que minimizam desbalanços metabólicos.

Cooper, Kyriazakis e Nolan (1995) demonstraram que ovelhas reduziram seu consumo de dieta de alta energia, mas mantiveram a de baixa energia, quando foi administrado ácido ou álcali no rúmen, aumentando a osmolaridade ruminal, concluindo que os animais estavam tentando manter a estabilidade deste órgão. Cooper, Kyriazakis e Oldham (1996) relataram maior escolha de dieta com alta energia quando bicarbonato foi incluído.

Phy e Provenza (1998) induziram aversão acentuada ao sobrecarregar o rúmen, mas isso foi prevenido quando bicarbonato ou lasalocida foram incluídos, confirmando que a seleção da dieta caminha em direção da estabilização das condições do rúmen.

Espera-se que em animais ruminantes haja influência dos produtos de fermentação ruminal na seleção da dieta. Azahan e Forbes (1992) administrando acetato ou cloreto de sódio diretamente no rúmen de ovelhas, encontraram redução no consumo de concentrados, mas não em feno.

Disto posto, conclui-se que a observação das vias de seleção mostra que o comportamento do animal que escolhe não sofre desvios bruscos, embora sejam observadas pequenas variações para um dado alimento ou outro, o que sustenta a idéia de que cada animal faz ponderações sobre a sua escolha, mesmo que seja para continuar ingerindo o mesmo alimento.

Segundo Forbes (2002), embora os caminhos da seleção da dieta pareçam simples, há flutuações diárias que revelam a necessidade por parte dos animais de explorar seus alimentos, permitindo que aprendam quais podem preencher suas exigências nutricionais (informação verbal)³.

³ Informação fornecida por Forbes durante aula teórico-expositiva da disciplina “Balanços Nutricionais”, fornecida pelo curso de pós-graduação do Departamento de Nutrição e Produção Animal da FMVZ/USP, Pirassununga, SP, 2002.

3 CONTROLE DE INGESTÃO DE ALIMENTOS

O estudo da ingestão de alimentos teve grande incremento nas últimas décadas, estimulando vários pesquisadores a investigá-lo com maior profundidade.

Sabe-se que o consumo de alimentos é conceito fundamental dentro do tema nutrição animal, podendo ser o aspecto responsável pela resposta animal à ração que lhe é fornecida. A resposta pode ser medida pela boa manutenção das funções vitais, crescimento animal, força de trabalho e produção leiteira.

Ao comentar sobre o consumo de alimentos, Van Soest (1994) usou a digestibilidade e utilização dos nutrientes como exemplos de aspectos qualitativos da ingestão líquida de alimentos. Isto leva a importância de se conhecer o quanto, na realidade, que o animal ingere de alimentos para depois medir quanto do mesmo é digestível e aproveitado. Illius (1998) postulou que a ingestão de alimentos é a variável mais importante no desempenho animal, apresentando alta correlação com digestibilidade.

Quando se questiona a razão pela qual os animais se alimentam, a resposta é imediata: comem para sobreviver ou para suprir seus tecidos de nutrientes exigidos para a manutenção de suas funções fisiológicas, já citada anteriormente. Porém, quando se pergunta o que regula esta ingestão, a razão pela qual os animais não se alimentam o tempo todo, a resposta é bem mais vaga e confusa. Esta questão foi a base para o começo do estudo sobre este processo.

As primeiras propostas que tentaram explicar o fator não demoraram a surgir. Seria por limite metabólico que não comem o tempo inteiro ou por desconforto físico? Talvez até aprenderiam ao longo da vida o que realmente precisam ingerir para sobreviverem. Kyriazakis, Emmans e Whittemore (1990); Kyriazakis e Oldham (1993) e Shariatmadari e Forbes (1993) estudaram o comportamento de algumas espécies animais ante a oferta *ad libitum* de alimentos e chegaram à conclusão de que os animais eram capazes de escolher

adequadamente suas dietas, baseados em seu bom desempenho nas funções vitais e produtivas. Estes estudos também concluíram que os animais alcançam um padrão estável de ingestão de energia diária e esta, por sua vez, varia ao longo do dia.

As primeiras propostas para explicar o controle da quantidade de alimento ingerida consideraram como fator limitante desta a temperatura (BROBECK, 1948), a concentração sérica de glicose (MAYER, 1953) e estoques de gordura corpo (KENNEDY, 1953). Porém nenhuma delas explicou este processo satisfatoriamente. Todas essas propostas levavam em consideração apenas um aspecto, até que Balch e Campling (1962) propuseram que "...a ingestão de alimentos provavelmente não é controlada apenas por um mecanismo... e sim através de controle do sistema nervoso central, sensações orofaríngeas, distensão e contração gástrica, mudanças na produção de calor e mudanças nos níveis de metabólitos circulantes". Forbes (1977) concluiu que a energia ou preenchimento gástrico teriam papel preponderante na regulação da ingestão de alimentos. Armitage et al. (1983), em um ensaio de palatabilidade em ratos, estudaram o papel dos fatores sensoriais dos alimentos influenciando no seu consumo e concluíram que alimentos mais palatáveis eram em média 30% mais ingeridos do que o alimento comum. Le Magnen e Devos (1984) concluíram que o alimento ingerido do começo ao final da refeição é principalmente determinado pela ação periférica, ou seja, por ação do TGI. Stricker e McCann (1985), em estudo semelhante, concluíram que quanto maior o preenchimento gástrico, menor era o tamanho da refeição. Illius e Gordon (1991) corroboraram esta proposta e concluíram que além de a ingestão ser limitada pela capacidade física do TGI, poderia ser predita pelo tamanho do animal e pela dinâmica de digestão e passagem das partículas de alimento pelo trato. Poppi, Gill e France (1994) propuseram um modelo de seis pontos de limitação de ingestão de alimentos que agiriam *per se*. São eles:

1. taxa de alimentação;
2. taxa de saída da parcela do bolo digerido destinada ao bolo fecal;

3. taxa de renovação ruminal;
4. exigências nutricionais;
5. dissipação de calor;
6. metabolismo.

Forbes (1995), em sua obra *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*, propõe uma teoria de controle de ingestão de alimentos que se baseia nos estudos feitos sobre o assunto até então. Nela, distensão estomacal, regulação da temperatura no hipotálamo, concentração de glicose sanguínea, reservas de gordura corpórea e aminoácidos circulantes no plasma seriam fatores que agiriam de maneira integrada no controle estudado. O autor não somente propõe a integração mas também tenta explicar como, de fato, os fatores interagem entre si. O modelo foi chamado de integração dos *feedbacks* múltiplos.

A hipótese da integração dos *feedbacks* múltiplos propõe que a saciedade seria induzida por vários sinais viscerais alcançando o sistema nervoso central (SNC), regulando assim o consumo alimentar. Foram consideradas duas parcelas interagindo entre si: o preenchimento gástrico e a concentração de compostos químicos que chegam no fígado para serem metabolizados. Foram considerados nestas parcelas não somente o grau de distensão da parede gástrica e a concentração química dos nutrientes que alcançam o fígado, mas também o número de receptores envolvidos nestes dois processos. Assim, IS é a força com que os sinais chegam ao SNC, S é o grau de distensão da parede gástrica, Ns é o número de receptores de distensão desta parede, C é a concentração química de tudo o que chega ao fígado e Nc é o número de receptores hepáticos envolvidos no processo. Haveria, então, duas possibilidades para explicar a interação destas duas parcelas: ou se multiplicariam ou se somariam. Desta forma, duas equações foram propostas: $IS = (S \times Ns) \times (C \times Nc)$ e $IS = (S \times Ns) + (C \times Nc)$. Considerando-se a proposta de multiplicação e admitindo-se que uma das parcelas seja igual a zero, em casos de rações com tamanho de partícula muito reduzido que

não distendam a parede ruminal ou em contrapartida, rações de baixa concentração energética que não produzam uma quantidade considerável de nutrientes para o fígado, o resultado da multiplicação seria zero e nenhum sinal chegaria ao SNC, não explicando desta maneira como a regulação é feita. Assim, a teoria considerou que os fatores agem aditivamente nesta regulação, conclusão que havia sido feita, ainda que em parte, por Booth e Mather (1978).

A obra de Forbes (1995) também conta com a ajuda do estudo feito por Mbanya, Anil e Forbes (1993) que infundiram no rúmen de vacas material inerte - um balão inflado de dez litros de volume - e também pequena quantidade de acetato e propionato, a fim de estudar o consumo de silagem pelos animais. Foi observado o menor consumo de silagem no grupo das vacas cujos rúmens continham o balão inflado e nas quais haviam sido feitas as infusões de acetato e propionato.

Outra obra que dedica um capítulo inteiro no estudo da ingestão de alimentos, *Nutritional Ecology of the Ruminant*, de autoria de Van Soest (1994), apresenta o resultado de muitos estudos feitos. Há uma proposta de fatores reguladores, que contaria com os fatores abaixo citados:

1. fatores humorais;
2. densidade calórica;
3. nível de ingestão e produção animal;
4. ingestão e composição da dieta;
5. deficiências e ingestão;
6. ingestão de silagem;
7. preenchimento gástrico.

Nota-se que estes pontos em muito se assemelham com os fatores limitantes citados por Forbes (1995). Van Soest (1994) também explica em sua obra, o papel regulador humoral na ingestão.

A relação entre ingestão de matéria seca e energia digestível foi estudada por Conrad (1966) em vacas. Neste estudo, o autor não utilizou nenhum ensaio com animais, apenas construiu um gráfico com dados já existentes sobre consumo de matéria seca de um determinado alimento por vacas em função da digestibilidade deste alimento. A partir deste gráfico, concluiu que o fator distensão gástrica seria o limitante da ingestão até um certo ponto e a partir deste ponto, a energia contida neste alimento saturaria os quimiorreceptores hepáticos que regulariam, então, o consumo.

Desta teoria, tirou-se que a alimentação até a saciedade teria dois caminhos a serem seguidos. Em dietas pouco digestíveis, com muito volumoso e material de baixa qualidade, o consumo seria limitado pelo espaço físico ruminal. Em contrapartida, a limitação do consumo de dietas com alta energia seria feita a partir da saturação dos quimiorreceptores hepáticos.

Balch e Campling (1965), Colucci, Chase e Van Soest (1982) concluíram que a mudança de dieta, principalmente no tocante ao aumento de fibra na mesma, levaria a um novo equilíbrio, que contaria com o grau de preenchimento gástrico, distensão das paredes do TGI e passagem da ingesta pelo mesmo. Surge o conceito de taxa de passagem, que é a taxa da porção não digerida da ingesta que passa pelo TGI por unidade de tempo. É um conceito de dinâmica, muito importante no processo elucidativo da regulação da ingestão de alimentos.

A fim de se mensurar a taxa de passagem, Paloheimo e Mäkela (1959) propuseram que o volume ruminal estimado dividido pela ingestão de alimentos resultaria em um tempo de *turnover* ou renovação ruminal. Esta razão ou razão inversa ($1/x$) foi considerada, então, a medida de quanto tempo é necessário para que o conteúdo do órgão seja renovado.

Pode-se estimar a taxa de passagem também pela administração de marcadores, compostos que, misturados ao alimento, dosam sua taxa de passagem pelo trato. É imprescindível que o marcador seja recuperável, que seja inerte, ou seja, não interaja com as

paredes gástricas, não seja absorvível e tenha um bom poder de mistura com o alimento pesquisado.

Alguns resultados dos estudos de passagem foram compilados por Van Soest (1994). Neles, concluiu-se que a taxa de passagem ruminal é menor que a taxa de passagem no trato inferior (trato inferior se considerou a partir do omaso) e que líquidos e sólidos têm taxas de passagens diferentes. O tamanho de partícula do alimento ingerido também influencia a taxa de passagem. A partícula sendo muito pequena comporta-se de maneira mais fluida e promove mais rápido esvaziamento do conteúdo ruminal. Em um primeiro momento, haveria aumento da proteína microbiana que chega às porções do trato inferior. Porém, se houvesse uma passagem muito mais rápida pelo rúmen, o alimento não teria tempo de ficar exposto à ação da microbiota ruminal, não sendo então digerido e conseqüentemente mal utilizado, saindo intacto (ou quase) no bolo fecal. O aumento da ingestão de alimentos também influencia a passagem pelo trato, pois empurra o bolo ao longo deste.

O estudo da dinâmica ruminal também conta com conceitos de digestibilidade e taxa de desaparecimento. A taxa de desaparecimento do alimento é a taxa de passagem (porção indigestível) somada à taxa de digestão (porção digerível). Em um ensaio feito por Smith (1968), estudou-se a taxa de desaparecimento de marcador (material de parede celular marcado na posição do carbono 14) dosado no rúmen de carneiro alimentado com forragem peletizada e observou-se que a taxa de digestão era mais rápida (9,2%/ h) do que a taxa de passagem (2,1%/ hora); a taxa de desaparecimento, portanto, era de 11,3%/ hora.

Um aspecto curioso da dinâmica ruminal é que digestibilidade e passagem competem pelo mesmo material. Uma tenta retê-lo para que possa ser digerido, enquanto a outra tenta empurrá-lo pelo TGI a fim de que se junte ao bolo fecal.

Neste trabalho, os conceitos de seleção de dieta fundem-se aos de controle da ingestão de alimentos nas diferentes condições de conforto térmico a fim de que se possa entender

melhor se os animais têm a capacidade de escolher determinados alimentos ou dietas e, se isto ocorre, o que guia tal escolha.

REFERÊNCIAS

ARAVE, C. W.; PURCELL, D.; ENGSTROM, M. Effect of feed flavors on improving choice for a ten per cent meat and bone meal dairy concentrate. **Journal of Dairy Science**, v. 72, n. 2, p. 563, 1989, Supplement 1.

ARMITAGE, G.; HERVEY, G. R.; ROLLS, B. J.; ROWE, E. A.; TOBIN, G. The effects of supplementation of the diet with highly palatable foods upon energy balance in the rat. **Journal of Physiology**, v. 342, n. 2, p. 229-251, 1983.

ARNOLD, G. W. The special senses in grazing animals. 1. Sight and dietary habits in sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 17, n. 4, p. 521-529, 1966.

AZAHAN, E. A. E.; FORBES, J. M. Effects of intraruminal infusions of sodium-salts on selection of hay and concentrate foods by sheep. **Appetite**, v. 18, n. 2, p. 143-154, 1992.

BALCH, C. C.; CAMPLING, R. C. Rate of passage of digesta through the ruminant digestive tract. In: DOUGHHERTY, R. W. **Physiology of digestion in the ruminant**. Washington: Butterworths, 1965, p. 108-123.

BALCH, C. C.; CAMPLING, R. C. Regulation of voluntary food intake in ruminants. **Nutrition Abstracts and Reviews**, v. 32, n. 3, p. 669-686, 1962.

BALDWIN, B. A.; COOPER, T. R. The effects of olfactory bullectomy on feeding behaviour in pigs. **Applied Animal Ethology**, v. 5, n. 1, p. 153-159, 1979.

BELL, F. R.; SLY, J. The olfactory detection of sodium and lithium salts by sodium deficient cattle. **Physiology & Behavior**, v. 31, n. 3, p. 307-312, 1983.

BLAIR, R.; FITZSIMONS, J. A note on the voluntary feed intake and growth of pigs given diets containing an extremely bitter compound. **Animal Production**, v. 12, n. 3, p. 529- 530, 1970.

BOOTH, D. A.; MATHER, P. Prototype model of human feeding, growth and obesity. In: BOOTH, D. A. **Hunger models**. Computable theory of feeding control. London: Academic Press, 1978, p. 279-322.

BROBECK, J. R. Food intake as a mechanism of temperature regulation. **Yale Journal of Biology and Medicine**, v. 20, n. 2, p. 545-552, 1948.

BROOM, D. M. Husbandry methods leading to inadequate social and maternal behaviour in cattle. In: DISTURBED BEHAVIOUR IN FARM ANIMALS, 1982, Hohenheimer Arbeiten. **Proceedings...** Hohenheimer Arbeiten: Bessei, 1982, p. 42-50.

BURRITT, E. A.; PROVENZA, F. D. Lambs form preferences for nonnutritive flavors paired with glucose. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 4, p. 1133-1136, 1992.

CHALUPA, W.; BAILE, C. A.; McLAUGHLIN, C. L.; BRAND, J. G. Effect of introduction of urea on feeding behavior of Holstein heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 62, n. 8, p. 1278-1284, 1979.

COLUCCI, P. E.; CHASE, L. E.; VAN SOEST, P. J. Feed intake, apparent diet digestibility and rate of particulate passage in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 65, n. 8, p. 1445-1456, 1982.

CONRAD, H. R. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: physiological and physical factors limiting feed intake. **Journal of Animal Science**, v. 25, n. 1, p. 227-235, 1966.

COOPER, S. D. B.; KYRIAZAKIS, I.; NOLAN, J. V. Diet selection in sheep-the role of the rumen environment in the selection of a diet from 2 feeds that differ in their energy density. **British Journal of Nutrition**, v. 74, n. 1, p. 39-54, 1995.

COOPER, S. D. B.; KYRIAZAKIS, I.; OLDHAM, J. D. The effect of late pregnancy on the diet selections made by ewes. **Livestock Production Science**, v. 40, n. 3, p. 263-275, 1994.

COOPER, S. D. B.; KYRIAZAKIS, I.; OLDHAM, J. D. The effects of physical form of feed, carbohydrate source, and inclusion of sodium-bicarbonate on the diet selections of sheep. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 6, p. 1240-1251, 1996.

CROPPER, M.; LOYD, M. D.; EMMANS, G. C. An investigation into the relationship between nutrient requirements and diet selection in growing lambs. **Animal Production**, v. 40, n. 3, p. 562, 1985.

EMMANS, G. C. Diet selection by animals: theory and experimental design. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 50, n. 1, p. 59-64, 1991.

FORBES, J. M. Consequences of feeding for future feeding. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, v. 128, n. 4, p. 463- 470, 2001.

FORBES, J. M. Dietary awareness. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 57, n. 5, p. 287-297, 1998.

FORBES, J. M. Interrelationships between physical and metabolic control of voluntary food intake in fattening, pregnant and lactating mature sheep a model. **Animal Production**, v. 24, n. 1, p. 90-101, 1977.

FORBES, J. M. Minimal total discomfort as a concept for the control of food intake and selection. **Appetite**, v. 33, n. 3, p. 371, 1999.

FORBES, J. M. **The voluntary food intake and diet selection of farm animals.** Wallingford: CAB International, 1995. 532 p.

FORBES, J. M.; PROVENZA, F. D. Integration of learning and metabolic signals into a theory of dietary choice and food intake. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY, 9., 2000, Wallingford. **Proceedings...** Wallingford: CAB International, 2000.

FORBES, J. M.; REES, J. K.; BOAZ, T. G. Silage as a feed for pregnant ewes. **Animal Production**, v. 9, n. 2, p. 399-408, 1967.

FORBES, J. M.; SHARIATMADARI, F. S. Diet selection for protein by poultry. **Worlds Poultry Science Journal**, v. 50, n. 1, p. 7-24, 1994.

FREDERICK, G.; FORBES, J. M.; JOHNSON, C. L. Masking the taste of rapeseed meal in dairy compound food. **Animal Production**, v. 46, n. 3, p. 518, 1988.

FRIEND, D. W. Self-selection of feeds and water by swine during pregnancy and lactation. **Journal of Animal Science**, v. 32, n. 4, p. 658-666, 1970.

GHERARDI, S. G.; BLACK, J. L. Effect of palatability on voluntary feed intake by sheep. I. Identification of chemical that alter the palatability of a forage. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 42, n. 4, p. 571-584, 1991.

GLIMP, H. A. Effect of diet composition on diet preference by lambs. **Journal of Animal Science**, v. 33, n. 4, p. 861- 864, 1971.

GOATCHER, W. D.; CHURCH, D. C. Review of some nutritional aspects of the sense of taste. **Journal of Animal Science**, v. 31, n. 5, p. 973-981, 1970.

GREEN, G. C.; ELWIN, R. L.; MOTTERSHEAD, B. E.; KEOGH, R. G.; LYNCH, J. J. Long term effects of early experience to supplementary feeding in sheep. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION, 1984, [S.l.]. **Proceedings...** [S.l.]: Australian Society of Animal Production, 1984. p. 373-380.

GREENHALGH, J. F. D.; REID, G. W. Separating the effects of digestibility and palatability on food intake in ruminant animals. **Nature**, v. 212, n. 4, p. 1416-1420, 1967.

HOLDER, M. D. Conditioned preferences for the taste and odor components of flavors: Blocking but not overshadowing. **Appetite**, v.17, n. 1, p. 29-45, 1991.

HOU, X. Z.; EMMANS, G. C.; ADERSON, D.; ILLIUS, A.; OLDHAM, J. D. The effect of different pairs of feeds offered as a choice on food selection by sheep. **Proceedings of Nutrition Society**, v. 50, n. 2, p. 94A, 1991.

HYDE, R. J.; WITHERLY, S. A. Dynamic contrast: A sensory contribution to palatability. **Appetite**, v. 21, n. 1, p. 1-16, 1993.

ILLIUS, A. W. Advances and retreats in specifying the constraints on intake in grazing ruminants. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18., 1998, Calgary. **Proceedings...** Calgary: Association Management Centre, 1998. p. 39-44.

ILLIUS, A. W.; GORDON, I. J. Prediction of intake and digestion in ruminants by a model of rumen kinetics integrating animal size and plant characteristics. **Journal of Agricultural Science**, v. 116, n. 1, p. 145- 157, 1991.

JOHNSON, M. H.; BOLHUIS, J.; HORN, G. Interaction between acquired preferences and developing predispositions in an imprinting situation. **Animal Behaviour**, v. 33, n. 4, p. 1000-1006, 1985.

KEMPSTER, H. L. Food selection by laying hens. **Journal of the American Association of Institutions and Investigators in Poultry Husbandry**, v. 3, n. 4, p. 26-28, 1916.

KENNEDY, G. C. The role of depot fat in the hypothalamic control of food intake in the rat. **Proceedings of the Royal Society- Section B**, v. 140, p. 578-592, 1953.

KUTLU, H. R.; FORBES, J. M. Self-selection of ascorbic acid in colored foods by heat-stressed broiler chicks. **Physiology & Behaviour**, v. 53, n. 1, p. 103-110, 1993.

KYRIAZAKIS, I.; EMMANS, G. C.; WHITTEMORE, C. T. Diet selection in pigs: choices made by growing pigs given foods of different protein concentrations. **Animal Production**, v. 51, n. 1, p. 189-199, 1990.

KYRIAZAKIS, I.; OLDHAM, J. D. Diet selection in sheep: the ability of growing lambs to select a diet that meets their crude protein (nitrogen x 6.25) requirements. **British Journal of Nutrition**, v. 69, n. 3, p. 617-629, 1993.

KYRIAZAKIS, I.; OLDHAM, J. D. Food intake and diet selection in sheep: the effect of manipulating the rates of digestion of carbohydrates and protein of the foods offered as a choice. **British Journal of Nutrition**, v. 77, n. 2, p. 243-254, 1997.

LAUNCHBAUGH, K. L.; PROVENZA, F. D.; BURRITT, E. A. Can plants practice mimicry to avoid graze by mammalian herbivores. **Oikos**, v. 66, n. 2, p. 501-504, 1993.

LAWRENCE, A. B.; WOOD-GUSH, D. G. M. Influence of social behaviour on utilization of supplemental feedblocks by scottish hill sheep. **Animal Production**, v. 46, n. 2, p. 203-212, 1988.

LAWSON, R. E.; REDFERN, E. J.; FORBES, J. M. Choices by lactating cows between high or low in digestible undegraded protein. **Animal Science**, v. 70, n. 3, p. 515-525, 2000.

LE MAGNEN, J.; DEVOS, M. Meal to meal energy balance in rats. **Physiology & Behavior**, v. 32, n. 1, p. 39-44, 1984.

MARTIN, G. M.; BELLINGHAM, W. P.; STORLIEN, L. H. Effects of varied color experience on chickens formation of color and texture aversions. **Physiology & Behavior**, v. 18, n. 3, p. 415-420, 1977.

MAYER, J. Glucostatic regulation of food intake. **New England Journal of Medicine**, v. 249, n. 1, p. 13-16, 1953.

MBANYA, J. N.; ANIL, M. H.; FORBES, J. M. The voluntary intake of hay and silage by lactating cows in response to ruminal infusion of acetate or propionate, or both, with and without distension of the rumen by a balloon. **British Journal of Nutrition**, v. 69, n. 3, p. 713-720, 1993.

MCLAUGHLIN, C. L.; BALDWIN, B. A.; BAILE, C. A. Olfactory bulbectomy and feeding behavior. **Journal of Animal Science**, v. 39, n. 1, p.136, 1974.

NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington: National Academy Press, 1989. 157 p.

ORTEGA-REYES, L.; PROVENZA, F. D. Amount of experience and age affect the development of foraging skills of goats browsing blackbrush (*Coleogyne ramosissima*). **Applied Animal Behaviour Science**, v. 36, n. 3, p. 169-183, 1993.

PALOHEIMO, L.; MAKELA, A. Further studies on the retention time of food in the digestive tracts of cows. **Suom. Maataloustiet Seuran Julk.** , v. 4, n. 1, p. 15- 39, 1959.

PHIPPS, R. H.; BINES, J. A.; COOPER, A. A preliminary – study to compare individual feeding though calan eletronic feeding gates to group feeding. **Animal Production**, v. 36, n. 3, p. 544, 1983.

PHY, T. S.; PROVENZA, F. D. Eating barley too frequently or in excess decreases lambs preference for barley but sodium bicarbonate and lasalocid attenuate the response. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 6, p. 1578-1583, 1998.

POPPI, D. P.; GILL, M.; FRANCE, J. Quantification of theories of intake regulation in growing ruminants. **Journal of Theoretical Biology**, v. 167, n. 2, p. 129-145, 1994.

REED, D. R.; FRIEDMAN, M. I.; TORDOFF, M. G. Experience with a macronutrient source influences subsequent macronutrient selection. **Appetite**, v. 18, n. 3, p. 223-232, 1992.

REID, C. S. W. Quantitative studies of digestion in the reticulorumen. **Proceedings of Society of Animal Production**, v. 25, n. 1, p. 65-84, 1965.

ROSE, S. P.; KYRIAZAKIS, I. Diet selection of pigs and poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 50, n. 1, p. 87-98, 1991.

RUGG, W. C. Feeding experiments, free choice of feeds. **Department of Agriculture Bulletin**, v. 54, n. 1, p. 36-56, 1925.

SCOTT, T. R. “Taste”: the neural basis of body wisdom. In: NUTRICIONAL TRIGGERS FOR HEALTH AND DISEASE, 1992, Karger. **Proceedings...** Karger: Simopoulos, A.P, 1992. p. 1-39.

SHARIATMADARI, F.; FORBES, J. M. Growth and food intake responses to diets of different protein contents and choice between diets containing two levels of protein in broiler and layer strains of chicken. **British Poultry Science**, v. 34, n. 5, p. 959-970, 1993.

SHARIATMADARI, F.; FORBES, J. M. The influences of meal composition on subsequent food selection in broiler and layer chickens. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 49, n. 3, p. 219, 1990.

SINCLAIR, L. A.; GARNSWORTHY, P. C.; NEWBOLD, J. R.; BUTTERY, P. J. Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. **Journal of Agricultural Science**, v. 120, n. 2, p. 251-263, 1993.

SMITH, L. W. **The influence of particle size and lignification upon rates of digestion and passage of uniformly labeled C¹⁴ cell walls in the sheep.** 1968. Ph.D. Thesis. University of Maryland, Maryland, 1968.

STEPHENS, D. W.; KREBS, J. R. **Foraging theory.** Princeton: Princeton University Press, 1986. 247 p.

STRICKER, E. M.; MCCANN, M. J. Visceral factors in the control of food intake. **Brain Research Bulletin**, v. 14, n. 6, p. 687- 692, 1985.

THORHALLSDOTTIR, A. G.; PROVENZA, F. D.; RALPH, D. F. Food aversion learning in lambs with or without a mother: discrimination, novelty and persistence. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 18, n. 4, p. 327-340, 1987.

TOLKAMP B. J.; DEWHURST, R. J.; FRIGGENS, N. C.; KYRIAZAKIS, I.; VEERKAMP, R. F.; OLDHAM, J. D. Diet choice by dairy cows. 1. Selection of feed protein content during the first half of lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 10, p. 2657-2669, 1998.

TOLKAMP, B. J.; KYRIAZAKIS, I. Measuring diet selection in dairy cows: effects of training on choice of dietary protein level. **Animal Science**, v. 64, n. 2, p. 197-207, 1997.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VILLALBA, J. J.; PROVENZA, F. D. Preference for flavored wheat straw by lambs conditioned with intraruminal infusions of acetate and propionate. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 11, p. 2905-2914, 1997a.

VILLALBA, J. J.; PROVENZA, F. D. Preference for wheat straw by lambs conditioned with intraruminal infusions of starch. **British Journal of Nutrition**, v. 77, n. 2, p. 287-297, 1997b.

WELLER, R. F.; PHIPPS, R. H. Milk production from grass and maize silages. **Animal Production**, v. 40, n. 3, p. 560-561, 1985b.

WELLER, R. F.; PHIPPS, R. H. Preliminary studies on the effect of flavoring agents on the dry-matter intake of silage by lactating dairy cows. **Journal of Agricultural Science**, v. 112, n. 1, p. 67-71, 1989.

WELLER, R. F.; PHIPPS, R. H. The effects of silage preference on the performance of dairy cows. **Animal Production**, v. 42, n. 3, p. 435, 1985a.

WILCOXON, H. C.; DRAGOIN, W. B.; KRAL, P. A. Illness-induced aversions in rat and quail: relative salience of visual and gustatory cues. **Science**, v. 171, n. 3973, p. 826-828, 1971.

ZAHORIK, D. M.; HOUP, K. A. Species differences in feeding strategies food hazards and the ability to learn food aversions. In: FORAGING BEHAVIOR, 1981, New York. **Proceedings...** New York: Garland Press, 1981. p. 289-310.

CAPÍTULO II

RESUMO

FERNANDES, A. C. **Efeito do estresse térmico sobre a seleção de dieta por bovinos.** [Effect of heat stress on diet selection by bovine]. 2005. f. 52 -70. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

A capacidade dos bovinos em selecionar a proporção de volumoso e concentrado nas suas dietas, em função de diferentes temperaturas ambientes, foi estudada em 12 vacas (685 kg de peso médio), não lactantes e não gestantes, portadoras de cânulas ruminais. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com 2 tratamentos: conforto (galpão, 21°C) e estresse (câmara climática, 38°C), com seis repetições por tratamento. Os alimentos oferecidos, separadamente e a vontade, foram cana-de-açúcar + uréia (14%PB) e concentrado a base de milho + farelo de soja (14%PB). O experimento durou 20 dias. A capacidade de seleção dos animais foi identificada através da comparação da composição da dieta selecionada nos dois diferentes ambientes. Foi observada redução de 22% no consumo de matéria seca (kgMS/dia) nos animais em estresse, comparados aos mantidos em temperatura de conforto ($P < 0,05$). A relação concentrado:volumoso escolhida foi semelhante em ambos os tratamentos, sendo mantida em torno de 78% concentrado e 22% volumoso, e esta diferiu ($P < 0,01$) da ingestão casual de alimentos (50% de cada um). Desta forma, os animais reduziram a ingestão total de matéria seca sem alterar a concentração de energia e fibra das suas dietas, provavelmente na tentativa de manter estável o ambiente ruminal.

Palavras-chave: Consumo de alimento. Dieta animal. Estresse. Ruminantes.

ABSTRACT

FERNANDES, A. C. **Effect of heat stress on diet selection by bovine.** [Efeito do estresse térmico sobre a seleção da dieta por bovinos]. 2005. f. 52 -70. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

The ability of bovine to select the proportion of roughage and concentrate in their diets on different environmental temperatures was studied in 12 non-lactant and non-pregnant cannulated cows (685 kg of body weight). Experimental design was completely randomized with two treatments: thermal comfort (open barn, 21°C) and heat stress (climatic chamber, 38°C), with 6 experimental units/treatments. Feeds were offered separately and *ad libitum* and composed by sugar cane + urea (14% CP) and concentrate, based on corn grain + soybean meal (14% CP). Experimental period lasted 20 days. The ability of bovine to select their diets was identified comparing the composition of diet selected in different environments. A decrease of 22% in total dry matter intake was observed for heat stressed animals compared to the ones kept in thermal comfort ($P<0.05$). Concentrate:roughage ratio chosen was similar for both treatments, performing 78% concentrate and 22% roughage. The intake of each feed was different ($P<0.01$) of casual intake (50% of each feed). Therefore, animals decreased dry matter intake without changing energy and fiber concentration in their diets, probably to maintain a stable ruminal environment.

Key Words: Diet choice. Thermal comfort. Ruminants. Voluntary intake.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, os animais recebem suas dietas pré-balanceadas a fim de que possam consumir quantidades adequadas dos variados nutrientes. Entretanto, os ancestrais dos animais domésticos sempre selecionaram por si mesmos os alimentos a serem ingeridos e, ainda assim, garantiram seu desenvolvimento e reprodução. Desta forma, existe a hipótese de que os animais sejam capazes de selecionar de maneira “inteligente” sua ingestão de alimentos (FORBES, 1998).

O controle da ingestão voluntária de alimentos é complexo e envolve processos físicos, químicos e sensoriais dentro da fisiologia animal. Talvez os animais se alimentem no intuito de minimizar desconfortos, físicos ou metabólicos. Desta forma, a modificação no fornecimento de nutrientes para órgãos e tecidos pode levar a mudanças na seleção dos alimentos a serem ingeridos (FORBES, 1986).

Alguns estudos demonstraram em ovelhas que há seleção de proporções de alimentos ricos e pobres em proteína de forma a garantir o preenchimento das suas exigências para crescimento (CROPPER et al., 1985, 1986; HOU et al., 1991).

Também foram observadas preferências quanto à qualidade do alimento oferecido, sendo que alimentos de melhor qualidade são preferencialmente ingeridos quando há possibilidade de escolha, causando aumento no desempenho e na produção, em novilhas (WELLER; PHIPPS, 1985a, 1985b) e em vacas leiteiras (WELLER; PHIPPS, 1989).

Sabe-se que, o aumento da densidade energética da dieta é prática recomendada para minimizar a redução da ingestão de alimentos em condições de estresse calórico (DHIMAN; ZAMAN, 2001). O presente experimento teve como objetivo avaliar se os bovinos são capazes de aprender a balancear a proporção de volumoso e concentrado das suas dietas de

forma a minimizar o desconforto térmico e quanto tempo é necessário para que ocorra tal aprendizado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no mês de julho de 2002, utilizando-se doze fêmeas bovina, da raça Holandesa, portadoras de cânulas ruminais. Os animais se apresentavam não-lactantes e não-gestantes, com aproximadamente 685 kg de peso vivo. Os animais foram mantidos em baias individuais providas de comedouros e bebedouros automáticos, instaladas em dois ambientes, localizados no Laboratório de Bioclimatologia do Departamento de Nutrição e Produção Animal da FMVZ-USP, Campus de Pirassununga. As condições de temperatura ambiente foram monitoradas de forma a permitirem oscilação diuturna semelhante ao que ocorre naturalmente.

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (PIMENTEL GOMES, 1985), com dois tratamentos e seis repetições por tratamento. Os tratamentos foram os ambientes de CONFORTO, em galpão coberto (temperatura média 21°C), e ESTRESSE, em câmara bioclimática (temperatura média 38°C).

Os alimentos disponibilizados para os animais manifestarem suas escolhas foram cana-de-açúcar + uréia, corrigida para um teor de 14% de proteína bruta (PB), e mistura concentrada a base de grão de milho moído + farelo de soja, também com 14% PB. Os teores de proteína bruta dos alimentos disponíveis (concentrado e volumoso) foram os mesmos, de forma a diminuir a influência deste nutriente sobre a escolha. A correção do teor protéico da cana foi feita pela adição de uma mistura contendo 9 partes de uréia e 1 parte de sulfato de amônio. Entretanto, os ambientes nos quais os animais permaneceram foram diferentes, ocasionando desconfortos fisiológicos e metabólicos, podendo interferir na ingestão e seleção dos alimentos. A identificação de que diferentes temperaturas ambientes influenciam o processo de escolha foi realizada através da comparação da composição da dieta selecionada

pelos animais nos diferentes ambientes. As análises bromatológicas foram realizadas segundo as normas da (AOAC, 1985).

Para evitar que a preferência fosse influenciada pelas necessidades de minerais, a mineralização foi realizada via fístula ruminal, na dose de 100 gramas de suplemento mineral/animal/dia, administrada durante o momento das refeições, que foram fornecidas duas vezes ao dia, às 8h00 e 16h00. A composição do suplemento mineral foi a seguinte: fósforo 80 g, cálcio 150 g, enxofre 12 g, zinco 4.500 mg, cobre 1600 mg, cobalto 210 mg, manganês 1400 mg, iodo 180 mg, selênio 27 mg, níquel 11 mg, flúor 1,3 g, cloro 228 g e sódio 144,40/kg do produto.

O experimento teve duração total de 30 dias, sendo 10 dias de adaptação dos animais à dieta e 20 dias de coleta de dados. O período de coleta foi dividido em duas fases: entre os dias -5 e -1 os animais permaneceram nos dois ambientes (galpão e câmara bioclimática) em temperaturas de conforto em ambos, recebendo cana-de-açúcar suplementada com uréia e mistura concentrada. A partir do dia 0 foi acionado o sistema de aquecimento da câmara bioclimática, provocando o estresse térmico durante 14 dias. Do dia -5 ao dia 14 foi mensurado o consumo individual de todos os ingredientes disponíveis em cada tratamento para obtenção da composição da dieta ingerida em termos de proporção de volumoso e concentrado, FDN e NDT. O NDT foi estimado através da simulação da dieta no programa NRC-Dairy Cattle (2001).

Foram registradas diariamente, às 6h30, 11h30, 15h30 e 18h30, a temperatura e umidade relativa do ar através de termohigrômetros, e a temperatura radiante através de termômetro de globo negro, durante todo o experimento. As temperaturas máxima e mínima diárias foram registradas, em termômetro próprio, sempre às 9h00. Os Índices de Temperatura e Umidade (ITU) e Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) foram calculados pelas fórmulas que se seguem:

$$ITU = T_{bs} + (0,36 \times T_o) + 41,2$$

$$ITGU = T_{gn} + (0,36 \times T_o) + 41,5$$

Onde, T_{bs} é a temperatura do termômetro de bulbo seco, T_{gn} é a temperatura do termômetro de globo negro e T_o é a temperatura do ponto de orvalho.

Os dados do consumo médio de MS e de nutrientes obtidos nos 4 últimos dias do experimento (dia 11 ao do dia 14) foram analisados através do programa Statistical Analysis System (SAS, 1985), sendo anteriormente verificada a normalidade dos resíduos pelo Teste de SHAPIRO-WILK e a homogeneidade das variâncias comparada pelo Teste “F”. Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se um nível de significância de 5% para todos os testes realizados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores referentes às variáveis climáticas e índices de conforto térmico observados durante o período experimental se encontram na tabela 1. As médias das temperaturas máxima e mínima, registradas ao longo de todo o período experimental, no galpão (conforto) foram 24 e 12°C, e na câmara bioclimática (estresse) foram 36 e 23°C, respectivamente.

Tabela 1 - Valores médios e a variação (valores máximos e mínimos) observados para as variáveis climáticas e índices de conforto térmico nos diferentes ambientes

VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E ÍNDICES	TRATAMENTOS	
	Conforto	Estresse
Temperatura do ar (°C)	19,1 (6 a 27)	31,5 (23 a 40)
Temperatura de Globo Negro (°C)	19,2 (7 a 29)	31,4 (21 a 40)
Umidade relativa do ar (%)	62 (29 a 87)	58 (46 a 73)
ITU	64 (58 a 69)	81 (72 a 85)
ITGU	65 (58 a 69)	81 (72 a 85)

ITU = Índice de temperatura e umidade; ITGU = Índice de temperatura de globo negro e umidade

Os valores referentes ao consumo dos alimentos disponíveis, nos diferentes tratamentos, se encontram na tabela 2. Foi observada redução de 22% no consumo de matéria seca total (kg/dia) nos animais submetidos ao estresse, quando comparados aos mantidos em temperatura de conforto ($P < 0,05$).

Tabela 2 - Médias do consumo diário, nos últimos 4 dias, dos nutrientes pela seleção dos alimentos nos diferentes tratamentos, com os coeficientes de variação (C.V.) e probabilidades estatísticas (Prob.)

CONSUMO DOS NUTRIENTES	TRATAMENTOS		MÉDIA	C.V.	PROB.
	Conforto	Estresse			
MS total (kg/dia)	13,53	10,60	12,06	18,81	0,0158
Volumoso (kgMS/dia)	3,02	2,19	2,60	37,11	NS
Concentrado (kgMS/dia)	10,52	8,40	9,46	21,40	0,0663
Concentrado (%MS)	77,25 *	78,58 *	77,92	9,24	NS
FDN (kgMS/dia)	3,04	2,32	2,68	21,69	0,0220
(%MS)	22,63	22,13	22,38	12,01	NS
NDT (kgMS/dia)	10,50	8,26	9,38	19,10	0,0215
(%MS)	77,44	77,78	77,61	2,33	NS

*Difere do consumo casual ao nível de 1% ($P < 0,01$); NS = Não significativo

De acordo com Beede e Collier (1986), a ingestão voluntária de matéria seca é fortemente afetada pela temperatura ambiente e, em geral, seu consumo diminui a partir de 25 a 27°C de temperatura média diária. Contudo, as condições ambientais como temperatura ambiente e umidade relativa do ar são interrelacionadas e seus efeitos combinados devem ser considerados quando se determina a influência do estresse térmico sobre a ingestão de alimentos. Desta forma o índice de temperatura e umidade (ITU) pode descrever mais precisamente a sensação térmica que incide sobre os animais.

Holter et al. (1996) relataram que reduções na ingestão diária de matéria seca se iniciam quando o ITU mínimo excede 57 e continua até atingir 72; observando para um ITU máximo de 71 a 85 uma redução de 22% no consumo de MS diário em vacas Jersey. Tais resultados estão em concordância com os obtidos no presente experimento, onde foi observado um valor médio de ITU de 81 para o tratamento com estresse, com redução de 22% na ingestão de

matéria seca. Também Habeeb et al. (1992) reportaram dramática redução na ingestão de matéria seca em situações de estresse térmico.

Embora não fosse possível demonstrar diferença estatística na ingestão voluntária do alimento volumoso, houve tendência ($P < 0,10$) ao menor consumo do concentrado, o qual foi reduzido em 20%, nos animais estressados, em relação ao grupo controle. A relação concentrado:volumoso escolhida pelos animais foi semelhante em ambos os tratamentos, sendo mantida em torno de 78% de concentrado e 22% de volumoso, e esta diferiu ($P < 0,01$) da ingestão casual de alimentos (50% de cada um). Fica claro que os animais reduziram a ingestão total de matéria seca sem, contudo, alterar a proporção de concentrado e volumoso das suas dietas, provavelmente na tentativa de manter estável o ambiente ruminal.

Foram observadas diferenças no consumo de FDN e NDT, em kg de MS/animal/dia, sendo verificadas reduções de 0,720 kg (ou 24%) de FDN e 2,240 kg (ou 21%) de NDT consumidos para os animais mantidos nas condições de estresse térmico, comparados àqueles em conforto ($P < 0,05$). Contudo, quando tais resultados foram expressos como porcentagem da matéria seca ingerida não foi observada significância estatística.

Neste estudo, partiu-se da hipótese de que as vacas poderiam alterar a proporção de concentrado e volumoso de suas dietas em função do aumento da temperatura ambiente, detectando diferenças no incremento calórico proveniente dos diferentes alimentos disponíveis.

Conforme afirmou Van Soest (1982), existe diferença na produção de calor metabólico originária dos processos bioquímicos do metabolismo dos AGVS, sendo que, alimentos volumosos apresentariam maior incremento calórico em virtude de haver maior produção de calor associado ao metabolismo do acetato, comparado com o do propionato. Também Orskov e Ryle (1990) sugeriram maior produção de calor com consumo de alimentos

volumosos, embora esta diferença fosse oriunda dos processos mecânicos relacionados à ingestão (maior mastigação, ruminação e contrações ruminais) desses alimentos.

Se o incremento calórico relacionado à ingestão de volumosos e concentrados é diferente, então as vacas não foram capazes de detectar a diferença individual de cada alimento, pois não foi observada mudança na proporção de concentrado e volumoso ingerida nos diferentes ambientes. Contudo, ao diminuírem a ingestão total de MS, os animais reduziram a produção de calor metabólico proveniente da dieta como um todo. Por outro lado, ao manterem estável a proporção de concentrado e volumoso de suas dietas, as vacas foram capazes também de estabilizar o ambiente ruminal, o que sugere a importância da estabilidade deste órgão sobre a ingestão voluntária dos alimentos. A figura 1 mostra o consumo total de matéria seca (kg/dia), nos diferentes ambientes, durante todo o período experimental.

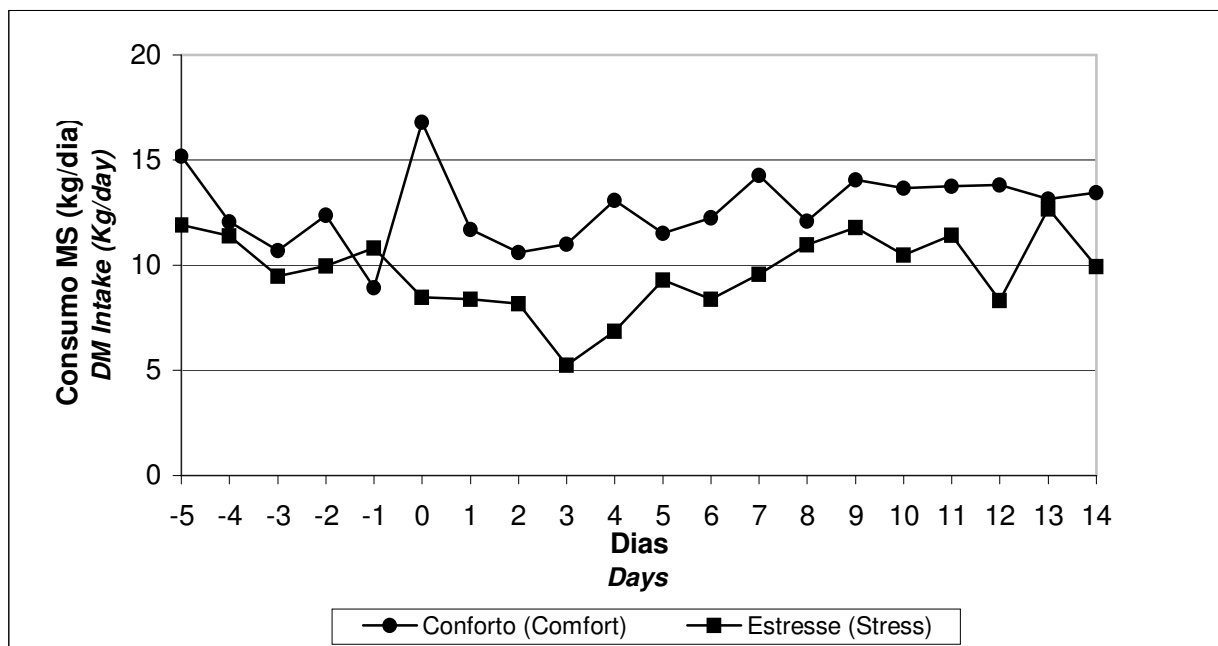


Figura 1- Consumo de matéria seca (kg/dia), nos diferentes ambientes, durante o experimento

Como neste estudo o período em que os animais permaneceram sob estresse calórico foi relativamente curto (14 dias), pode ser que não tenha havido tempo suficiente para que os mesmos identificassem possíveis diferenças no incremento calórico gerado por alimentos

volumosos e concentrados separadamente. Entretanto, Tolkamp e Kyriazakis (1997), estudando o tempo de treinamento dos animais para reconhecerem alimentos com diferentes conteúdos protéicos, observaram que um período curto de treinamento e nenhum treino não diferiram estatisticamente no processo de seleção.

No presente ensaio, a proporção de concentrado selecionada pelos animais (78%) é maior que a recomendada na literatura para arraaçoamento nos trópicos. Segundo Dhiman e Zaman (2001), uma das estratégias para minimizar o efeito do estresse térmico é aumentar a densidade energética da dieta, através do aumento na proporção de concentrado, porém, não recomenda ultrapassar 60% da matéria seca total. Também Coppock (1985) relata que o benefício máximo do uso de concentrados na dieta é na proporção de aproximadamente 60 a 65% da MS total, para vacas em lactação. A figura 2 mostra a porcentagem de concentrado consumida nos diferentes tratamentos.

Justificando o aumento da proporção de concentrados na dieta, West et al. (1999) reportaram aumento linear na concentração de cortisol plasmático com o acréscimo do conteúdo de fibra na dieta, sugerindo que o aumento do estresse está associado ao maior teor de fibra.

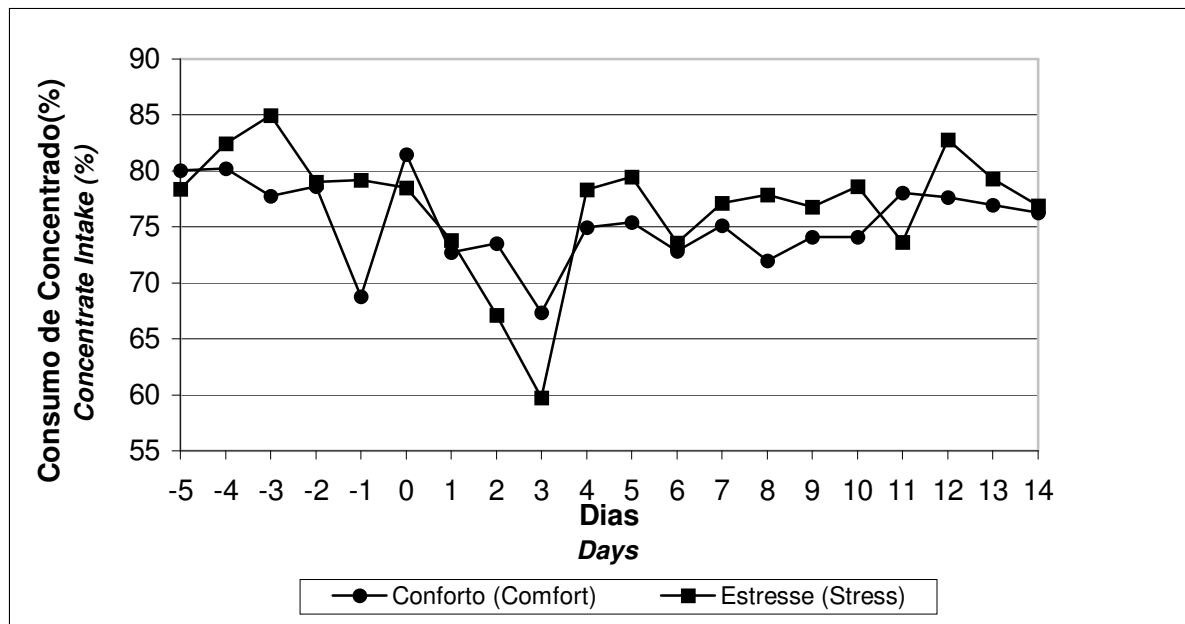


Figura 2 - Porcentagem de concentrado consumido nos diferentes tratamentos, com base na MS

Os gráficos cumulativos (Figuras 3 e 4) mostram o perfil de alimentação de cada animal, dentro de cada tratamento. No eixo “x” é apresentado o consumo total de matéria seca acumulada (concentrado + volumoso). Já no eixo “y” está a diferença cumulativa entre o consumo de concentrado e o consumo de volumoso. Neste tipo de gráfico, criado por Kyriazakis et al. (1990), torna-se mais ilustrativo o processo de seleção dos alimentos do que pelo gráfico clássico onde é avaliado o consumo em função do tempo. Cada animal é representado por uma reta e a inclinação desta reta mostra a proporção selecionada. Assim, uma reta paralela ao eixo “x” representa uma escolha de igual proporção entre volumoso e concentrado (escolha aleatória da dieta). Neste caso, uma reta que possui inclinação positiva representa que o animal está ingerindo mais concentrado. Em contrapartida, uma reta com inclinação negativa representa um animal ingerindo maior quantidade de volumoso. Sendo que, o comprimento de cada seguimento da reta representa a quantidade acumulada ingerida. Então, quanto maior o comprimento da reta maior foi a ingestão de MS acumulada.

Comparando-se os gráficos cumulativos obtidos pode-se observar que, nos dois ambientes estudados, a porcentagem de concentrado consumida foi superior à de volumoso, sendo que o consumo total de MS acumulado foi maior para os animais mantidos em ambiente de conforto. Excetuando os animais 259 do tratamento em estresse e o 261 do conforto, o consumo foi relativamente estável e semelhante entre os animais e os ambientes estudados.

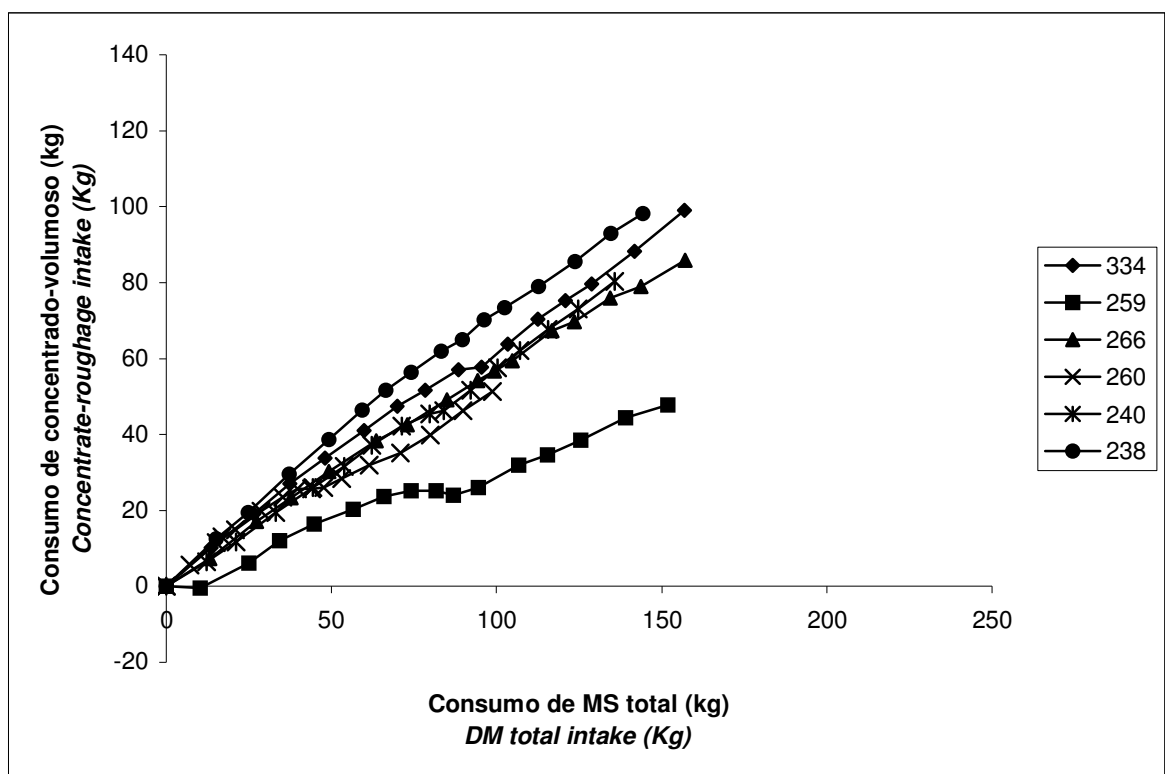


Figura 3 - Gráfico cumulativo do consumo individual dos animais em estresse, ao longo dos dias (kg de MS/dia)

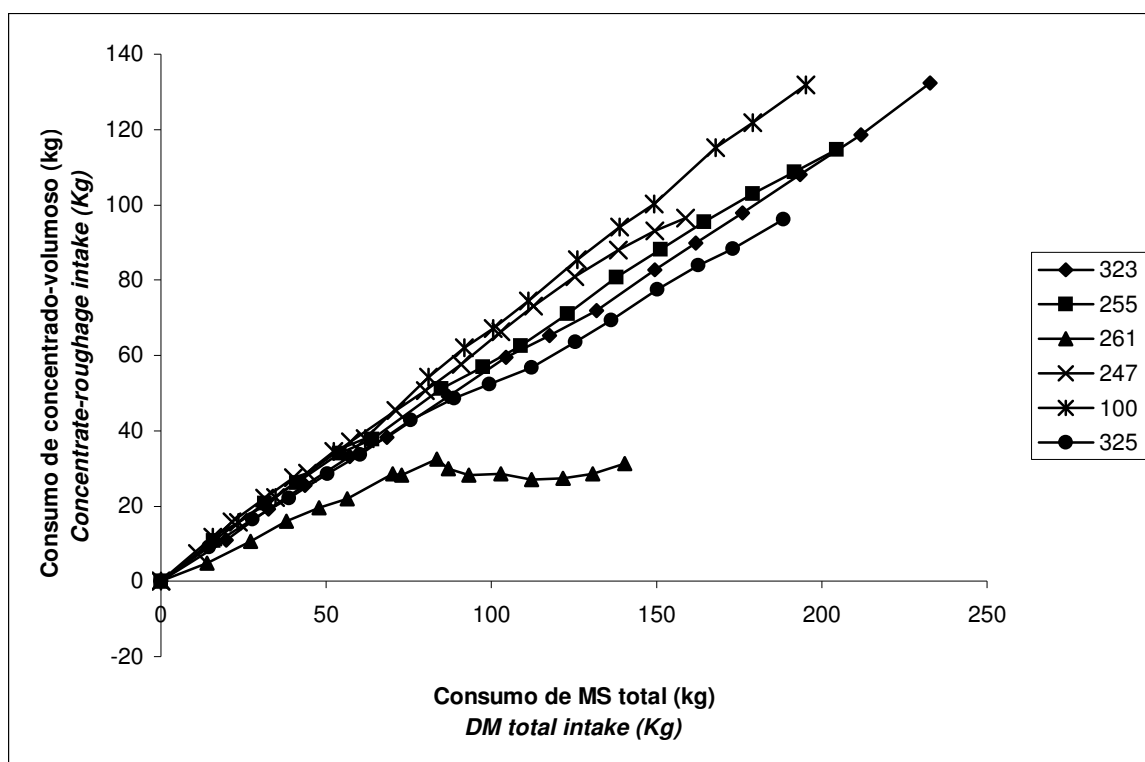


Figura 4 - Gráfico cumulativo do consumo individual dos animais em conforto térmico, ao longo dos dias (kg de MS/dia)

4 CONCLUSÕES

Os animais não parecem ser capazes de detectar diferenças no incremento calórico proveniente de cada alimento separadamente. Entretanto, percebem o calor metabólico proveniente da dieta como um todo, reduzindo o consumo total de matéria seca.

Os animais realizam seleção não aleatória da proporção de volumoso e concentrado de suas dietas.

REFERÊNCIAS

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 13. ed. Washington, D.C.: [s. n.], 1985. 1141 p.

BEEDE, D. K.; COLLIER, R. J. Potencial nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. **Journal Animal Science**, v. 62, n. 3, p. 543-555, 1986.

COPPOCK, C. E. Energy nutrition and metabolism of the lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 68, n. 2, p.3403-3410, 1985.

CROPPER, M.; LLOYD, M.; EMMANS, G.C. et al. Choice feeding as a method of determining lamb nutrient requirements and growth potential. **Animal Production**, v. 42, n. 2, p.453-454, 1986.

CROPPER, M.; LOYD, M. D.; EMMANS, G. C. Na investigation into the relationship between nutrient requirements and diet selection in growing lambs. **Animal Production**, v. 40, n. 3, p. 562, 1985.

DHIMAN, T. R.; ZAMAN, M. S. Desafios dos sistemas de produção de leite em confinamento em condições de clima quente. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE GADO DE LEITE, 5., 2001, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte:UFMG, 2001. p. 103.

FORBES, J. M. Dietary awareness. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 57, p. 287- 297, 1998.

FORBES, J. M. The voluntary food intake of farm animals. **Commissioned by Butterworths**, London: Butterworths, 1986. 207 p.

HABEEB, A. A. M.; MARAI, I. F. M.; KAMAL, T. H. Heat stress. In: PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. **Farm animals and the environment**. 1. ed. Wallingford: CAB international, 1992. p. 27-47.

HOLTER, J. B.; WEST, J. W.; MCGILLIARD, M. L. et al. Predicting ad libitum dry matter intake and yields of Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 912-921, 1996.

HOU, X. Z.; EMMANS, G. C.; ADERSON, D. et al. The effect of different pairs of feeds offered as a choice on food selection by sheep. In: NUTRITION SOCIETY, 50., 1991. **Proceedings...**, 1991, p. 94.

KYRIAZAKIS, I.; EMMANS, G. C.; WHITTEMORE, C. T. Diet selection in pigs: choices made by growing pigs given foods of different protein concentrations. **Animal Production**, v. 51, n. 3, p. 189-199, 1990.

ØRSKOV, E. R.; RYKE, M. **Energy nutrition in ruminants**. London, England: Elsevier Applied Science, 1990, 149p.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1985, 467 p.

TOLKAMP, B. J.; KYRIAZAKIS, I. Measuring diet selection in dairy cows: effects of training on choice of dietary protein level. **Animal Science**, v. 64, n. 4, p. 197-207, 1997.

VAN SOEST, P. J. Limitations of ruminants. In: **Nutritional ecology of the ruminant**. Corallis, OR: O & B Books, Inc., 1982, p. 325 -344.

WELLER, R. F.; PHIPPS, R. H. Milk production from grass and maize silages. **Animal Production**, v. 40, n. 3, p.560-561, 1985a.

WELLER, R. F.; PHIPPS, R. H. Preliminary studies on the effect of flavouring agents on the dry-matter intake of silage by lactating dairy cows. **Journal of Agricultural Science**, v. 112, n. 1, p.67-71, 1989.

WELLER, R. F.; PHIPPS, R. H. The effects of silage preference on the performance of dairy cows. **Animal Production**, v. 42, n. 3, p. 435, 1985b.

WEST, J. W. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 2, p.21-35, 1999.

CAPÍTULO III

RESUMO

FERNANDES, A. C. **Efeito do estresse térmico sobre a digestibilidade *in vivo* e parâmetros de fermentação ruminal em bovinos submetidos à seleção de dieta.** [Effects of heat stress on *in vivo* digestibility and ruminal fermentation parameters in bovine submitted to diet selection]. 2005. f. 71-89. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

Mudanças sobre parâmetros de fermentação ruminal e digestibilidade *in vivo* em bovinos mantidos em diferentes temperaturas ambientes e sob seleção de dieta, foram estudadas em 12 vacas secas (685 kg de peso médio), portadoras de cânulas ruminais. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com 2 tratamentos: conforto (galpão, 21°C) e estresse (câmara climática, 38°C), com seis repetições por tratamento. Os alimentos oferecidos, separadamente e a vontade, foram cana-de-açúcar + uréia (14%PB) e concentrado a base de milho + farelo de soja (14%PB). O experimento durou 20 dias. As coletas de líquido ruminal foram efetuadas no 20º dia, às 0, 3, 6, 9 e 12 horas após o arraçoamento matinal. A digestibilidade foi mensurada pelo uso do marcador externo óxido de cromo. Não houve diferença sobre a concentração total de ácidos graxos voláteis no rúmen, porcentagens molares dos ácidos acético, propiônico e butírico, relação acético/propiônico e pH ruminal. Foi observado aumento de 47% na concentração de N-amoniaco no rúmen nos animais estressados, comparados àqueles mantidos em conforto térmico (P<0,05). Houve redução na digestibilidade de 49% para a matéria seca, 55% para proteína bruta, 26% para extrativo não nitrogenado, 31% para o extrato etéreo, 44% para o amido e 52% para a energia bruta nos animais em estresse térmico, comparados ao conforto (P<0,05). Foi mantida a estabilidade do ambiente ruminal em condições de estresse, porém houve redução na digestibilidade, prejudicando o aproveitamento dos nutrientes da dieta pelos bovinos.

Palavras-chaves: Fermentação ruminal. Digestibilidade. Estresse. Ruminantes.

ABSTRACT

FERNANDES, A. C. **Effects of heat stress on *in vivo* digestibility and ruminal fermentation parameters in bovine submitted to diet selection.** [Efeito do estresse térmico sobre a digestibilidade *in vivo* e parâmetros de fermentação ruminal em bovinos submetidos à seleção de dieta]. 2005. f. 71-89. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

Changes in ruminal fermentation parameters and *in vivo* digestibility of bovine kept in two different environmental temperatures and submitted to diet selection were studied in 12 cannulated dry cows (685 kg of body weight). Experimental design was completely randomized with two treatments: thermal comfort (open barn, 21°C) and heat stress (climatic chamber, 38°C), with 6 repetitions/treatments. Feeds were offered separately and *ad libitum* and composed by sugar cane + urea (14% CP) and concentrate, based on corn + soybean meal (14% CP). Experimental period lasted 20 days. Ruminal fluid was collected on day 20, at 0, 3, 6, 9 and 12 hours after feeding. *In vivo* digestibility was evaluated by chromic oxide as external marker. There was no difference in total volatile fatty acids production in the rumen, molar percentage of acetate, propionate and butirate, acetate/propionate ratio and ruminal pH. An increase of 47% in ruminal ammoniacal-N concentration was observed for animals in heat stress compared to the ones in comfort ($P<0.05$). There was a decrease in digestibility of 49% for dry matter, 55% for crude protein, 26% for nitrogen-free extractive, 31% for ether extract, 44% for starch and 52% for gross energy for animals in stress, when compared to the ones kept in comfort ($P<0.05$). The ruminal environment was maintained stable in heat stress, however there was a decrease in *in vivo* digestibility, reducing the availability of nutrients for bovine.

Key words: Ruminal fermentation. Digestibility. Thermal comfort. Ruminants.

1 INTRODUÇÃO

A compreensão de como a seleção da dieta e a ingestão de alimentos são controladas são preocupações importantes nos campos da nutrição e fisiologia animal. Estudos envolvendo a seleção da dieta se baseiam na hipótese de que os animais se alimentam para minimizar desconfortos físicos e metabólicos. Desta forma, mudanças no fornecimento de nutrientes para os tecidos devem levar a mudanças na seleção das dietas, existindo evidências de que os animais escolhem quantidades diferentes de dois ou mais alimentos nas proporções corretas, pois são capazes de associar as propriedades sensoriais do alimento ao seu efeito no organismo (FORBES, 1986).

Nos ruminantes, os alimentos permanecem muito tempo no trato gastrintestinal e são completamente misturados no rúmen, tornando difícil as associações quanto às suas propriedades. Porém, foi evidenciada a hipótese que os ruminantes aprendem a associar dietas que minimizam desbalanços metabólicos. Foram observadas preferências por um sabor associado a baixas doses de caseína, contudo, doses altas provocaram aversão, talvez por sensação de toxicidade (ARSENOS; KYRIAZAKIS, 1998). Também, em estudos com dietas rápida ou lentamente fermentescíveis associadas com proteína de alta ou baixa degradabilidade ruminal, a escolha da dieta contendo proteína de alta degradabilidade foi associada à fonte de carboidrato rapidamente fermentescível, evidenciando a importância do sincronismo de nutrientes e da manutenção da estabilidade deste órgão (KYRIAZAKIS; OLDHAM, 1997).

Por outro lado, o aumento da temperatura ambiente interfere negativamente sobre a ingestão de alimentos, modificando os parâmetros de fermentação ruminal e o aproveitamento dos nutrientes (SILANIKOVE, 1992). O presente experimento teve como objetivo avaliar

mudanças na digestibilidade *in vivo* da matéria seca e suas frações e os efeitos do estresse sobre os parâmetros de fermentação ruminal em bovinos submetidos à seleção de dieta.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no mês de julho de 2002, utilizando-se doze fêmeas bovina, da raça Holandesa, portadoras de cânulas ruminais. Os animais se apresentavam não-lactantes e não-gestantes, com aproximadamente 685 kg de peso vivo. Os animais foram mantidos em baias individuais providas de comedouros e bebedouros automáticos, instaladas em dois ambientes, localizados no Laboratório de Bioclimatologia do Departamento de Nutrição e Produção Animal da FMVZ-USP, Campus de Pirassununga. As condições de temperatura ambiente foram monitoradas de forma a permitirem oscilação diuturna semelhante ao que ocorre naturalmente.

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (PIMENTEL GOMES, 1985), com dois tratamentos e seis repetições por tratamento. Os tratamentos foram os ambiente de CONFORTO, em galpão coberto (temperatura média 21°C), e ESTRESSE, em câmara bioclimática (temperatura média 38°C).

Os alimentos disponibilizados para os animais manifestarem suas escolhas foram cana-de-açúcar + uréia, corrigida para um teor de 14% de proteína bruta (PB), e mistura concentrada a base de grão de milho moído + farelo de soja, também com 14% PB. Os teores de proteína bruta dos alimentos disponíveis (concentrado e volumoso) foram os mesmos, de forma a diminuir a influência deste nutriente sobre a escolha. A correção do teor protéico da cana foi feita pela adição de uma mistura contendo 9 partes de uréia e 1 parte de sulfato de amônio. Entretanto, os ambientes nos quais os animais permaneceram foram diferentes, ocasionando desconfortos fisiológicos e metabólicos, podendo interferir na ingestão, digestão e parâmetros de fermentação ruminal.

Para evitar que a preferência fosse influenciada pelas necessidades de minerais, a mineralização foi realizada via fístula ruminal, na dose de 100 gramas de suplemento mineral

por animal/dia, administrada durante o momento das refeições, que foram fornecidas duas vezes ao dia, às 8h00 e 16h00. A composição do suplemento mineral foi a seguinte: fósforo 80g, cálcio 150g, enxofre 12g, zinco 4.500mg, cobre 1600mg, cobalto 210mg, manganês 1400mg, iodo 180mg, selênio 27mg, níquel 11mg, flúor 1,3g, cloro 228g e sódio 144,40/kg do produto.

O experimento teve duração total de 30 dias, sendo 10 dias de adaptação dos animais à dieta e 20 dias de coleta de dados. O período de coleta foi dividido em duas fases: entre os dias -5 e -1 os animais permaneceram nos dois ambientes (galpão e câmara bioclimática) em temperaturas de conforto em ambos, recebendo cana-de-açúcar suplementada com uréia e mistura concentrada. A partir do dia 0 foi acionado o sistema de aquecimento da câmara bioclimática, provocando o estresse térmico durante 14 dias. Do dia -5 ao dia 14 foi coletado líquido ruminal para dosagem de ácidos graxos voláteis (AGVs) acético, propiônico e butírico, níveis de nitrogênio amoniacal e pH ruminal. Nos últimos 10 dias experimentais foi realizado o ensaio da digestibilidade *in vivo* da matéria seca (MS) da dieta e suas frações através do óxido crômico.

As amostras de conteúdo ruminal foram coletadas diariamente em três pontos diferentes correspondentes ao antro e sacos ventrais anterior e posterior, através de uma bomba de vácuo. Foram retirados pelo menos 500 ml de conteúdo ruminal, que foram devolvidos ao pró-ventrículo, após colheita das devidas alíquotas. Tais amostragens foram realizadas diariamente às 11h00, ou seja, 3 horas após o arraçoamento matinal efetuado às 8h00. No último dia experimental foram realizadas coletas de líquido ruminal ao longo do dia, às 0, 3, 6, 9 e 12 horas após o arraçoamento matinal.

Em cada coleta, uma alíquota de aproximadamente 100 ml de conteúdo ruminal era centrifugada a 3.500 rpm por 15 minutos; 1 ml do sobrenadante era colocado em tubo de ensaio arrolhado, adicionando-se 0,2 ml de ácido fórmico P.A., sendo posteriormente

armazenado em congelador à -20°C até o momento da análise para ácidos graxos voláteis. A determinação dos AGVs contidos no conteúdo ruminal foi realizada através de cromatografia gasosa, segundo método preconizado por Erwin et al. (1961). Para tal foi utilizado um cromatógrafo a gás (marca FINNIGAN, modelo 9001) equipado com coluna megabore de 30m de comprimento e 0,53mm de diâmetro com fase de 1,0 micron OV-351 (Ohio Valley Specialty Chemical). O número de repetições por amostra foi aquele necessário para que a diferença entre leituras fosse inferior a 5%.

Alíquotas de 2 ml de conteúdo ruminal foram colocadas em tubos de ensaios contendo 1 ml de solução de ácido sulfúrico 1 N e armazenadas sob refrigeração até a realização das análises para nitrogênio amoniacal. A determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH_3) foi realizada por colorimetria, segundo método proposto por Kulasek (1972) e adaptado por Foldager (1977).

Imediatamente após a coleta, 100 ml de fluído ruminal foram utilizados para a determinação do pH em potenciômetro digital portátil, calibrados com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

A digestibilidade *in vivo* da MS da dieta e suas frações (PB, EE, ENN, FB, FDN e FDA) foi avaliada, através do marcador óxido crômico (BATEMAN, 1970), nos últimos 5 dias do período experimental. Os animais receberam o óxido crômico via cânula ruminal, através de envelopes confeccionados em papel absorvente. Este foi administrado na dosagem de 2 g de marcador por kg de MS de alimento consumido, sendo as administrações do marcador e as coletas de fezes realizadas duas vezes ao dia. A administração do marcador foi realizada por 10 dias, sendo 5 destinados à adaptação das concentrações do óxido crômico ao longo do trato digestivo e 5 detinados à coleta de fezes. A concentração de óxido crômico foi determinada por calorimetria através de sua reação com a s-difenilcarbazida, segundo Graner (1972).

Durante o experimento foram registradas diariamente, às 6h30, 11h30, 15h30 e 18h30, a temperatura ambiente e umidade relativa do ar através de termohigrômetros, bem como a temperatura radiante através de termômetro de globo negro. As temperaturas máxima e mínima diárias foram registradas, em termômetro próprio, sempre às 9h00. Os Índices de Temperatura e Umidade (ITU) e Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) foram calculados pelas fórmulas que se seguem:

$$ITU = T_{bs} + (0,36 \times T_o) + 41,2$$

$$ITGU = T_{gn} + (0,36 \times T_o) + 41,5$$

Onde, T_{bs} é a temperatura do termômetro de bulbo seco, T_{gn} é a temperatura do termômetro de globo negro e T_o é a temperatura do ponto de orvalho.

Os dados foram analisados através do programa Statistical Analysis System (SAS, 1985), sendo anteriormente verificada a normalidade dos resíduos pelo Teste de SHAPIRO-WILK e a homogeneidade das variâncias comparada pelo Teste "F". Os dados foram submetidos à análise de variância, que separou como fontes de variação os efeitos de tratamentos. Dados de AGVs, nitrogênio amoniacal e pH tomados no 14º dia foram analisados como medidas repetidas no tempo, referentes às diferentes horas de amostragem (comando REPEATED, PROC GLM). A análise por tempo somente foi realizada quando as interações entre efeito de tempo e efeito de tratamentos foram significativas. Foi utilizado um nível de significância de 5% para todos os testes realizados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores referentes às variáveis climáticas e índices de conforto térmico observados durante o período experimental se encontram na tabela 1. As médias das temperaturas máxima e mínima, registradas durante todo o período experimental, no galpão (conforto) foram 24 e 12°C, e na câmara bioclimática (estresse) foram 36 e 23°C, respectivamente.

Tabela 1 - Valores médios e a variação (valores máximos e mínimos) observados para as variáveis climáticas e índices de conforto térmico nos diferentes ambientes

VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E ÍNDICES	TRATAMENTOS	
	Conforto	Estresse
Temperatura do ar (°C)	19,1 (6 a 27)	31,5 (23 a 40)
Temperatura de Globo Negro (°C)	19,2 (7 a 29)	31,4 (21 a 40)
Umidade relativa do ar (%)	62 (29 a 87)	58 (46 a 73)
ITU	64 (58 a 69)	81 (72 a 85)
ITGU	65 (58 a 69)	81 (72 a 85)

ITU = Índice de temperatura e umidade; ITGU = Índice de temperatura de globo e umidade.

A tabela 2 mostra os valores encontrados para os parâmetros de fermentação ruminal nos diferentes tratamentos. Não houve diferença sobre a concentração total de AGVs no líquido ruminal, porcentagens molares dos ácidos acético, propiônico e butírico, relação acético/propiônico e pH ruminal. Foi observado aumento na concentração de N-amoniacal no rúmen nos animais submetidos ao estresse comparado àqueles mantidos em conforto térmico ($P < 0,05$).

Observou-se interação entre tempo e tratamento ($P < 0,05$) para a concentração total de AGVs, porcentagem molar dos ácidos acético, propiônico e butírico, relação acético/propiônico e pH ruminal. Entretanto, ao se realizar a análise em cada tempo

separadamente não foi possível detectar efeitos de tratamento, exceto para a porcentagem molar do ácido butírico, a qual apresentou maior concentração para o estresse em relação ao conforto, no tempo zero hora ($P < 0,05$). Também para o pH ruminal, no tempo zero, foi observada diminuição para o estresse em relação ao conforto ($P < 0,05$). Já para os valores de nitrogênio amoniacal, observou-se um aumento das concentrações ruminais nos animais submetidos ao estresse, em relação aos mantidos em conforto, independentemente do tempo de observação.

Tabela 2 - Concentração total de AGVs no líquido ruminal, porcentagens molares dos ácidos acético, propiônico e butírico, relação acético/propiônico, pH ruminal e concentração de N-amoniacal no rúmen, nos diferentes tratamentos, com os coeficientes de variação (CV) e probabilidades estatísticas

PARÂMETROS RUMINAIS	TRATAMENTOS		MÉDIA	C.V.	PROBABILIDADES	
	Conforto	Estresse			Trat.	Tempo*Trat
AGVs totais (mM)	106,06	105,42	105,74	15,41	NS	0,0218
Acético (% molar)	64,29	62,21	63,25	9,17	NS	0,0001
Propiônico (% molar)	25,83	26,96	26,40	26,12	NS	0,0063
Butírico (% molar)	9,88	10,83	10,35	23,38	NS	0,0003
Acético/Propiônico	2,56	2,63	2,59	32,07	NS	0,0416
pH	6,36	6,21	6,29	4,91	NS	0,0211
N-NH ₃ (mg/dl)	9,54	14,05	11,79	48,07	0,0253	NS

Neste estudo, partiu-se da hipótese de que as vacas poderiam alterar a proporção de concentrado e volumoso de suas dietas em função do aumento da temperatura ambiente. Entretanto, foi verificado que a proporção não foi alterada.

Foi reportado por Reynolds et al. (1991) um aumento na taxa de calor metabólico produzido com dietas possuindo alta porcentagem de fibras. Segundo Orskov e Ryle (1990), a ingestão de alimentos volumosos está associada à maior produção de calor, oriunda dos processos mecânicos de ingestão e digestão destes alimentos, como maior tempo de mastigação, ruminação e maior número de contrações ruminais. Também Van Soest (1982)

relatou que, alterações nas proporções de AGVs no rúmen poderiam explicar parte das diferenças observadas no incremento calórico com uso de alimentos fibrosos, em virtude de haver maior produção de calor associada com o metabolismo do acetato, comparado com o do propionato.

Neste sentido, se a produção de calor metabólico originária dos processos bioquímicos do metabolismo dos AGVS e dos processos mecânicos relacionados à ingestão dos alimentos volumosos é maior em relação aos alimentos concentrados, então as vacas não foram capazes de detectar a diferença individual de cada um destes alimentos.

Por outro lado, foi observado que os animais ingeriram proporções semelhantes de concentrado e volumoso nos dois ambientes, mantendo, desta forma, o pH ruminal, a produção de AGVs e a relação entre os ácidos acético e propiônico, ou seja, estabilizaram o ambiente ruminal. Então, é possível que as vacas percebam a capacidade acidogênica de cada alimento. A figura 1 mostra os valores de pH ruminal coletados nos diferentes ambientes, durante o período experimental. Na figura 2 constam os valores médios da relação acético/propiônico nos diferentes ambientes, ao longo do período experimental.

Diferente dos resultados obtidos neste estudo, Van Soest (1982) observou uma redução na quantidade de AGVs produzidos no rúmen de animais mantidos em estresse térmico, em virtude da queda na ingestão de alimentos e, conseqüentemente, redução dos carboidratos fermentescíveis. Também Habeeb et al. (1992) reportaram dramática redução na produção de ácidos graxos voláteis e no pH ruminal, observando diminuição da utilização da proteína, em virtude da falta de substrato energético, hormônios e enzimas em situações de estresse calórico. Tal afirmação pode sugerir que a baixa utilização da proteína, por falta de energia disponível no interior do rúmen, seja a responsável pelo aumento do teor de N-amoniaco observado em animais submetidos ao estresse, no presente estudo. A figura 3

mostra os valores médios de concentração de nitrogênio amoniacal nos diferentes tratamentos ao longo do período experimental.

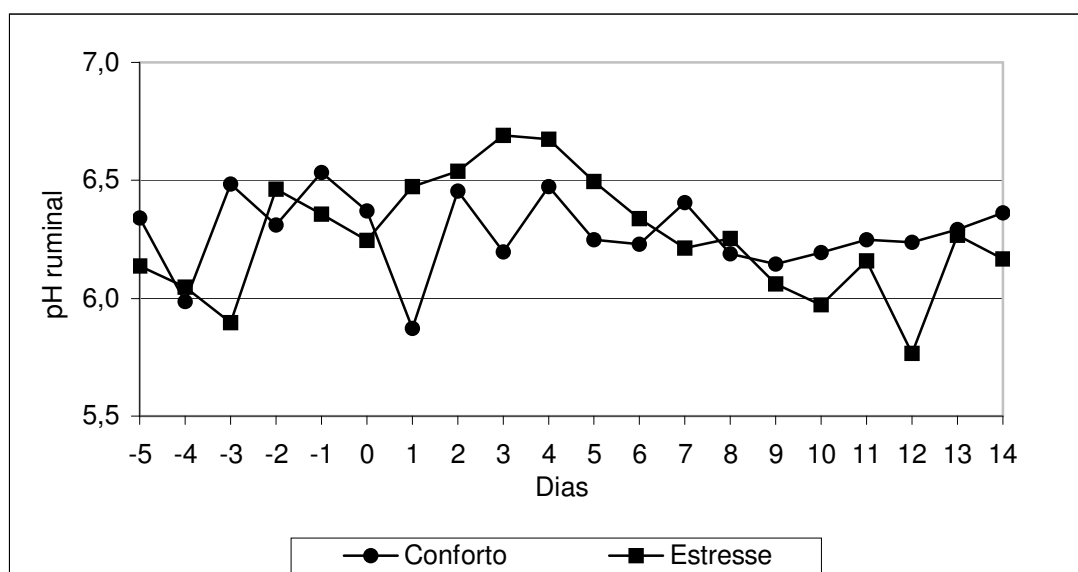


Figura 1- Médias de pH ruminal nos diferentes tratamentos, ao longo dos dias

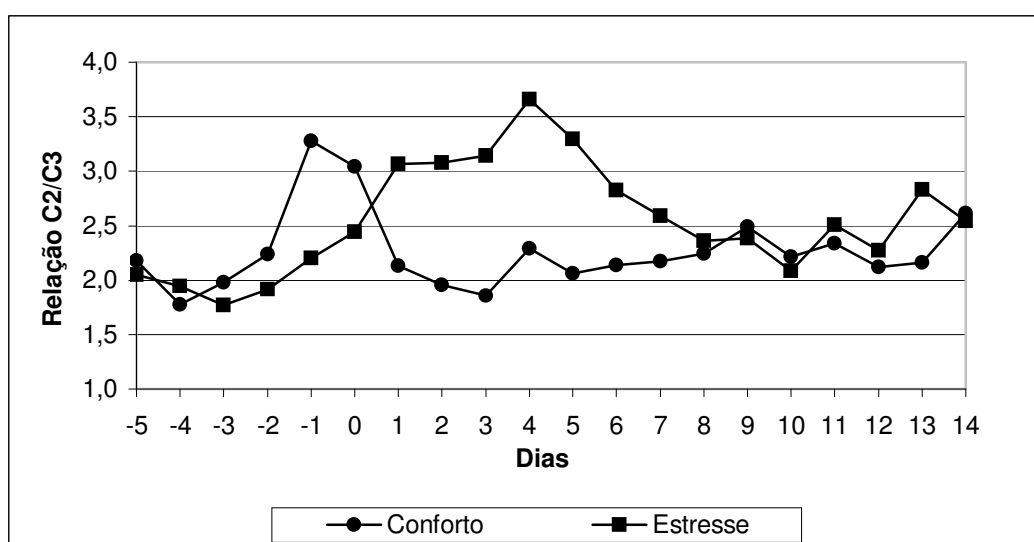


Figura 2 - Relação entre os ácidos acético (C₂) e propiônico (C₃) nos diferentes tratamentos, ao longo do período experimental

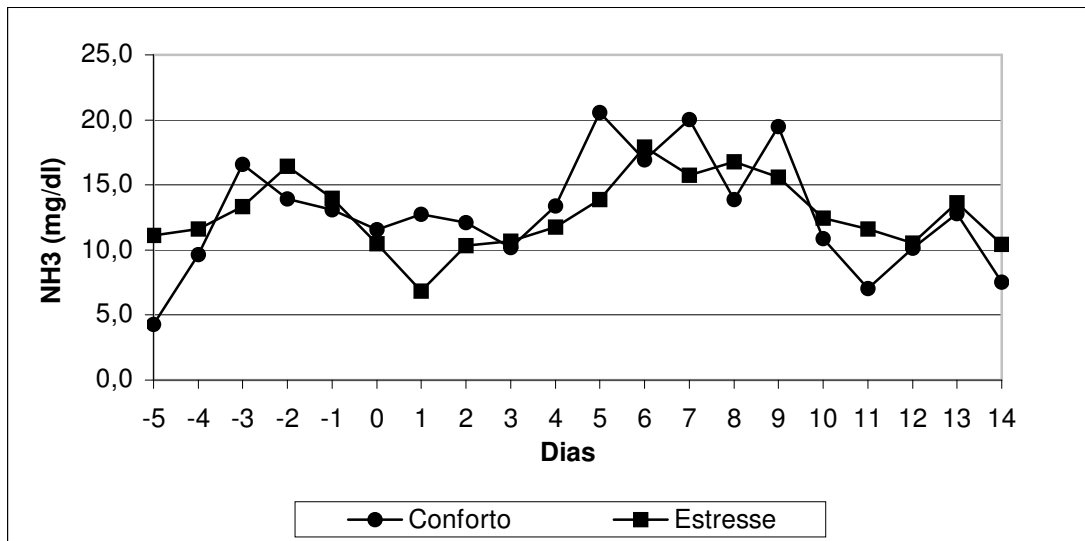


Figura 3 - Médias da concentração de nitrogênio amoniacal nos diferentes tratamentos, ao longo do período experimental

São apresentados na tabela 3 os valores de digestibilidade da matéria seca e suas frações nos diferentes tratamentos, com os erros padrão da média e as probabilidades estatísticas. Foi observada redução na digestibilidade de 49% para a matéria seca, 55% para a proteína bruta, 26% para o extrativo não nitrogenado, 31% para o extrato etéreo, 44% para o amido e 52% para a energia bruta nos animais mantidos em estresse térmico, comparados aos que permaneceram em temperatura de conforto ($P < 0,05$).

A digestibilidade da fibra bruta, da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido apresentou valores negativos, os quais poderiam ter ocorrido devido a alguns fatores práticos observados. A digestibilidade foi mensurada através do uso de marcador externo, óxido crômico, o qual pode não ter tido uma perfeita homogeneização no ambiente ruminal dos animais mantidos sob estresse, visto que os mesmos reduziram a movimentação (comportamento esperado frente ao estresse térmico para reduzir a produção de calor), permanecendo a maior parte do tempo deitados e ofegantes. Os animais estressados limitavam-se a ingerir alimentos no período da manhã e noturno, quando a temperatura

ambiente diminuía e, muitas vezes necessitavam de estímulo para se levantar nos horários das coletas das variáveis estudadas.

Além disso, é sabido que durante o estresse térmico o metabolismo torna-se reduzido, em virtude da diminuição dos hormônios tiroideanos, principalmente do triiodotironina (JOHNSON et al., 1988). Este fato, associado à redução da ingestão de matéria seca, faz com que a taxa de passagem da digesta pelo trato gastro intestinal se torne mais lenta, refletindo numa redução da atividade e motilidade ruminal (SILANIKOVE, 1992). Tais fatores podem ter contribuído para uma errônea recuperação do marcador nas fezes, originando valores negativos para a digestibilidade nestas circunstâncias.

Estudos sobre a digestibilidade em condições de estresse calórico são controversos. Silanikove (1992) tem sugerido que ocorra um aumento na digestibilidade dos alimentos nestas ocasiões, principalmente dos componentes fibrosos, em virtude da redução da taxa de passagem da digesta e maior exposição dos alimentos à atividade microbiana. Também Warren et al. (1974), trabalhando com novilhos da raça Holandesa, relataram aumento na digestibilidade de 6,7% para MS, 8% para FDN e 11% para FDA em animais mantidos a 32°C, em relação àqueles sob temperatura ambiente de 18°C. Entretanto, Habeeb et al. (1992) reportaram uma dramática redução na ingestão de matéria seca e digestibilidade aparente, além do prejuízo na utilização da proteína, em situações de estresse calórico.

Tabela 3 - Médias da digestibilidade aparente da matéria seca da dieta e suas frações, nos diferentes tratamentos, com os erros padrão da média (EPM) e probabilidades estatísticas (Prob.)

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS		MÉDIA	EPM	PROB
	Conforto	Estresse			
DMS	72,34	37,08	56,31	5,83	0,0001
DPB	65,32	29,04	47,18	7,49	0,0152
DFB	38,87	-20,04	9,42	11,82	0,0547
DENN	78,79	57,89	68,34	4,53	0,0120
DEE	78,89	54,70	66,80	4,56	0,0063
NDT	75,58	42,17	60,40	5,55	0,0001
DAM	91,38	83,52	87,45	2,52	0,1238
DFDN	28,29	-37,97	-4,84	13,54	0,0547
DFDA	45,26	-7,92	18,67	10,57	0,0547
DEB	70,48	33,46	53,65	38,51	0,0001

DMS = Digestibilidade da matéria seca, DPB = Digestibilidade da proteína bruta, DFB = Digestibilidade da fibra bruta, DENN = Digestibilidade do extrativo não nitrogenado, DEE = Digestibilidade do extrato etéreo, NDT = Nutrientes digestíveis totais, DAM = Digestibilidade do amido, DFDN = Digestibilidade da fibra em detergente neutro, DFDA = Digestibilidade da fibra em detergente ácido, DEB = Digestibilidade da energia bruta.

4 CONCLUSÕES

É provável que os bovinos percebam a capacidade acidogênica de diferentes alimentos e optem pela manutenção da estabilidade ruminal, em detrimento do incremento calórico gerado por eles.

Em condições de estresse térmico, o aproveitamento dos nutrientes torna-se prejudicado, em função da redução na digestibilidade de vários componentes da dieta.

REFERÊNCIAS

ARSENOS, G.; KYRIAZAKIS, I. The continuum between conditioned preferences and aversions in ruminants to flavored foods associated with the increasing administration of casein doses. **Proc BSAS**, v. 27, n. 2, 1998.

BATEMAN, J. **Nutricion animal - manual de métodos analíticos**. México: Herrero Hermanos, 1970, p. 405-449.

ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v. 44, n. 9, p. 1768-1771, 1961.

FOLDAGER, J. **Protein requirement and non protein nitrogen for high producing cow in early lactation**. 1977, Ph.D. thesis, East Lansing - Michigan State University.

FORBES, J. M. The voluntary food intake of farm animals. **Commissioned by Butterworths**, London, Butterworths, 1986. 207 p.

GRANER, C. A. F. **Determinação do crômio pelo método colorimétrico da s-difenilcarbazida**. Botucatu, 1972. 112 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1972.

HABEEB, A. A. M.; MARAI, I. F. M.; KAMAL, T. H. Heat stress. In: PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. **Farm animals and the environment**. 1. ed. Wallingford: CAB international, 1992. p. 27-47.

JOHNSON, H. D.; KATTI, P. S.; HAHN, L.; SHANKLIN, M. D. Short-term heat acclimation effects on hormonal profile of lactating cows. **University of Missouri Research Bull.** n.1061. Columbia. 1988.

KULASEK, G. A micromethod for determination of urea in plasma, whole blood and blood cells using urease and phenol reagent. **Pol. Arch. Wet.**, v. 15, n. 4, p. 801-810, 1972.

KYRIAZAKIS, I.; OLDHAM, J. D. Diet selection in sheep: the ability of growing lambs to select a diet that meets their crude protein (nitrogen x 6.25) requirements. **British Journal of Nutrition**, v. 69, n. 7, p. 617-629, 1993.

KYRIAZAKIS, I.; OLDHAM, J. D. Food intake and diet selection in sheep: The effect of manipulating the rates of digestion of carbohydrates and protein of the foods offered as a choice. **British Journal Nutrition**, v. 77, n. 8, p. 243-254, 1997.

ORSKOV, E. R.; RYKE, M. **Energy nutrition in ruminants**. London, England: Elsevier Applied Science, 1990, 149 p.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1985, 467 p.

REYNOLDS, C. K.; TYRRELL, H. F.; REYNOLDS, P. J. Effects of diet forage-to-concentrate ratio and intake on energy metabolism in growing beef heifers: Whole body energy and nitrogen balance and visceral heat production. **Journal of Nutrition**, v. 121, n. 9, p. 994-1003, 1991.

SAS – STATISTICAL ANALISYS SYSTEM. **SAS user's guide**: statistics. Versão 5. Cary: SAS, 1985.

SILANIKOVE, J. Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. **Livestock Production Science**, v. 30, n. 6, p. 175-194, 1992.

VAN SOEST, P. J. Limitations of ruminants. In: **Nutritional ecology of the ruminant**. Corvallis, OR: O & B Books, Inc., 1982, p. 325-344.

WARREN, P. W.; MARTZ, F. A.; ASAY, K. H.; HILDERBRAND, E. S.; PAYNE, C. G.; VOGT, J. R. Digestibility and rate of passage by steers fed tall fescue, alfalfa and orchardgrass hay in 18 and 32 C ambient temperatures. **Journal Animal Science**, v. 39, n. 1, p. 93-96, 1974.

CAPÍTULO IV

1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ofereceu-se aos animais a oportunidade de escolherem suas dietas, através da capacidade de selecionar a proporção de volumoso e concentrado, em função de diferentes temperaturas ambientes (conforto e estresse térmico). Tal fato foi concluído através da comparação da composição da dieta selecionada, pelos parâmetros da fermentação ruminal, e pela digestibilidade dos nutrientes.

A partir dos parâmetros ruminais estudados, pode-se concluir que a estabilidade do ambiente ruminal foi mantida em condições de estresse, mas houve redução na digestibilidade, prejudicando o aproveitamento dos nutrientes da dieta pelos bovinos.

A partir do presente estudo, pode-se perceber que os animais não parecem ser capazes de detectar diferenças no incremento calórico dos alimentos separadamente, mas percebem o calor metabólico da dieta, reduzindo o consumo total de matéria seca na tentativa de manter estável o ambiente ruminal.