

**JOAN BRÁLIO MENDES PEREIRA LIMA**

**SUPLEMENTAÇÃO DE NOVILHOS NELORE NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO  
ÁGUAS-SECA EM PASTAGENS DE CAPIM-PIATÃ DIFERIDAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição Animal

Prof. orientador: Norberto Mario Rodríguez

**Belo Horizonte  
2010**







*Aos meus pais,*

*João Mendes Lima*

*Maria José Pereira Lima*

*Pelo carinho e amor...*

*... dedico*

*Ao "Vale" e a todos que fazem dele  
um lugar melhor pra se viver...*

*... ofereço*



## EPÍGRAFE

*“Bem aventurado o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento. Os seus caminhos são caminhos de delícias, e todas as suas veredas, paz.”*

*(Provérbios 3: 13; 17)*



## AGRADECIMENTOS

Agradecer é um ato sublime. É o reconhecimento de que não se está só. Muitas são as pessoas as quais devo agradecer e que ao longo de toda minha vida contribuíram para minha formação e capacitação, tanto pessoal, quanto profissional. Poderia me valer de todas as palavras e, mesmo assim, seria impossível expressar o tamanho do meu respeito, admiração e gratidão por estas pessoas, e a importância que cada uma delas tem em minha vida. Há sempre o temor de esquecer alguém. Agradeço, portanto, a todos que de alguma forma estiveram presentes na minha vida e, por isso, deram sua contribuição para realização deste trabalho. No entanto, faz-se necessário lembrar a presença de pessoas imprescindíveis para tal concretização.

À minha querida família, que se torna maior a cada dia. Aos meus pais João e Maria e irmãos Marílís e Vico, pelo amor de sempre. Aos meus avós, tios e primos por sempre me proporcionarem momentos de alegria, e por compartilharem comigo este sonho. Obrigado por serem uma FAMÍLIA, na essência da palavra;

À Adna, por está ao meu lado, construindo a nossa família. Pelo carinho, amor, compreensão e apoio durante toda essa jornada;

À Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais por minha formação acadêmica e por ter me acolhido durante 11 anos de graduação, mestrado e doutorado, fazendo-me sentir orgulho de ser filho desta casa;

Ao professor Norberto Mario Rodríguez, pela orientação e confiança durante os anos de convívio, pela amizade e oportunidade concedida;

Ao professor Décio Souza Graça, pela amizade e ensinamentos que levarei por toda vida;

Ao professor Hugo Laborde da Universidad Nacional del Sur, pela orientação, oportunidade e amizade;

À Universidad Nacional del Sur por ter contribuído de forma significativa para minha formação profissional;

À professora Ana Luiza Costa Cruz Borges por despertar em mim o interesse pela nutrição animal e pesquisa e por contribuir, de forma inestimável, para minha formação profissional;

Aos professores Lúcio Carlos Gonçalves, Iran Borges e Eloísa de Oliveira Simões Saliba, pela disponibilidade em ajudar e ensinar;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, pela bolsa de estudos concedida;

Ao pesquisador da EMBRAPA Cerrados, Roberto Guimarães Júnior, por toda ajuda, conselhos e amizade.

Ao pesquisador da EMBRAPA Cerrados, Geraldo Bueno Martha Júnior, pela co-orientação, confiança, ajuda e enriquecimento deste trabalho.

Ao funcionário da EMBRAPA Cerrados (CPAC), Paulo Henrique, pela ajuda fundamental para realização deste trabalho.

À Bellman Nutrição Animal, pelo fornecimento dos suplementos utilizados neste trabalho.

Aos amigos de doutorado, Luciano, Ricardo, Sandra, Guilherme, Vinícius, Alexandre, Fernando, Mário Henrique, dentre muitos, pela preciosa amizade e convívio durante todos estes anos;

Ao funcionário do Laboratório de Nutrição Animal da EV-UFMG, Toninho, pela ajuda, ensinamentos e, principalmente, pela amizade.

A secretária do Departamento de Pós-graduação em Zootecnia da EV-UFMG, Heloísa, pela amizade e ajuda.

Aos professores da pré-escola, do ensino básico e fundamental da cidade de Medina – MG, por iniciarem minha educação.

Aos novos amigos do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – *Campus Araçuaí*, por caminharmos juntos nesta nova jornada.

Ao IFNMG por me proporcionar a oportunidade de regressar ao Vale do Jequitinhonha.

Enfim, a todos que contribuíram e torceram por mim, hoje e sempre, o meu muito obrigado.

## **BIOGRAFIA**

JOAN BRÁLIO MENDES PEREIRA LIMA, filho de João Mendes Lima e Maria José Pereira Lima, nasceu em Teófilo Otoni-MG, em 21 de Outubro de 1981, vivendo toda sua infância e adolescência na cidade de Medina-MG, Vale do Jequitinhonha. Em Medina, estudou o pré-escolar na escola Dona Xêpa e o ensino fundamental nas escolas CNEC e Estadual Aníbal Melo. Aos quinze anos foi cursar o ensino médio no Colégio Imaculada Conceição, em Belo Horizonte. Em junho de 2004, graduou-se em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Em março de 2005, iniciou o programa de Mestrado em Zootecnia da UFMG, onde desenvolveu estudos na área de Nutrição Animal, defendendo a dissertação em 2007. Em março deste mesmo ano, ingressou no programa de Doutorado em Zootecnia da UFMG, dando continuidade aos estudos de Nutrição Animal, defendendo a tese em 10 de dezembro de 2010.

Em dezembro de 2009 ingressou no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – *Campus Araçuaí*, na cidade de Araçuaí-MG, Vale do Jequitinhonha, como professor da área de Zootecnia.

*O bom filho à casa torna!*

*(Dito popular)*

## SUMÁRIO

RESUMO .....	<a href="#">19</a>
ABSTRACT .....	<a href="#">20</a>
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL .....	<a href="#">21</a>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	<a href="#">22</a>
CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA.....	<a href="#">23</a>
A. POTENCIAL DAS FORRAGEIRAS TROPICAIS PARA PRODUÇÃO DE BOVINOS.....	<a href="#">23</a>
1 - INTRODUÇÃO .....	<a href="#">23</a>
2 - POTENCIAL DAS FORRAGEIRAS TROPICAIS .....	<a href="#">24</a>
3 - EFICIÊNCIA DO PROCESSO PRODUTIVO .....	<a href="#">27</a>
4 - MANEJO DO PASTEJO .....	<a href="#">30</a>
4.1 - Processo de interceptação luminosa e acúmulo de forragem.....	<a href="#">31</a>
4.2 - Morfogênese e estrutura do dossel como ferramentas no manejo do pastejo.....	<a href="#">33</a>
<a href="#">4.3</a> - Comportamento ingestivo de bovinos a pasto .....	<a href="#">37</a>
4.3.1 - Tamanho do bocado .....	<a href="#">39</a>
4.3.2 - Taxa de bocado .....	<a href="#">40</a>
4.3.3 - Tempo de pastejo.....	<a href="#">42</a>
4.3.4 - Seletividade .....	<a href="#">43</a>
4.4 - Diferimento de pastagens .....	<a href="#">46</a>
<a href="#">4.4.1</a> - Estrutura do pasto diferido .....	<a href="#">46</a>
4.4.2 - Espécies forrageiras para diferimento.....	<a href="#">47</a>
4.4.3 - Período de diferimento e utilização da pastagem .....	<a href="#">48</a>
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	<a href="#">49</a>
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	<a href="#">49</a>
B. SUPLEMENTAÇÃO DE BOVINOS A PASTO .....	<a href="#">57</a>
1 - INTRODUÇÃO .....	<a href="#">57</a>
2 - O AMBIENTE RUMINAL E A SUPLEMENTAÇÃO .....	<a href="#">59</a>
<a href="#">2.1</a> - Síntese de proteína microbiana.....	<a href="#">60</a>
2.2 - Sincronismo entre proteína e energia.....	<a href="#">66</a>
3 - INTERAÇÕES ENTRE FORRAGENS E SUPLEMENTOS .....	<a href="#">71</a>
4 - SUPLEMENTAÇÃO PROTEICA.....	<a href="#">73</a>
4.1 - Importância da suplementação de PDR.....	<a href="#">76</a>
4.2 - A ureia na alimentação de bovinos .....	<a href="#">77</a>
4.3 - Utilização de nitrogênio pelos ruminantes .....	<a href="#">81</a>
5 - SUPLEMENTAÇÃO ENERGÉTICA .....	<a href="#">84</a>
5.1 - Efeito da suplementação energética no consumo de forragem .....	<a href="#">86</a>
6 - TIPOS DE SUPLEMENTOS E DESEMPENHO ANIMAL .....	<a href="#">89</a>
<a href="#">6.1</a> - Sal mineral.....	<a href="#">90</a>
<a href="#">6.2</a> - Sal mineral com ureia .....	<a href="#">90</a>
<a href="#">6.3</a> - Mistura múltipla .....	<a href="#">90</a>
<a href="#">6.4</a> - Suplementos de semiconfinamento .....	<a href="#">92</a>
<a href="#">6.5</a> - Desempenho animal .....	<a href="#">93</a>
7 - FREQUÊNCIA DE SUPLEMENTAÇÃO .....	<a href="#">97</a>
8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	<a href="#">101</a>
9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	<a href="#">101</a>

<b>C. CONSUMO POR BOVINOS A PASTO .....</b>	<b>111</b>
<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>111</b>
<b>2 - MECANISMOS DE REGULAÇÃO DO CONSUMO .....</b>	<b>111</b>
<b>3 - ESTIMATIVA DO CONSUMO POR BOVINOS A PASTO .....</b>	<b>114</b>
<b><u>3.1 - Uso de indicadores e procedimentos na estimativa do consumo .....</u></b>	<b>115</b>
<b><u>3.1.1 - Estimativa da produção fecal .....</u></b>	<b>117</b>
<b><u>3.1.1.1 - Uso do LIPE® na estimativa da produção fecal.....</u></b>	<b>118</b>
<b><u>3.1.2 - Determinação da digestibilidade da dieta .....</u></b>	<b>121</b>
<b><u>3.1.2.1 - Métodos de amostragem da dieta ingerida .....</u></b>	<b>121</b>
<b><u>3.1.2.2 - Métodos de determinação da digestibilidade.....</u></b>	<b>123</b>
<b><u>4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</u></b>	<b>125</b>
<b><u>5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u></b>	<b>125</b>
<b>CAPÍTULO III - DIFERIMENTO DE PASTAGENS DE CAPIM-PIATÃ PARA UTILIZAÇÃO DURANTE O PERÍODO DE TRANSIÇÃO ÁGUAS-SECA.....</b>	<b>131</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>131</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>131</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>132</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>133</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>139</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>145</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>145</b>
<b>CAPÍTULO IV - SUPLEMENTAÇÃO DE NOVILHOS NELORE SOB PASTEJO NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO ÁGUAS-SECA.....</b>	<b>149</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>149</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>149</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>150</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>151</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>158</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>168</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>169</b>
<b>CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>173</b>

---

**LISTA DE TABELAS**

---

Tabela 1. Eficiência energética do processo produtivo.....	29
Tabela 2. Consumo de matéria seca da forragem (CMS, em % do PV) e tempo de pastejo (TP, em min./dia) de novilhos pastejando cinco gramíneas, durante as épocas da seca e das águas.....	42
Tabela 3. Recomendações para a época de diferimento e utilização de diversas forrageiras em diferentes regiões do Brasil.....	49
Tabela 4. Principais espécies de bactérias ruminais, segundo o tipo de substrato que fermentam.....	59
Tabela 5. Valor biológico de várias fontes proteicas.....	60
Tabela 6. Teor de aminoácidos (em g/100g de proteína) na proteína microbiana e em produtos de origem animal.....	60
Tabela 7. Componentes e degradabilidade ruminal das diferentes frações do nitrogênio e dos carboidratos dos alimentos.	68
Tabela 8. Frações proteicas de alguns alimentos.....	68
Tabela 9. Consumo e desempenho de bovinos alimentados com forragem de baixa qualidade, suplementados com proteína, energia e fósforo, em diferentes combinações.....	75
Tabela 10. Efeito da suplementação com ureia ou proteína verdadeira sobre o consumo de forragem.....	77
Tabela 11. Composição da ureia encontrada no Brasil.....	78
Tabela 12. Consumo médio diário de suplementos (kg/dia) de acordo com os fatores: gramínea, sexo e grupo genético....	93
Tabela 13. Resposta animal aos diferentes tipos de suplementos em pastagens tropicais.....	94
Tabela 14. Frequência de suplementação em trabalhos realizados com diferentes suplementos, épocas de fornecimento, tipo de forragem e animais.....	99
Tabela 15. Disponibilidade de matéria seca total (DMST), das frações folha (DF), colmo (DC), matéria verde (DMV) e matéria morta (DMM), em kg de MS/ha, relação folha:colmo (Rel. F:C), altura do dossel (cm) e densidade total (kg MS/cm/há) de pastos de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Piatã em função dos períodos de diferimento e de pastejo.....	141
Tabela 16. Composição química do pasto e das frações folha, colmo e material morto, em função dos períodos de diferimento e de pastejo.....	142
Tabela 17. Teor de proteína bruta e fibra detergente neutro (FDN), expressos na matéria seca, do pasto e da simulação da dieta ingerida por bovinos, durante a transição águas-seca.....	144
Tabela 18. Precipitação acumulada (mm), Temperatura média, máxima e mínima (°C), Umidade relativa do ar média, máxima e mínima (% UR) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU), durante o período experimental.....	152
Tabela 19. Composição química dos suplementos utilizados.....	154
Tabela 20. Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), nitrogênio (N), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos totais (CHOT), digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS), digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO), nutrientes digestíveis totais (NDT), matéria mineral (Cinzas), cálcio (Ca), fósforo (P), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), expressos em porcentagem da matéria seca, para as amostras de pastejo simulado, em função da época de amostragem.....	160

---

Tabela 21. Consumo de matéria seca de forragem (CMSF) (kg/dia) e consumo de matéria seca total (CMST) (kg/dia e % peso vivo) de novilhos Nelore recebendo diferentes suplementos, durante o período de transição águas-seca.....	161
Tabela 22. Desempenho de novilhos recebendo diferentes suplementos, durante o período de transição águas-seca.....	165
Tabela 23. Avaliação econômica de quatro estratégias de suplementação de novilhos Nelore, durante o período de transição águas-seca.....	168

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição de chuvas e taxa de acúmulo de forragem, ao longo do ano.....	24
Figura 2. Valor nutricional de cinco gramíneas tropicais ao longo do ano. ....	26
Figura 3. Influência da pressão de pastejo sobre o ganho por animal e por área.....	30
Figura 4. Dinâmica do acúmulo de forragem.....	33
Figura 5. Diagrama da relação entre as principais características morfológicas e estruturais do pasto e suas influências manejo do pastejo.....	35
Figura 6. Consumo diário por animais sob pastejo como função de variáveis comportamentais e da estrutura do dossel forrageiro.....	38
Figura 7. Aminoácidos sulfurados.....	63
Figura 8. Relação entre a concentração de amônia e a velocidade da reação para as enzimas glutamina sintetase (GS) e glutamato desidrogenase (GDH).....	64
Figura 9. Estrutura dos polissacarídeos amilose e amilopectina, encontrados no grânulo de amido.....	65
Figura 10. Integração entre a proteína e a energia no processo de síntese de proteína microbiana.....	66
Figura 11. Sincronização da degradação ruminal das frações da proteína e dos carboidratos.....	67
Figura 12. Proteína Degradável no Rúmen (PDR) requerida para máximo consumo de Matéria Orgânica Digestível (MOD).....	70
Figura 13. Hipótese dos efeitos associativos da suplementação.....	71
Figura 14. Esquema simplificado da interrelação planta-animal-suplemento.....	72
Figura 15. Consumo de matéria seca da forragem (% do peso vivo) em função do nível de ingestão do suplemento (em % do peso vivo).....	73
Figura 16. Lei do mínimo. O nutriente limitante, no caso, a proteína, dita o nível de produção.....	74
Figura 17. Taxa de desaparecimento do rolo de fio de algodão suspenso no saco ventral do rúmen de bovinos alimentados com volumoso de baixa qualidade.....	75
Figura 18. Fórmula estrutural da ureia.....	78
Figura 19. Relação entre o pH ruminal e a relação $NH_3/NH_4^+$ .....	80
Figura 20. Utilização do nitrogênio pelos ruminantes.....	82
Figura 21. Ciclo da ureia.....	82

Figura 22. Comparação entre o metabolismo de N a baixo e alto consumo de N.....	84
Figura 23. Médias de consumo de matéria seca total (CMST), matéria seca de forragem (CMSF) e digestibilidade aparente da FDN da dieta total (DFDN), em função dos diferentes tratamentos: SAL - Sal mineral; MS1 - Milho e farelo de soja (1 kg/cab/dia); MS2 - Milho e farelo de soja (2 kg/cab/dia); TS1 - Farelo trigo e de soja (1 kg/cab/dia); TS2 - Farelo trigo e de soja (2 kg/cab/dia).....	85
Figura 24. Composição nutricional de alimentos energéticos.....	86
Figura 25. Ganho de peso de novilhos Nelore e F1 Angus-Nelore, submetidos a diferentes regimes alimentares.....	96
Figura 26. Relação do consumo de suplemento em porcentagem do peso vivo (CONSUPPV) no diferencial de ganho de peso diário (DIFGPD) em função da época de suplementação e do tipo de suplemento.....	97
Figura 27. Fatores que determinam o consumo voluntário de ruminantes.....	112
Figura 28. Teoria de regulação do consumo de forragem por animais sob pastejo.....	114
Figura 29. Métodos de amostragem da dieta ingerida em animais fistulados no esôfago (A) e no rúmen (B).....	122
Figura 30. Efeito teórico da digestibilidade sobre o consumo e a excreção fecal.....	124
Figura 31. Precipitação mensal acumulada no ano de 2008 e média histórica de precipitação (1988-2007) na Embrapa Cerrados.....	134
Figura 32. Balanço hídrico decendial referente ao ano de 2008 na Embrapa Cerrados.....	134
Figura 33. Temperatura diária (C°) mínima, máxima e média, na Embrapa Cerrados, durante o período experimental.....	135
Figura 34. Imagem de satélite da área experimental.....	136
Figura 35. Croqui da área experimental.....	136
Figura 36. Vista geral dos piquetes de capim-Piatã .....	136
Figura 37. Separação das frações folha, colmo e material morto da pastagem.....	137
Figura 38. Área delimitada para avaliação das perdas do pasto.....	138
Figura 39. Avaliação da massa de forragem observada pelo método direto e estimada pelo método da dupla amostragem.....	139
Figura 40. Disponibilidade de forragem e das frações folha, colmo e material morto (kg MS/ha) de pastos manejados em diferentes períodos de diferimento e pastejo.....	140
Figura 41. Potencial de seleção para proteína bruta (PB) e fibra detergente neutro (FDN) por bovinos em pastagens de capim-Piatã, no período de transição águas-seca.....	144
Figura 42. Precipitação mensal acumulada no ano de 2008 e média histórica de precipitação (1988-2007) na Embrapa Cerrados.....	152
Figura 43. Imagem dos animais experimentais.....	153
Figura 44. Fornecimento das cápsulas de LIPE® com auxílio de uma mangueira d'água.....	155
Figura 45. Coleta de fezes dos animais e acondicionamento em bandejas de acrílico.....	156

---

Figura 46. Esquema de fornecimento do LIPE <sup>®</sup> , coleta de fezes e amostragem de pastejo simulado, conforme o dia de cada período experimental.....	156
Figura 47. Disponibilidade de forragem, e das frações folha, colmo e material morto (kg MS/ha) dos módulos experimentais em diferentes períodos de pastejo.....	159
Figura 48. Consumo de matéria seca total, de pasto e suplemento por novilhos, durante o período de transição águas-seca, em função da quantidade de suplemento ofertado.....	162
Figura 49. Desenvolvimento ponderal de novinhos Nelore, durante a época de transição águas-seca, em função da suplementação.....	162
Figura 50. Relação entre os níveis de suplementação e o ganho de peso diário de novilhos suplementados durante o período de transição águas-seca.....	163

---

## SUPLEMENTAÇÃO DE NOVILHOS NELORE NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO ÁGUAS-SECA EM PASTAGENS DE CAPIM-PIATÃ DIFERIDAS

### RESUMO

Objetivou-se estudar o efeito da suplementação sobre o consumo de pastos e desempenho de novilhos, em pastagens de capim-Piatã (*Brachiaria brizantha* cv. Piatã), durante a transição águas-seca, no Bioma Cerrado. As pastagens foram diferidas por períodos de 60 e 100 dias, e utilizadas em três períodos de pastejo (1, 21 e 42 dias). Os tratamentos consistiram no fornecimento dos suplementos: controle (sal mineral com ureia, ofertado *ad libitum*); sal proteinado, ofertado a 0,2% do peso vivo (0,2% PV); suplemento proteico-energético, ofertado nos níveis de 0,3 e 0,5% do peso vivo (0,3 e 0,5% PV). O desempenho foi avaliado por um período de 84 dias, sendo os animais pesados a cada 28 dias. O consumo foi estimado a partir da produção fecal, utilizando-se o indicador externo LIPE<sup>®</sup>, e da digestibilidade da dieta, obtida por pastejo simulado. O diferimento do pasto, no final da época das águas, por períodos de 60 e 100 dias, permitiu quantidades adequadas de massa de forragem verde e elevadas taxas de acúmulo de forragem, constituindo estratégia eficaz em estocar forragem destinada ao pastejo, durante o período de transição águas-seca. Em relação ao controle, as demais suplementações não reduziram o consumo de forragem ( $P>0,05$ ), promovendo efeito aditivo sobre o consumo de matéria seca total, na ordem de 8,3; 6,6 e 14,6%, para os níveis de suplementação 0,2; 0,3 e 0,5% PV, respectivamente. O consumo médio diário dos suplementos, na matéria natural, foi de 0,167; 0,597; 0,865 e 1,469 kg/animal, sendo observado ganhos médios diários semelhantes ( $P>0,05$ ), de 0,686; 0,761; 0,719 e 0,850 kg/animal, para os animais submetidos aos tratamentos controle, 0,2; 0,3 e 0,5% PV, respectivamente. Os resultados sugerem que as quatro estratégias de suplementação proporcionam desempenho equivalente quando utilizadas durante o período de transição águas-seca, em condições de alta oferta de forragem. Todas as estratégias de suplementação foram economicamente viáveis. Desta forma, recomenda-se a antecipação da suplementação proteica, da época da seca para o período de transição águas-seca, pois, esta proporcionou elevado desempenho animal e resultado econômico positivo.

**Palavras-chave:** consumo, desempenho, disponibilidade de forragem, LIPE, suplementação a pasto

## **SUPPLEMENTATION OF NELORE STEERS UNDER GRAZING DURING THE RAINY/DRY TRANSITION PERIOD**

### **ABSTRACT**

*The effects of different levels of supplementation on performance and forage dry matter intake of steers grazing Brachiaria grass (Brachiaria brizantha cv. Piatã), deferring by 60 and 100 days, during the rainy/dry transition period, on Cerrado Biome, were evaluated. The treatments were: control (mineral salt plus urea offered ad libitum); proteic supplement offered at 0.2% BW and proteic-energetic supplement, offered at two levels (0.3 and 0.5% BW). Performance trial was evaluated for a period of 84 days. Dry matter intake was estimated using LIPE<sup>®</sup> as external marker, and diet digestibility obtained by hand plucking sampling. Forage deferring for 60 and 100 days allows adequate quantities of green forage mass and high rates of forage accumulation, being effective strategy to store forage to be used during the rainy/dry transition period. Comparing to control, supplementation increased total dry matter intake in 8.3; 6.6 and 14.6%, for 0.2, 0.3 and 0.5% BW, respectively. The average intake of supplements was 0.167; 0.597; 0.865 and 1.469 kg/animal/day, and the average daily gain (ADG) 0.686; 0.761; 0.719 and 0.850 kg/animal/day, for control, 0.2, 0.3 and 0.5% BW, respectively. Results suggest that all strategies of supplementation reach similar performance during the rainy/dry transition period, under conditions of high herbage availability. All supplementation strategies are economically viable. It is recommended to anticipate proteic supplementation from dry season to rainy/dry transition period, for better animal performance and economic results.*

**Keywords:** *forage availability, forage intake, LIPE, pasture supplementation, performance*

## CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL

Historicamente, a pecuária de corte brasileira desenvolveu-se pela expansão da fronteira agrícola, incorporando ao sistema extensivo de produção, novas áreas não cultiváveis. Este sistema de produção era caracterizado, principalmente, pela exploração do fator terra, em detrimento da intensificação de investimentos. Ao longo de décadas, esse cenário estimulou a expansão da pecuária de corte para regiões de fronteira, contribuindo para que a pecuária fosse encarada como reserva de capital, ao invés de uma atividade cujo resultado econômico insentivasse seu desenvolvimento e aperfeiçoamento, por meio de investimentos crescentes em tecnologia.

No Brasil, o final do século XX foi marcado pela necessidade de reavaliação desta postura, em função de melhores condições econômicas. Nesse contexto, os pecuaristas viram a necessidade de direcionar esforços para aumentar a eficiência do processo produtivo, pois, apesar da atividade pecuária ter contribuído, de forma decisiva, desde os tempos coloniais, para a ocupação do território brasileiro, sua expansão é considerada a principal responsável pelo desmatamento. Assim, há uma crescente necessidade de adoção de tecnologias que intensifiquem o uso da terra, tornando mais sustentável a atividade, pelo aumento da produtividade em detrimento da abertura de novas áreas.

Ao longo dos anos, tem-se firmado um mercado consumidor cada vez mais exigente, que aliado às questões ambientais, vem causando alterações sensíveis na pecuária. Este novo cenário busca a conciliação entre produção animal e conservação ambiental, garantido qualidade e segurança alimentar ao consumidor, rentabilidade e qualidade de vida ao produtor, que se torna mais competitivo, inserindo-se nas exigências, cada vez mais rígidas, ditadas pelo mercado globalizado.

Com a crescente demanda do mercado por carne bovina de qualidade, proveniente de animais criados a pasto, aliada à erradicação e confirmação de áreas livres de febre aftosa, com vacinação, o Brasil passou a ter um amplo mercado a conquistar. Assim, é necessário buscar alternativas para aumentar a produtividade do sistema pastoril e adequar-se a realidade imposta ao setor produtivo, incorporando a esses sistemas, tecnologias que possam garantir a sustentabilidade econômica e ambiental da atividade. Consoante a este fato, tem-se observado uma crescente disponibilidade de conhecimentos, informações e tecnologias que viabilizam esta pecuária.

A pecuária bovina de corte passa por um processo nítido de incorporação de tecnologias, com reflexo positivo sobre a produtividade. Observa-se uma mudança de atitude de parcela significativa dos pecuaristas, movida pela necessidade de obter maior eficiência produtiva e adequação às questões ambientais. Atualmente, o setor agropecuário exerce importante papel na economia nacional, sendo responsável por 43% das exportações totais e 37% dos empregos nacionais, contribuindo, aproximadamente, com 23% do PIB brasileiro no ano de 2009. O rebanho bovino brasileiro se destaca como o maior rebanho bovino comercial do mundo, com cerca de 200 milhões de cabeças, ocupando, no ano de 2009, o posto de maior exportador mundial de carnes (Brasil, 2010).

Como perspectiva futura, a pecuária brasileira apresenta grande potencial de crescimento. Projeções feitas pelo MAPA indicam crescimento de 27% na produção de carne bovina, para o ano de 2020, comparativamente ao ano de 2009. A expansão prevista para a

exportação de carnes coloca o Brasil em posição de destaque no comércio mundial. O País deverá manter a liderança como exportador de carne bovina, representando 43% do comércio mundial desta carne, em 2020 (Brasil, 2010).

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar estratégias de manejo das pastagens e de suplementação animal, bem como determinar o consumo de forragem por bovinos de corte, recriados no período de transição águas-seca, no Bioma Cerrado. Para tanto, no capítulo II são apresentadas revisões de literatura sobre os temas estudados, nos capítulos III e IV os resultados obtidos neste estudo e no capítulo V algumas considerações finais.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Projeções do Agronegócio: Brasil 2009/2010 a 2019/2020*. MAPA: Assessoria de Gestão Estratégica. 2010. 76p. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 27 de setembro de 2010.

## CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA

### A. POTENCIAL DAS FORRAGEIRAS TROPICAIS PARA PRODUÇÃO DE BOVINOS

#### 1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta inquestionável aptidão para produção de bovinos, em sistemas baseados em pastagens, principalmente, em função da sua extensão territorial e condições edafo-climáticas, apresentando cerca de 80% de seu território concentrado na faixa tropical.

O desenvolvimento da pecuária de corte brasileira, até a década de 60, prevaleceu de forma horizontal, com pequenos ganhos em produtividade, utilizando-se, predominantemente, pastagens de capim-gordura (*Melinis minutiflora*), colômbio e guiné (*Panicum maximum*), jaraguá (*Hyparrhenia rufa*) e angola (*Brachiaria mutica*). Na década de 70 teve início o ciclo das braquiárias, destacando-se a *B. decumbens*, a *B. ruziziensis* e a *B. humidicula*, especialmente nas regiões de cerrados e na região amazônica. Sua implantação nas áreas de cerrado proporcionou aumentos de 5 a 10 vezes na taxa de lotação, quando comparadas às pastagens anteriormente existentes. A partir da década de 80, outras forrageiras foram introduzidas, destacando-se, o capim andropogon (*Andropogon gayanus*), cultivar Planaltina, as cultivares de *Panicum maximum* Tanzânia e Mombaça e, por sua grande expansão, a *Brachiaria brizantha*, cultivar Marandu (Pereira e Rezende, 2008).

No Brasil, principalmente nas últimas três décadas, um razoável aporte de novas cultivares de forrageiras foi introduzido nos diferentes ecossistemas. Isso tem contribuído, consideravelmente, para melhorar a produtividade das pastagens brasileiras e aumentar a sua capacidade de suporte. Entretanto, face ao elevado percentual de pastagens degradadas existentes atualmente no país, sistemas que utilizam plantas forrageiras, como base da alimentação para a exploração zootécnica de animais, vêm demandando, cada vez mais, informações que possibilitem que os mesmos sejam manejados de forma mais criteriosa e racional. Neste sentido, a procura por soluções simplificadas, como a espécie forrageira milagrosa, dentre outras, têm falhado, consistentemente, em atingir seus propósitos (Da Silva e Pedreira, 1997).

Para se obter respostas positivas na atividade pecuária é estritamente necessário conhecer todo o sistema de produção, seus componentes e características, assim como os diversos níveis de interações existentes entre o clima, solo, planta, animal e manejo. Desta forma, é possível detectar pontos de estrangulamento e aqueles passíveis de manipulação, permitindo o controle da atividade, de maneira racional.

O manejo das pastagens tem sido uma preocupação constante da pesquisa com plantas forrageiras no Brasil há muitos anos. No entanto, foi nas últimas décadas que ocorreram grandes mudanças e um avanço na compreensão de fatos e processos determinantes da correta utilização das plantas forrageiras tropicais em pastagens (Da Silva e Nascimento Jr., 2007).

## 2. POTENCIAL DAS FORRAGEIRAS TROPICAIS

As pastagens constituem a base da alimentação dos ruminantes na maioria dos sistemas de produção das regiões tropicais, e representam a forma predominante de produção da carne bovina brasileira. No entanto, a baixa produtividade animal em pastagens é uma das principais, se não a principal causa da baixa competitividade e lucratividade de nossa pecuária, em relação a outras modalidades de exploração econômica da terra, tornando compreensiva a tendência atual de marginalização da pecuária, com substituição das áreas de pastagens por culturas de soja, milho, cana-de-açúcar, eucalipto, café, dentre outras.

Dentre os fatores que influenciam a produção, a estacionalidade das forrageiras tropicais, determinada, principalmente por influências climáticas, assume papel relevante (Fig. 1). Nos trópicos, a produção de forragem é concentrada em épocas nas quais a umidade, os nutrientes do solo, a luminosidade e a temperatura são suficientemente condutivas do crescimento da planta. O déficit hídrico e, em alguns locais, as baixas temperaturas não permitem rebrota e crescimento satisfatórios das pastagens tropicais, que têm suas capacidades de suporte reduzidas. As taxas de crescimento são maiores nos meses de verão, intermediárias nos meses de primavera e outono e muito baixas nos meses de inverno (Nascimento Jr. e Lopes, 2004). Desta forma, o ciclo de produção anual de forragens tropicais pode ser distribuído em quatro épocas distintas: a época das águas, da seca e as transições entre estas. Assim, regiões onde o regime pluviométrico é irregular e o estresse hídrico, intenso, apresentam ampla flutuação tanto na quantidade quanto na qualidade das forrageiras nas pastagens, dentro e entre anos (Paulino, 1999).

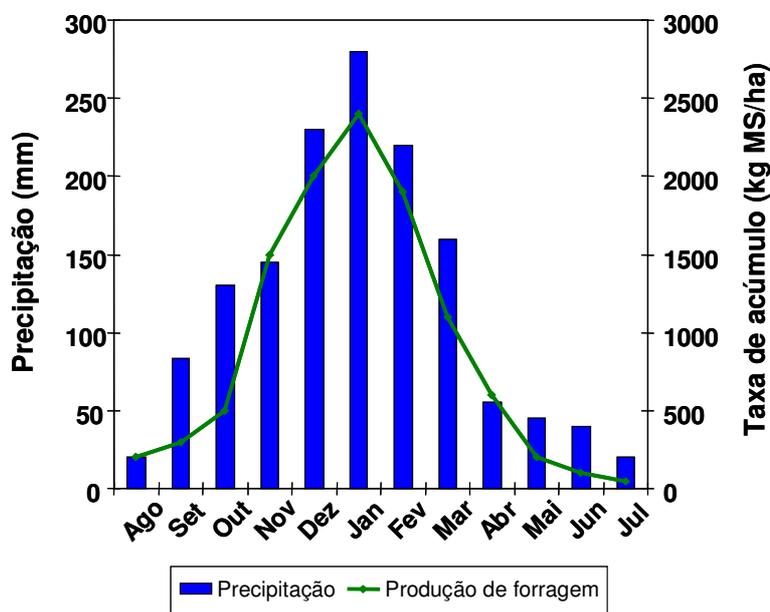


Figura 1. Distribuição de chuvas e taxa de acúmulo de forragem, ao longo do ano.

Fonte: Carvalho et al., (2003)

Os bovinos mantidos exclusivamente a pasto têm seu desempenho associado ao potencial de fornecimento de nutrientes das forrageiras. Este potencial apresenta grande variação durante o ano, estando diretamente ligado às condições edafo-climáticas. A distribuição desuniforme das chuvas, nas regiões tropicais, resulta em acentuada defasagem na oferta de forragem. Desta forma, há escassez de alimento na época das secas, levando a desnutrição e, conseqüentemente, baixo desempenho dos animais criados a pasto. Nessas

condições, o desenvolvimento animal segue o que é denominado de "efeito sanfona", caracterizado por altos ganhos de peso na época das águas e baixos ganhos ou perda de peso na época da seca, ampliando, com isso, a idade de abate (Carvalho et al., 2003).

Além dos fatores inerentes às condições climáticas, a não execução de boas práticas de manejo da pastagem, como correção do solo, adubações e variações nas taxas de lotação, contribuem, de forma relevante, para os baixos índices verificados nos sistemas de produção de bovinos a pasto (Euclides, 2000).

O manejo bem sucedido de pastagens deve equilibrar os requerimentos nutricionais dos animais com as flutuações estacionais e anuais na produção de forragem, dando condições para que o crescimento do animal ocorra de maneira mais uniforme (Paulino, 1999). Ao longo do ano ocorre, naturalmente, uma grande heterogeneidade de composição, fenologia, maturação e palatabilidade das partes ou espécies de plantas (Paulino, 1999). Em virtude da extensa variabilidade na composição químico-bromatológica de gramíneas tropicais durante o ano, torna-se fundamental a avaliação das interações que ocorrem entre a disponibilidade de forragem e seu valor nutritivo, visando estabelecer sistemas coerentes de manejo das pastagens e, se necessário, a suplementação do rebanho (Euclides, 2000).

Quando a forragem é o único alimento disponível para os animais em pastejo, esta deve fornecer energia, proteína, vitaminas e minerais necessários para o atendimento dos requerimentos de manutenção e de produção. Sob condições tropicais, o consumo de nutrientes é frequentemente afetado, adversamente, por concentrações insuficientes de nitrogênio, energia, fósforo e outros minerais, dependendo da área sob pastejo. A suplementação dos nutrientes deficientes, visando atender às exigências dos animais, geralmente, resulta em acréscimo no consumo e na produção animal (Euclides, 2000). O uso da suplementação para animais em pastejo é uma das várias práticas que podem ser adotadas na estratégia de manejar pastagens. Se o objetivo da suplementação for fechar as lacunas deixadas pela curva sazonal de crescimento das forrageiras, a estação do ano mais adequada para o seu uso seria a época da seca (Paulino, 1999).

O valor nutritivo das pastagens refere-se à composição química da forragem e sua digestibilidade. As maiores mudanças que ocorrem no valor nutritivo das forrageiras são decorrentes de sua maturação. À medida que a planta avança em seu estágio de desenvolvimento, observa-se que a quantidade e a qualidade da forragem sofrem alterações gradativas. Ocorre queda na produtividade, redução na densidade, no peso das plantas e na relação folha:colmo (Euclides, 2000). A concentração dos componentes potencialmente digestíveis, compreendendo os carboidratos solúveis, proteína, minerais e outros conteúdos celulares, tende a decrescer. Ao mesmo tempo, há aumento na proporção de lignina, celulose, hemiceluloses e outras frações indigestíveis, diminuindo a digestibilidade e, por fim, o consumo das forrageiras pelos animais. (Van Soest, 1994). A redução na digestibilidade acontece em função de mudanças estruturais no tecido vegetal, com elevação dos teores de fibra e lignina, que dificultam a ação dos micro-organismos do rúmen sobre a forragem consumida (Paulino, 1999). Assim, o baixo valor nutritivo das forrageiras tropicais está associado ao reduzido conteúdo de proteína e minerais, ao elevado conteúdo de fibra e à baixa digestibilidade (Euclides, 2000). Recentemente, Paulino et al. (2006) propuseram o conceito de matéria seca potencialmente digestível (MSpd) como um índice que integra os aspectos qualitativos e quantitativos da forragem disponível para pastejo, permitindo maior precisão da real capacidade de suporte e desempenho animal da área utilizada. Esses autores recomendaram valores de 4,0 a 5,0 kg de MSpd/100kg de peso vivo/dia, para dar suporte à

bovinocultura de precisão que enseja a exploração do potencial genético do animal. A MSpd é determinada pela equação descrita abaixo:

$$\text{MSpd} = [0,98 \cdot (100 - \text{FDN}) + (\text{FDN} - \text{FDNi})]$$

Onde,

MSpd = Matéria seca potencialmente digestível;

FDN = Fibra Detergente Neutro (% da MS);

FDNi = FDN indigestível (% da MS);

0,98 = coeficiente de digestibilidade verdadeira para componentes não fibrosos

Infelizmente, na literatura, poucos são os experimentos que analisam os teores de FDNi da forragem, impossibilitando uma análise comparativa da influência desta variável no desempenho de bovinos suplementados a pasto.

Na Fig. 2 são apresentados os resultados médios de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e proteína bruta (PB) de gramíneas dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria*. Os valores de energia, expresso em DIVMO e de proteína bruta, variam ao longo do ano e com a espécie forrageira. No entanto, independente da época do ano, a análise dos dados evidencia que as espécies de *Brachiaria* apresentam valores de digestibilidade semelhantes àqueles observados para as espécies de *Panicum*. Contudo, gramíneas do gênero *Brachiaria* apresentam conteúdos de proteína inferiores às do gênero *Panicum* (Euclides, 2000).

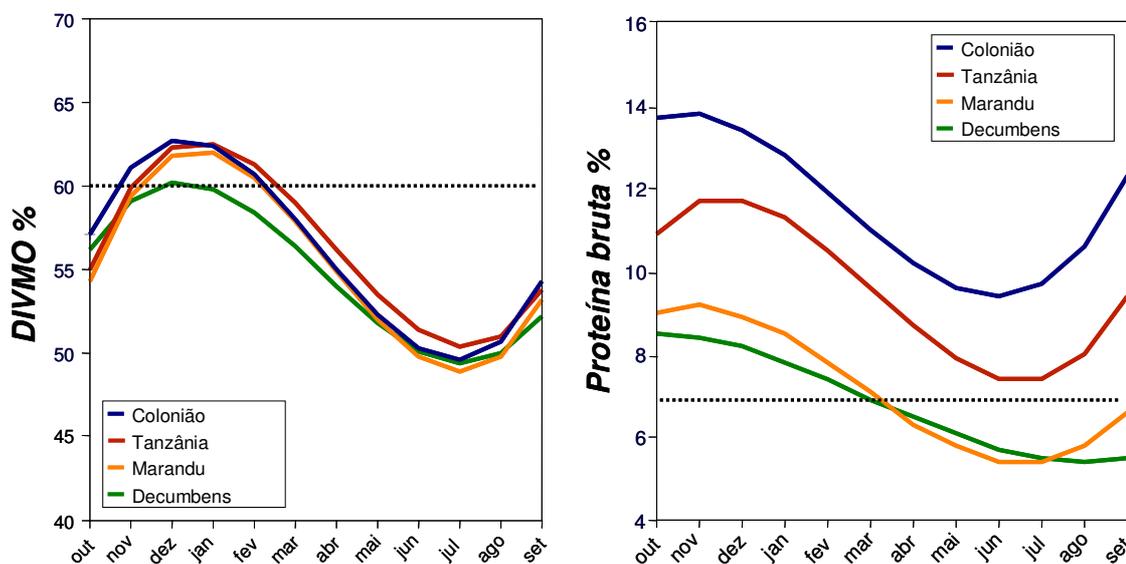


Figura 2. Valor nutricional de cinco gramíneas tropicais ao longo do ano.

Fonte: Euclides (2000)

O ganho médio diário (GMD) de animais mantidos em pastagens de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* mostra padrão sazonal, com taxas crescentes durante a primavera/verão e decrescentes no resto do ano. Esses resultados endossam a convicção de que pastagens tropicais são capazes de produzir adequados valores de GMD somente por período de tempo relativamente curto. No Brasil, geralmente, no período de novembro a março, as forrageiras apresentam alta disponibilidade e proporção de folhas verdes, permitindo aos animais consumo adequado de nutrientes (Euclides, 2000).

As gramíneas do gênero *Panicum*, quando imaturas, apresentam conteúdos de PB adequados à produção e, quando maduras, atingem níveis próximos do limite crítico (Fig. 2). Já as gramíneas do gênero *Brachiaria* apresentam teores de PB bem inferiores aos de *Panicum*, atingindo, durante o período seco, níveis inferiores ao limite crítico. Dessa forma, o desempenho animal, em pastagens de gramíneas do gênero *Brachiaria*, em certas épocas do ano, pode ser agravado pela deficiência proteica (Euclides, 2000). Assim, entre os nutrientes limitantes à produção animal, os compostos nitrogenados assumem natureza prioritária durante o período seco do ano, quando os baixos teores na pastagem limitam a atividade dos micro-organismos ruminais, afetando a digestibilidade e o consumo de forragem, acarretando baixo desempenho animal.

Os bovinos necessitam no mínimo 6-7% de PB na dieta, para que não haja comprometimento da fermentação ruminal, uma vez que, teores abaixo deste nível prejudicam a reciclagem de nitrogênio via saliva, não satisfazendo os requerimentos de N dos micro-organismos (Van Soest, 1994). Bovinos ingerindo pastagens com teor de PB inferior a este limite, não são capazes de manter o nível mínimo de 5mg/dl de nitrogênio amoniacal necessário para o crescimento das bactérias celulolíticas (Satter e Slyter, 1974). Por conseguinte, a atividade dos micro-organismos do rúmen é comprometida e, em consequência, há decréscimo nas taxas de digestão e passagem do alimento, prejudicando o consumo voluntário (Van Soest, 1994). Durante o período seco do ano, as pastagens tropicais, em sua maioria, apresentam teores de PB próximos ao limite crítico, havendo, assim, deficiência de proteína degradável no rúmen (PDR) (Van Soest, 1994).

A proteína dos alimentos pode ser dividida em cinco frações (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C), conforme suas taxas de degradação ruminal (Sniffen et al., 1992). As frações A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> constituem a porção potencialmente degradável no rúmen, sendo a fração C composta do nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), indisponível para o animal. Os teores de nitrogênio ligados aos compostos da parede celular (fração B<sub>3</sub> e C) tendem a aumentar com a idade fisiológica da planta, principalmente, a fração ligada a FDA (C). Malafaia et al. (1997) encontraram, para quatro gramíneas tropicais (Tifton-85, capim-elefante, *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*), valores, para a fração C, variando entre 11,7 e 27,7% da PB. Estes elevados valores de NIDA, principalmente em pastagens durante o período seco do ano, indicam que, além do teor reduzido de proteína durante a época da seca, grande parte desta proteína se torna indisponível para o animal, agravando mais ainda a deficiência proteica neste período.

Em geral, as gramíneas tropicais apresentam baixo conteúdo de minerais. Níveis deficientes de qualquer um dos quinze elementos, considerados essenciais para o animal, limitam o consumo e utilização da forrageira. A composição mineral das forrageiras pode variar em função da fertilidade do solo, interação solo/planta, espécie forrageira, parte da planta, grau de maturidade, época do ano, dentre outros fatores. As deficiências minerais mais comuns, em bovinos pastejando gramíneas tropicais, são as de fósforo, sódio, zinco, cobre, cobalto, iodo e selênio. Desta forma, a suplementação mineral, de animais sob pastejo, deve ser sempre considerada (Euclides 2000).

### **3. EFICIÊNCIA DO PROCESSO PRODUTIVO**

Para uma alta produção animal em pastagens, três condições básicas devem ser atendidas: 1) deve ser produzida uma grande quantidade de forragem de bom valor nutritivo, cuja distribuição estacional deve coincidir com a curva de exigências nutricionais dos

animais; 2) uma grande proporção dessa forragem deve ser colhida pelos animais, determinando o consumo de forragem; e 3) a eficiência de conversão pelos animais deve ser elevada. Assim, a produção animal a pasto é o resultado da eficiência de três processos: crescimento, utilização e conversão (Hodgson, 1990).

Sistemas de produção animal, em pastagens, são entidades bastante complexas por possuírem uma série de componentes bióticos e abióticos, que interagem entre si, das mais diferentes maneiras (Odum, 1971). Os ecossistemas de pastagens têm por componentes bióticos as plantas, os animais e outros organismos, e como componentes abióticos o solo, os nutrientes e a atmosfera. Os componentes abióticos podem ser considerados a “oferta” do meio, a qual necessita ser captada. Somente o primeiro nível trófico da cadeia alimentar, constituído pelos seres autotróficos, as plantas, possuem mecanismos para captar essa oferta.

A etapa do crescimento é caracterizada pela captação da energia luminosa, proveniente do sol, e sua fixação em tecidos vegetais, resultando na produção de biomassa. A captação da energia solar incidente e a absorção do CO<sub>2</sub> atmosférico são feitas pelas folhas das plantas, sendo as lâminas foliares responsáveis por 96% da fotossíntese, e as bainhas, por apenas 4% (Parsons et al., 1983). Considerando que o suprimento de energia solar é imenso e contínuo, então, quando se avalia apenas o primeiro nível trófico, pode parecer ilimitada a capacidade de um sistema pastoril em produzir biomassa. Todavia, uma porção muito reduzida da energia incidente é efetivamente transformada em produção primária (Nascimento Jr. e Lopes, 2004). A eficiência de crescimento, determinada pela relação entre a energia contida na forragem produzida e aquela captada a partir do sol para gerar a produção, é normalmente baixa (2 a 8%), consequência da falta de controle sobre fatores como intensidade e qualidade da luz incidente, temperatura e precipitação (Tab.1). Essa produção primária constitui a matéria-prima para os organismos heterotróficos do segundo nível trófico.

O processo de utilização é a etapa correspondente à colheita da forragem produzida, propiciando a ingestão de alimento pelos animais em pastejo. Sua eficiência é o resultado da relação entre a quantidade de energia contida na forragem consumida e a energia contida na forragem produzida, variando entre os valores de 40 a 80%, provavelmente, consequência de que, a maioria dos processos inerentes à colheita de forragem pelo animal em pastejo seja passível de manipulação e monitoramento.

Por fim, a energia contida na forragem, uma vez ingerida pelos herbívoros, é transformada em tecidos e produtos de origem animal, constituindo a produção secundária, normalmente exportada do sistema na forma de carne, leite, lã e outros. A relação entre a energia contida no produto animal e aquela na forragem consumida denomina-se eficiência de conversão, tendo esta, valores variando de 7 a 15%, razão de sua dependência a atributos relacionados com o mérito genético do animal e processos fisiológicos que ocorrem no interior de seu organismo (Hodgson, 1990; Da Silva e Nascimento Jr., 2008). Em resumo, estima-se que apenas 0,002% (1.257 MJ/ha/ano) do total da radiação incidente (63.000.000 de MJ/ha/ano) seja transformada em produto animal (Hodgson, 1990; Briske e Heitshmidt, 1991).

Tabela 1. Eficiência energética do processo produtivo

Etapa do processo produtivo	Eficiência proporcional
	$\left( \frac{\text{Saída de energia}}{\text{Entrada de energia}} \right)$
<b>1. Crescimento da forragem</b>	0,02 – 0,08
$\left( \frac{\text{energia na forragem}}{\text{energia captada produção}} \right)$	
<b>2. Utilização da forragem</b>	0,40 – 0,80
$\left( \frac{\text{energia na forragem consumida}}{\text{energia na forragem acumulada}} \right)$	
<b>3. Conversão em produto animal</b>	0,07 – 0,15
$\left( \frac{\text{energia no produto}}{\text{energia na forragem consumida}} \right)$	

Fonte: Adaptado de Hodgson (1990).

Cada um dos estádios de produção possui sua própria eficiência, a qual pode ser influenciada pelo manejo que, em conjunto, determina o nível de produção a ser atingido por um determinado sistema. O animal em pastejo pode afetar a taxa de acúmulo de forragem pela remoção de partes da planta, por outros prejuízos físicos diretos às plantas ou ao solo, ou pela reciclagem de nutrientes através de suas fezes e urina. Em contrapartida, o animal em pastejo pode ser afetado pela quantidade de forragem consumida e pelo seu valor nutritivo. Como consequência da íntima interdependência entre os estádios de produção, decisões de manejo que melhorem a eficiência em um deles podem reduzi-la em outro estágio e vice-versa. A essência do manejo de áreas de pastagens é, portanto, atingir um balanço harmônico entre as eficiências dos três principais estádios de produção: crescimento de forragem, consumo de forragem e produção animal (Hodgson, 1990).

Essas eficiências precisam ser compreendidas e consideradas para o entendimento adequado do comportamento e funcionamento dos sistemas de produção animal em pastagens. O reconhecimento desse fato torna clara a potencialidade de interferência, de maneira eficaz, nos sistemas de produção, baseada no ajuste dos processos que determinam e condicionam a etapa de utilização, caracterizada pela colheita da forragem pelo animal em pastejo (Da Silva e Nascimento Jr., 2008). Avanços significativos na busca desse entendimento só foram possíveis quando houve reconhecimento de que o uso de plantas forrageiras em pastagens deveria ser considerado dentro de um contexto amplo, no qual, a adoção de técnicas e estratégias de manejo resultasse em mudanças significativas na eficiência total do processo produtivo. Neste sentido, o termo manejo do pastejo se enquadra melhor a estes conceitos, por considerar as interações existentes entre o clima, solo, planta, animal e manejo (Da Silva e Corsi, 2003).

A eficiência de utilização do pasto é dependente da pressão de pastejo adotada, que deve corresponder à capacidade de suporte ideal da pastagem (Fig. 3). Este conceito está relacionado ao número de animais em relação à quantidade de forragem disponível, em determinado período de tempo (Mott, 1960). Quando os animais têm acesso a áreas relativamente grandes de pasto, e as taxas de lotação são baixas, haverá um subpastejo da área

e elevadas taxas de ganho dos animais, pois estes selecionam uma dieta de melhor valor nutritivo. Em detrimento a maximização da produção por animal, há o comprometimento da produção por área, haja visto que a pastagem está sendo subutilizada. Do contrário, elevadas taxas de lotação proporcionam o superpastejo da área. Esta intensa frequência de pastejo não pode ser sustentada por longos períodos de tempo, sem que haja prejuízos na produtividade do pasto e dos animais. Desta forma, quando se almeja adequado desempenho, principalmente, por área, e boa longevidade do pasto, as pastagens devem ser manejadas na faixa ótima de pressão de pastejo (Mott, 1960). Esta faixa varia conforme a espécie forrageira e é dependente de boas práticas de manejo.

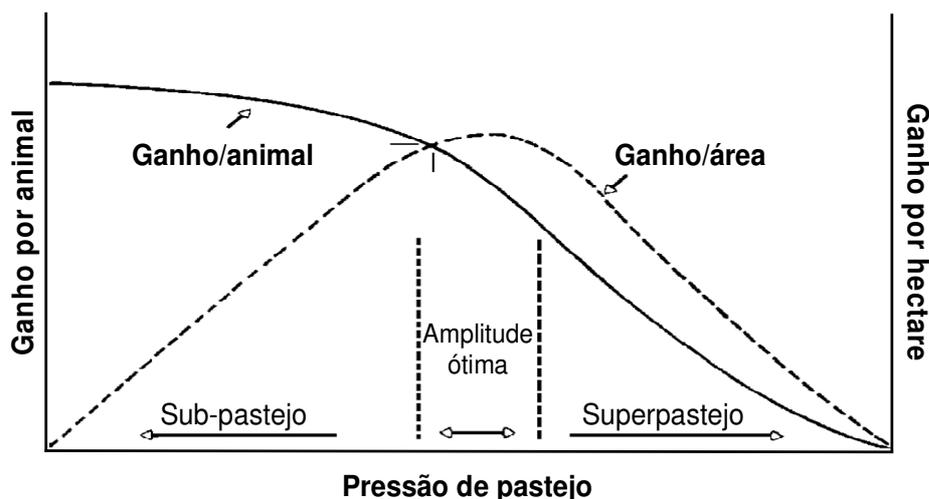


Figura 3. Influência da pressão de pastejo sobre o ganho por animal e por área.  
Fonte: Adaptado de Mott (1960).

Assim, uma vez estabelecida a pastagem, o manejo do pastejo desponta como alternativa lógica e ponto de partida para qualquer intervenção no sistema, sempre, antes que outro tipo de intervenção possa ser considerado. Esse fato, contudo, não significa que práticas nas outras etapas não sejam desejáveis. Muito pelo contrário, significa apenas que, numa escala de prioridades, todo processo de intensificação da produção deve passar primeiro pela colheita, sempre muito bem feita, da forragem produzida (Da Silva e Nascimento Jr., 2008). O manejo do pastejo, portanto, corresponde à alternativa mais significativa e de maior impacto imediato sobre a eficiência total do processo produtivo em sistemas pastoris.

#### 4. MANEJO DO PASTEJO

Ecossistemas de pastagens, geralmente, não se apresentam em condições de equilíbrio, por sofrerem influências marcantes do clima, solo, planta, animal, manejo e suas interações. Manejar adequadamente o pastejo requer conhecimentos acerca de fatos e processos em comunidades de plantas e em animais na pastagem, além da capacidade de integração dessas informações, uma vez que, frequentemente, os objetivos de maximização das respostas de plantas e animais, individualmente, são competitivos e antagonicos. O animal sob pastejo interfere, a todo o momento, nas características do pasto, fazendo com que a comunidade de plantas seja forçada a adaptar-se, continuamente, aos novos ambientes impostos, sendo que o animal também ajusta seu comportamento de pastejo, em função das variações observadas no pasto. Numa situação de pastejo há, portanto, uma contínua mudança na pastagem e nos animais que determina uma estreita relação entre eles, regida pela interface planta-animal (Carvalho et al., 2005). Logo, o manejo neste ambiente é caracterizado pelo paradoxo de se

manter área foliar suficiente, visando assegurar interceptação eficaz da luz incidente; e colher as folhas produzidas da forma mais eficiente e com o melhor valor nutritivo possível, culminando no grande e maior conflito da produção animal em pastagens: encontrar a amplitude harmônica entre os requerimentos concorrentes de plantas e animais (Da Silva e Nascimento Jr., 2008). O manejo do pastejo é, portanto, a arte de criar ambientes pastoris adequados à obtenção dos nutrientes requeridos.

A pesquisa com plantas forrageiras em pastagens tem mudado rapidamente nos últimos anos, de forma a contemplar a necessidade, reconhecidamente crescente, de informações acerca do comportamento das respostas de plantas forrageiras e animais as variações em condições ou estrutura do dossel, por meio de estratégias de pastejo. Há, hoje, um volume de informações, baseadas em trabalhos científicos, que permite o entendimento da dinâmica do crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras e sua importância para o acúmulo de biomassa e utilização pelos animais. Nota-se, no entanto, que, do ponto de vista das espécies forrageiras tropicais, esse conhecimento é ainda incipiente. Nesse novo cenário, a morfogênese, a ecofisiologia e a ecologia do pastejo têm assumido papel cada vez mais importante, o que tem permitido a compreensão mais detalhada dos processos e o estabelecimento mais preciso de relações de causa e efeito entre ações de manejo e respostas de produção das plantas (Da Silva e Nascimento Jr., 2007).

#### **4.1. Processo de interceptação luminosa e acúmulo de forragem**

Nos ecossistemas de pastagens, a interceptação de luz é o passo inicial de uma sequência de eventos que culminam na produção de forragem. A produção forrageira se baseia na transformação, por meio da fotossíntese, da energia radiante solar em compostos orgânicos, sendo este processo, altamente dependente das condições do ambiente em que as plantas estão inseridas. Os principais fatores que afetam a fisiologia das plantas forrageiras podem ser agrupados em quatro amplas categorias:

- Fatores climáticos – luz, temperatura, fotoperíodo, umidade, ventos e precipitação;
- Fatores edáficos – fertilidade do solo, propriedades físicas do solo e topografia;
- Espécie forrageira – potencial genético para produção e valor nutritivo, adaptação ao ambiente, competição entre plantas, aceitabilidade para pastejo animal e persistência a longo prazo;
- Manejo do pastejo – sistemas de pastejo, estratégias de suplementação, taxa de lotação, estratégias de fertilização, controle de invasoras e outras práticas culturais.

Todos estes fatores interagem entre si, fazendo parte dos pilares que regem o processo produtivo: ambiente-planta-animal-manejo. O conhecimento das possíveis interações entre estes fatores pode auxiliar no manejo e utilização das pastagens, visando maximizar a eficiência de colheita da forragem produzida.

Dentre as publicações científicas da área agrônoma, dois trabalhos clássicos podem ser destacados por terem sido as principais referências para o desenvolvimento de tecnologias aplicadas a área de manejo do pastejo e por ainda serem utilizados até os dias atuais. O primeiro deles foi o trabalho de Graber et al. (1927), que foram pioneiros a relatar que a concentração de carboidratos não-estruturais nas raízes diminuía imediatamente após desfolhação e durante a rebrotação. O segundo foi o trabalho de Watson (1947), que demonstrou que a medida do tamanho do aparato fotossintético das plantas seria relevante para a comparação de produtividades agrícolas, desenvolvendo o conceito de Índice de Área

Foliar (IAF). Assim, duas fortes linhas de pesquisa, uma estudando as reservas orgânicas e outra a área foliar remanescente, visando à melhor utilização das plantas forrageiras sob corte ou pastejo, se fortaleceram.

A taxa de crescimento forrageiro é função do IAF e da eficiência fotossintética das folhas. Estudos realizados por Brougham (1956, 1957) foram pioneiros em objetivar a otimização do balanço entre a interceptação luminosa e a conversão da radiação fotossinteticamente ativa em biomassa vegetal. Esses estudos deram origem aos primeiros modelos de manejo da desfolhação de pastagens baseados no conceito de IAF, onde a intensidade de desfolhação deveria assegurar a manutenção de área foliar suficiente para interceptar a luz incidente, de modo que o crescimento do pasto fosse mantido em taxas próximas do máximo. Neste contexto, o pastejo provoca dois impactos principais na planta, um negativo e outro positivo. De forma negativa, o pastejo reduz a área foliar, a reserva de nutrientes da planta e promove mudança na alocação de energia e nutrientes da raiz para a parte aérea, a fim de compensar as perdas de tecido fotossintético. De forma positiva, como consequência da remoção de folhas e perfilhos maduros e material em senescência, o pastejo beneficia as plantas pelo aumento da penetração de luz no dossel, estimulando, desta maneira, o aparecimento de novos perfilhos, pela ativação dos meristemas dormentes na base dos colmos e rizomas. Há, por conseguinte, aumento da proporção de folhas novas, mais ativas fotossinteticamente, e responsáveis por aproximadamente 75% da fotossíntese da planta (Parsons et al., 1983). Após a desfolhação, a rebrotação depende das reservas orgânicas e da quantidade e potencial fotossintético do tecido remanescente. Nesta fase, o suprimento de carbono da planta torna-se inferior à sua demanda para a manutenção e crescimento, o balanço de carbono torna-se temporariamente negativo e as reservas orgânicas passam a ser utilizadas para respiração e restituição da área foliar até que novas folhas se desenvolvam e a capacidade fotossintética do dossel seja restabelecida (Richards, 1993). A área foliar remanescente, após a desfolhação, assume importância por aumentar o vigor da rebrotação, devido à imediata produção de carboidratos pela fotossíntese, proporcionando à planta, menor tempo de dependência sobre o nível de carboidratos de reserva para sua recuperação. Para gramíneas tropicais, o efeito das reservas é mais importante quando as desfolhações são mais drásticas, com a consequente redução da área foliar remanescente. De modo geral, uma vez iniciada a rebrotação, há um aumento contínuo do IAF, fazendo com que as reservas não atuem mais como fonte de energia para rebrotação, e passem, novamente, a serem acumuladas (Corsi et al., 1994).

A validade e o potencial de uso do critério de interceptação luminosa, como estratégia de manejo da desfolhação, foram ratificados por Parsons et al. (1988). Quando o dossel forrageiro intercepta 95% da radiação incidente, os processos de senescência e alongamento do colmo ainda estão incipientes e a taxa de acúmulo de folhas elevada. Ademais, a partir desse ponto, folhas inferiores passam a ser totalmente sombreadas, diminuindo suas atividades fotossintéticas, fazendo com que estas entrem no ponto de compensação, onde as taxas de fotossíntese e respiração do dossel tornam-se muito próximas (Parsons et al., 1988). Segundo esses autores, seria na condição de IAF crítico, situação em que 95% da luz incidente são interceptados pelo dossel, que a taxa de acúmulo de lâmina foliar da forragem atingiria seu máximo, correspondendo, portanto, ao ponto ideal de interrupção da rebrotação. Nesse contexto, experimentos realizados com diferentes forrageiras tropicais, utilizando a interceptação de luz como determinante das metas de pré-pastejo, demonstraram que o conceito de IAF crítico, originalmente descrito e aplicado com sucesso para plantas de clima temperado, é válido e pode ser usado como norteador do manejo do pastejo em plantas forrageiras de clima tropical (Molan, 2004; Carnevalli et al., 2006; Barbosa et al., 2007;

Pedreira et al., 2007). Nesses trabalhos, ficou demonstrado que a partir de 95% de interceptação de luz haveria redução na taxa média de acúmulo e comprometimento da estrutura do dossel e do valor nutritivo da forragem produzida, por meio de aumento na proporção de colmos e de material senescente, indicando que prorrogar o intervalo de pastejo, além desse ponto, não seria uma prática interessante. Segundo Da Silva e Corsi (2003), durante a rebrotação do pasto, quando o dossel passa a interceptar 95% da luz incidente, inicia-se uma competição entre os perfilhos das plantas por luz e, como estratégia, ocorre o alongamento do colmo na tentativa de expor as folhas em um plano mais alto no dossel. De forma concomitante, o sombreamento da parte inferior do dossel, juntamente com o avanço da idade das plantas, promove acúmulo crescente de material morto na pastagem. Buscando a melhor aplicação prática dos resultados obtidos nos estudos de interceptação luminosa, têm-se observado boas correlações entre o nível de 95% de interceptação de luz e a altura das diferentes forrageiras, indicando que as metas de pré-pastejo podem ser traduzidas em valores de altura, mais simples e fáceis de serem utilizados e compreendidos (Fig. 4) (Da Silva e Nascimento Jr., 2007).

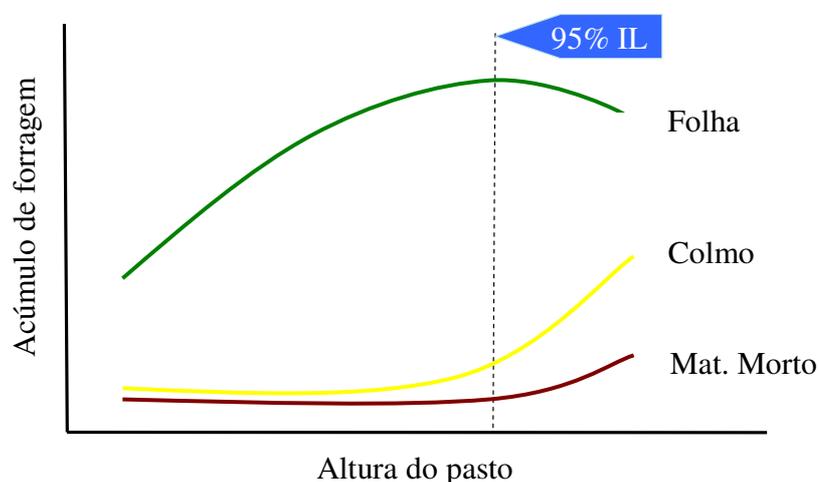


Figura 4. Dinâmica do acúmulo de forragem. (Adaptado de Da Silva e Nascimento Jr., 2008)

Neste novo cenário, é possível elaborar, para as mais distintas forrageiras, recomendações de práticas de manejo do pastejo, em que o momento de entrada dos animais tenha por base a altura do pasto correlacionada a 95% de interceptação de luz, e o momento de saída, a altura do pasto cuja massa foliar residual permita uma rápida recuperação da biomassa aérea (Molan, 2004). Esse fato, além de permitir a convergência de conhecimento e informações, aponta para o potencial de utilização de parâmetros relativos à estrutura do dossel forrageiro como referencial de manejo do pastejo, regulando, orientando e direcionando ações e esforços no sentido de otimizar a colheita de forragem e a produção animal (Da Silva e Nascimento Jr., 2007).

#### 4.2. Morfogênese e estrutura do dossel como ferramentas no manejo do pastejo

Para animais em pastejo, vislumbra-se que a maior proporção da dieta seja composta por lâminas foliares, ao invés de colmo e material senescente. Vários são os fatores responsáveis pela produção de folhas ao longo do tempo (Nabinger, 1997). Desta maneira, faz-se necessário o conhecimento não apenas do processo de transformação da forragem em produto animal, mas, sobretudo, de como os processos de crescimento e desenvolvimento resultam na produção da forragem a ser consumida. Assim, quando se entende a dinâmica de crescimento e desenvolvimento das plantas que compõem uma pastagem e as respostas

morfofisiológicas como consequência dos fatores interferentes, torna-se mais fácil adequar o manejo do pastejo, visando à sustentabilidade do sistema de produção, com alta produtividade dos componentes planta e animal (Nascimento Jr. e Lopes, 2004). Tendo em vista que as plantas forrageiras são submetidas constantemente ao estresse da colheita, há a necessidade de discutir sobre a habilidade dessas plantas em se recuperarem, levando em conta as características fisiológicas da planta e do ambiente ao qual está submetida, para que o manejo possa ser eficiente e não prejudicial à produtividade da planta forrageira.

O desenvolvimento, o crescimento e a senescência de folhas e perfilhos constituem processos fisiológicos que determinam mudanças significativas nos ecossistemas formados por plantas forrageiras. O estudo da origem e desenvolvimento dos diferentes órgãos vegetais (*gênese*) e das transformações que determinam a produção e a mudança na forma e estrutura da planta (*morphos*), no espaço, ao longo do tempo, é o que se pode definir como morfogênese (Chapman e Lemaire, 1993). O estudo da morfogênese, em sistemas de pastagens, visa tentar acompanhar a dinâmica de folhas e perfilhos, que constituem o produto básico de exploração na pastagem.

Para um relvado no estágio vegetativo, a morfogênese pode ser descrita pela taxa de aparecimento, taxa de alongamento e longevidade das folhas (Chapman e Lemaire, 1993). Em algumas espécies de plantas tropicais, particularmente aquelas de crescimento ereto, existe outro componente importante do crescimento que interfere, significativamente, na estrutura do pasto e nos equilíbrios dos processos de competição por luz, a taxa de alongação dos colmos (Sbrissia e Da Silva, 2001). A combinação dessas variáveis morfogênicas elementares, sob a ação do ambiente, determina as principais características estruturais das pastagens: (1) tamanho da folha: determinado pela interação entre as taxas de aparecimento e alongamento de folhas; (2) densidade populacional de perfilhos: determinada pela taxa de aparecimento de folhas; (3) número de folhas vivas por perfilho: resultado do produto entre a taxa de aparecimento e o tempo de vida das folhas (Chapman e Lemaire, 1993) e (4) relação folha/colmo: determinada pelo alongamento de folhas e colmos (Sbrissia e Da Silva, 2001) (Fig. 5). Essas características estruturais, quando analisadas em conjunto, determinam o Índice de Área Foliar (IAF) do dossel forrageiro.

O IAF, fator determinante da produtividade de uma cultura, é a relação entre a área de folhas de uma comunidade de plantas e a área do solo coberta por essa comunidade, sendo sua utilização datada de 1947 (Watson, 1947). Por sua vez, o IAF, condicionado pelo manejo, influencia o número de perfilhos e o alongamento foliar (Chapman e Lemaire, 1993).

Gramíneas tropicais com hábito de crescimento ereto registram alongamento do colmo ainda na fase vegetativa, processo que incrementa o rendimento forrageiro, porém, interfere negativamente na estrutura do pasto, comprometendo a eficiência do pastejo face à redução na relação folha:colmo, que guarda relação direta com o desempenho dos animais em pastejo (Sbrissia e Da Silva, 2001).

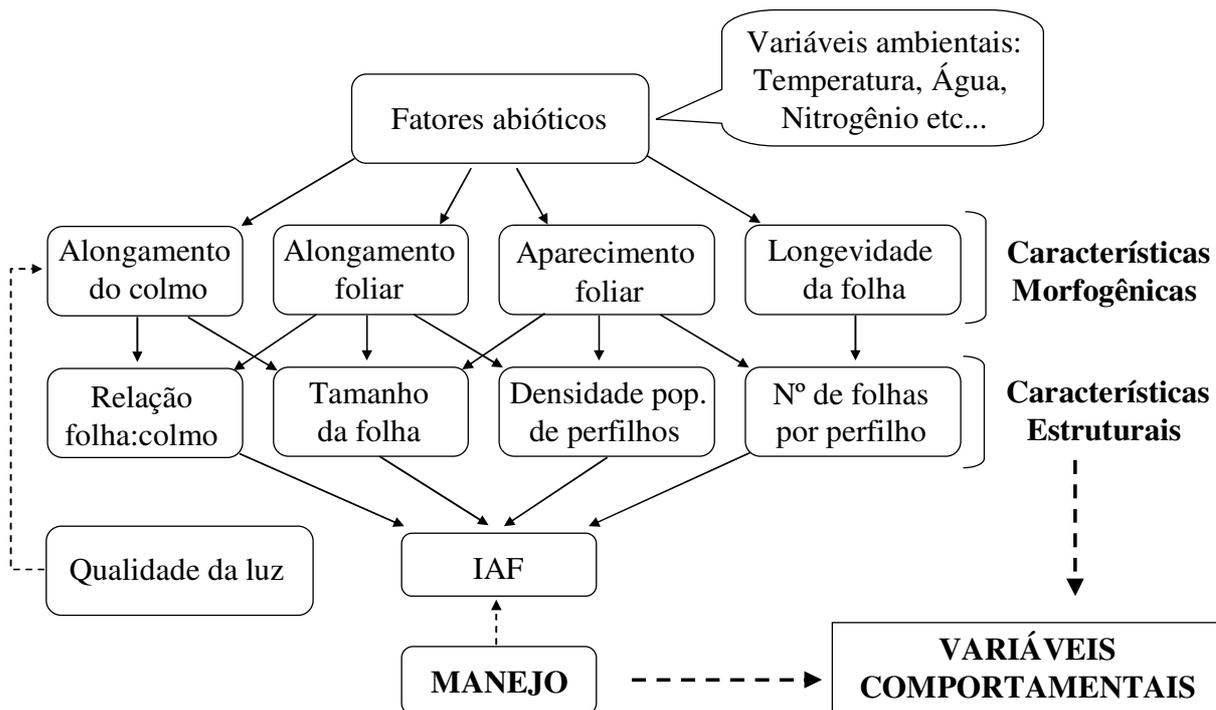


Figura 5. Diagrama da relação entre as principais características morfogênicas e estruturais do pasto e suas influências manejo do pastejo. Fonte: Adaptado de Chapman e Lemaire (1993); Sbrissia e Da Silva (2001)

Embora as características morfogênicas sejam determinadas geneticamente, buscando aumentar a eficiência de utilização da luz, sob condições variadas de manejo, as plantas são capazes de modificar a intensidade e a velocidade dos processos morfogênicos resultando, conseqüentemente, em alterações nas características estruturais do dossel. A inter-relação entre as características morfogênicas e estruturais do dossel otimiza a superfície captadora de luz, definida como índice de área foliar, arranjando-a de forma mais eficiente possível dentro das limitações impostas pelas práticas de manejo empregadas (Chapman e Lemaire, 1993). Esse fenômeno, denominado plasticidade fenotípica, possui importante função na adaptação de espécies forrageiras à desfolhação. Portanto, estratégias eficientes do manejo do pastejo devem explorar a plasticidade fenotípica das diferentes espécies forrageiras por meio de combinações orientadas entre frequência, intensidade e época de desfolhação dos pastos, controlando o tamanho do aparato fotossintético do dossel forrageiro, ou seja, o seu índice de área foliar.

Os estudos de fluxo de tecidos, por meio de processos morfogênicos, vêm constituindo importante ferramenta de manejo para se juntar às demais áreas do conhecimento relacionadas com o manejo do pastejo. É importante destacar que o objetivo final do estudo da morfologia e da dinâmica de folhas e perfilhos, como respostas de processos morfogênicos a diferentes fatores de produção (clima, solo, animal, planta e manejo), é fornecer novas informações, possibilitando a construção de uma base de conhecimento capaz de auxiliar o processo de tomada de decisão a respeito do manejo do pastejo. Como tem sido demonstrado por diversos pesquisadores, dificilmente se conseguirá definir melhor proposta de manejo de desfolhação, sem que sejam observados os processos morfogênicos e estruturais que determinam a dinâmica de folhas e perfilhos dentro da comunidade de plantas (Nascimento Jr. et al., 2002). Trabalhos recentes de pesquisa, acerca do manejo do pastejo, demonstram que a prática da

desfolhação necessita de um monitoramento adequado, baseado em informações que assegurem um equilíbrio ótimo entre os processos de crescimento, senescência e consumo, de forma a possibilitar elaborar estratégias de desfolhação condizentes com a planta forrageira sendo explorada e as metas de produtividade almejadas. Nesse sentido, a colheita eficiente da forragem produzida deveria ser considerada como prioridade no planejamento e condução de sistemas pastoris (Da Silva e Corsi, 2003).

A compreensão de qualquer ecossistema de pastagem está relacionada com sua estrutura, que é formada sob influência de componentes bióticos e abióticos, de cujo equilíbrio determina sua sustentabilidade. A pastagem é um ambiente caracterizado por uma grande heterogeneidade temporal e espacial. Variações temporais estão relacionadas à distribuição da quantidade e qualidade da forragem disponível, em que a composição botânica e morfológica da massa de forragem varia com a época do ano e com o estágio fenológico das plantas. Variações espaciais são aquelas relacionadas com o arranjo ou arquitetura do dossel forrageiro, tanto na direção vertical, quanto na horizontal. A essa distribuição espaço-temporal da parte aérea da comunidade de plantas denomina-se estrutura do dossel (Laca e Lemaire, 2000). As características estruturais do pasto são importantes para a planta, por significarem a estratégia com que elas buscam os recursos tróficos necessários ao seu pleno desenvolvimento (Carvalho et al., 2001). A estrutura do dossel forrageiro é caracterizada com o objetivo de explicar fenômenos importantes como: taxa de crescimento; interceptação luminosa; qualidade da dieta e taxa de consumo de animais em pastejo, sendo determinante da produção primária (produção de forragem) e secundária (produção animal) em ecossistemas pastoris (Molan, 2004).

A busca por nutrientes, por parte dos herbívoros domésticos, em situação de pastejo, guarda desafios singulares. A qualidade da forragem em pastejo está em contínua mudança, fruto da dinâmica de crescimento e senescência dos componentes morfológicos do pasto, bem como de sua fenologia e composição química. Aliado a isso, o animal em pastejo representa um forte agente transformador da estrutura da pastagem, proporcionando, como consequência dessa ação, diferentes ambientes de pastejo.

A estrutura da pastagem tem influência direta no padrão de consumo do animal, por propiciar alterações nos parâmetros comportamentais que regem a ingestão de forragem de animais sob pastejo. Desta forma, o desafio do animal sob pastejo é o de como colher a maior quantidade de forragem de boa qualidade, tendo, em muitas das vezes, quantidade de tempo restrita para fazê-lo, determinada pelo ritmo circadiano e pela competição com o tempo necessário para execução de atividades de ruminação, ócio e socialização. Neste sentido, a estrutura do pasto que oferecemos aos animais é de fundamental importância, pois determina o grau de facilidade dos animais em ingerir alimento (Carvalho et al., 2005). De acordo com Minson (1990), as características associadas à planta que afetam a facilidade de colheita da forragem pelo animal são: a altura do dossel forrageiro, a densidade da biomassa vegetal, o baixo teor de fibras das lâminas foliares, a disposição espacial dos tecidos vegetais preferidos, a presença de barreiras à desfolhação e o seu teor de matéria seca. Estas características do dossel irão determinar o grau de seletividade exercido pelos animais em pastejo e a eficiência com que a forragem é colhida, determinando a quantidade total de nutrientes ingeridos (Stobbs, 1973a, b). Assim, variações no comportamento de pastejo causadas por modificações na estrutura do dossel forrageiro podem influenciar o consumo de forragem. Os estudos clássicos do Dr. Harry Stobbs, na Austrália, tiveram grande importância por evidenciarem as diferenças estruturais entre gramíneas de clima temperado e tropical, e como estas diferenças afetavam o comportamento ingestivo dos ruminantes sob pastejo (Stobbs, 1973a, b). Assim,

manejo do pastejo deve ser visto como a construção de estruturas de pasto que otimizem a velocidade de colheita de forragem pelo animal em pastejo (Carvalho et al., 2001). Para toda planta forrageira, existe uma condição de estrutura ideal que favorece esta velocidade de colheita, sugerindo a necessidade de se conhecer, a fundo, as variáveis estruturais do dossel forrageiro, a fim de que o manejo do pastejo possa ser considerado dentro de uma realidade de eventos fisiológicos. Desta forma, tomadas de decisão podem ser amparadas por critérios científicos baseados na forma e função das plantas forrageiras e na maneira pela qual estas influenciam e determinam o comportamento ingestivo dos animais sob pastejo (Da Silva e Nascimento Jr., 2007).

Segundo t'Mannetje e Ebersohn (1980), o animal ajusta seu comportamento em pastejo de acordo com a oferta da fração preferida da forragem e sua distribuição espacial no dossel forrageiro. A oferta de forragem é a relação entre o peso da matéria seca da forragem, a unidade de área e o número de unidade animal. O consumo de forragem é maximizado quando a oferta de forragem é de três a quatro vezes a capacidade de ingestão de matéria seca pelo ruminante. Assim, um CMS de 2,5% do peso vivo do animal, ocorre sob condições de oferta diária de forragem na ordem de 7,5% a 10% do peso vivo animal (Hodgson, 1985). Entretanto, trabalhos conduzidos com forragens tropicais mostram que o consumo e o desempenho animal são potencializados com ofertas bem maiores. Gontijo Neto (2003), trabalhando com capim tanzânia, observou que o consumo máximo de forragem, o menor tempo de pastejo e a maior quantidade de forragem degradada no rúmen foram verificados para o nível de oferta de forragem próximo a 20 kg de MS de lâminas foliares/100 kg de peso vivo.

Com base no exposto, fica claro que para toda planta forrageira, existe uma condição de estrutura ideal que favorece a velocidade de colheita de forragem pelo animal, sugerindo a necessidade de se conhecer a influência da forma como a forragem é apresentada no pasto sobre o consumo do animal, para que estratégias de manejo eficientes possam ser idealizadas (Carvalho e Moraes, 2005).

### **4.3. Comportamento ingestivo de bovinos a pasto**

O entendimento das interações ambiente-planta-animal-manejo e suas implicações na regulação do consumo podem ser melhor demonstrados, desmembrando os diversos meandros que regem esta variável. Dentre os inúmeros fatores que interagem nos ecossistemas de pastagens, o comportamento ingestivo assume grande importância nos estudos de determinação do consumo. As variáveis comportamentais não são de simples quantificação, pois englobam a questão de como o animal percebe e se movimenta no ambiente de pastejo.

Os herbívoros interagem com o ambiente de pastagem em níveis variáveis de escala espacial, caracterizados pela natureza, tipo e frequência das atividades comportamentais realizadas. Durante o processo de exploração da pastagem, os animais se organizam em determinadas áreas físicas que, em ordem decrescente de dimensão e complexidade seriam: região de pastejo, campo de pastejo, sítio de pastejo, micro-sítios de pastejo, estação alimentar e bocado (Bailey et al., 1996). A região de pastejo é definida como sendo um agregado de campos de pastejo, normalmente delimitada por barreiras naturais e cercas. O campo de pastejo corresponde a um conjunto de sítios de pastejo, com uma área comum, onde os animais buscam água, descanso ou sombra. O sítio de pastejo corresponde a um agregado de micro-sítios, em uma área contígua, onde os animais pastam durante uma refeição. Está definida como sendo um período ou ciclo de pastejo interrompido para fins de descanso e

ruminação, por exemplo. Micro-sítio de pastejo é o conjunto de estações alimentares separado de outro conjunto, por uma parada na sequência de pastejo, em que o animal normalmente se reorienta para um novo local. A estação alimentar corresponde a um semicírculo hipotético, localizado à frente do animal, que seria alcançado sem que houvesse a necessidade de movimentar as patas dianteiras. Nas estações alimentares, os animais manipulam a forragem disponível por meio de movimentos de cabeça, da mandíbula e da língua, com o objetivo de apreender a forragem pela boca e, finalmente, realizar o bocado, a menor escala de decisão animal (Bailey et al., 1996; Da Silva, 2006). Neste processo, a forragem colhida ainda necessita ser mastigada e deglutida, a fim de efetivar o seu consumo (Carvalho et al., 1999). Cada sequência de pastejo ou refeição é realizada à medida que o animal percorre um deslocamento ao longo de uma série de estações alimentares, normalmente seguindo direção e orientação que favoreça o encontro de estações com elevada massa de forragem (Carvalho e Moraes, 2005).

O consumo diário de forragem é função de variáveis associadas ao comportamento do animal, sendo o resultado do produto entre o tempo gasto pelo animal na atividade de pastejo e a taxa de ingestão de forragem durante esse período que, por sua vez, é o resultado do produto entre o número de bocados por unidade de tempo e a quantidade de forragem apreendida por bocado (Allden e Whittaker, 1970). Desenvolvimentos subsequentes nesta linha de pesquisa levaram ao aprofundamento no conhecimento destas variáveis. Hodgson (1985) propôs uma representação esquemática onde o tamanho do bocado se originaria aritmeticamente do produto entre o volume do bocado e a densidade da forragem no extrato pastejado. O volume, por sua vez, seria o produto entre a área e a profundidade do bocado (Fig. 6).

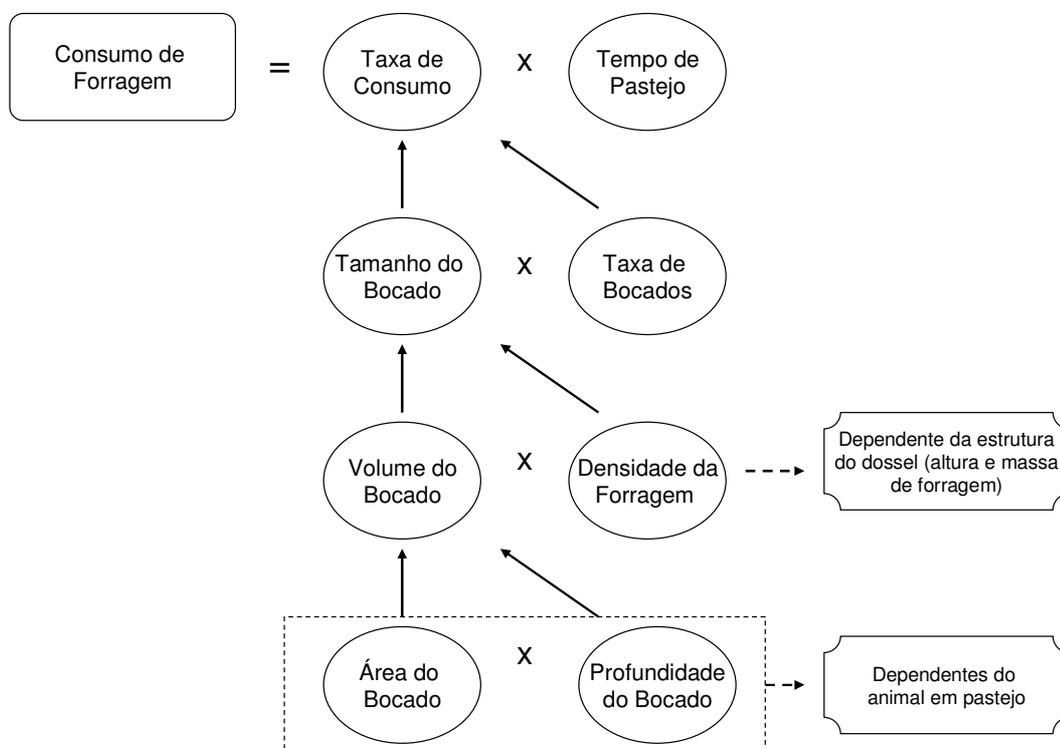


Figura 6. Consumo diário por animais sob pastejo como função de variáveis comportamentais e da estrutura do dossel forrageiro. Fonte: Da Silva (2006)

Estas simples equações forneceriam uma confiável base conceitual, para compreensão da influência das características do dossel forrageiro sobre o comportamento ingestivo dos animais sob pastejo (Hodgson et al., 1994). Assim, o consumo diário pode ser influenciado por variações em quaisquer desses parâmetros. Um exemplo da relação entre essas variáveis e a estrutura do dossel forrageiro pode ser dado imaginando-se o cenário de baixa oferta de pastagem, levando a dificuldade na apreensão desta, pelos animais. Quando a ingestão por bocado é reduzida, ocorre queda correspondente na taxa de ingestão, a menos que um incremento compensatório na taxa de bocados seja observado. Desse mesmo modo, a ingestão diária de forragem também será afetada se qualquer redução na taxa de ingestão não for compensada por incremento no tempo de pastejo (Hodgson, 1990).

#### **4.3.1. Tamanho do bocado**

Segundo Hodgson (1985), o tamanho do bocado é a variável mais importante na determinação do consumo de animais sob pastejo e a mais influenciada pela estrutura do dossel forrageiro. A ingestão de forragem por bocado é muito sensível a variações estruturais, particularmente em altura do dossel forrageiro (Cosgrove, 1997). Isso foi comprovado por Demment e Laca (1993), que estudaram a importância relativa da altura e da densidade da forragem sobre a profundidade e a massa do bocado, sendo que a estrutura do dossel foi construída de maneira que altura e densidade pudessem variar de forma independente.

A dimensão do bocado de animais em pastejo é função da área e da profundidade. Portanto, qualquer alteração no tamanho do bocado, seja por resposta a variações em estrutura do dossel, seja por decisão comportamental, passa, necessariamente, por alterações nas variáveis área e profundidade (Carvalho e Moraes, 2005). Tanto a área quanto a profundidade são variáveis cujas definições estão mais associadas ao arranjo espacial da comunidade de plantas do que a variáveis relacionadas ao animal (Carvalho e Moraes, 2005). Entende-se por profundidade do bocado a diferença entre a altura inicial e a altura residual medida após o pastejo (Carvalho, 1997) e por área, a superfície horizontal da pastagem abrangida por um bocado (Da Silva, 2006).

A área do bocado apresenta, de forma geral, menor sensibilidade às variações na estrutura do dossel forrageiro, sendo, proporcionalmente, pouco alterada no processo de remoção da forragem do pasto (Hodgson et al., 1994). Esta variável diminui linearmente com a densidade volumétrica da forragem e aumenta de forma quadrática com a sua altura (Da Silva, 2006).

A profundidade do bocado possui correlação positiva com a altura do dossel e negativa com a densidade da forragem (Carvalho, 1997). Em geral, quanto maior a altura do dossel, maior a profundidade do bocado de ovinos, bovinos e caprinos. Essa relação ocorre independentemente do método de pastejo empregado e em espécies forrageiras morfológicamente contrastantes (Da Silva, 2006). Adicionalmente, a profundidade do bocado corresponde a um valor relativamente constante da altura de perfilhos estendidos (em torno de 50%) ou da altura do dossel intacto (em torno de 35%), fenômeno esse, conhecido como “proporcionalidade da remoção de forragem” (Hodgson et al., 1994). Em uma série de experimentos, realizados de forma concomitante, com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) mantido a 10, 20, 30 e 40cm de altura, sob lotação contínua, foi demonstrado que, em termos relativos, a profundidade de folhas no dossel apresentou um valor constante e em torno de 50% da altura, correspondente à porção superior do dossel, o que representou 5, 10, 15 e 20cm para nos pastos mantidos a 10, 20, 30 e 40cm,

respectivamente (Molan, 2004). Avaliações relativas às características morfogênicas e padrões de desfolhação de perfílios individuais revelaram que a cada evento de desfolhação cerca de 2/3 da profundidade das folhas era removido, independente da altura em que os pastos são mantidos e da frequência dos eventos de desfolhação ocorridos (Gonçalves, 2002). Tomando como referência a remoção de 2/3 do comprimento do limbo foliar por evento de desfolhação, os valores do intervalo de desfolhações sucessivas, associados aos de duração de vida das folhas, resultaram em eficiências de utilização elevadas e decrescentes com a altura de pasto avaliada (82,3; 76,2; 69,4 e 68,7% para os pastos mantidos a 10, 20, 30 e 40cm, respectivamente) (Gonçalves, 2002). A combinação dos resultados de Molan (2004) e de Gonçalves (2002) revelou que o estrato “pastejável” do capim-marandu manejado sob lotação contínua correspondia a 33% da altura, ou seja, os primeiros 3,3; 6,6; 9,9 e 13,2cm do estrato superior, para os pastos mantidos a 10, 20, 30 e 40cm, respectivamente. Esses resultados se apresentam muito próximo dos 35% relatado na literatura internacional, para pastagens de clima temperado (Hodgson et al., 1994). Segundo Hodgson (1990), profundidades de pastejo inferiores a 10cm, para bovinos, podem resultar em restrições severas no consumo de forragem por resultarem em tamanhos de bocado reduzidos, comprometendo o desempenho animal. De fato, nos trabalhos citados com o uso do capim-marandu, o tamanho do bocado (0,5; 0,8; 1,2 e 1,5 g MS/bocado) e o ganho de peso dos animais (0,190; 0,510; 0,750 e 0,930 kg/animal/dia) foram reduzidos nos pastos mantidos abaixo de 30cm de altura, situações em que a profundidade de pastejo foi inferior a 10cm (Sarmiento, 2003).

Brâncio et al. (2003b), trabalhando com animais em pastagens de diferentes cultivares de *Panicum* (capim-tanzânia, mombaça e massai), em regime de lotação intermitente, observaram que o tamanho do bocado respondeu de forma crescente ao aumento em altura do dossel forrageiro. Em termos absolutos, a profundidade do bocado é significativamente alterada e diminuída conforme o animal pasteja próximo ao nível do solo, fato esse, corroborado pelos resultados de Sarmiento (2003) que, estudando o comportamento ingestivo de bovinos de corte, constatou redução no tamanho do bocado e no consumo de forragem. Adicionalmente, ficou demonstrado que não havia diferença em densidade volumétrica da forragem, no estrato potencialmente pastejável (50% superior do dossel forrageiro), indicando que diferenças em tamanho de bocado, e conseqüentemente, em consumo, foram resultantes de variações na profundidade de pastejo. Demment e Laca (1993) demonstraram a importância da altura do dossel na maximização do consumo de pasto por bovinos, tendo esta, influência direta sobre a profundidade do bocado. Essa variável é a que mais responde às alterações em estrutura do dossel forrageiro, sendo desta forma, a principal variável determinante do volume do bocado. Conseqüentemente, o volume do bocado é a mais importante ferramenta de que dispõe o animal para controlar a quantidade e o valor nutritivo da forragem a ser ingerida. Nessa condição, a profundidade do bocado seria o principal determinante do tamanho do bocado (Carvalho, 1997). Desta maneira, o manejo do pastejo em sua altura ideal para oferecimento ao animal é da maior relevância, haja visto a preponderância da profundidade sobre a área do bocado na construção do tamanho do bocado, que por sua vez é reconhecida como a variável determinante do consumo de animais sob pastejo (Carvalho et al., 2001).

#### **4.3.2. Taxa de bocado**

Assim como as outras variáveis comportamentais, a frequência média dos bocados de apreensão, realizada por animais em pastejo, está ligada a características inerentes à estrutura do dossel forrageiro, mas também possui íntima relação com variações nos padrões do tamanho do bocado, o principal determinante da quantidade de alimento consumida pelo

animal sob pastejo (Hodgson et al., 1994; Cosgrove, 1997). Esses reflexos podem ser observados, muitas vezes, como resposta a reduções na oferta de forragem, altura do dossel forrageiro, densidade volumétrica e redução da proporção de folhas verdes (Stobbs, 1973a, b).

A taxa de bocado e o tamanho do bocado são correlacionados negativamente. Espera-se que quanto maior a disponibilidade e acessibilidade de folhas, maior o tamanho do bocado e, como consequência, maior a necessidade de tempo para a acomodação da forragem na boca do animal, restringindo a realização de mais bocados por minuto (Hodgson, 1990).

O número total de movimentos mandibulares de um animal, ao longo do dia, tem se revelado constante, existindo, no entanto, variações relacionadas à quantidade de movimentos mandibulares, destinados à apreensão e manipulação da forragem (Cosgrove, 1997). De forma geral, quanto maior a altura e maior a massa de forragem do dossel forrageiro, menor o número de movimentos de apreensão e maior os de mastigação. De forma contrária, movimentos mandibulares de apreensão irão aumentar e os de mastigação diminuir, quando ocorre diminuição na disponibilidade de forragem (Cosgrove, 1997). Em situações de massa de forragem baixa, portanto restritivas ao pastejo, a taxa de bocados pode atingir 70 bocados/minuto, para bovinos em crescimento, e 60 bocados/minuto, para bovinos adultos. Já em situações de massa de forragem elevada, os animais pastejam em ritmos próximos à metade dos valores citados, indicando uma condição de maior conforto ou um ambiente menos estressante (Da Silva, 2006). Dessa forma, a teoria inicial de que o animal aumentaria a taxa de bocado, na tentativa de compensar a diminuição no tamanho do bocado, se explica, na verdade, por uma estratégia do animal em diminuir o número de movimentos mandibulares destinados à mastigação e aumentar o número de movimentos destinados à apreensão, mantendo constante o número total de movimentos mandibulares (Cosgrove, 1997). Na situação contrária, de maiores tamanhos do bocado, maior a necessidade de mastigação e, portanto, menor número de bocados de apreensão, sendo esta, uma provável explicação para algumas situações onde o aumento no tamanho do bocado não afeta a taxa de consumo (Hodgson et al., 1994). Logo, animais sob pastejo podem aumentar a taxa de consumo por meio da apreensão de maior massa de bocado ou pela diminuição do tempo de manipulação do bocado. Os bovinos também são capazes de realizar movimentos mandibulares, nos quais as atividades de apreensão e manipulação ocorrem de forma concomitante, sendo que para situações de alta oferta de forragem, estes movimentos podem representar até 90% do total dos movimentos mandibulares (Laca et al., 1993).

Sarmiento (2003) quantificou aumento no tamanho de bocado de bovinos de corte em pastos de capim-marandu com aumento da altura do dossel forrageiro. Nestas circunstâncias, o aumento em tamanho de bocado foi acompanhado por redução na taxa de bocados e, consequentemente, aumento no tempo por bocado, corroborando a ideia de que, em situações de pastos mais altos, com maiores ofertas de forragem, haveria maior necessidade de movimentos mandibulares de manipulação e mastigação do que de apreensão. Com base nos dados de tamanho e taxa de bocado foi calculada a taxa de consumo. Os resultados revelaram comportamento quadrático, onde valores crescentes de taxa de consumo seriam obtidos até o máximo para os animais mantidos nos pastos de 30cm de altura, ponto a partir do qual seria iniciada uma redução. Esses resultados apontam para uma provável participação ativa de fatores não nutricionais na regulação do consumo dos animais, mesmo em condições de oferta generosa de forragem, consequência, da quantidade maior de tempo gasto para a manipulação e mastigação da forragem apreendida em bocados maiores (Sarmiento, 2003). Esse fato indica que o tempo de pastejo é um dos mais sérios limitantes à maximização do desempenho animal

em regimes de pasto, mesmo em condições de ofertas extremamente generosas de forragem de bom valor nutritivo (Carvalho e Moraes, 2005).

### 4.3.3. Tempo de pastejo

A disponibilidade de matéria seca influencia a proporção de material que pode ser colhido pelo animal, o grau de seletividade, o consumo e, em última instância, o desempenho animal. Segundo o NRC (Nutrient..., 1996), pastagens com menos de 2.000 kg de MS por hectare levam a um menor consumo pelos animais, devido à dificuldade em apreender bocados de tamanho suficiente para alcançar a ingestão máxima de forragem, resultando num aumento do tempo de pastejo. O aumento do tempo de pastejo é o recurso mais eficiente que o animal pode utilizar, quando a taxa de consumo é baixa ou está sendo reduzida (t'Mannetje e Ebersohn, 1980). Entretanto, segundo estes autores, há limites na distância que os animais podem percorrer e no tempo diário que podem gastar no pastejo e esses fatores podem impedi-los de compensar as deficiências da pastagem com o prolongamento do período de alimentação (Tab. 2). Esta compensação, relacionada ao aumento no tempo de pastejo, estaria limitada a apenas 15% do consumo diário (Coleman, 1992).

Tabela 2. Consumo de matéria seca da forragem (CMS, em % do PV) e tempo de pastejo (TP, em min./dia) de novilhos pastejando cinco gramíneas, durante as épocas da seca e das águas.

	Época das Águas		Época da Seca	
	CMS	TP	CMS	TP
<b>Colonião</b>	2,88	520	2,16	610
<b>Tobiatã</b>	2,77	490	1,92	580
<b>Tanzânia</b>	2,83	525	2,10	590
<b>Decumbens</b>	2,65	565	1,98	595
<b>Marandu</b>	2,76	465	2,01	605

Fonte: Euclides (2000)

O tempo de pastejo reflete a facilidade de apreensão e remoção da forragem. No uso do tempo em pastejo, os animais procuram ser eficientes, uma vez que buscam bocados potenciais, enquanto mastigam a forragem apreendida em bocados anteriores (Prache, 1997).

Bovinos normalmente dividem o seu tempo entre as atividades de pastejo, ruminação e ócio, destinando, em média, cerca de um terço do dia para cada atividade. Observam-se de três a cinco picos de pastejo no decorrer do dia. Os mais intensos ocorrem no início da manhã e no final da tarde. A maior parte da atividade de pastejo ocorre durante o dia, embora sejam comuns períodos curtos de pastejo noturno. Normalmente, existe um período de ruminação após cada período de pastejo, mas a maior parte da ruminação ocorre durante a noite (Cosgrove, 1997).

Uma vez escolhido o sítio de pastejo, o número e a duração das refeições que os animais realizam ao longo do tempo adquirem grande importância. A atividade de pastejo envolve turnos, dentro dos quais são realizadas sequências de pastejo interrompidas por intervalos de tempo variados, destinados a outras atividades, como caminhar e descansar, caracterizando assim os ciclos de pastejo ou refeições (Da Silva, 2006). Segundo Carvalho et al. (2005), o número de refeições parece ser indicador da qualidade do ambiente pastoril, uma vez que em situações de oferta de forragem elevada, os animais realizam um número grande

de refeições de curta duração, caracterizadas por altas taxas de consumo, que resultam em enchimento rápido do rúmen. Como o pastejo nessa condição é eficiente e existe seletividade, ocorre rápido consumo de forragem de alto valor nutritivo. Em situações de baixa oferta de forragem, restritivas ao pastejo, o número de refeições diminui e o tempo por refeição aumenta, indicando uma taxa de consumo limitada pela estrutura do pasto e um ambiente estressante para a colheita da forragem (Da Silva, 2006). O número total de refeições, combinado às suas respectivas durações, determina o tempo diário de pastejo, uma variável de comportamento importante e indicadora das condições do pasto (Hodgson, 1990). Por se tratar de uma variável inversamente relacionada ao consumo, quanto maior a abundância de forragem, menor o tempo total de pastejo e maior o número de refeições curtas realizadas de forma intercalada com intervalos longos entre refeições (Da Silva, 2006).

Adicionalmente, o tempo gasto na atividade de pastejo é influenciado pelo tamanho do grupo de animais, geralmente, com redução do período de pastejo para grupos pequenos, e pela existência e, ou proximidade de animais dominantes no grupo, situação em que ocorre uma redução na taxa de bocados de apreensão, indicando a importância do ambiente social no processo de pastejo (Carvalho et al., 1999).

Em cada estação alimentar, o animal depara com a necessidade de decidir que plantas ou partes de planta colher, ou seja, definir e realizar o bocado. A forma com que os animais exploram as estações alimentares determina seu nível de consumo, uma vez que as regras de escolha e de abandono das mesmas afetam a quantidade de forragem ingerida e a eficiência do processo de pastejo (Carvalho e Moraes, 2005). Segundo Carvalho et al. (1999), o tempo de permanência na estação alimentar está relacionado com a abundância de forragem, ou seja, quanto maior a massa ou oferta de forragem maior será o tempo de permanência até que seja atingido o ponto de abandono, situação em que a relação custo/benefício da exploração da estação alimentar deixa de ser favorável. O número de estações alimentares exploradas por unidade de tempo aumenta à medida que a altura e, ou a massa de forragem do pasto diminui devido o menor tempo de permanência por estação alimentar. Quanto menor a altura das plantas, menos efetiva é a capacidade dos animais em ampliar a quantidade de forragem trazida à boca (Laca et al., 1992). Adicionalmente, em situações de baixa oferta de forragem, os animais apresentam deslocamentos curtos e retilíneos entre estações alimentares, e o número de passos é pequeno, refletindo o pequeno tamanho do bocado colhido no último bocado da estação anterior (Da Silva, 2006). Em situações de elevada oferta de forragem, o número de passos entre estações alimentares é maior, uma vez que o animal realiza bocados grandes e, por isso, pode deslocar-se de uma estação a outra por mais tempo, enquanto mastiga o último bocado. Esse fato permite maior seletividade, sem reduzir a eficiência de uso do tempo de pastejo, em função da maior quantidade de tempo gasto com deslocamento (Carvalho et al., 1999). Em pastagens cujo valor nutritivo e disponibilidade não são limitantes, assume-se, muitas vezes, que o tempo de procura possa ser insignificante, pois o animal mastiga a forragem enquanto se movimenta de uma estação alimentar para outra (Sarmiento, 2003).

#### **4.3.4. Seletividade**

O processo seletivo, apesar de geralmente ser entendido de maneira simplória, é regido por uma série de fatores. A seletividade demonstra o grau pelo qual o animal é atraído por um alimento, sob condições de escolha (Joblin, 1962). Desta forma, o pastejo seletivo resulta da interação, altamente complexa, envolvendo características relacionadas aos animais, as plantas a serem consumidas e ao ambiente onde ambos estão inseridos (Heady, 1964). Logo, o

entendimento da interface ambiente-planta-animal é condição *sine qua non* para o conhecimento do processo de seleção.

Os mecanismos que explicam o processo seletivo não são totalmente elucidados, mas sabe-se que os animais utilizam regras simples para fazer a escolha da dieta, provavelmente, relacionadas à qualidade e à quantidade (Van Soest, 1994). Os principais fatores, relacionados ao animal, que influenciam a preferência por um alimento, incluem o uso dos sentidos, a variação entre espécies e indivíduos e a experiência prévia ou adaptação dos animais. A maioria dos pesquisadores concorda que a escolha do animal por determinadas espécies forrageiras, ou partes dessas, é determinada pelas respostas ao estímulo recebido por intermédio dos sentidos sensoriais, e, dentro de suas capacidades, os animais podem fazer a escolha apropriada da dieta. Os sentidos do paladar, tato, olfato e visão são os principais fatores sensoriais que influenciam na preferência dos animais por determinadas espécies forrageiras, sendo o sabor e o odor, os mais importantes, influenciando o processo de seleção dos bovinos em pastejo (Van Soest, 1994). Ademais, os bovinos são dotados de uma capacidade inata de aprendizado, que favorece o desenvolvimento de uma memória de referência (Bailey et al., 1996), com duração de cerca de 20 dias, e de uma memória de trabalho (Roguet et al., 1998), capaz de associar sensações, de bem e mal-estar, a determinado tipo de forragem consumida, em um período de até oito horas (Launchbaugh, 1996), alterando sua preferência futura e, portanto, sua capacidade de escolha e seleção de novos sítios e estações de pastejo.

Os ruminantes diferem em sua habilidade para explorar certos alimentos, devido aos diferentes hábitos de pastoreio e características como tamanho do corpo e do rúmen, tamanho e forma da boca, fisiologia digestiva, sensibilidade e tolerância aos sabores de diferentes compostos (Van Soest, 1994). Assim, grandes diferenças quanto à preferência são demonstradas pelos ruminantes, os quais apresentam diferentes estratégias de alimentação. De mais a mais, fatores inerentes às plantas, como a composição química, a suculência ou o estágio de maturação, a morfologia, a relação folha:colmo, a disponibilidade e a acessibilidade; fatores relacionados com o ambiente, como o clima, a fertilidade, umidade e a topografia do solo; a proximidade e facilidade de acesso a locais de água e sombra; e o manejo adotado; também influenciam o grau de seletividade dos animais. Desta maneira, os fatores que atuam condicionando a seletividade, além de complexos, são vários e, de certa forma, interagem entre si. Dentro dessa interação, possivelmente, há os fatores que exercem influência direta e os que exercem influência indireta no comportamento seletivo dos animais sob pastejo.

As características estruturais do dossel forrageiro determinam o grau de pastejo seletivo exercido pelos animais (Stobbs, 1973a). Ao remover os primeiros bocados, a estrutura remanescente do dossel é modificada e a competição entre plantas e o ambiente do futuro bocado são alterados, gerando um ciclo dinâmico de interações que determinam e interferem na produção e produtividade do sistema pastoril (Carvalho et al., 1999). Dessa forma, variações no processo de pastejo mediante modificações na estrutura do dossel podem influenciar de forma relevante o consumo de forragem.

O pastejo seletivo permite compensar a baixa qualidade da forragem pelo aumento no consumo das partes mais nutritivas da planta (Stobbs, 1973b). Como o consumo está diretamente relacionado com a taxa de passagem da dieta que, por sua vez, está relacionada com a qualidade da forragem, quanto maior a capacidade do animal em selecionar dietas, com frações menos fibrosas, maior será o consumo, devido à redução no tempo de retenção da

digesta no rúmen, que resulta em diminuição no efeito de enchimento. Entretanto, em sistemas de pastoreio intensivo, a seleção, sob uma pastagem de baixa qualidade, pode fazer com que os animais despendam maior tempo selecionando e, com isso, resultar em menor consumo de pasto (Minson, 1990).

Animais mantidos em regime de pasto selecionam tanto diferentes espécies de plantas, quanto diferentes porções em uma mesma espécie (Stobbs, 1973b). O potencial de seleção é maior em pastagens tropicais do que em temperadas, uma vez que as primeiras apresentam grande variação no valor nutritivo de seus componentes morfológicos (Stobbs, 1973b). Bovinos, de maneira geral, têm maior preferência por gramíneas do que por leguminosas, mas esta preferência varia com a natureza da gramínea e com o grau de maturidade, em ambas as espécies. Durante o período chuvoso, quando gramíneas e leguminosas estão quantitativamente disponíveis, há seleção preferencial de gramíneas, devido sua melhor palatabilidade. No entanto, no início do período seco, a preferência pela leguminosa estaria associada a sua maior qualidade nutricional em relação à gramínea. Isso ocorre, porque os efeitos do avanço da maturidade da planta, na redução do valor nutritivo, são menores nas leguminosas do que nas gramíneas (Hodgson, 1990).

No que tange a preferência por certas partes da planta, tanto de gramíneas quanto de leguminosas, os animais selecionam preferencialmente folhas em relação ao caule e material verde em relação ao material morto (Van Soest, 1994). A seletividade, com relação à qualidade nutricional da dieta, conduz à ideia de que os animais são dotados de sabedoria nutricional, selecionando as dietas em função de suas exigências nutricionais (Ivins, 1955). Entretanto, segundo Marten (1978), a existência de sabedoria nutricional dos animais em pastejo é amplamente rejeitada, não havendo nenhuma base científica para suportar a hipótese de que os animais em pastejo, sabidamente ou instintivamente, escolhem as espécies ou partes dessas pelo seu conteúdo em proteína bruta, energia ou qualquer outra característica nutricional. Com base nesse fenômeno, durante o pastejo, a preferência por folha pode estar relacionada à maior facilidade de apreensão, em relação ao caule, estando associada a um fator mecânico e não fisiológico ou instintivo (Marten, 1978). Minson (1990) observou que quando o animal é acostumado a consumir folhas, ele continua procurando por estas, mesmo quando a proporção de folhas presentes na pastagem é baixa. No entanto, à medida que os animais selecionam as partes mais apresentáveis e palatáveis das gramíneas, em geral as folhas verdes, a pastagem apresenta proporção crescente de material não preferido, ou recusado, como colmo e material senescente, dificultando, cada vez mais, a seleção e o consumo de forragem (Brâncio et al., 2003a).

As características do pasto não representam as características da forragem realmente consumida pelos animais, devido ao comportamento seletivo destes, em pastejo (Stobbs, 1973b). Diversos trabalhos, principalmente com forrageiras tropicais, têm demonstrado que o ótimo desempenho animal é alcançado, quando a disponibilidade de folhas permite elevado grau de seletividade no pastejo. Euclides (2000), avaliando forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria*, encontraram correlação entre o consumo e a disponibilidade de matéria seca verde (MSV) e relataram que os maiores ganhos diários foram obtidos quando a disponibilidade de MSV foi de 1.000kg/ha para o colômbio, tobiatã e tanzânia; e de 900kg/ha para decumbens e marandu. Quando se tem maior oferta de folhas, por exemplo, em pastagens diferidas para utilização no período seco, o bovino compensa os efeitos da baixa digestibilidade desta pastagem, pelo aumento do consumo da fração foliar. Brâncio et al. (2003a), avaliando cultivares de *Panicum*, verificaram alta preferência por folhas, uma vez que os animais selecionaram, em média, 92,4% de folhas verdes e 6,7% de colmos verdes,

sendo o restante da dieta composto por inflorescência, folhas secas e colmos secos. Há limites nesta compensação, mas, de fato, Mertens (1994) sugere ser o consumo, a variável de maior impacto sobre o desempenho animal, uma vez que, cerca de 60 a 90% das variações em desempenho são explicadas pelas variações relacionadas ao consumo e apenas 10 a 40% pelas variações relacionadas à digestibilidade.

#### **4.4. Diferimento de pastagens**

O diferimento das pastagens, também conhecido como vedação da pastagem, “feno em pé” ou pastejo protelado, consiste em suspender a utilização de parte da área do pasto, em algum momento da estação das águas, geralmente, no final do verão e/ou no outono. Dessa forma, é possível reservar o excesso de forragem produzida no período das chuvas, para pastejo direto durante o período de escassez (Santos e Bernardi, 2005). O diferimento da pastagem baseia-se no acúmulo de forragem, possível de ser obtido no terço final do período de verão; e no decréscimo mais lento da qualidade das gramíneas forrageiras tropicais, à medida que estas crescem no final do verão e início do outono, em relação ao crescimento de verão. O sucesso do pastejo diferido é dependente da massa de forragem residual por ocasião da vedação, do acúmulo de forragem durante o período em que a pastagem permanece vedada, do valor nutritivo da forragem no momento de sua utilização e da possibilidade de os animais entrarem na área diferida sem que a perda por acamamento seja muito elevada (Martha Jr. et al., 2003). Vários autores (Euclides et al., 1990; Leite et al., 1998; Euclides et al., 2007; Santos et al., 2009a; Santos et al., 2009b) demonstraram a viabilidade desta prática, desde que sejam selecionadas forrageiras adequadas para períodos de diferimento e de utilização específicos.

Bovinos mantidos em pastagens diferidas expressam desempenho modesto ou simplesmente mantêm seu peso corporal, pois a forragem diferida é, geralmente, de baixa qualidade. Para compensar esta baixa qualidade, animais em pastagens diferidas devem desenvolver o pastejo seletivo. Assim, há possibilidade do animal ingerir uma forragem de valor nutritivo mais elevado, quando comparada à forragem disponível na pastagem. (Paulino, 1999). No entanto, quando se almeja maior desempenho animal, pode-se adotar a estratégia de suplementação dos animais no pasto diferido, complementando o valor nutritivo da forragem disponível e melhorando o desempenho animal (Euclides et al., 1990). Para melhorar a eficiência da suplementação em pastagens diferidas, a disponibilidade de forragem e a estrutura da pastagem não devem ser limitantes ao consumo, o que pode ser obtido pelo manejo adequado da pastagem, antes de seu diferimento (Santos et al., 2009a).

##### **4.4.1. Estrutura do pasto diferido**

A estrutura de um pasto diferido pode ser caracterizada pela quantificação das massas de folha, colmo e material morto na forragem. A importância de mensurar as características estruturais do pasto diferido é fundamentada no reconhecimento de que a estrutura do pasto é uma característica central e determinante, tanto da dinâmica de crescimento e competição nas comunidades vegetais, quanto do comportamento ingestivo dos animais em pastejo (Carvalho et al., 2001). Durante o crescimento e desenvolvimento, que resultam no acúmulo de forragem, ocorrem modificações na morfologia e, conseqüentemente, na estrutura das plantas forrageiras, pela redução no percentual de folhas, aumento na proporção de colmo e material morto, aparecimento da inflorescência e redução da relação folha:colmo. Assim, o período de diferimento determina as características estruturais do pasto, no momento da entrada dos animais.

Além do efeito do período de diferimento, é importante reconhecer que, durante o período de pastejo, ocorrem diferentes interações entre plantas e animais. As mudanças na estrutura do pasto diferido alteram, durante o período de pastejo, o comportamento ingestivo, modificando o tamanho do bocado, o número de bocado por unidade de tempo, o tempo de pastejo e, finalmente, o consumo e desempenho animal (Carvalho, 1997). Durante o período de pastejo, o comportamento seletivo dos animais também promove mudanças na qualidade da forragem, por alterações na composição morfológica do pasto (Carvalho et al., 2001). Esse pastejo seletivo permite compensar a baixa qualidade da forragem, pelo aumento no consumo das partes mais nutritivas da planta, geralmente as folhas verdes (Stobbs, 1973b), levando a redução da relação folha:colmo na pastagem.

O consumo, por animais em pastagens, pode ser limitado quando o pasto possui alto percentual de material morto, mesmo quando a disponibilidade de matéria seca é alta. Assim, os pastos diferidos por maior período e submetidos a longos períodos de pastejo são caracterizados por uma estrutura não predisponente ao consumo e, como consequência, resultam em menor desempenho animal (Santos et al., 2009a). Nesse sentido, t'Mannetje e Ebersohn (1980) sugeriram que nos trópicos, onde as gramíneas acumulam grande quantidade de material morto durante a estação seca, a relação entre forragem disponível e consumo aplica-se apenas à fração verde do pasto. De fato, muitos trabalhos com forrageiras tropicais têm comprovado que onde há grande acúmulo sazonal de material morto, o consumo e a produção animal não estão correlacionados ao total de forragem disponível, mas sim, com a disponibilidade de forragem verde (Euclides, 2000).

Outro evento importante é a possibilidade de ocorrência de tombamento dos perfilhos, o que resulta na formação de uma estrutura de pasto bastante peculiar, comumente chamada de “acamamento”. Esta condição está associada, principalmente, a pastagens que permaneceram diferidas por longo período. Essas apresentaram plantas de maior peso e altura, e, devido a ações de pisoteio dos animais, não se mantêm eretas, quando submetidas ao pastejo. Desta forma, em pastos acamados, a porção de material morto aumenta não só pela senescência das plantas, mas também, pelo acamamento, fazendo com que as perdas de forragem, durante o pastejo, sejam elevadas, resultando em baixa eficiência de uso das pastagens (Santos et al., 2009b).

Assim, a compreensão do desenvolvimento da planta, durante o período de diferimento, e da interface planta-animal, durante o período de pastejo, pode resultar em recomendações de manejo mais eficientes, que otimizem a produção animal em pastagens diferidas.

#### **4.4.2. Espécies forrageiras para diferimento**

É importante considerar que nem todas as gramíneas forrageiras são adequadas para utilização no sistema de pastejo diferido. De acordo com Santos e Bernardi (2005), as espécies forrageiras mais indicadas para o diferimento são aquelas que apresentam bom potencial de acúmulo de forragem durante o outono, principalmente as de melhor relação folha:colmo; e menores reduções do valor nutritivo durante o crescimento, característica intimamente relacionada à época de florescimento da forrageira, uma vez que, nesse estágio, a qualidade decresce rapidamente. Dessa maneira, deve-se dar preferência a forrageiras que não apresentam pico de florescimento no outono. Euclides et al. (1990), em estudo com sete espécies forrageiras para o manejo na forma de “feno em pé”, destacaram como boas opções,

para a utilização neste sistema de manejo, a *Brachiaria decumbens*, a *B. humidicola* e a estrela africana (*Cynodon plectostachyum*); sendo que Leite et al. (1998) destacaram a *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu. Plantas cespitosas, como as dos gêneros *Andropogon*, *Panicum* e *Pennisetum*, não são as mais indicadas para a prática de diferimento, uma vez que essas plantas possuem elevada proporção de colmo, quando submetidas a períodos longos de crescimento. Entretanto, quando estas gramíneas são as únicas opções para o diferimento, alguns cuidados especiais devem ser observados. Destaca-se a necessidade de rebaixamento do pasto, por ocasião da vedação, e o período de diferimento que não deve ser longo, preferencialmente inferior a 70 dias. Esses manejos proporcionam um rebrota com grande proporção de folhas, em detrimento a de colmo, e melhor valor nutritivo do pasto diferido (Martha Jr. et al., 2003).

#### **4.4.3. Período de diferimento e utilização da pastagem**

A adequação do período de diferimento é importante, pois é um dos determinantes da quantidade e qualidade da forragem diferida. Vários autores mostraram que à medida que se aumenta o período de diferimento, há acréscimos no acúmulo de forragem e decréscimos no seu valor nutritivo (Euclides et al., 1990; Leite et al., 1998; Euclides et al. 2007). Geralmente, a utilização do pasto diferido ocorre na época do ano de maior escassez de forragem e, assim, o início do diferimento determinará a duração do período de crescimento do pasto. Este período de diferimento deve ser fundamentado na rebrotação das plantas forrageiras, que é afetada por fatores edafo-climáticos e de manejo, além do potencial de acúmulo da espécie forrageira escolhida. A adequação do período de diferimento para a utilização das pastagens, visando conciliar rendimento e qualidade de forragem, é uma importante prática de manejo. O período de diferimento determina a idade do pasto no momento de sua utilização e influencia a produção, a composição morfológica e o valor nutritivo da forragem. Pastagens diferidas por períodos demasiadamente longos apresentam elevada produção de forragem, porém, antecipar muito o período de diferimento reduz o período de utilização da área vedada no verão, aumenta os riscos de perda da forragem por acamamento e compromete o valor nutritivo do pasto, uma vez que grandes quantidades de colmo e material senescente são acumuladas. Retardar o período de diferimento, por sua vez, pode determinar acúmulo insuficiente da forragem, reduzindo os benefícios desta prática. Uma regra prática seria efetuar a vedação da pastagem com cerca de 30 a 40 dias de antecedência da expressão do fator climático mais limitante ao crescimento da planta forrageira na região, como a ocorrência de baixas temperaturas ou a falta de chuva (Martha Jr. et al., 2003).

Visando conciliar maior produção com melhor qualidade, algumas ações de manejo no diferimento da pastagem devem ser conduzidas, como, por exemplo, a vedação e a utilização escalonadas das pastagens (Euclides et al. 2007). Outra estratégia de manejo recomendada consiste na realização de pastejo intenso, com categorias animais menos exigentes, imediatamente antes do início do diferimento das pastagens. Com isso, há uma alteração na estrutura do pasto, pela remoção da forragem velha, senescente e de baixa qualidade. Com a pastagem mais baixa, verifica-se a penetração de luz até a superfície do solo, estimulando o aparecimento de novos perfilhos e melhorando a rebrotação do pasto, que terá melhor valor nutritivo (Santos et al., 2009b).

A adubação nitrogenada é uma prática de manejo que pode permitir maior flexibilização quanto ao período de diferimento da pastagem, uma vez que o nitrogênio aumenta a taxa de crescimento da gramínea e, conseqüentemente, a quantidade de forragem produzida por unidade de tempo. Dessa forma, é possível obter produção de forragem

semelhante, mesmo adotando-se distintos períodos de diferimento. Contudo, a fertilização nitrogenada, realizada tardiamente no verão ou outono, quando a umidade do solo começa a reduzir, pode resultar em baixa utilização do nitrogênio pelas plantas. Assim, o resultado esperado da adubação pode ser reduzido, ou até mesmo não ocorrer (Martha Jr. et al., 2004).

Teoricamente, para cada forrageira e região do país, existe um período mais apropriado para manter o pasto diferido. Nos estudos realizados com forrageiras tropicais, os períodos de diferimento geralmente variam de 60 a 160 dias, conforme a estratégia adotada. Assim, ressalta-se que as recomendações de épocas de diferimento e de utilização das pastagens não devem ser generalizadas, uma vez que, no Brasil, há diferentes recursos forrageiros e grandes variações entre as condições edafo-climáticas (Santos e Bernardi, 2005). Desse modo, vários trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de estabelecer a(s) melhor(es) época(s) de diferimento e utilização das diferentes espécies forrageiras tropicais, nas várias regiões do país (Tab. 3).

Tabela 3. Recomendações para a época de diferimento e utilização de diversas forrageiras em diferentes regiões do Brasil

Espécie	Local	Vedação	Utilização	Referência
<i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina	Distrito Federal	Março	Jul e Set	Leite et al. (1998)
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	Distrito Federal	Março a meados de Abril	Jul a Set	Leite et al. (1998)
	Campo Grande	Fevereiro	Maió a jul	Euclides et al. (2007)
<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk	Campo Grande	Fevereiro	Maió a jul	Euclides et al. (2007)
	Viçosa	Meados de Abril	Jul a Set	Santos et al. (2009)
<i>Panicum maximum</i> cv. Vencedor	Distrito Federal	Março a meados de Abril	Jul a Set	Leite et al. (1998)

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisar as possibilidades e sugerir a melhor estratégia de manejo do pastejo para o Brasil é uma tarefa das mais árduas, notadamente quando se considera a diversidade de ecossistemas de pastagens existente no país. Certamente, não existe um conjunto único de variáveis que seja apropriado para definir manejos de pastejo para todos os ecossistemas de pastagens. No entanto, o entendimento das inter-relações ambiente-planta-animal-manejo tem contribuído para que estratégias de manejo mais adequadas, aos diferentes sistemas de produção, sejam idealizadas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLDEN, W.G.; WHITTAKER, I.A. The determinants of herbage intake by sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Austr. J. Agr. Res.*, 21, p.755-766, 1970.

BAILEY, D.W.; GROSS, J.E.; LACA, E.A.; et al. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *J. Range Manag.*, 49, p.386-400, 1996.

BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B. et al. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. *Pesq. agropec. bras.*, v.42, p.329-340, 2007.

BRÂNCIO, P.A.; EUCLIDES, V.P.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Avaliação de três cultivares de Panicum maximum Jacq. sob pastejo: disponibilidade de forragem, altura do resíduo pós-pastejo e participação de folhas, colmos e material morto. *R. Bras. Zootec.*, v.32, p.55-63, 2003a.

BRÂNCIO, P.A.; EUCLIDES, V.P.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Avaliação de três cultivares de Panicum maximum Jacq. sob pastejo: comportamento ingestivo de bovinos. *R. Bras. Zootec.*, v.32, p.1045-1053, 2003b.

BRISKE, D.D., HEITSHMIDT, R.K. *An ecological perspective*. In: HEITSHMIDT, R.K., STUTH, J.W. (Eds.) *Grazing management: an ecological perspective*. Timber Press, Portland, Oregon, p.11-26, 1991.

BROUGHAM, R.W. Effects of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Austr. J. Agr. Res.*, v.7, p.377-387, 1956.

BROUGHAM, R.W. Pasture growth rate studies in relation to grazing management. *New Zealand Society of Animal Production*, v.17, p.46-55, 1957.

CARNEVALLI, R.A.; DA SILVA, S.C.; BUENO, A.A.O. et al. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. *Tropical Grasslands*, v.40, p.165- 176, 2006.

CARVALHO, F.A.N., BARBOSA, F.A., McDOWELL, L.R. *Nutrição de bovinos a pasto*. Belo Horizonte: Papelform, 2003. 428p.

CARVALHO, P.C.F. A estrutura das pastagens e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. *Anais...* Maringá: CCA/UEM, 1997. p.25-52.

CARVALHO, P.C.F.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI, C.H.E.C. et al. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: ESALQ, 2001. p.853-871.

CARVALHO, P.C.F.; GENRO, T.C.M.; GONÇALVES, E.N. et al. A estrutura do pasto como conceito de manejo: reflexos sobre o consumo e a produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES, Jaboticabal, 2005. *Anais...* Jaboticabal: UNESP, 2005. p.107-124.

CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A. Comportamento ingestivo de ruminantes: bases para o manejo sustentável do pasto. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO SUSTENTÁVEL DAS PASTAGENS, 2005, Maringá. *Anais...* Maringá: UEM, 2005. CD-ROM.

CARVALHO, P.C.F.; PRACHE, S.; DAMACENO, J.C. O Processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE

BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., Porto Alegre, 1999. *Anais...* Porto Alegre: SBZ, 1999. p.253-268.

CHAPMAN, D.F., LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M. J. (Ed.). *Grasslands for Our World*. SIR Publishing, Wellington, p.55-64, 1993.

COLEMAN, S.W. Plant-animal interface. *J. Prod. Agric.*, v.5, p.7-13, 1992.

CORSI, M., BALSALOBRE, M.A., SANTOS, P.M., SILVA, S.C. Bases para o estabelecimento do manejo de pastagens de braquiária. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. 11., Piracicaba. *Anais...* FEALQ, Piracicaba, p.249-266, 1994.

COSGROVE, G.P. Grazing behavior and forage intake. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL PRODUCTION UNDER GRAZING, 1997, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 1997. p.59-80.

Da SILVA, S.C. Comportamento animal em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23., 2006, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2006. CD-ROM

Da SILVA, S.C.; CORSI, M. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 20., 2003, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2003. p.155-186.

Da SILVA, S.C.; NASCIMENTO Jr., D. Aspectos agronômicos para a produção intensiva de leite em pasto. *Cad. Téc. Vet Zoot.*, v.56, p.44-83, 2008.

Da SILVA, S.C.; NASCIMENTO Jr., D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *R. Bras. Zootec.*, v.36, supl. Especial, p.121-138, 2007.

Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo de pastagem. In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: FCAV, UNESP; FUNEP, 1997. p.1-62.

DEMMENT, M.W.; LACA, E.A. The grazing ruminant: models and experimental techniques to relate sward structure and intake. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 7., Edmonton, 1993. *Proceedings...* Edmonton, 1993. p.439-460.

EUCLIDES, V.P.B. *Alternativas para intensificação da produção de carne bovina em pastagem*. Campo Grande: Embrapa gado de corte, 2000, 65p.

EUCLIDES, V.P.B.; FLORES, R.; MEDEIROS, R.N.; OLIVEIRA, M.P. Diferimento de pastos de braquiária cultivares Basilisk e Marandu, na região do Cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, v.42, p.273-280, 2007.

EUCLIDES, V.P.B.; VALLE, C.B.; SILVA, J.M.; VIEIRA, A. Avaliação de forrageiras tropicais manejadas para produção de feno-em-pé. *Pesq. agropec. bras.*, v.25, p.393-407, 1990.

GONÇALVES, A.C. *Características morfológicas e padrões de desfolhação em pastos de capim-marandu submetidos a regimes de lotação contínua*. 2002. 124p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

GONTIJO NETO, M. M. *Características e qualidade do Capim-Tanzânia (Panicum maximum Jacq.) sob pastejo em diferentes ofertas de forragem*. 2003, 69f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GRABER, L. F., N. T. NELSON, W. A. LUEKEL, AND W. B. ALBERT. Organic food reserves in relation to the growth of alfalfa and other perennial herbaceous plants. *Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, v.80. 1927.

HEADY, H. F. Palatability of herbage and animal preference. *J. Range Manag.*, v.17, p.76-82, 1964.

HODGSON, J. *Grazing management: science into practice*. Longman Scientific e Technical, 1990. 203p.

HODGSON, J. The control of herbage intake in the grazing ruminant. *Proc. Nutr. Soc.*, v.44, p.339-346. 1985.

HODGSON, J.; CLARK, D.A.; MITCHELL, R.J. Foraging behavior in grazing animals and its impact on plant communities. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.). *Forage quality evaluation and utilization*. Lincoln: American Society of Agronomy, 1994. p.796-827.

IVINS, J. D. The palatability of herbage. *Herb. Abstr.*, v.5, p.75, 1955.

JOBLIN, A. D. H. The use of grazing animal observations in the early stages of pasture evaluation in the tropics. I. The measurement of relative palatability. *J. Br. Grassl. Soc.*, v.17, n.3, p.171-177, 1962.

LACA, E.A., LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: MANNETJE, L., JONES, R.M. (ed.) *Field and laboratory methods for grassland and animal production research*. Wallingford: CABI Publ., 2000. p.103-121.

LACA, E.A.; DEMMENT, M.W.; DISTEL, R.A.; GRIGGS, T.C. A conceptual model to explain variation in ingestive behavior within a feeding patch. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. *Proceedings...* Palmerston North - New Zealand, 1993. p.710-712.

LACA, E.A.; UNGAR, E.D.; SELIGMAN, N.G.; DEMMENT, M.W. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass Forage Sci.*, v.47, p.91-102. 1992.

LAUNCHBAUGH, K.L. Biochemical aspects of grazing behaviour. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds). *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford: CABI Publ., 1996. p.159-184.

LEITE, G.G.; COSTA, N.L.; GOMES, A.C. Épocas de diferimento e utilização de gramíneas cultivadas na região do Cerrado. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. 23p. (Embrapa-CPAC. Boletim de pesquisa, 40).

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M. et al. Determinação da cinética ruminal das frações proteicas de alguns alimentos para ruminantes. *R. Bras. Zootec.*, v.26, n.6, p.1243-1251, 1997.

MARTEN, G. C. The animal-plant complex in forage palatability phenomena. *J. Anim. Sci.*, v.46, n.5, p.1470-1477, 1978.

MARTHA Jr., G.B.; BARIONI, L.G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A.O. Uso de pastagem diferida no Cerrado. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2003. 6p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico 102)

MARTHA Jr., G.B.; VILELA, L.; BARIONI, L.G. et al. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2004. p.155-216.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.). *Forage quality evaluation and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

MINSON, D.J. *Forage in ruminant nutrition*. Academic Press : New York. 1990. 483p.

MOLAN, L.K. *Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua*. 2004. 159p. Dissertação (Mestrado) - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

MORAES, S.S. Importância da suplementação mineral para bovinos de corte. *Boletim técnico*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, n.114, 26p. 2001.

MOTT, G.O. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 8., 1960, Reading. *Proceedings...* Reading: University of Reading, 1960. p.606-611.

NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. 14., 1997, Piracicaba. *Anais...* FEALQ: Piracicaba, 1997. p.231-251.

NASCIMENTO Jr., D.; GARCEZ NETO, A.F.; BARBOSA, R.A. et al. Fundamentos para o manejo de pastagens: evolução e atualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 1., Viçosa, 2002. *Anais...* Viçosa : UFV, 2002, p.149-196.

NASCIMENTO Jr., LOPES, B.A. Acúmulo de biomassa na pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 2004. p.289-345.

NUTRIENT requirements of beef cattle. 7.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1996. 242p.

ODUM, E.P. *Fundamentals of ecology*. 3ª Ed., W.B. Saunders, Philadelphia, 1971.

PARSONS, A.J., LEAFE, E.L., COLLETT, B., et al. The physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. *Journal of Applied Ecology*, v.20, p.127-139. 1983.

PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R.; HARVEY, A. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. *Grass and Forage Science*. v.43, p.49-59, 1988.

PAULINO, M.F. Estratégias de suplementação para bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa: SIMCORTE, 1999. p.137-156.

PAULINO, M.F.; ZAMPERLINI, B.; FIGUEIREDO, D.M.; et al. Bovinocultura de precisão em pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 5., 2006, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: UFV, 2006. p.361-412.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, S.C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. *Pesq. agropec. bras.*, v.42, p.281-287, 2007.

PEREIRA, J.M.; REZENDE, C.P. Produção animal em pastagens melhoradas. In: MUNIZ, E.N.; GOMIDE, C.A.M; RANGEL, J.H.A. (org.) *Alternativas alimentares para ruminantes II*. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. p.225-244.

PRACHE, S. Intake rate, intake per bite and time per bite of lactating ewes on vegetative and reproductive swards. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, v.52, p.53-64, 1997.

RICHARDS, J.H. *Physiology of plants recovering from defoliation*. In: BAKER, M.J. (Eds.) *Grassland for our world*. SIR Publishing, Wellington, 1993, p.46-54.

ROGUET, C.; DUMONT, B.; PRACHE, S. Selection and use of feeding sites and feeding stations by herbivores: a review. *Annales de Zootechnie*, 47, p. 225-244, 1998.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; EUCLIDES, V.P.B.; et al. Produção de bovinos em pastagens de capim-braquiária diferidas. *R. Bras. Zootec.*, v.38, p.635-642, 2009a.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; EUCLIDES, V.P.B.; et al. Características estruturais e índice de tombamento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em pastagens diferidas *R. Bras. Zootec.*, v.38, p.626-634, 2009b.

SANTOS, P.M.; BERNARDI, A.C.C. Diferimento do uso de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22., 2005, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2005. p.95-118.

SARMENTO, D.O.L. *Comportamento ingestivo de bovinos em pastos de capim-Marandu submetidos a regimes de lotação contínua*. 2003. 76f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein *in vitro*. *Br. J. Nutr.*, v.32, n.2, p.199-208, 1974.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C. O ecossistema de pastagens e a produção animal In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, Piracicaba, 2001. *Anais...* Piracicaba : SBZ, 2001, p.731-753.

SNNIFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.

STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. 1. Variation in the bite size of grazing cattle. *Austr. J. Agr. Res.*, v.24, p.809-819. 1973a.

STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. 2. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. *Austr. J. Agr. Res.*, v.24, p.821-829. 1973b.

t'MANNETJE, L.; EBERSOHN, J.P. Relations between sward characteristics and animal production. *Trop. Grassl.*, v.14, p.273-280, 1980.

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

WATSON, D.J. Comparative physiological on the studies on the growth of field crops. II – The effect of varying nutrient supply on net assimilation rate and leaf area. *Annals of Botany*. v.11, p. 375-407, 1947.



## B. SUPLEMENTAÇÃO DE BOVINOS A PASTO

### 1. INTRODUÇÃO

A produção de gado de corte no Brasil tem sido desafiada a estabelecer sistemas de produção que sejam capazes de produzir, de forma eficiente, carne de boa qualidade a baixo preço. As pastagens, quando bem manejadas, constituem o alimento de menor custo para produção de bovinos, sendo o uso eficiente das pastagens, responsável por uma diminuição dos custos da alimentação, variável esta, de maior impacto econômico nos sistemas de produção. Segundo Van Soest (1994), o grande desafio para os nutricionistas que trabalham com ruminantes é o de melhorar a utilização de forragens, de modo que estes animais possam explorar seus verdadeiros nichos ecológicos e econômicos. Devido à sazonalidade na produção das forrageiras tropicais, estratégias, visando o crescimento contínuo dos bovinos mantidos a pasto, devem ser delineadas. Conforme Paulino e Ruas (1988), qualquer tentativa de exploração de precocidade em bovinos está, incondicionalmente, ligada à melhoria das condições de alimentação, principalmente, na época da seca.

Em condições tropicais, as forragens, dificilmente, contêm todos os nutrientes essenciais, na proporção adequada, de forma a atender, integralmente, as exigências dos animais em pastejo, sendo a oferta de nutrientes, geralmente, o principal limitante da expressão do potencial genético do animal (Hodgson, 1990). Bovinos criados em pastagens tropicais podem experimentar deficiências múltiplas de nutrientes, especialmente, durante a estação de dormência das gramíneas, que no Brasil central é induzida pelo déficit hídrico, verificado durante o período seco (Viana, 1977; Paulino, 1999). Em muitos sistemas de produção de ruminantes, que tem como base o uso de pastagens, o fornecimento de nutrientes que completem o conteúdo do pasto e satisfaçam os requerimentos dos animais, é necessário para se obter níveis aceitáveis de desempenho animal. Logo, o suplemento deve ser considerado como um complemento da dieta (Reis et al. 1997). Um desafio constante é prever, com eficiência o impacto que a suplementação terá no desempenho animal. A suplementação de animais alimentados com forrageiras de baixa qualidade representa a oportunidade de sanar o déficit existente entre os nutrientes supridos pela forragem e a demanda dos animais. Contudo, se a forragem for a principal fonte de nutrientes, é importante que a suplementação não promova impacto negativo sobre o consumo de nutrientes que podem ser colhidos pelo animal em pastejo (Cochran et al., 1998). Assim, uma estratégia de suplementação adequada seria aquela destinada a maximizar o consumo e a digestibilidade da forragem disponível (Paterson et al., 1994; Cardoso, 1997; Reis et al., 1997). Desta forma, a condição básica para se promover a suplementação é que haja boa disponibilidade de massa forrageira na pastagem, mesmo sendo de baixa qualidade.

Deve-se ter em mente que o suplemento não deve fornecer nutrientes além das exigências dos animais (Paterson et al., 1994). Este objetivo pode ser atingido por meio do fornecimento de todos, ou de alguns nutrientes específicos, os quais permitirão ao animal consumir maior quantidade de matéria seca e digerir ou metabolizar a forragem consumida, de maneira mais eficiente (Hodgson, 1990). Em condições tropicais, a ênfase deve ser dada, especialmente, ao fornecimento adequado de energia, proteína e fósforo, devendo-se também atentar para deficiências regionais de microelementos. Estes nutrientes podem ser obtidos de diferentes fontes alimentares, sendo que os fatores econômicos locais e momentâneos determinam a decisão sobre a utilização destas fontes (Paulino e Ruas, 1988).

Em um programa de produção contínua de carne, torna-se essencial minimizar os efeitos das fases negativas de desenvolvimento, proporcionando condições ao animal para se desenvolver normalmente, durante todo o ano, a fim de obter idades de abate mais precoces. A antecipação da idade ao abate, visando à produção de novilho precoce, muitas vezes, reflete em diminuição dos custos e, conseqüentemente, aumento no resultado econômico. A redução da fase de recria contribui para aumentar a eficiência do processo produtivo de criação de bovinos nos trópicos. Após o nascimento, por intermédio de manejo e alimentação adequados, os bovinos crescem segundo uma curva sigmoide, com maior intensidade durante a fase de recria, diminuindo à medida que se aproximam da fase adulta (Berg e Butterfield, 1968). No Brasil, devido à estação de monta ocorrer, geralmente, no período de janeiro a março, com nascimento de outubro a dezembro, os bezerros são desmamados de maio a julho, período em que a maioria das pastagens tem quantidade e qualidade reduzidas. Diante disso, o aproveitamento do potencial de crescimento da fase de recria, via suplementação, proporciona a diminuição do ciclo produtivo da pecuária de corte, criando possibilidade de ampliar a margem de lucro. A retirada antecipada do produto animal, via suplementação, é de extrema importância por permitir a desocupação da pastagem, que pode ser utilizada por outro lote, com animais mais leves e de melhor desempenho, viabilizando, assim, maior giro de capital no sistema de produção. Além disso, pode ser feito planejamento, para que a venda dos animais ocorra no momento de melhores preços, geralmente na entressafra, explorando-se a flutuação no preço da arroba, ao longo do ano. O desfrute da propriedade pode ser aumentado, tornando mais rentável o uso da terra, das pastagens e das instalações. Essa maior taxa de desfrute está relacionada tanto ao aumento da capacidade de lotação da pastagem, quanto à redução da idade ao abate. O investimento em capital fixo, para adoção da suplementação, é mínimo, quando comparado a outros tipos de manejo nutricional, como, por exemplo, o confinamento. Podem ocorrer situações em que uma determinada suplementação não, necessariamente, pague seu custo. No entanto, esta análise deve ser feita dentro de todo o sistema de produção de carne, considerando vantagens indiretas da suplementação, tais como menor tempo de permanência de animais no pasto, maior flexibilidade na taxa de lotação e novas oportunidades de negócios.

A utilização de suplementos concentrados pode otimizar o desempenho de animais a pasto e acelerar o sistema de produção de carne, pelo abate de animais mais jovens e pesados, encurtando o tempo necessário para a terminação dos animais e cumprindo uma exigência, do mercado moderno, por carne de melhor qualidade (Poppi e McLennan, 1995). Além de corrigir a deficiência de nutrientes da forragem e aumentar o ganho de peso dos animais, a suplementação com concentrado, para animais em pastejo, pode aumentar a capacidade de suporte das pastagens; viabilizar o fornecimento de aditivos e medicamentos; e auxiliar no manejo das pastagens (Reis et al., 1997). Para adoção da suplementação, adequada mão de obra e infraestrutura de cochos e bebedouros, dentre outros fatores, são exigidos, havendo a necessidade de avaliação dos recursos financeiros disponíveis, devendo, a suplementação, sempre ser fundamentada pela análise econômica (Carvalho et al., 2003). Logo, qualquer que seja a opção de suplementação a ser tomada, três fatores precisam ser sempre considerados: produção e aspectos nutricionais da pastagem; metas claras a serem alcançadas com a suplementação e relação custo/benefício.

Desta forma, o uso estratégico da suplementação nutricional, aliado ao correto manejo das pastagens, possui grande potencial em otimizar o desempenho dos animais. Assim, a suplementação a pasto é uma tecnologia que vem sendo amplamente difundida no meio pecuário, pelo baixo custo e pela possibilidade de ser incorporada em qualquer tipo de escala de produção, tornando-a acessível a diferentes propriedades e viabilizando a produção do

“BOI VERDE-AMARELO” (bovinos criados a pasto, com suplementação) (Paulino et al., 2006). Entretanto, diante da grande variabilidade dos sistemas produtivos existentes no circuito pecuário brasileiro, e da sensível adesão do produtor à técnica de suplementação, muitas questões, quanto a essa prática de manejo nutricional, ainda permanecem indefinidas. Visando elucidar estas questões, há alguns anos, os pesquisadores não medem esforços na tentativa de equacionar integralmente a técnica de suplementação em pastagens.

## 2. O AMBIENTE RUMINAL E A SUPLEMENTAÇÃO

O retículo-rúmen representa cerca de 85% do estômago de um bovino adulto, possuindo uma capacidade de até 200 litros (Church, 1988). A temperatura interna é mantida entre 39°C e 40°C, com umidade entre 85 e 90%. O valor do pH situa-se próximo a 6,7 (de 5,5 a 7,0), graças à produção de grande quantidade de saliva, principalmente em animais mantidos a pasto. O meio é anaeróbico, com a concentração de O<sub>2</sub> menor que 0,6% e de CO<sub>2</sub>, maior que 60%, e extremamente reduzido, apresentando um potencial redox de -0,35V. Os nutrientes são adicionados por meio do consumo de alimentos e o movimento regular e constante do retículo-rúmen mistura essas partículas recém-ingeridas com o conteúdo ruminal, contribuindo com o processo de fermentação e com a contínua remoção de seus produtos, além da saída de partículas, para o restante do trato digestivo. Essas condições do ambiente ruminal são extremamente favoráveis para a proliferação de vários micro-organismos, tais como bactérias, fungos e protozoários, sendo que as bactérias se destacam como os micro-organismos mais ativos na utilização dos alimentos (Tab. 4) (Hungate, 1966).

Tabela 4. Principais espécies de bactérias ruminais, segundo o tipo de substrato que fermentam.

<b>Espécies celulolíticas</b> <i>Bacteroides succinogenes</i> <i>Ruminococcus flavefaciens</i> <i>Ruminococcus albus</i>	<b>Espécies produtoras de metano</b> <i>Methanobrevibacter ruminantium</i> <i>Methanobacterium formicicum</i> <i>Methanomicrobium mobile</i>
<b>Espécies hemicelulolíticas</b> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Bacteroides ruminicola</i> <i>Ruminococcus sp.</i>	<b>Espécies que utilizam açúcares</b> <i>Treponema bryantii</i> <i>Lactobacillus vitulinus</i> <i>Lactobacillus ruminus</i>
<b>Espécies pectinolíticas</b> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Bacteroides ruminicola</i> <i>Lachnospira multiparus</i> <i>Succinivibrio dextrinosolvens</i> <i>Treponema bryantii</i> <i>Streptococcus bovis</i>	<b>Espécies que utilizam ácidos</b> <i>Megasphaera elsdenii</i> <i>Selenomonas ruminantium</i>
<b>Espécies amilolíticas</b> <i>Bacteroides amylophilus</i> <i>Streptococcus bovis</i> <i>Succinimonas amyolytica</i> <i>Bacteroides ruminicola</i>	<b>Espécies proteolíticas</b> <i>Bacteroides amylophilus</i> <i>Bacteroides ruminicola</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Streptococcus bovis</i>
<b>Espécies ureolíticas</b> <i>Succinivibrio dextrinosolvens</i> <i>Selenomonas sp.</i> <i>Bacteroides ruminicola</i> <i>Ruminococcus bromii</i> <i>Butyrivibrio sp.</i> <i>Treponema sp.</i>	<b>Espécies produtoras de amônia</b> <i>Bacteroides ruminicola</i> <i>Megasphaera elsdenii</i> <i>Selenomonas ruminantium</i>
	<b>Espécies que utilizam lipídeos</b> <i>Anaerovibrio lipolytica</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Treponema bryantii</i> <i>Eubacterium sp.</i> <i>Fusocillus sp.</i> <i>Micrococcus sp.</i>

Fonte: Church (1988)

## 2.1. Síntese de proteína microbiana

O sucesso na implantação de programas de suplementação para ruminantes em pastejo é dependente do reconhecimento de dois tipos de exigências nutricionais, que precisam ser supridas: a dos micro-organismos ruminais e a do animal propriamente dito. A proteína microbiana pode representar de 50 a 80% das exigências de proteína no intestino delgado do ruminante (Bach et al., 2005), tendo uma digestibilidade aparente intestinal de aproximadamente 85% (Storm e Ørskov, 1983). A proteína microbiana apresenta uma composição de aminoácidos, praticamente, constante, sendo considerada uma fonte de aminoácidos de alto valor biológico, que se assemelha ao dos tecidos e da proteína do leite (Tab. 5 e 6) (Ørskov, 1982). Portanto, estratégias de suplementação a pasto devem priorizar a maximização da fermentação ruminal, proporcionando grande fluxo de proteína microbiana para o intestino. Para tanto, faz-se necessário um melhor entendimento do processo de conversão dos nutrientes dietéticos em proteína microbiana e dos fatores que o afetam (Valadares Filho e Cabral, 2002).

Tabela 5. Valor biológico de várias fontes proteicas\*

Fontes proteicas	Aminoácidos									
	<i>His</i>	<i>Phe</i>	<i>Leu</i>	<i>Thr</i>	<i>Met</i>	<i>Arg</i>	<i>Val</i>	<i>Ile</i>	<i>Trp</i>	<i>Lys</i>
Glúten de milho	67	100	100	60	100	36	48	40	30	18
Farinha de alfafa	69	100	55	80	80	50	66	51	100	46
Resíduo de cervejaria	56	100	83	65	78	53	65	74	87	34
Farelo de soja	89	100	56	74	56	89	60	55	75	70
Micro-organismos	90	97	54	100	97	79	66	61	99	100

\*Valor Biológico = (AA na fonte proteica/AA na proteína do leite) x 100

Fonte: (Valadares Filho e Valadares, 2001)

Tabela 6. Teor de aminoácidos (em g/100g de proteína) na proteína microbiana e em produtos de origem animal

	<i>Proteína Microbiana</i>	<i>Leite</i>	<i>Carne</i>
Metionina*	25,0	2,9	2,7
Lisina*	9,2	8,2	9,1
Treonina*	5,7	5,0	4,6
Isoleusina	5,8	5,6	5,1
Fenilalanina	5,3	5,4	4,5
Histidina	2,1	3,0	3,7

\*Principais aminoácidos limitantes para ruminantes

Fonte: Adaptado de Ørskov (1982)

As bactérias são consideradas os principais microrganismos proteolíticos do rúmen, embora, protozoários e fungos também exerçam este tipo de atividade, mas em menor extensão. Estes micro-organismos possuem uma variedade de diferentes tipos de enzimas proteolíticas. O primeiro passo de degradação ruminal da proteína, consiste no ataque dos micro-organismos, as partículas dos alimentos, por ação das proteases ligadas a parede microbiana (Bach et al., 2005). As bactérias *Bacteroides amylophilus*, *Bacteroides rumenicola* e *Butyrivibrio fibrisolvens* representam a maioria das espécies proteolíticas no rúmen

(Hungate, 1966). Considerando que o número de diferentes ligações dentro de uma única proteína é grande, a ação sinérgica de diferentes proteases é necessária para completa degradação proteica. Portanto, a taxa e a extensão da degradação proteica são influenciadas pela atividade proteolítica da microflora ruminal, sendo a estrutura da proteína da dieta, considerada um fator-chave deste metabolismo, determinando a susceptibilidade às proteases microbianas e, portanto a degradabilidade proteica (Bach et al., 2005).

A proteína da dieta é dividida em dois “pools” principais. A porção das proteínas dos alimentos que é degradada no rúmen, mais as proteínas endógenas da saliva, as células epiteliais descamadas e os restos dos micro-organismos lisados, juntos, constituem o “pool” de proteínas degradáveis no rúmen (PDR). A porção dietética que escapa à fermentação ruminal é denominada proteína não degradável no rúmen (PNDR). Os ruminantes têm seu requisito em aminoácidos satisfeito pelo “pool” de proteínas que chegam ao intestino delgado, que consiste da fração microbiana sintetizada no rúmen, da proteína dietética que escapa à fermentação ruminal (PNDR) e da proteína endógena (Nutrient..., 1996).

Considerando que os suplementos proteicos são os ingredientes mais onerosos na alimentação animal, o conhecimento e o controle da taxa e da extensão de degradação da proteína dietética no rúmen, bem como da digestão intestinal da PNDR tem despertado grande interesse nos nutricionistas de ruminantes nas últimas décadas (Valadares Filho e Cabral, 2002).

Entre os pesquisadores que estudaram a influência do nível de proteína degradável, no desempenho de ruminantes, Poppi e McLennan (1995) afirmaram que a máxima eficiência na síntese de proteína microbiana é atingida quando as dietas, ofertadas para bovinos, contêm 160g de PB/kg de matéria orgânica fermentável. Quando o ambiente ruminal é maximizado, valores próximos a 23,3g de proteína microbiana/kg de matéria seca fermentada, podem ser obtidos (Hume, 1970). Do contrário, em forragens que contêm menos de 10% de PB, ocorre limitação na síntese de proteína microbiana, possivelmente, em consequência da deficiência de aminoácidos, de amônia e de energia para os micro-organismos do rúmen (Poppi e McLennan, 1995).

Dos fatores que afetam a síntese de proteína microbiana, a disponibilidade e a sincronização entre energia e compostos nitrogenados no rúmen, têm sido reconhecidos como os mais importantes (Nocek e Russell, 1988). E, considerando que as proteínas são rápida e extensivamente degradadas no rúmen, provavelmente, a taxa na qual a energia é disponibilizada seja o fator mais limitante à síntese de proteína microbiana, uma vez que os carboidratos fibrosos apresentam lenta taxa de digestão. Desta forma, o fornecimento de quantidades moderadas de carboidratos não fibrosos, geralmente aumenta o fluxo de N microbiano para o intestino, desde que não haja limitação de N disponível no rúmen.

A concentração de amônia ruminal, em animais alimentados com forragens tropicais maduras, apresenta correlação positiva com a concentração de proteína da dieta (Minson, 1990). A proteína microbiana é sintetizada a partir de aminoácidos e da amônia liberada no rúmen, pela degradação da proteína da dieta e a amônia oriunda da saliva. Nolan e Leng (1972) estimaram que de 60 a 90% do N dietético é convertido a  $\text{NH}_3$  no rúmen e que 50 a 80% do N microbiano é oriundo da  $\text{NH}_3$  ruminal. Assim, a atividade da microflora ruminal é dependente do nível de nitrogênio amoniacal presente no meio. Satter e Slyter (1974) sugeriram que a concentração mínima de  $\text{N-NH}_3$ , necessária para manter o crescimento das bactérias celulolíticas, e assim, a digestão da fibra, deve situar-se próximo a 5mg/dL de fluido

ruminal. No entanto, em bovinos consumindo forragem de baixa qualidade, a concentração de amônia que propicia a maximização da degradação da fibra, parece ser menor que aquela que maximiza a síntese de proteína microbiana e a ingestão de alimentos. A digestibilidade da dieta pode ser otimizada em concentrações próximas a 10mg/dL, sendo que, para o ótimo consumo de forragens tropicais, são necessárias concentrações superiores a 20mg/dL (Leng, 1990).

Quando as forragens são de baixa qualidade, o conteúdo de proteína pode ser baixo e não suprir os requerimentos em proteína degradada no rúmen (PDR) para crescimento microbiano e atividade fermentativa adequada (Conchran et al., 1998). Os bovinos necessitam no mínimo 6-8% de PB na dieta para não comprometerem a fermentação ruminal, uma vez que, teores abaixo deste nível prejudicam a reciclagem de nitrogênio via saliva, não satisfazendo os requerimentos de N dos micro-organismos (Van Soest, 1994). Bovinos mantidos sob pastejo, em forragens com teor de PB inferior a este limite, são incapazes de manter o nível mínimo de 5mg de N-NH<sub>3</sub>/dl de fluido ruminal, necessário para o crescimento das bactérias celulolíticas. Nestas condições, a taxa de digestão da parede celular fica comprometida, havendo redução da taxa de passagem e, conseqüentemente, do consumo voluntário de forragem (Van Soest, 1994).

Além do nitrogênio, as deficiências minerais, principalmente de P, Mg, S e Co, assim como a baixa concentração ruminal de ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR), também podem desencadear reduções na digestibilidade ruminal da matéria orgânica e no consumo de forragem (El-Shazly, et al., 1961).

Recentemente, a comunidade científica tem reconhecido a necessidade de desenvolvimento de modelos matemáticos mais refinados para determinação de taxas de digestão, levando em consideração, além dos conceitos acima delineados, os efeitos da suplementação energética sobre a digestão da fibra (Van Amburgh et al., 2003). Nos sistemas de produção de bovinos a pasto, principalmente durante a época da seca, a lenta degradação dos componentes fibrosos potencialmente degradáveis das forragens limita os processos digestivos no rúmen e compromete o desempenho dos animais. Nestas circunstâncias, é fundamental o fornecimento de substratos essenciais limitantes, via suplementação, para acelerar a digestibilidade da fração fibrosa e aumentar a taxa de passagem da fração indigestível da forragem, resultando em reflexos positivos sobre o consumo e o desempenho dos animais.

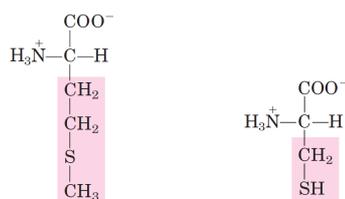
O comportamento de incorporação de aminoácidos, em proteína microbiana, não é homogêneo em toda a flora ruminal. Segundo Russell et al. (1992), os micro-organismos ruminais podem ser classificados quanto a utilização dos carboidratos e compostos nitrogenados, existindo dois grupos básicos. Os micro-organismos ruminais do primeiro grupo apresentam rápida taxa de crescimento e degradam os carboidratos não estruturais, utilizando peptídeos e amônia para síntese de proteína microbiana, numa razão média de 2/1 (66% de peptídeos e 34% de N amoniacal). Já os micro-organismos do segundo grupo crescem mais lentamente e degradam carboidratos estruturais, sendo somente capazes de utilizar a amônia para síntese microbiana. Isto ressalta a importância de fornecimento de fontes de proteína degradável no rúmen, e dentre estas, a ureia, que pode ser utilizada por ser rapidamente convertida em amônia no rúmen, sendo, posteriormente, utilizada, principalmente pelas bactérias celulolíticas, principais responsáveis pela degradação dos componentes fibrosos no rúmen (Conchran et al., 1998).

No entanto, para que ocorra síntese eficiente de proteína microbiana pelos micro-organismos ruminais, a partir de nitrogênio não proteico (NNP), é preciso:

- 1) uma fonte de NNP, geralmente a ureia;
- 2) suficiente carbono para combinar com o nitrogênio para formar aminoácidos;
- 3) suficiente energia fermentável para o crescimento dos micro-organismos, pela síntese de aminoácidos

Outros fatores, além da amônia, podem contribuir para o crescimento da população microbiana no retículo-rúmen, como a presença de aminoácidos específicos e ácidos orgânicos (Petersen, 1987). Os ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR), Isobutírico, Isovalérico e 2-metilbutírico, são produzidos por determinadas espécies de micro-organismos, a partir de aminoácidos e uma fonte de esqueleto de carbono. Estes são necessários ou estimulatórios para o crescimento das bactérias celulolíticas, sendo, desta forma, nutrientes potencialmente limitantes para digestão de fibra (Dehority et al., 1967). Assim, a suplementação com fontes de proteína verdadeira aumentam a eficiência de crescimento dos micro-organismos ruminais, não só pela incorporação direta de aminoácidos ou peptídeos nas células microbianas mas também, pelo suprimento de AGCR, indispensáveis para o crescimento de determinados micro-organismos ruminais. Esta é uma das razões porque a suplementação exclusiva com nitrogênio não proteico (NNP), como a ureia, a qual fornece única e exclusivamente nitrogênio, não satisfaz totalmente as demandas proteicas de um animal.

Nos ruminantes, o enxofre é fundamental para o uso eficiente do nitrogênio, já que as necessidades de enxofre estão relacionadas com a síntese de proteína microbiana. A relação Nitrogênio:Enxofre nas proteínas dos micro-organismos ruminais é de 10:1, sendo sua adequação, importante para a correta síntese de aminoácidos sulfurados, como a metionina e a cisteína (Fig. 7).



Metionina

Cisteína

Figura 7. Aminoácidos sulfurados. Fonte: Nelson e Cox (2007)

O processo de incorporação do nitrogênio a proteína microbiana no rúmen, segue um modelo enzimático de segunda ordem, sendo dependente da concentração de proteína e energia. Esta incorporação é feita principalmente, pelas enzimas glutamina sintetase (GS) e glutamato desidrogenase (GDH) (Erflle et al., 1977). Estas enzimas possuem diferentes  $K_m$  para a amônia, sendo:  $K_m$  (GS) = 0,28mg de N-NH<sub>3</sub>/dl e  $K_m$  (GDH) = 7mg de N-NH<sub>3</sub>/dl. A constante de Michaelis Menten, denominada  $K_m$ , está relacionada a concentração de determinado substrato que proporciona a metade da velocidade máxima da reação (Fig. 8).

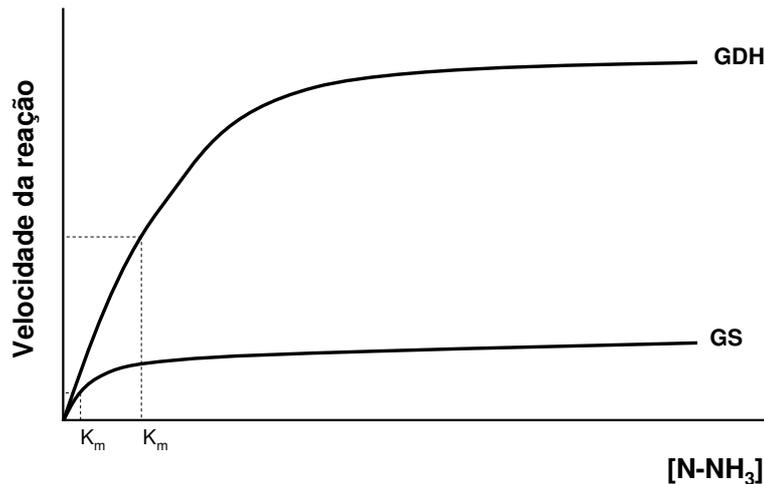


Figura 8. Relação entre a concentração de amônia e a velocidade da reação para as enzimas glutamina sintetase (GS) e glutamato desidrogenase (GDH)

Fonte: Adaptado de Nelson e Cox (2007)

Quando a concentração de amônia ruminal é alta, predomina a ação da GDH. Essa enzima não requer ATP para a fixação de amônia. Por outro lado, a atuação da enzima GS predomina quando a concentração de amônia ruminal é baixa. Logo, a síntese de proteína microbiana, em bovinos mantidos em pastagens com baixo teor de proteína, ocorre preferencialmente pela via da glutamina sintetase (GS). Diferentemente da GDH, a GS demanda ATP no processo de incorporação do nitrogênio. Portanto, quando a concentração de amônia ruminal é baixa, a eficiência de síntese microbiana é reduzida, pois parte da energia que seria destinada para crescimento é utilizada no processo de fixação da amônia, agravando, mais ainda, a deficiência energética, decorrente da baixa qualidade da forragem (Owens e Zinn, 1988).

Os carboidratos desempenham um papel fundamental no fornecimento de energia e cadeias de carbono para síntese de aminoácidos pelos micro-organismos do rúmen. Durante a fermentação ruminal, os micro-organismos fermentam os carboidratos para produzir energia, gases (principalmente  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ ), calor e ácidos. Os ácidos graxos voláteis (AGV), acético, propiônico e butírico, constituem a maioria (>95%) dos ácidos produzidos no rúmen e representam a maior fonte de energia para os ruminantes, suprimindo de 60 a 80% do suprimento energético (Church, 1988). Cerca de 75% do carboidrato digerido pelos ruminantes é fermentado pelos micro-organismos no rúmen. O tipo de energia suplementar é importante, uma vez que deve estar disponível para a microflora ruminal ao mesmo tempo que a amônia. Os carboidratos estruturais das forragens são as principais fontes de energia para animais a pasto, porém apresentam baixas taxas de degradação, em relação ao amido e açúcares (Van Soest, 1994).

As variações entre as fontes energéticas relacionam-se com o substrato, tipo e local de digestão. Diversas fontes energéticas são fermentadas no rúmen com a produção de diferentes ácidos graxos voláteis. Por outro lado, existem ainda fontes energéticas que escapam da fermentação ruminal e sofrem processo de digestão química semelhante ao ocorrido com animais não ruminantes. Entre os carboidratos não estruturais, o amido caracteriza-se como a principal fonte de suplementação. A degradação ruminal do amido é, na sua maior porção, executada pelas bactérias amilolíticas, sendo em menor escala hidrolisado por fungos e protozoários (Huntington, 1997). A contribuição, para a quantidade de amido que escapa à fermentação ruminal, é diferente entre as diversas fontes amido (milho, mandioca, sorgo,

trigo, cevada). Estas diferenças na utilização do amido são decorrentes, principalmente, da natureza do material que circunda e protege o grânulo de amido e de diferentes proporções de amilose e amilopectina nos grânulos dos diversos alimentos (Antunes e Rodríguez, 2006). Estes polímeros são formados por moléculas de glicose, unidas por ligações  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4), sendo que a amilopectina possui ramificações, com ligações  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6) (Fig. 9a) (Van Soest, 1994). Na quebra do amido pelos micro-organismos ruminais, os resíduos de glicose são removidos enzimaticamente pelas extremidades finais, não redutoras. Por possuírem inúmeras extremidades não redutoras, inicialmente, a amilopectina pode possuir maior potencial de fornecimento de energia. No entanto a amilopectina, por possuir ramificações com ligação  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6), apresenta menor degradabilidade ruminal que a amilose, em virtude da maior dificuldade de quebra destas ligações pelos micro-organismos ruminais (Fig. 9b) (Antunes e Rodríguez, 2006).

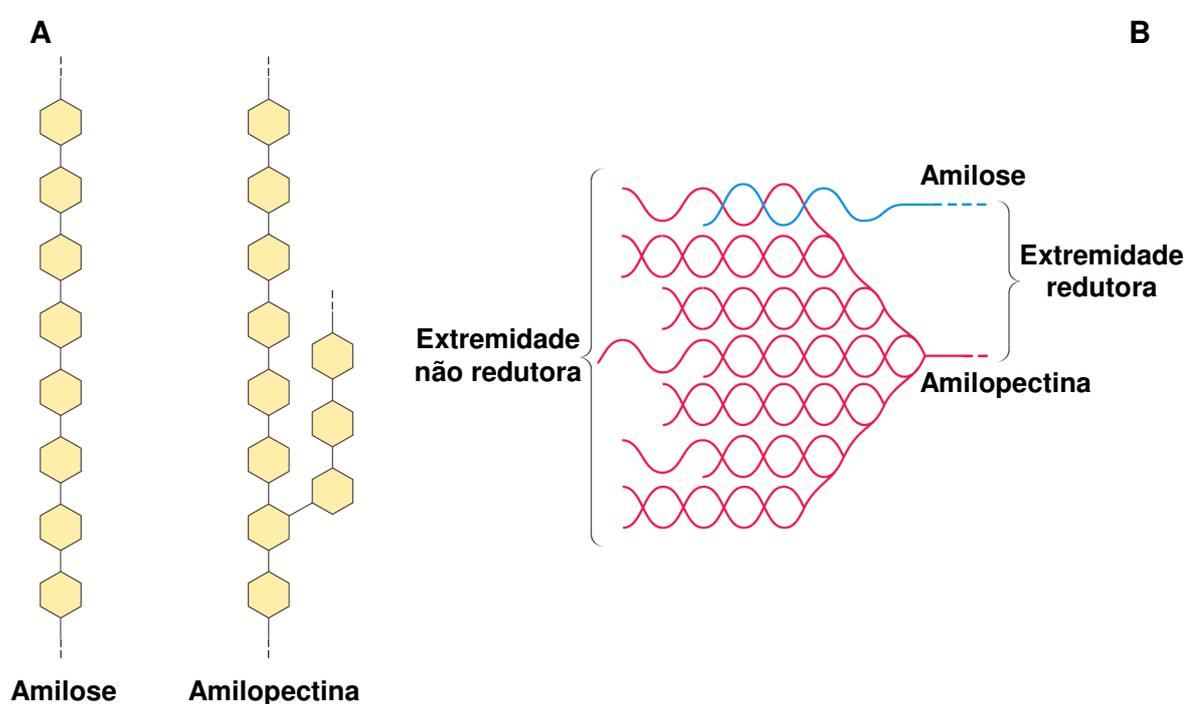


Figura 9. Estrutura dos polissacarídeos amilose e amilopectina, encontrados no grânulo de amido. Fonte Nelson e Cox (2007)

A produção de proteína microbiana pode ser limitada, em algumas forrageiras tropicais, em razão do suprimento de substratos prontamente fermentáveis. Entretanto, a suplementação energética isolada, em baixos níveis, para bovinos alimentados com forragens de baixa qualidade, pode agravar as deficiências existentes. Isto porque, esta suplementação promove a proliferação de micro-organismos amilolíticos. Estes, por apresentarem uma rápida taxa de crescimento, competem com os micro-organismos celulolíticos, de crescimento mais lento, pelo pouco nitrogênio disponível no rúmen, podendo, assim, agravar a deficiência de N para os micro-organismos celulolíticos, comprometendo a digestão da fibra e consequentemente o consumo de forragem (El-Shazly et al., 1961). O suprimento das exigências de nitrogênio dos micro-organismos ruminais poderia diminuir tais efeitos depressivos. Assim, a combinação de fontes de nitrogênio e energia, prontamente solúveis, pode aumentar a síntese de proteína microbiana e seu aporte para o intestino delgado, melhorando, consequentemente, o desempenho animal (Caton e Dhuyvetter, 1997).

## 2.2. Sincronismo entre proteína e energia

A eficiência de síntese de proteína microbiana é influenciada por diversos fatores, no entanto, as disponibilidades de nitrogênio e energia são os principais determinantes desse processo (Fig. 10) (Nocek e Russell, 1988). A degradação das proteínas, peptídeos, aminoácidos e outras substâncias nitrogenadas promovem a liberação de amônia para o líquido ruminal, que juntamente com a presença de carboidratos prontamente fermentáveis, como fonte de energia (ATP) e carbono, para a síntese da proteína microbiana, favorece a proliferação da microflora ruminal (Hungate, 1966). Assim, o consumo de proteína e energia deve ser balanceado para otimizar a fermentação e maximizar a produção de proteína microbiana (Haddad e Castro, 1998).

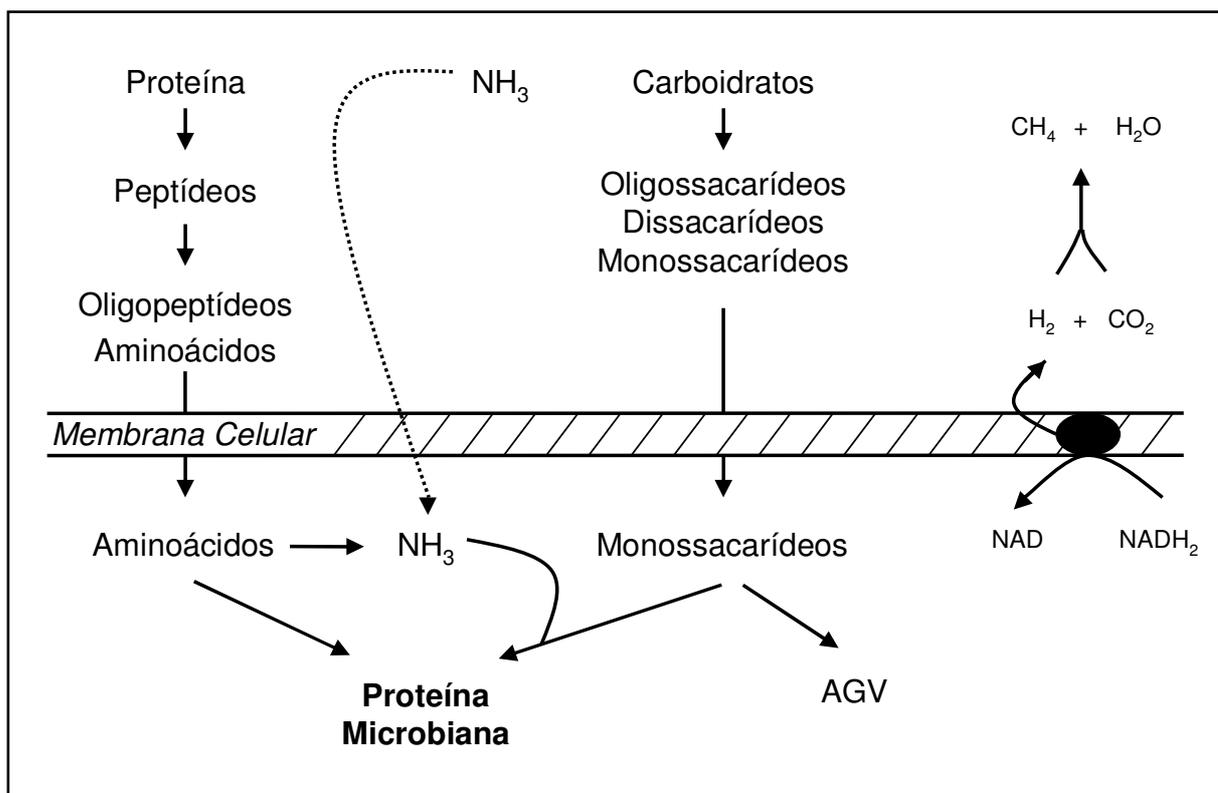


Figura 10. Integração entre a proteína e a energia no processo de síntese de proteína microbiana. Adaptado de Nocek e Russell (1988)

As relações entre proteína e energia no rúmen variam de acordo com o sistema de produção, categoria animal, nível de produção e tipo de alimentação. Pequenas quantidades de energia e N prontamente solúveis podem aumentar a digestão da forragem de baixa qualidade, podendo, assim, melhorar o consumo e o desempenho animal (Siebert e Hunter, 1982). Para tanto, é necessário um sincronismo entre as fontes de proteína e energia disponíveis no rúmen, pois a produção de N microbiano ruminal pode ser limitada pelo suprimento de substratos facilmente fermentáveis (Fig. 11) (Van Soest, 1994).

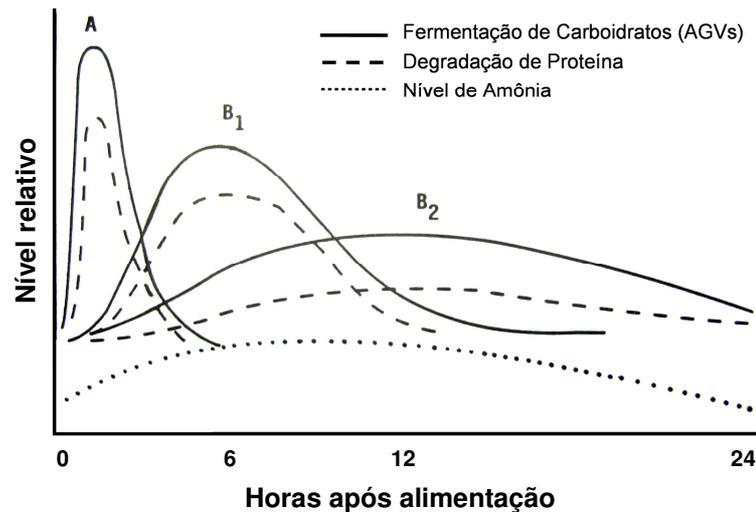


Figura 11. Sincronização da degradação ruminal das frações da proteína e dos carboidratos.  
Fonte: Van Soest (1994)

Diante da necessidade de melhor caracterização dos alimentos, foi desenvolvido em 1991, por pesquisadores da Universidade de Cornell, o “software” conhecido como CNCPS (Fox et al., 1992; Russell et al., 1992; Sniffen et al., 1992). Esse programa nutricional parte de um modelo dinâmico que leva em consideração a interação dos diferentes componentes dos alimentos, e tem por objetivo adequar a digestão ruminal dos carboidratos e das proteínas, visando maximizar a produção microbiana, a redução das perdas do nitrogênio pelo animal e estimar o escape ruminal de nutrientes.

A proteína dos alimentos pode ser dividida em cinco frações (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C), conforme suas taxas de degradação ruminal. A parte solúvel da proteína é dividida em fração A e B<sub>1</sub>. A fração A é composta do nitrogênio não proteico (NNP), possuindo alta degradabilidade ruminal. A fração B<sub>1</sub> é composta por parte da proteína verdadeira, que também tem rápida degradação ruminal. A fração B<sub>2</sub> apresenta taxa de degradação média. A fração B<sub>3</sub> é constituída da fração do nitrogênio contido na FDN, designada de nFDN. Essa estaria disponível, porém com uma taxa de degradação muito lenta. Por fim, a fração C, corresponde à proteína indisponível e é a parte da proteína contida na FDA (nFDA). Está associada com a lignina, formando complexos de tanino e de produtos da reação de Maillard que são altamente resistentes à degradação microbiana e enzimática. Assim, as frações A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> constituem a porção potencialmente degradável no rúmen, sendo a fração C, indisponível para o animal.

Os carboidratos também são fracionados. A fração A é composta pelos carboidratos solúveis, a fração B<sub>1</sub> corresponde ao amido, a fração B<sub>2</sub> à parte potencialmente degradável da parede celular e a porção C é a porção indisponível para o animal (Tab. 7 e 8) (Sniffen et al., 1992).

Tabela 7. Componentes e degradabilidade ruminal das diferentes frações do nitrogênio e dos carboidratos dos alimentos

Fração	Proteína		Carboidratos	
	Composição	Degrad. ruminal (%/hora)	Composição	Degrad. ruminal (%/hora)
A	NH <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> , AA e peptídeos	Instantânea	Açúcares e ácidos orgânicos	200 - 350
B <sub>1</sub>	Globlinas e alguma albumina	120 - 400	Amido, frutanas, galactanas, Pectinas: $\beta$ -glucanas	15 - 85
B <sub>2</sub>	Maioria das albuminas e glutelinas	3 - 16	Celulose e hemiceluloses degradáveis	2 - 6
B <sub>3</sub>	Prolaminas	0,06 - 0,55	-	-
C	N ligado a FDA e produtos de Maillard	0	Fibra indigestível ligada a lignina	0

Fonte: Adaptado de Sniffen et al. (1992)

Tabela 8. Frações proteicas de alguns alimentos

	Alimentos										
	CB	SM	FM	FGM	FS	FA	GS	GST	CA	FPE	FCO
<b>PB (g/KgMS)</b>	70	80	10	66	540	450	430	430	230	670	550
<b>Frações (% PB)</b>											
A	12	52	6	3	1	8	10	1	1	5	0
B <sub>1</sub>	2	0	2	1	20	12	34	15	39	14	13
B <sub>2</sub>	33	33	77	83	77	70	51	72	52	38	40
B <sub>3</sub>	34	8	10	0	1	2	2	8	0	42	46
C	19	7	5	13	1	8	3	4	8	1	1
<b>PNDR (% PB)</b>	39	26	59	65	33	38	25	51	29	73	70

CB = Capim *Brachiaria brizantha*; SM = silagem de milho; FM = fubá de milho; FGM = farelo de glúten de milho; FS = farelo de soja; FA = farelo de algodão; GS = grão de soja; GST = grão de soja tostado; CA = caroço de algodão; FPE = farinha de peixe; FCO = farinha de carne e ossos;

Fonte: Adaptado de Chalupa e Sniffen (1996)

Quando há um excesso de produção de NH<sub>3</sub> e a energia não está prontamente disponível para a síntese microbiana, a amônia liberada no rúmen será absorvida pela parede ruminal. Quando a capacidade de reciclagem do nitrogênio, na forma de ureia, é superada, o excedente é eliminado através da urina. No entanto, este processo consome 4 ATPs por mol de ureia, gastos na sua síntese, afetando sobre maneira o desempenho animal. (Reis et al., 2006). Perdas de nitrogênio podem ocorrer quando os animais são alimentados com gramíneas ou leguminosas, que contenham valores de proteína acima de 210g de proteína bruta (PB)/kg de matéria orgânica digestível (MOD), ou 21% da MOD (Poppi e McLennan, 1995). Quando existe potencial para alta produção de NH<sub>3</sub> e perda de proteína no rúmen, a suplementação energética parece ter sua importância destacada. Isto certamente ocorre com pastagens temperadas, especialmente na primavera, com algumas leguminosas tropicais e com gramíneas tropicais imediatamente após o período chuvoso ou adubações (Carvalho et al., 2003). No caso de forragens tropicais, durante a época das águas, devido a alta degradabilidade da proteína da pastagem, a inclusão de pequenas quantidades de alimentos energéticos nos suplementos, apesar de não contribuem de forma direta, para o suprimento de energia requerido pelos animais, pode melhorar a utilização do N ruminal, permitindo que

maior quantidade de proteína microbiana alcance o intestino delgado, melhorando o desempenho animal (Siebert e Hunter, 1982).

No Brasil, consideráveis avanços na criação de bovinos em pastagens têm sido observados nos últimos anos, fruto de ajustes nos procedimentos de suplementação, dentro dos novos enfoques da nutrição de ruminantes, os quais se baseiam no adequado equilíbrio entre a utilização do nitrogênio e a matéria orgânica digestível. Desta forma, alternativas estratégicas, para melhorar a eficiência microbiana, pelo sincronismo entre a disponibilidade de energia e a liberação de amônia, são desejáveis. Por esse motivo, este tema tem sido alvo de pesquisas das grandes áreas de nutrição e manejo de pastagens (Reis et al., 2006).

A fração proteica utilizada no rúmen é denominada de Proteína Degradada no Rúmen (PDR) e sua utilização está relacionada diretamente com os micro-organismos do rúmen. A avaliação da suficiência de nitrogênio disponível, para suportar a fermentação ruminal, pode ser feita por meio do uso da relação proteína degradada no rúmen (PDR): consumo de matéria orgânica digestível (MOD). Alguns resultados de pesquisas indicam que os principais efeitos da suplementação proteica, em volumoso de baixa qualidade, estão relacionados com melhorias na eficiência da fermentação ruminal, velocidade de degradação ruminal da fibra e no consumo de volumoso (Köster et al., 1996; Mathis et al., 2000). Apesar da suplementação com PDR promover aumento no consumo e, ou na digestibilidade de forragens de baixa qualidade, há limites para esta resposta. Quando a relação PDR:NDT do suplemento é extremamente baixa, a capacidade da suplementação proteica, em causar impacto positivo sobre o uso da forragem, é comprometida (Conchran et al., 1998). Isto ocorre porque, em baixas relações PDR:NDT, as bactérias amilolíticas, por apresentarem rápida proliferação com a suplementação de carboidratos, competem com as bactérias celulolíticas pela proteína presente no rúmen. Esta competição pode exacerbar a deficiência de N para as bactérias celulolíticas, causando um impacto negativo sobre a digestão da forragem e, conseqüentemente, sobre o consumo voluntário.

Em detrimento do alto custo da suplementação proteica e devido a importância da PDR em melhorar o uso de forragens de baixa qualidade, é fundamental identificar a quantidade de PDR requerida para maximizar o consumo e o fluxo de proteína para o duodeno. As respostas à suplementação de PDR podem ser maximizadas pela otimização da relação entre o consumo de PDR e o consumo de MOD da dieta consumida pelos animais (Bodine e Purvis, 2003). Para estimar a quantidade de PDR requerida para máximo consumo de MOD, Conchan et al., (1998) compilaram diversos dados da literatura, onde bovinos consumindo forragens receberam suplementação. Estes autores observaram efeitos positivos da suplementação com PDR sobre o consumo de MOD. No entanto, o consumo de MOD foi máximo quando o consumo de PDR correspondeu, aproximadamente, a 10% do consumo de MOD. A natureza da resposta desta relação sugere que a necessidade de suplementação de PDR varia com o consumo, a digestibilidade e a quantidade de PDR contida na forragem. Köster et al. (1996) determinaram o ponto de inflexão da suplementação de PDR para se obter o máximo consumo de MOD. O platô da curva ocorreu numa região muito similar à observada nos dados de literatura (Fig. 12). O requerimento estimado de PDR foi de 11% da MOD. Mathis et al. (2000) observaram que o consumo e digestibilidade da forragem foram maximizados quando a relação PDR:MOD estava na faixa de 8 a 13%. Usando resultados de eficiência microbiana para várias dietas, o NRC (Nutrient..., 1996) sugere que o requerimento de PDR é de aproximadamente 13% do NDT. Logo, sem considerar a contribuição da reciclagem de nitrogênio via saliva, a quantidade de PDR, requerida para obter máximo consumo de forragem e digestão, varia de 8 a 13% do total de MOD, ou do NDT.

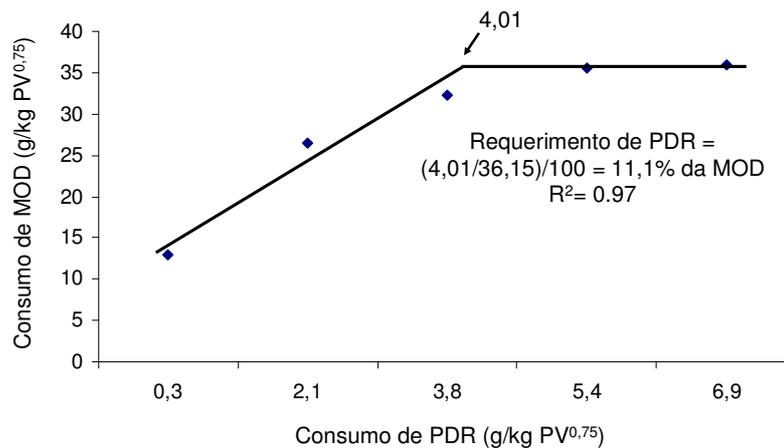


Figura 12. Proteína Degradável no Rúmen (PDR) requerida para máximo consumo de Matéria Orgânica Digestível (MOD). Fonte: Adaptado de Köster et al, (1996)

Para calcular a quantidade de PDR requerida para maximizar o consumo de MOD, alguns conhecimentos, acerca das características da dieta e do consumo, são necessários. Pode-se citar como exemplo, a suplementação de bovinos Nelore, com 300kg de peso vivo, durante a época da seca, em pastagens de *Brachiaria decumbens* contendo 5% de PB, com 50% de PDR, 8% de matéria mineral e 50% de digestibilidade da matéria orgânica. O potencial de consumo destes animais seria de 1,98% do PV. Logo, o consumo de MS destes animais seria de 5,94kg (300 x 1,98%) e de MO de 5,47kg (5,94 x 92%). A quantidade de matéria orgânica digestível (MOD) seria de 2,74kg (5,47 x 50%). Adotando o valor intermediário do requerido de PDR para maximizar o consumo (11% da MOD), seria necessário 302g de PDR. A quantidade de PDR oriunda da forragem seria 149g (5,94 x 5% PB x 50%PDR). Desta forma, seria necessária a suplementação de 153g de PDR. É importante reconhecer que a acurácia das predições acima é dependente da acurácia dos dados utilizados. Ademais, deve-se levar em conta que há grande variação entre os alimentos quanto ao teor de PB e a quantidade de proteína que escapa da degradação ruminal. Assim, utilizando-se farelo de soja (45% PB, com 65% PDR) seria necessário suplementar 523g de farelo de soja. Caso seja usada a ureia (280% PB, com 100% PDR) esta quantidade seria de 53g de ureia. Este valor corrobora com os valores encontrados por Campling et al. (1962) que observaram que, para o máximo efeito sobre o consumo de volumosos de baixa qualidade, os bovinos deveriam ingerir uma quantidade de ureia diária entre 25 e 75g. Este trabalho serviu como base para o desenvolvimento dos suplementos proteicos de baixo consumo, como o sal ureado e os proteinados. Quando analisado o consumo de ureia nestes suplementos, observam-se valores dentro dos limites sugeridos por Campling et al. (1962). Geralmente, o sal com ureia possui de 25 a 40% de ureia, com consumo médio de 100g/animal/dia, resultando em consumo de ureia variando de 25 a 40g/animal/dia. Já os proteinados de baixo consumo são formulados para conter de 15 a 20% de ureia, com consumo médio de 300g/animal/dia. Neste caso, a ingestão diária de ureia seria de 45 a 60g.

Em suma, esses conceitos, bioquímicos e nutricionais, servem para demonstrar que é extremamente importante conhecer os processos que ocorrem no ambiente ruminal, uma vez que, na criação de bovinos a pasto, a melhor eficiência do uso da pastagem poderia ser alcançada pela maximização da fermentação ruminal. Neste sentido, o uso de suplementos surge como alternativa para manutenção dos níveis ruminiais de nutrientes requeridos, otimizando, assim, este ambiente.

### 3. INTERAÇÕES ENTRE FORRAGENS E SUPLEMENTOS

As estratégias apropriadas para suplementação de bovinos requerem um entendimento dos efeitos de diferentes tipos de suplemento sobre consumo, a digestão e o desempenho animal. Na suplementação de bovinos a pasto podem ocorrer desvios entre os resultados observados e os esperados, face às interações entre forragens e suplementos, condicionadas pela quantidade e qualidade da forragem e quantidade e tipo de suplemento fornecido. O fornecimento de suplementos pode conduzir a alterações, denominadas efeitos associativos, que se manifestam: 1) no consumo de forragem; 2) na degradabilidade ruminal, na digestibilidade real e aparente; 3) nos locais de digestão da dieta; 4) na concentração de energia metabolizável; 5) nos produtos da fermentação; 6) no ganho de peso e na produção de leite (Moore et al., 1999). O conceito de efeitos associativos refere-se às interações não aditivas (somativas) entre ingredientes, em dietas mistas, sendo que os valores observados no consumo e, ou na digestibilidade, não correspondem à média dos valores observados, quando os alimentos são utilizados individualmente (Moore, 1980). O fenômeno do efeito associativo assume que um alimento influencia o consumo e, ou a digestibilidade de outro, quando fornecidos em combinação. Quando suplementos são fornecidos para animais em pastagens, estas interações ocorrem devido às alterações na digestibilidade e no consumo da forragem. A direção e a extensão dessas alterações são dependentes da qualidade da forragem e do tipo de suplemento. Em geral, suplementos ricos em proteínas vão aumentar o consumo e digestibilidade de forragem de baixa qualidade. Por outro lado, suplementos com altos níveis de energia, geralmente, diminuem o consumo de forragem e podem reduzir também a sua digestibilidade. (Cardoso, 1997). A interação entre a digestão do suplemento e do pasto pode reduzir a digestão de fibra. Assim, o consumo de energia, quando forragens e grãos são fornecidos juntos para ruminantes, pode, devido a interações digestivas e metabólicas, ser menor ou maior que o esperado a partir do fornecimento destes componentes separadamente (Paulino et al., 2001). Segundo Moore (1980), estas interações podem ser de três tipos: aditivas, substitutivas e combinadas (Fig. 13 e 14). Quando se tem efeito aditivo, há aumento no consumo total de energia digestível, em virtude do maior consumo de concentrado. Nesta ocasião, o consumo de forragem permanece inalterado ou sofre pequenos aumentos. O efeito substitutivo é caracterizado pela redução no consumo de energia digestível oriunda da forragem, enquanto se observa aumento no consumo de concentrado. O consumo total de energia digestível é mantido constante e a ingestão de suplemento substitui a do pasto. O efeito combinado é aquele que se observam ambos os efeitos, ou seja, à medida que se aumenta o consumo de suplementos, há decréscimo no consumo de forragem e, ao mesmo tempo, elevação no consumo total de energia digestível.

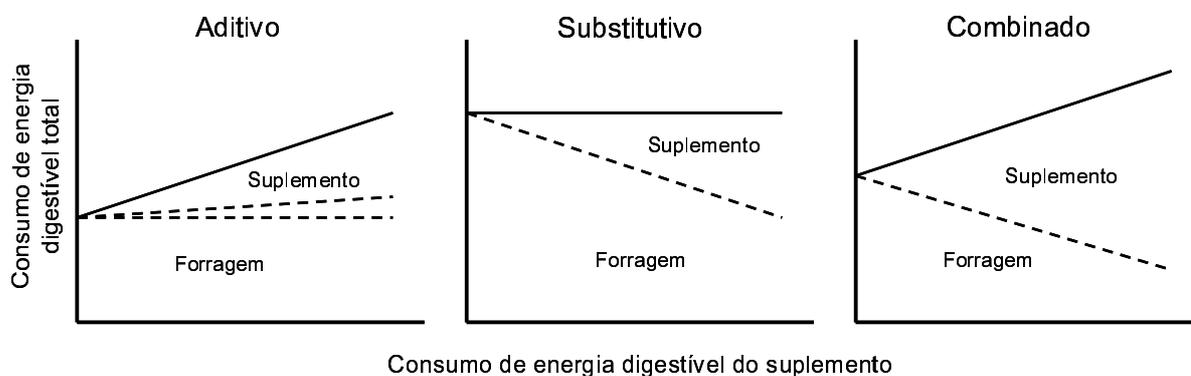


Figura 13. Hipótese dos efeitos associativos da suplementação. (Adaptado de Moore, 1980)

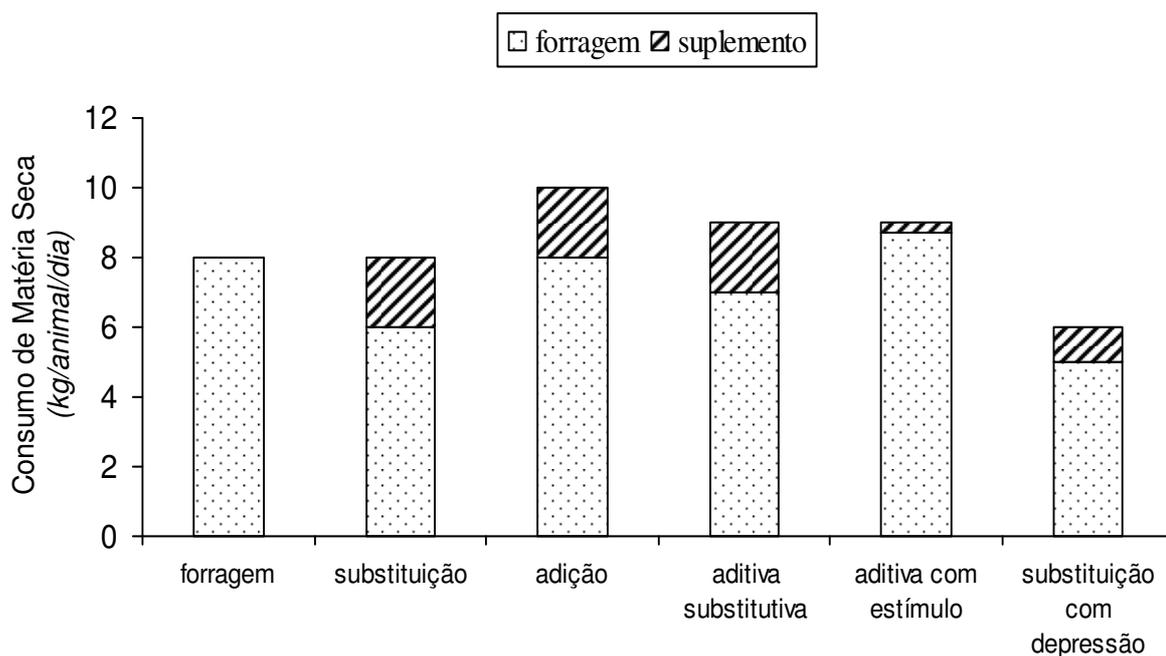


Figura 14. Esquema simplificado da inter-relação planta-animal-suplemento. Adaptado de Lange (1980)

Portanto, os efeitos associativos ocorrem em circunstâncias práticas de alimentação e são de magnitude considerável. Os efeitos associativos positivos, onde suplementos concentrados aumentam o consumo voluntário e, ou a digestão de forragem, são usualmente devidos à provisão de um ou alguns nutrientes limitantes na forragem (por exemplo, nitrogênio ou fósforo). O oferecimento de suplemento que contenha altas concentrações desses nutrientes limitantes melhora o desempenho dos animais (Dixon e Stockdale, 1999). Os efeitos associativos negativos, onde alimentos concentrados reduzem o consumo voluntário e, ou a digestibilidade da forragem, ocorrem, principalmente, na época das águas e podem causar baixa eficiência de utilização de grãos (Moore et al., 1999).

Há divergências na literatura quanto ao limite de ingestão de suplementos, para que estes não resultem em efeito substitutivo. Este limite, provavelmente, situa-se próximo ao valor de consumo de suplemento de 0,6% do PV (Fig. 15) (Horn e McCollun, 1987; Garcia-Yepes et al., 1997; Dixon e Stockdale, 1999; Silva et al., 2009). No entanto, o efeito na redução do consumo é mais pronunciado nas suplementações em altos níveis, com suplementos ricos em carboidratos não-estruturais (amido e açúcares). Já os suplementos ricos em produtos fibrosos, com alto NDT (>75%) e baixa proporção de CNE (<30%), resultam em menor impacto sobre o consumo de forragem (Dixon e Stockdale, 1999). Desta forma, esse limite é influenciado pela quantidade e qualidade da forragem disponível e pelo tipo e quantidade dos alimentos utilizados na formulação dos suplementos.

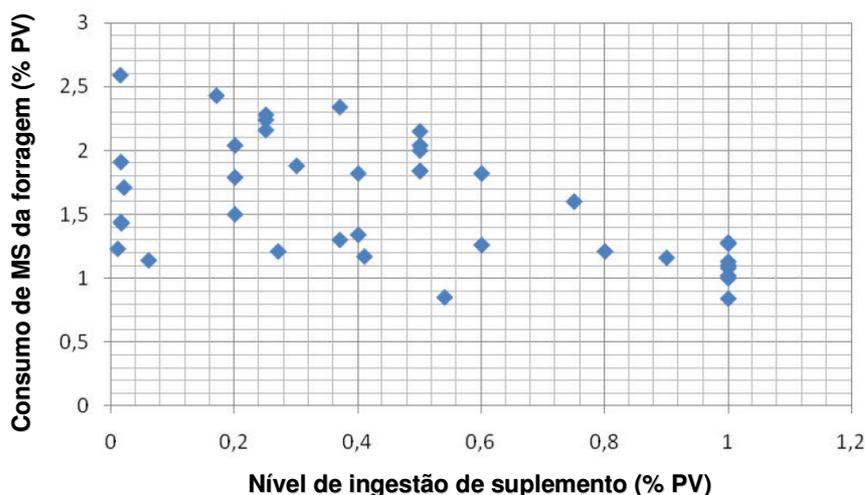


Figura 15. Consumo de matéria seca da forragem (% do peso vivo) em função do nível de ingestão do suplemento (em % do peso vivo). Fonte: Silva et al. (2009)

Considerando-se a estreita relação entre pasto e suplemento, torna-se imperativa a condução de pesquisas que avaliem a suplementação para bovinos, envolvendo diferentes ofertas de pasto, quantidade e composição do suplemento, no sentido de permitir identificar o ponto de máxima oferta de pasto, a partir da qual não ocorre incremento no desempenho animal, com o aumento do nível de suplementação. A condução desse tipo de experimento poderá orientar melhor o manejo do pasto e o uso de suplementos, de modo a conciliar ótimo desempenho animal e viabilidade econômica (Silva et al., 2009). Pois, enquanto o pasto for considerado o alimento para bovinos que apresenta maior razão benefício/custo, o uso de concentrado deve visar atingir metas que não possam ser alcançadas, em dado momento, com o uso exclusivo das pastagens (Reis et al., 1997).

#### 4. SUPLEMENTAÇÃO PROTEICA

As fontes proteicas são os ingredientes mais onerosos na alimentação de ruminantes. Na sua utilização, devem ser identificados pontos ótimos, em função do potencial genético do animal, bem como da concentração de outros nutrientes na dieta (Valadares Filho e Cabral, 2002).

Em sistemas de produção baseados em forragens, o desempenho dos animais pode ser menor que o determinado geneticamente e, ou o desejado para satisfazer os objetivos da produção, uma vez que, a eficiência máxima de utilização da dieta resulta do fornecimento de dietas balanceadas nutricionalmente e o desempenho animal é limitado a aquele suportado pelo nutriente primeiro limitante (Fig. 16) (Nutrient..., 1996). Na época da seca, ocorrem reduções nas concentrações de energia, proteína, fósforo, caroteno e outros elementos. Durante décadas, foi aceita a hipótese de que o principal nutriente limitante, na época da seca, seria o fósforo (Vianna, 1977). Em compilação de trabalhos de pesquisas sobre o uso de nitrogênio não proteico (NNP), Loosli e McDonald (1969) relatam, no entanto, que na década de 40 já existiam evidências da ocorrência de deficiência proteica no período seco do ano, com vacas apresentando baixos desenvolvimentos corporais e índices reprodutivos. Em 1938, Bartlett e Cotton demonstraram que o fornecimento de ureia, a novilhas mantidas em dietas com baixa proteína, aumentou o ganho de peso de 450 para 560g/dia (Bartlett e Cotton, 1938). Contudo, somente com trabalhos conduzidos no Reino Unido e na África do Sul, a

partir de 1960, criaram-se condições para que fosse aceita a possibilidade de que o limitante nutricional primário, para animais mantidos exclusivamente a pasto, durante a época seca, seria a proteína.

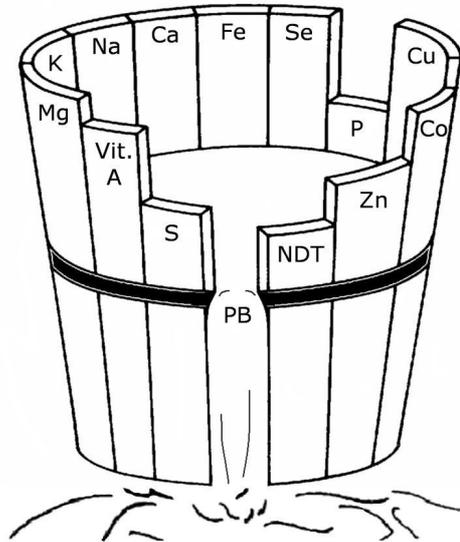


Figura 16. Lei do mínimo\*. O nutriente limitante, no caso, a proteína, dita o nível de produção Fonte: Adaptado de Von Liebig (1840)

\*Originalmente descrita a partir de estudos sobre nutrição vegetal.

Campling et al. (1962) realizaram uma série de experimentos para avaliar o efeito do fornecimento de ureia, em diferentes níveis, como fonte de suplementação proteica, e sacarose, como fonte de suplementação energética, sobre o consumo e digestibilidade de palhada de aveia fornecida a bovinos. A ureia e sacarose foram dissolvidas em água e fornecidas por infusão contínua, via fistula, diretamente no rúmen dos animais. A palhada de aveia continha 0,5% de N, simulando a época seca, pelo fornecimento de volumoso de baixa qualidade. A administração de ureia reduziu, pela metade, a perda de peso dos animais, decorrente do aumento, da ordem de 40%, no consumo voluntário, e de 23%, na digestibilidade da dieta, em relação ao controle, não sendo observado efeito da adição de sacarose sobre o consumo e digestibilidade. Este aumento foi devido, principalmente, ao aumento observado na taxa de passagem e na digestibilidade da fibra no rúmen. Utilizou-se rolo de fio de algodão para se obter a taxa de quebra da celulose no retículo-rúmen, sendo avaliado a perda de peso em função do tempo. A taxa de desaparecimento do fio de algodão, suspenso no rúmen, foi seis a sete vezes superior para os animais que receberam ureia (Fig. 17). Quando avaliado os diferentes níveis de inclusão da ureia, foram observados aumentos no consumo, da ordem de 26%, para o fornecimento de 25g de ureia e de 42% para os fornecimentos de 75 e 150g de ureia. Os autores sugeriram que, para maximizar o consumo de volumosos de baixa qualidade, o animal deve ingerir uma quantidade diária de ureia entre 25 e 75g. Esse trabalho serviu como base para o posterior desenvolvimento do sal com ureia e dos suplementos proteínados de baixo consumo, sendo os valores de ingestão diária de ureia, usados como referência.

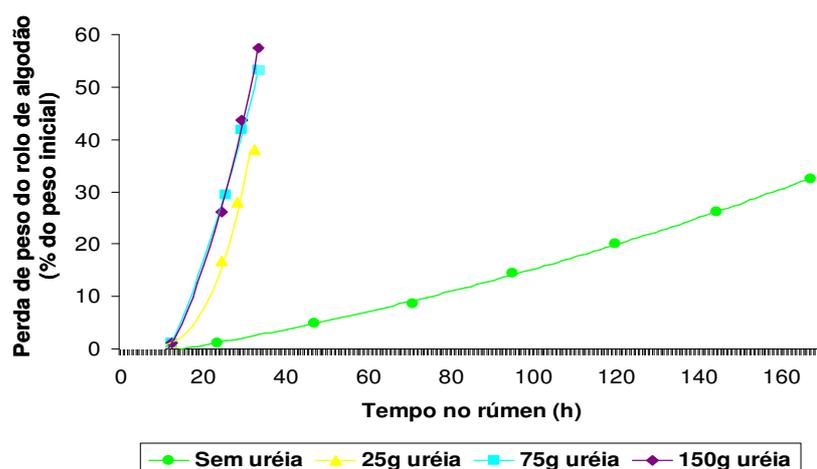


Figura 17. Taxa de desaparecimento do rolo de fio de algodão suspenso no saco ventral do rúmen de bovinos alimentados com volumoso de baixa qualidade.

Fonte: Adaptado de Campling et al. (1962)

A importância da deficiência proteica, como limitante nutricional primário, para bovinos, mantidos em pastagens de baixa qualidade, foi demonstrada em pesquisa realizada por Van Nierkerk e Jacobs (1985), em condições tropicais, na África do Sul. Estes autores avaliaram o efeito de suplementos de proteína, energia e fósforo, isolados e em combinações, em dietas de bovinos na fase de recria, usando como fonte volumosa de baixa proteína, a cana-de-açúcar, simulando as condições do período seco. A suplementação proteica aumentou o consumo em 34,5% e preveniu a perda de peso em 14,9kg, em relação ao grupo não suplementado, sugerindo que a deficiência de proteína é a mais importante causa de perda de peso, em bovinos mantidos em forragens de baixa qualidade, sendo o primeiro nutriente limitante nestas condições (Tab.9). Os autores observaram resposta aumentada, para a suplementação proteica, quando usada, em combinação com a suplementação energética, indicando que o desempenho de animais, em forragens de baixa qualidade, também é influenciado pela deficiência secundária de energia. Apesar da suplementação com fósforo aumentar o desempenho animal, durante a época das águas, quando fornecida isolada, parece não ser efetiva em prevenir a perda de peso de animais, durante o período seco do ano. No entanto, a melhor resposta no consumo de forragem foi obtida com a suplementação conjunta de proteína, energia e fósforo (Van Nierkerk e Jacobs, 1985).

Tabela 9. Consumo e desempenho de bovinos alimentados com forragem de baixa qualidade, suplementados com proteína, energia e fósforo, em diferentes combinações.

Tratamento	Proteína				Controle			
	Energia		Controle		Energia		Controle	
	P	Contr.	P	Contr.	P	Contr.	P	Contr.
GPT (kg) <sup>a</sup>	+15,1	+14,7	+11,7	+13,6	-3,6	+1,1	-2,0	-
Consumo								
Supl. (g/d) <sup>b</sup>	364	356	250	191	371	345	55	29
Forr. (kg/d) <sup>b</sup>	3,22	3,30	3,18	3,18	2,36	2,42	2,30	2,50
Total (kg/d) <sup>b</sup>	3,58	3,66	3,43	3,37	2,73	2,77	2,36	2,53
PB (kg/d)	280	291	265	243	86	88	72	78
EM (MJ/d)	26,2	26,9	24,4	23,8	20,2	20,5	16,7	18,1
P (g/d)	8,2	2,9	7,4	2,6	7,7	1,9	7,5	1,7

<sup>a</sup> Ganho de peso total em relação ao tratamento 8

<sup>b</sup> Consumo expresso na base seca

Fonte: Adaptado de Van Nierkerk e Jacobs (1985)

De grande importância prática foi a demonstração de que a deficiência proteica poderia ser corrigida, tanto com o fornecimento de nitrogênio não proteico, quanto de proteína verdadeira (Carvalho et al., 2003). A suplementação proteica, com NNP ou proteína verdadeira, aumenta a eficiência de utilização de forragens de baixa qualidade, por melhorar o consumo voluntário (Campling et al., 1962; Egan e Doyle, 1985; Van Niekerk e Jacobs, 1985), induzindo os animais à ingestão de gramíneas pouco apetecidas (Vianna, 1977). Nestas condições, tendo-se forragem disponível, mesmo que de baixa qualidade, a suplementação proteica propiciará melhor desempenho, melhorando a curva de crescimento de bovinos a pasto, encurtando, assim, o tempo necessário para terminação.

O aumento de consumo é usualmente atribuído ao aumento na atividade microbiana, na taxa de digestão e de passagem da dieta através do trato digestivo, favorecidas pela suplementação (Campling et al., 1962; Egan e Doyle, 1985). A maior parte dos trabalhos de pesquisa indica que a suplementação proteica causa maior resposta no aumento do consumo em forrageiras de baixa qualidade. Segundo Van Soest (1994), a reciclagem de nitrogênio é um dos fatores-chave para os menores efeitos da suplementação proteica sobre o consumo e a digestão quando a forragem basal apresenta mais de 7% de PB. A principal resposta à suplementação proteica, em forragens de baixa qualidade, tem sido devida ao atendimento da exigência de nitrogênio e aminoácidos específicos, requeridos pela microflora ruminal (Paterson et al., 1994). Há também incremento no consumo de energia, favorecido pelo aumento no consumo de forragem e pela maior produção de ácidos graxos voláteis, decorrente da maior digestibilidade dos componentes fibrosos (Nocek e Russell, 1988). Desta forma, a suplementação proteica permite corrigir, de forma indireta, a deficiência energética de bovinos mantidos em pastagens (Reis et al., 1997).

#### **4.1. Importância da suplementação de PDR**

Além da quantidade, a degradabilidade das fontes proteicas e suas combinações, assumem importância destacada na formulação de suplemento para animais em pastejo. Os alimentos utilizados na alimentação de bovinos variam quanto às concentrações de proteína bruta e a proporção relativa de proteína que é degradada no rúmen (PDR) ou que escapa da degradação ruminal (PNDR) (Cardoso, 1997). A suplementação com PDR tem maior impacto no uso de forragens, uma vez que, a suplementação com PNDR não contribui diretamente para a produção microbiana e para a digestão da forragem ocorrida no rúmen, tendo maior importância à medida que se aumenta a produção animal. Além do mais, mesmo quando quantidades significativas de carboidratos estão disponíveis, o N e, ou a proteína devêm estar presentes no rúmen para permitir adequado crescimento microbiano e fermentação ruminal. Desta forma, a proteína degradável no rúmen (PDR) é considerada o primeiro limitante para utilização de forragens de baixa qualidade (Cochran et al., 1998). Assim, a suplementação com adequados conteúdos de PDR, frequentemente, promove aumento no consumo de forragem e no fluxo de nutrientes para o intestino. Cochran et al., (1998) observaram efeitos positivos da suplementação com PDR sobre o consumo de matéria orgânica degradável (MOD). O maior consumo de MOD é devido a aumentos na digestão e no consumo, sendo que a proporção da resposta para o consumo de forragem é maior que os aumentos na digestibilidade da dieta, corroborando com as constatações relatadas por Mertens (1994).

Algumas pesquisas demonstram que a disponibilidade de PDR representa o maior limitante para o uso efetivo de forrageiras de baixo valor nutricional. Contudo, poucos estudos delimitam quanto desta resposta à suplementação é decorrente do suprimento de N ou de aminoácidos, peptídeos e proteína *per se*. Minson (1990), revisando pesquisas sobre

suplementação, observou que tanto a suplementação com NNP quanto a com proteína verdadeira são capazes de estimular o consumo de forragem (Tab. 10). Grande parte do efeito da suplementação com PDR, sobre o consumo e digestão, é decorrente da disponibilidade de N ruminal. Contudo, suplementos baseados em NNP são mais efetivos em promover aumentos na utilização da forragem se alguma quantidade de PDR do suplemento for proveniente de fontes de proteína verdadeira (Cochran et al., 1998). Estes autores propuseram que um mínimo de 25% da PDR suplementada deve ser proveniente de fontes verdadeiras. O fornecimento de proteína verdadeira disponibiliza precursores essenciais aos micro-organismos ruminais (Petersen, 1987). A suplementação com fontes de proteína verdadeira aumenta a eficiência de crescimento dos micro-organismos ruminais, pela incorporação direta de aminoácidos ou peptídeos as células microbianas, sendo que alguns micro-organismos ruminais exigem estes compostos para adequado desenvolvimento (Russell et al., 1992). Ademais, a proteína verdadeira constitui a principal fonte de isoácidos ou ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR), indispensáveis ao adequado metabolismo de alguns micro-organismos, principalmente, aqueles responsáveis pela digestão dos compostos fibrosos (Dehority et al., 1967; Petersen, 1987).

Tabela 10. Efeito da suplementação com ureia ou proteína verdadeira sobre o consumo de forragem.

	SUPLEMENTOS	
	NNP (Ureia)	Proteína Verdadeira
Nº de trabalhos	19	17
Média de PB da forragem (%)	3,7	4,5
Aumento médio no consumo (%)	34	45
Varição da resposta (%)	8 - 104	14 - 77

Fonte: Adaptado de Minson (1990)

#### 4.2. A ureia na alimentação de bovinos

A utilização de fontes alternativas de proteína, na alimentação de ruminantes, tem se tornado cada vez mais importante, uma vez que, as fontes convencionais são concorrentes com a alimentação humana, de suínos e aves e, conseqüentemente, apresentam preços cada vez mais flutuantes.

Embora exista uma variedade de fontes de NNP (compostos de purinas e pirimidinas, ureia, biureto, ácido úrico, glicosídeos nitrogenados, alcaloides, sais de amônio e nitratos), a ureia, devido ao baixo custo por unidade de equivalente proteico, disponibilidade e emprego, destaca-se como a fonte de NNP mais utilizada na nutrição de ruminantes (Santos et al., 2001). Em 1773, o cientista Hilaire Rouelle identificou a ureia, e, em 1828, esta foi sintetizada pela primeira vez por Friedrich Wahler, derrubando a teoria de que os compostos orgânicos só poderiam ser sintetizados por organismos vivos (Teoria da Força Vital) (Loosli e McDonald, 1969). Porém, industrialmente, admite-se que a ureia começou a ser fabricada em 1870, quando Bassarow promoveu sua síntese a partir do gás carbônico e da amônia. O uso do nitrogênio não proteico (NNP), na nutrição de ruminantes teve sua origem em 1879, quando Weiske verificou a capacidade dos ruminantes em converter o nitrogênio não proteico em proteína microbiana. No entanto, foi no período de 1914 a 1918, devido à escassez de alimentos, ocasionada pela I Guerra Mundial, que a Alemanha intensificou a utilização da ureia como fonte proteica na alimentação de ruminantes. Assim, na Europa e, posteriormente, nos Estados Unidos, foram intensificadas as pesquisas relativas à utilização da ureia na

alimentação de ruminantes, objetivando, principalmente, reduzir o custo das dietas (Teixeira, 1990).

A ureia é um composto quaternário, derivado do petróleo, constituído por nitrogênio, carbono, oxigênio e hidrogênio, de cor branca cristalina, solúvel em água e álcool (Fig. 18) (Teixeira, 1990).

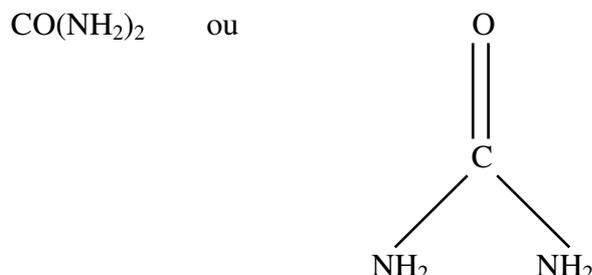


Figura 18. Fórmula estrutural da ureia.

Sua síntese industrial se faz a partir do gás metano, submetido à temperatura superior a 1000°C. Quimicamente, é classificada como amida, por isso, é considerada um composto nitrogenado não proteico (NNP). Sua composição nutricional é deficiente em todos os minerais, não possuindo valor energético próprio, podendo apresentar pequena quantidade de ferro e chumbo, como contaminantes (Tab. 11) (Teixeira, 1990).

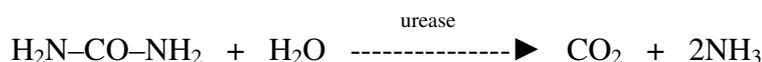
Tabela 11. Composição da ureia encontrada no Brasil.

Compostos	Proporção (%)
Nitrogênio	46,4
Biutero	0,55
Água	0,25
Amônio livre	0,008
Cinzas	0,003
Ferro + chumbo	0,003

Fonte: Teixeira (1990)

O conteúdo de proteína bruta, de um determinado alimento, é calculado pela multiplicação do percentual de nitrogênio pelo fator 6,25. Este valor é baseado no conteúdo médio de N das proteínas de um alimento referência, o milho, que é de 16% (100/16 = 6,25). Como a ureia é uma fonte de nitrogênio não proteico, esta estimativa é da quantidade de equivalente proteico da ureia. Assim, a ureia possui um equivalente proteico de 290% (46,4%N x 6,25).

A ureia, ao atingir o rúmen, é imediatamente degradada pela ação da enzima urease, produzida por determinadas espécies de bactérias, formando duas moléculas de amônia e CO<sub>2</sub>, conforme a reação abaixo:



A suplementação alimentar com ureia para bovinos, mantidos em dietas deficientes em proteínas, objetiva elevar a concentração ruminal de amônia, aumentando a síntese de proteína microbiana e a taxa de passagem, resultando na elevação do consumo de forragem. A

ureia tem mostrado aumentar a digestão da celulose em experimentos com bovinos e ovinos recebendo forragens com baixo teor de N (Campling et al., 1962; Egan e Doyle, 1985). Nos ruminantes, a quebra da celulose depende das bactérias celulolíticas, sendo que importantes espécies destas bactérias obtêm todo o N da amônia (Russell et al., 1992). O efeito da ureia sobre o consumo também está associado ao suprimento adicional de proteína microbiana pós-ruminal, que é aumentado devido a maior síntese de proteína microbiana e maior taxa de passagem (Egan e Doyle, 1985). Na suplementação de bovinos em pastejo é aconselhável que no suplemento proteico, a proporção de PDR oriunda da ureia, seja de no máximo 75% da PDR total (Cochran et al., 1998). No entanto, há evidências de que os requerimentos de PDR, para animais em manutenção, podem ser supridos integralmente pela utilização de ureia (Lopes et al., 1998).

Uma das limitações do uso da ureia pelos ruminantes é atribuída à sua elevada solubilidade no rúmen, o que a transforma muito rapidamente em amônia, decorrente da ação da enzima urease. Devido ao alto nível de urease no rúmen, estima-se que a taxa de hidrólise ruminal da ureia seja quatro vezes superior à capacidade de utilização da amônia pelos micro-organismos (Owens e Zinn, 1988; Reynolds, 1992). Dessa forma, suplementos contendo elevados níveis de ureia, como fonte de NNP, liberam alta concentração de N-NH<sub>3</sub> no rúmen, que pode não ser convertida em proteína microbiana, principalmente, devido à deficiência de carboidratos prontamente solúveis (Minson, 1990).

Além da sincronização entre a degradação da ureia e das fontes de energia, para o melhor aproveitamento da ureia pelos micro-organismos ruminais, é necessário fazer a suplementação com enxofre. O enxofre é um mineral fundamental para a síntese de aminoácidos sulfurados, como a cisteína e metionina, devendo ser mantido numa relação N:S, entre os limites de 10:1 a 15:1, uma vez que estes são os limites das relações existentes no micro-organismo ruminal e nos tecidos do animal. Como recomendação prática, essa relação pode ser obtida com 9 partes de ureia para 1,5 partes de sulfato de amônio (Ureia..., 2000).

Quando a ureia é incluída na formulação dos suplementos, os animais devem passar por um período de adaptação (Emerick, 1988). Este se faz necessário para que haja tempo hábil para que os micro-organismos que utilizam esta ureia aumentem sua população. Caso o suprimento de ureia seja interrompido, os micro-organismos que a utilizam, diminuem em número no rúmen, por serem constantemente removidos para o intestino, em função da taxa de passagem. Assim, quando fornecida novamente, não há micro-organismos suficientes para metabolizar esta ureia, havendo um excesso de amônia e risco de intoxicação (Chalupa, 1968). Animais mantidos a pasto apresentam um tempo médio de renovação do conteúdo ruminal em torno de três dias, pois apresentam uma taxa de passagem de 1,5%/h. Desta forma, suplementos que contenham ureia devem ser fornecidos em intervalos máximos de três dias. Caso esta frequência seja maior, haverá necessidade de se fazer nova adaptação.

Quando haja excesso de ureia na dieta e não haja energia suficiente ou em sincronismo com esta fonte proteica, poderá ocorrer uma produção excessiva de amônia, podendo exceder a capacidade hepática de detoxificação, resultando em aumento na concentração de amônia no sangue, que pode causar a intoxicação e até mesmo a morte do animal. A capacidade do fígado em converter a amônia absorvida do rúmen em ureia, gira em torno de 84mg de nitrogênio amoniacal/100ml de fluído ruminal (Reynolds, 1992). Os níveis de intoxicação causados pelo excesso de amônia começam a aparecer quando a concentração ruminal de N amoniacal está acima de 100mg/dL, o pH ruminal chega a 8.0, favorecendo a formação de NH<sub>3</sub> que é a forma mais facilmente absorvida, e a concentração de amônia no plasma

sanguíneo está acima de 2mg/dL. O pH parece ser o fator mais importante na determinação da quantidade de amônia absorvida, sendo que a proporção de amônia na forma não ionizada ( $\text{NH}_3$ ) diminui, com a diminuição do pH (Visek, 1968). Para que se estabeleça rapidamente o equilíbrio da amônia que sai do meio, a forma não ionizada é rapidamente protonada, passando a forma ionizada ( $\text{NH}_4$ ) (Chalupa, 1968). Por isso, em casos de intoxicação, deve-se tentar diminuir o pH ruminal para diminuir a relação  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ . O fornecimento de grandes quantidades um ácido fraco, como o vinagre, favorece a formação de  $\text{NH}_4^+$ , que é mais lentamente absorvido que o  $\text{NH}_3$ , sendo recomendado, em casos de intoxicação (Fig. 19). Lopes et al. (1998) recomendam como nível crítico da suplementação diária de ureia para bovinos, o valor de 50g/100kg de PV ou, aproximadamente, 200g/UA/dia.

$\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$	$\text{pK}_{40^\circ\text{C}} = 8,8$
<b>pH ruminal</b>	<b>Relação <math>\text{NH}_3/\text{NH}_4^+</math></b>
8,2	1,0
7,2	0,1
6,2	0,01

Figura 19. Relação entre o pH ruminal e a relação  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ . Fonte: Visek (1968)

A alta taxa de hidrólise ruminal, associada ao risco de intoxicação dos animais à alimentação com ureia, tem impulsionado o desenvolvimento de produtos que liberem a amônia mais lentamente no rúmen. Com a finalidade de melhorar a utilização da ureia na alimentação dos animais, foi desenvolvido por pesquisadores da Kansas State University - USA, no início da década de 70, um produto extrusado à base de amido do grão de milho e ureia, denominado “starea” (Bartley e Deyoe, 1975). Na década de 80, com o mesmo objetivo, e visando à substituição parcial e total de fontes convencionais de proteína dietética, foi desenvolvida na Universidade Federal de Lavras, então Escola Superior de Agricultura de Lavras, a amireia. A amireia é o produto obtido pela extrusão de uma mistura de amido (do milho, sorgo ou de subprodutos da mandioca), ureia e enxofre (gesso ou enxofre em pó), sob condições de alta temperatura e pressão, levando à gelatinização do amido (Teixeira, 1990).

A amireia funciona como um complexo de liberação lenta, podendo reduzir a toxicidade potencial e melhorar a aceitabilidade e utilização de suplementos à base de ureia. A liberação gradual de amônia pode acarretar efeitos positivos, por melhorar a sincronia entre a ureia e a energia disponível, permitindo aos micro-organismos do rúmen, síntese contínua de proteína celular (Teixeira, 1990). Contudo os aspectos econômicos da utilização desse alimento devem ser analisados com atenção, uma vez que, esta alternativa geralmente é mais cara do que a ureia e, em alguns trabalhos, não são observadas diferenças no desempenho dos animais, entre estas fontes (Itavo et al., 2008).

Thompson et al. (1973) sugeriram que ruminantes, alimentados com dietas à base de forragens, podem ser suplementados com ureia, sem reflexos negativos sobre o desempenho reprodutivo. Contudo, estudos posteriores demonstram que o excesso de ureia pode causar problemas reprodutivos, devido ao aumento da sua concentração plasmática, decorrente de dietas com excesso de PDR, combinadas com baixos níveis de carboidratos fermentáveis ou não sincronismo entre a degradação da proteína e a disponibilidade de energia (Ferguson e Chalupa, 1989). Logo, os possíveis efeitos da ureia sobre a reprodução são fortemente influenciados pela sincronização da degradação entre proteína e energia no rúmen. Jordan e Swanson (1979) já afirmavam em seus trabalhos que o efeito provável do excesso de PDR na

dieta poderia estar relacionado com alterações de pH no ambiente uterino. Entretanto, um grande avanço, em estudos relacionando proteína na dieta e pH uterino, ocorreu somente em 1993, quando Elrod e Butler conseguiram introduzir um cateter de Foley, através da cérvix, e dentro deste, passar um eletrodo flexível, permitindo, desta forma, medir o pH uterino (Elrod e Butler, 1993). Estes autores concluíram que o excesso de PDR na dieta atua sob um mecanismo não definido, o qual diminui o pH uterino. Butler (1998) afirmou que existem evidências *in vitro* que células endometriais respondem ao aumento de ureia na circulação, aumentando a secreção de sódio e prostraglandina F2 $\alpha$ , sendo que este último, quando em excesso, prejudica o desenvolvimento e a sobrevivência dos embriões. Ao que tudo indica, variações metabólicas sistêmicas, na concentração de ureia, podem comprometer a fertilidade dos animais por meio de modificações na composição do fluido folicular e nas secreções da tuba uterina e do útero (Jordan e Swanson, 1979, Ferguson e Chalupa, 1989; Elrod e Butler, 1993) e, a partir disso, prejudicar o metabolismo e a capacidade de desenvolvimento do ovócito (Sinclair et al., 2000), a sobrevivência do embrião pré-implantação, bem como, o desenvolvimento do feto (McEvoy et al., 1997). Barreto et al. (2003) avaliaram o uso da ureia como suplemento proteico (0, 65 e 125g de ureia/dia), na dieta de vacas Nelore. As vacas foram superovuladas e seus embriões coletados, classificados e cultivados *in vitro* até a eclosão. Não foram observadas diferenças na concentração de ureia plasmática (18,6; 20,3 e 23,7 mg/dl), no número de embriões viáveis (2,3; 3,5 e 4,3), bem como na taxa de eclosão *in vitro* (81,5; 78,6 e 84,6%). Esses autores concluíram que quando a ureia é fornecida com fontes energéticas adequadas, a mesma pode substituir, integralmente, o farelo de soja, em suplementos proteicos, sem prejuízos nos índices reprodutivos. Contudo, apesar do fato que vários estudos terem sido conduzidos para avaliar o efeito da proteína no tecido reprodutivo, o mecanismo exato pelo qual a excesso de proteína bruta ou proteína degradável na dieta possa prejudicar a reprodução não tem sido elucidado (Santos et al., 2001).

#### **4.3. Utilização de nitrogênio pelos ruminantes**

A mais importante fonte de N para os micro-organismos ruminais constitui-se normalmente na proteína dietética e nos compostos nitrogenados não proteicos (NNP). Os micro-organismos ruminais necessitam de nitrogênio para que se desenvolvam e colonizem o rúmen. Assim, utilizam os compostos nitrogenados da dieta, sejam estes, proteínas, aminoácidos, amônia, nitratos, e outros, como a ureia exógena ou endógena. Os micro-organismos ruminais apresentam alta atividade proteolítica e, como consequência, grande parte da proteína verdadeira que entra no rúmen é degradada, formando-se peptídeos e aminoácidos, que por sua vez podem ser atacados por deaminases para originar a amônia. Os compostos de NNP, tais como ureia e amidas, são convertidos pelos micro-organismos do rúmen em amônia, que é utilizada por esses, para seu crescimento. A amônia liberada no processo de fermentação ruminal, juntamente com o N amoniacal presente no meio, podem ser incorporados ao processo de síntese de proteína microbiana (Fig. 20). Determinadas bactérias promovem a combinação de amônia com os esqueletos de carbono (cetoácidos), resultantes da degradação de carboidratos, sintetizando aminoácidos que são utilizados para síntese da proteína microbiana. Por ação da taxa de passagem do conteúdo ruminal, as bactérias são carregadas ao abomaso, onde sofrem hidrólise, liberando aminoácidos que, no intestino delgado serão absorvidos e servirão como fonte proteica para o animal (Valadares Filho e Cabral, 2002).

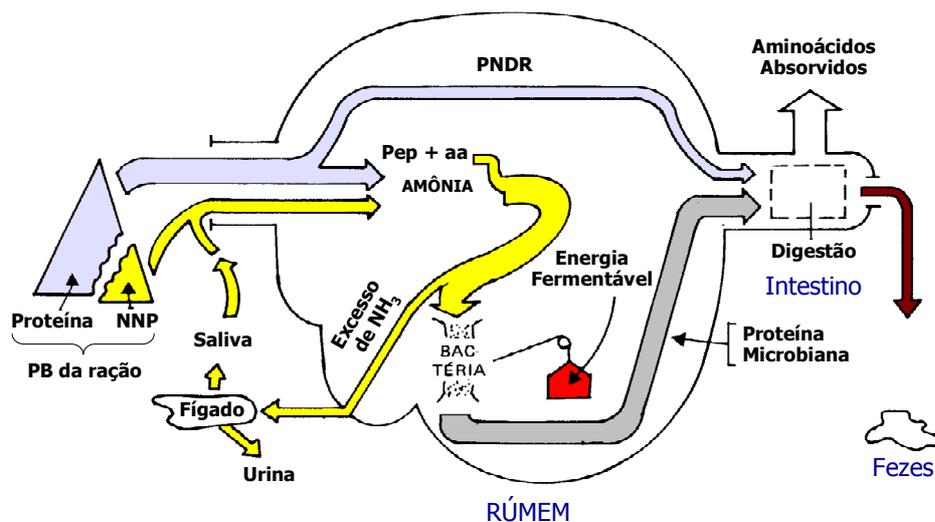


Figura 20. Utilização do nitrogênio pelos ruminantes.

No entanto, quando a dieta fornece altos níveis de proteína degradável no rúmen e não há energia suficiente ou em sincronismo com as fontes proteicas, poderá ocorrer uma produção excessiva de amônia, excedendo a capacidade de utilização desta pelos microorganismos. Este excesso de amônia é removido do ambiente ruminal, principalmente por difusão passiva pela parede do rúmen, na forma não ionizada  $\text{NH}_3$ , sendo extremamente dependente do pH ruminal e da quantidade total de amônia no rúmen (Owens e Zinn, 1988). Os níveis de amônia no sangue, geralmente, permanecem baixos, pois o fígado rapidamente converte a amônia em ureia, como forma de detoxificação. A amônia é convertida em ureia, por meio do “ciclo da ureia”, sendo esse é o destino da maior parte da amônia que chega até o fígado (Fig. 21) (Reynolds, 1992). A ureia é, portanto, a principal forma pela qual os ruminantes eliminam os compostos nitrogenados.

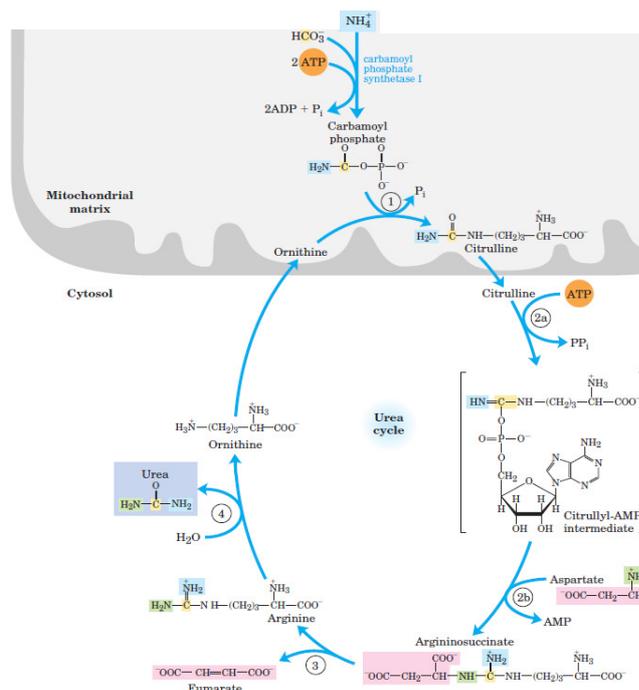


Figura 21. Ciclo da ureia. Fonte: Nelson e Cox (2007)

Como observado na Fig. 21, para que haja a formação de uma molécula de ureia, são necessárias três moléculas de ATP. Porém, a cada volta do ciclo, é formada uma molécula de fumarato que pode ser incorporada ao ciclo do ácido cítrico, potencializando a formação de duas moléculas de ATP. Assim, o gasto para a síntese de uma molécula de ureia apresenta balanço energético negativo de 1 ATP, custando, ao animal, aproximadamente, 12kcal/g de nitrogênio (Van Soest, 1994). Esse processo metabólico acarreta perda de energia, que poderia ser utilizada para a produção, prejudicando o desempenho animal.

A ureia produzida no fígado é liberada na corrente sanguínea, podendo ser excretada ou retornar ao rúmen via saliva ou através da parede ruminal. A principal via de excreção da ureia é pela urina, tendo os rins, grandes capacidades de excretar ureia. Esta também ocorre, em menor grau, pelo intestino e, devido à passagem da ureia para o epitélio alveolar da glândula mamária, também pode ser excretada no leite (Van Soest, 1994).

Os ruminantes assumem uma característica importante, frente aos outros mamíferos, que é a possibilidade de reciclagem deste nitrogênio, agora na forma de ureia, para o rúmen (Van Soest, 1994). Houpt (1959) descreveu, pela primeira vez, a reciclagem de N para processos produtivos, denominando de “Ciclo de regeneração de proteínas”. A reciclagem de ureia ocorre, principalmente, através da saliva ou por difusão através da parede ruminal e ao chegar ao rúmen é prontamente degradada a amônia, mormente pelas bactérias ureolíticas, tornando o nitrogênio novamente disponível para os micro-organismos. O nível de amônia no sangue tende a ser menor que o do rúmen, ao passo que, o nível de ureia é menor no rúmen que no sangue, criando um potencial favorável de transferência mútua entre os dois compostos favorecendo a reciclagem. Esta se torna fundamental quando o animal se encontra exposto a baixos níveis nutricionais, o que faz os ruminantes aptos a conservar melhor a proteína que outras espécies sob estas condições.

A quantidade de ureia reciclada é relativamente independente do N dietético, uma vez que, o “pool” corporal de ureia está sob controle fisiológico homeostático, tendendo a ser constante. Segundo Harmayer e Mertens (1980), bovinos e ovinos podem secretar dentro do trato gastrointestinal cerca de 40 a 80% da ureia produzida no fígado, sendo esta intensidade influenciada pela relação Nitrogênio:Energia da dieta. Ruminantes criados com dietas com baixa proteína são capazes de controlar a excreção renal de ureia, por mecanismos compensatórios que, por meio de intensa reabsorção de ureia nos ductos coletores, economizam o N excretado, aumentando, assim, a reciclagem de nitrogênio para o rúmen. Desta forma, o que variaria é a eficiência de reciclagem do nitrogênio. Em condições de baixo plano nutricional proteico, as perdas na urina seriam relativamente menores, aumentando a proporção reciclada de N, situação inversa de uma nutrição proteica mais elevada (Fig. 22) (Van Soest, 1994). Segundo Russell et al. (1992) quanto maior for a degradabilidade da proteína da dieta, maior será a produção de amônia e possivelmente, maiores serão as perdas urinárias de compostos nitrogenados na forma de ureia.

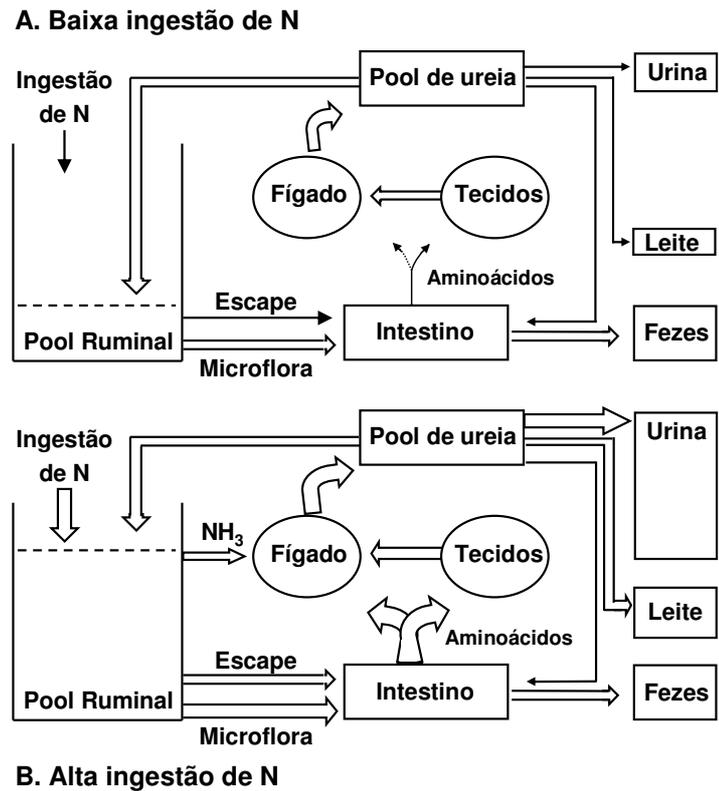


Figura 22. Comparação entre o metabolismo de N a baixo e alto consumo de N.  
 Fonte: Adaptado de Van Soest (1994)

A reciclagem assume, portanto, grande importância no suprimento de N ruminal, podendo corresponder a 30% dos requerimentos dos micro-organismos, contribuindo, grandemente, para a síntese de proteína microbiana, principalmente, em situações de dietas com baixos teores de proteína.

Em função do exposto, o potencial para correção de deficiência proteica é grande. Entretanto, após alcançar os requerimentos de proteína, a suplementação proteica adicional não é mais eficiente que o fornecimento de energia suplementar (Reis et al., 1997).

## 5. SUPLEMENTAÇÃO ENERGÉTICA

Os suplementos energéticos são classificados de acordo com o tipo de carboidrato em maior concentração: como ricos em açúcares (melaço), amido (milho, mandioca, sorgo), ou fibra digestível (casca de soja, farelo de trigo e polpa cítrica), além dos suplementos ricos em lipídeos (Haddad e Castro, 1998). O fornecimento de fontes de energia ricas em óleo, como caroço de algodão, ou fontes ricas em açúcares, como o melaço, parece não ter o mesmo efeito substitutivo que as fontes energéticas ricas em amido. O melaço apresenta alta taxa de fermentação e, por não contribuir para efeito de distensão ruminal, pode ser usado em dietas com alto teor de fibras. A suplementação com amido possui efeito de substituição já bastante documentado em trabalhos de pesquisas. Entretanto, deve-se fazer distinção entre o amido rapidamente fermentado (mandioca, trigo, aveia e cevada) e o lentamente fermentado (milho e sorgo), pois a contribuição para a quantidade de amido que escapa à fermentação ruminal é diferente entre estas fontes, provavelmente, em função da natureza do material que circunda e protege o grânulo de amido e de diferentes proporções de amilose e amilopectina nos grânulos dos diversos alimentos (Antunes e Rodríguez, 2006). Assim, a digestão do amido varia

conforme a fonte utilizada, sendo seus valores entre 65 e 90%. Comparando-se as diferentes fontes energéticas, quanto à degradabilidade do amido, têm-se, em ordem decrescente:

Mandioca > Trigo > Aveia > Cevada > Milho > Sorgo

Os suplementos com fibras de alta degradabilidade são eficientes na captação de amônia, por apresentarem taxa de degradação compatíveis com as das proteínas de alta solubilidade (Tab.7). Alimentos ricos em fibras prontamente degradáveis, como farelo de trigo, farelo de arroz, casca de soja e polpa de citros, têm sido utilizados, em substituição total ou parcial as fontes de milho e sorgo, na tentativa de reduzir os efeitos da suplementação energética sobre o consumo de forragem, aumentando a eficiência no uso dos nutrientes pelo animal. (Caton e Dhuyvetter, 1997). Em comparação ao amido, a pectina possui menor propensão em causar queda de pH ruminal, porque a sua fermentação é feita por micro-organismos celulolíticos, favorecendo a produção de acetato, em detrimento a produção de lactato e propionato, que ocorre na fermentação por micro-organismos que degradam o amido. Além disso, a cadeia ruminal de ácido galacturônico da pectina proporciona grande potencial tamponante no rúmen, através de troca de cátions e ligação aos íons metálicos (Van Soest, 1994). Desta forma, fontes energéticas constituídas por fibras prontamente degradáveis, possuem menor potencial em causar efeito de substituição, que os suplementos à base de milho (Caton e Dhuyvetter, 1997). Santos et al. (2004) testando níveis crescentes de farelo trigo, em substituição ao milho, em suplementos proteico-energéticos, na quantidade equivalente a 1% do peso do animal, observaram melhorias no pH ruminal, com o aumento da suplementação com farelo de trigo, mostrando possíveis diferenças do tipo da fonte energética sobre a fermentação. Detmann et al. (2001) avaliaram o efeito da substituição de milho por farelo de trigo em suplementos fornecidos a novilhos Limousin x Nelore, manejados em pastagem de *Brachiaria decumbens*, durante a época das águas. Foram observados efeitos substitutivos com depressão do consumo total, do consumo de forragem e da digestibilidade da fibra, sendo estes efeitos, mais proeminentes para os suplementos à base de milho (Fig. 23).

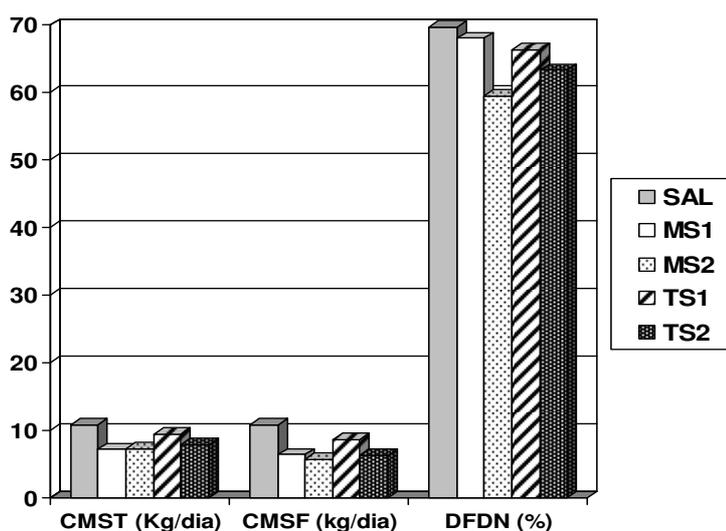


Figura 23. Médias de consumo de matéria seca total (CMST), matéria seca de forragem (CMSF) e digestibilidade aparente da FDN da dieta total (DFDN), em função dos diferentes tratamentos: SAL - Sal mineral; MS1 - Milho e farelo de soja (1 kg/cab/dia); MS2 - Milho e farelo de soja (2 kg/cab/dia); TS1 - Farelo trigo e de soja (1 kg/cab/dia); TS2 - Farelo trigo e de soja (2 kg/cab/dia). Fonte: Adaptado de Detmann et al. (2001)

Sendo assim, conforme a fonte energética utilizada na suplementação, há variações na quantidade de matéria orgânica fermentada no rúmen, captação de amônia, síntese microbiana e, conseqüentemente, proteína que chega ao intestino. Várias fontes energéticas, chamadas “fontes alternativas”, têm sido utilizadas na suplementação de ruminantes, em substituição aos alimentos convencionais (Fig.24). A escolha desses subprodutos a serem utilizados depende da disponibilidade na região, qualidade nutricional e custo.

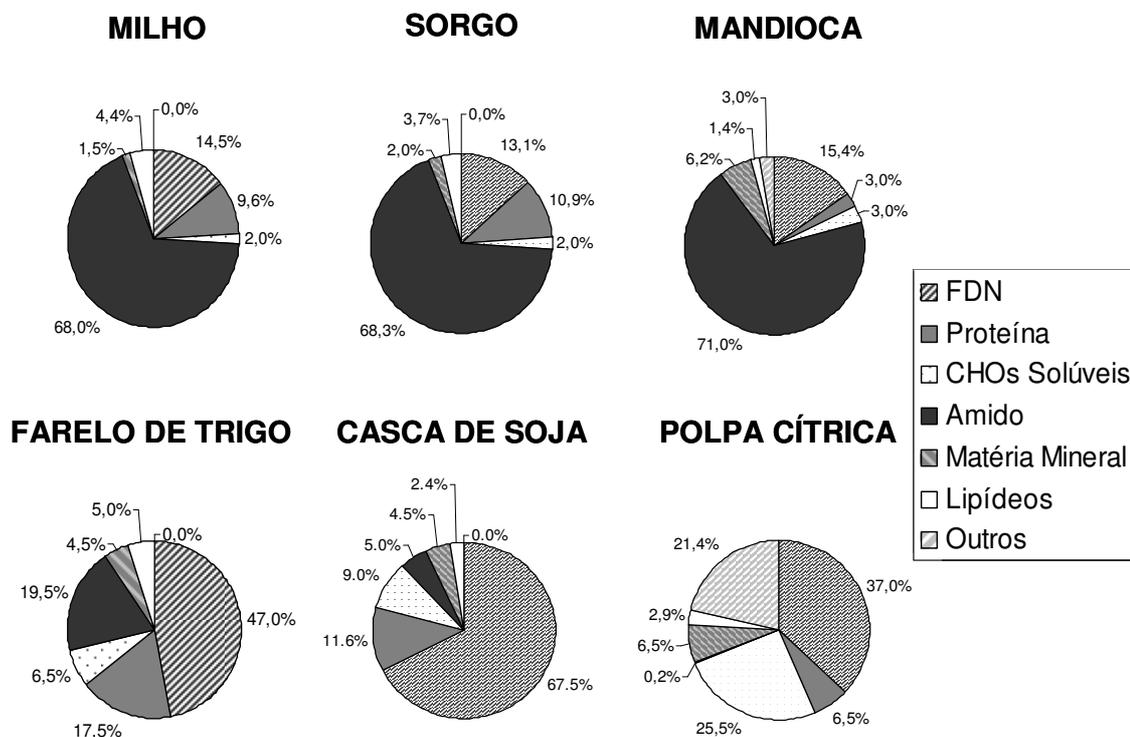


Figura 24. Composição nutricional de alimentos energéticos.  
Fonte: Adaptado de Gonçalves et al. (2009)

### 5.1. Efeito da suplementação energética no consumo de forragem

A resposta na produção de animais sob pastejo ao uso de suplementos é, provavelmente, influenciada pelas características do pasto e do suplemento, bem como pela maneira de seu fornecimento e pelo potencial de produção do animal (Siebert e Hunter, 1982). Na época da seca, devido à baixa qualidade das forrageiras tropicais, o desempenho dos animais é influenciado pela deficiência secundária de energia (Van Niekerk e Jacobs, 1985). Isto porque as bactérias celulolíticas, responsáveis pela digestão da fibra, necessitam para o seu crescimento, além da amônia, esqueletos de carbono. No entanto, a suplementação energética isolada, em baixos níveis, na época da seca, geralmente, não promove melhorias no consumo de forragem, sendo que a melhor resposta no consumo é obtida com a suplementação conjunta de proteína, energia e fósforo (Van Niekerk e Jacobs, 1985). Na época das águas, devido à alta degradabilidade da proteína da pastagem, a disponibilidade de nitrogênio para a síntese de proteína microbiana pelos micro-organismos ruminais, normalmente, não é um fator limitante, podendo a energia assumir esta condição (Thiago, 1999). A alta degradabilidade proteica da pastagem pode propiciar altas concentrações ruminais de amônia, limitando a produção de nitrogênio microbiano, pela falta de substratos prontamente fermentáveis (Poppi e McLennan, 1995). Nesses casos, o uso de suplementos de natureza energética, em pequenas quantidades, provê energia adicional, para melhor

sincronização na síntese de proteína microbiana, reduzindo as perdas do N ruminal, permitindo que maior quantidade de proteína microbiana alcance o intestino delgado, melhorando, conseqüentemente, o desempenho animal (Siebert e Hunter, 1982; Poppi e McLennan, 1995; Caton e Dhuyvetter, 1997). No entanto, maiores quantidades de suplementos energéticos podem limitar a resposta de animais em pastagens à suplementação, pelo efeito de substituição do consumo de pasto pelo consumo de suplemento (Reis et al., 1997).

Vários mecanismos têm sido propostos para explicar os efeitos associativos negativos observados em dietas mistas. Dados de pesquisa têm demonstrado que os efeitos associativos negativos, geralmente, estão associados a alterações no ambiente ruminal, que influenciam negativamente a atividade dos micro-organismos celulolíticos e prejudicam a disponibilidade de nutrientes metabolizáveis (Mould et al., 1983; Chase e Hibbert, 1987). Até então, a justificativa mais utilizada para explicar estes efeitos não aditivos da suplementação energética, era a diminuição na taxa e magnitude da digestão da fibra ocasionada pela inibição da celulólise, como consequência da queda do pH ruminal, pela produção de ácido láctico (Caton e Dhuyvetter, 1997). Segundo Ørskov e Tyle (1990), os substratos disponíveis para fermentação, juntamente com o pH ruminal, são os principais fatores determinantes da prevalência dos micro-organismos no ecossistema ruminal, destacando-se a redução do pH ruminal, como a principal causa isolada de efeitos associativos negativos de diversos componentes da dieta sobre sua digestibilidade. Hoover (1986) relatou que decréscimo de pH ruminal abaixo de 6,0 resultou em perda acentuada de atividade fibrolítica, com uma completa cessação de digestão de fibra com pH entre 4,5 e 5,0. No entanto, a redução do pH ruminal, frequentemente citada como a maior causa da redução na digestibilidade da fibra, nem sempre explica decréscimos no consumo e na digestibilidade, associados com a suplementação de energia (Caton e Dhuyvetter, 1997). O efeito do pH ruminal na digestibilidade da celulose tem sido frequentemente confundido com alterações decorrentes do aumento no consumo de alimentos ou da concentração de fibra na dieta, fatores que também alteram a digestibilidade. O aumento na taxa de passagem, normalmente reduz a digestibilidade dos componentes da dieta e, em especial, dos componentes mais resistentes à degradação, como a fibra e o amido de baixa degradabilidade ruminal (Caton e Dhuyvetter, 1997).

Um outro fator importante a ser considerado na explicação dos efeitos associativos da suplementação energética é a otimização do ambiente ruminal quanto ao suprimento e relações entre nutrientes chaves para o crescimento microbiano. Alguns trabalhos mencionam que uma possível competição por nitrogênio entre as bactérias celulolíticas e amilolíticas provocaria a depressão na digestão das frações da parede celular (El-Shazly et al., 1961). Nestas condições de competição por nutrientes essenciais, os micro-organismos celulolíticos, não são hábeis em metabolizar e reproduzir a uma taxa rápida como a dos micro-organismos amilolíticos, favorecendo o crescimento desses últimos, levando, conseqüentemente, a depressão na digestibilidade ruminal de componentes fibrosos da forragem (El-Shazly et al., 1961).

Na época das águas, devido a boa qualidade da forragem, o fornecimento de grandes quantidades de suplementos energéticos pode diminuir o consumo de forragem, pela ação do controle quimiostático do consumo de alimentos, que é sensível à quantidade de energia digestível ingerida (Mertens, 1994). Conrad (1966) sugeriu um limite de 66,7% de digestibilidade entre a regulação dominada pelos fatores de distensão do trato digestivo e a dominada pelos fatores quimiostáticos. Um aumento na digestibilidade total pode ser esperado com a inclusão de concentrados na dieta porque estes, usualmente, apresentam

digestibilidade maior que a do pasto. Assim, bovinos alimentados com dietas contendo grandes quantidades de grãos, com digestibilidade acima deste limite, têm seu consumo controlado por mecanismos quimiostáticos (Conrad, 1966). Também tem sido postulado que à medida que se aumenta o nível de suplementação energética, há uma diminuição do tempo de pastejo e do tamanho do bocado do animal, que comprometem o consumo de forragem (Reis et al., 1997).

Há que se considerar que, a presença de efeitos associativos negativos, entre suplementos e forragem, parece ser mais marcante, no emprego de suplementos energéticos, em condições de melhor qualidade da forragem (Minson, 1990; Caton e Dhuyvetter, 1997). De fato, Franco et al. (2007), em revisão de literatura de trabalhos nacionais, encontraram maior efeito substitutivo em suplementos energéticos, fornecidos na época das águas. Nesta situação, o coeficiente de substituição pode refletir a manutenção de um consumo de energia constante, ou a diminuição da digestão da fibra (Fig. 13 e 14) (Reis et al., 1997). A redução no consumo de forragem é expressa como proporção da quantidade do alimento alternativo consumido. Assim, o coeficiente de substituição pode ser calculado, conforme Hodgson (1990), como:

$$\text{Efeito de substituição} = \frac{\text{QFSSPL} - \text{QFCSPL}}{\text{QSPL}} \times 100$$

Onde:

QFSSPL = quantidade de forragem consumida (kg de MS) por animais não suplementos

QFCSPL = quantidade de forragem consumida (kg de MS) por animais suplementados

QSPL = quantidade de suplemento consumido (kg de MS)

O coeficiente de substituição varia com o tipo de suplemento, o valor nutritivo da forragem disponível e o nível de suplementação. Quando a disponibilidade de forragem é alta, o fornecimento de suplemento energético aumenta o consumo total, mas diminui a ingestão de forragem. Se a diminuição no consumo de forragem for igual à quantidade do concentrado consumido, o coeficiente de substituição será um (1) e o suplemento terá pouco efeito na produção. Ao contrário, se o suplemento não tem efeito no consumo de forragem, o coeficiente de substituição será igual a zero e se observará benefício integral de seu uso (Reis et al., 1997). Minson (1990) observou alto coeficiente de substituição (1,67) quando grande quantidade de milho moído foi fornecida a novilhas recebendo diferentes tipos de forragens. Contudo, quando a dieta continha menos de 33% de milho, o coeficiente de substituição variou de 0,03 a 0,66. Quanto maior o teor de amido ingerido maior será a queda de consumo da pastagem, porém, o efeito substitutivo também é dependente do tipo de amido utilizado (Reis et al., 1997). Geralmente, a suplementação com grão de milho, acima de 0,25% do peso vivo, resulta em efeitos adversos sobre a utilização da forragem. Já a suplementação com trigo, somente tem efeito, em níveis acima de 0,34% do PV (Pordomingo et al., 1991; Caton e Dhuyvetter, 1997).

Quando a taxa de substituição da forragem por concentrado é baixa, isto permite aumentar o consumo de forma significativa, podendo propiciar resposta elevada a suplementação em termos de ganho de peso diário (GPD) adicional, não havendo, porém, grande impacto na taxa de lotação da pastagem. Quando a taxa de substituição é alta, o consumo total não sofre aumentos significativos. As respostas em GPD por animal podem ser menores que com baixas taxas de substituição. No entanto, vale ressaltar a importância do efeito substitutivo, pois, a substituição de parte do consumo de forragem pelo consumo de

suplemento pode elevar a capacidade de suporte até valores que, sem redução acentuada do desempenho animal, possibilitem melhorar a produção animal por área. Como o suplemento geralmente apresenta maior custo que a forragem, a substituição desta, pelo suplemento de alto consumo, deve sempre estar respaldada por avaliações econômicas (Reis et al., 1997).

Nas pastagens com baixa disponibilidade de forragem, a suplementação energética obviamente resultará em maior resposta animal, particularmente se o suplemento é rico em fibra de alta digestibilidade. Ao contrário, se há oferta de forragem em abundância, ocorrerá resposta somente se a forragem for de baixo valor nutritivo, uma vez que ocorre alto nível de substituição. Algumas estratégias podem ser usadas para minimizar os efeitos associativos negativos, como: o correto manejo da alimentação, o suprimento de substratos microbianos essenciais, uso de fontes energéticas alternativas e a modificação de grãos, para minimizar seus efeitos adversos sobre digestão de fibra (Paulino et al., 2002). Conforme a fonte energética utilizada na suplementação, há variações na quantidade de matéria orgânica fermentada no rúmen, captação de amônia, síntese microbiana e, conseqüentemente, proteína que chega ao intestino. Assim, alimentos ricos em fibras prontamente degradáveis, como farelo de trigo, farelo de arroz, casca de soja e polpa de citros, têm sido utilizados, em substituição total ou parcial as fontes de milho e sorgo, na tentativa de se reduzir os efeitos da suplementação energética sobre o consumo de forragem, aumentando a eficiência no uso dos nutrientes pelo animal. (Caton e Dhuyvetter, 1997). A adequação da disponibilidade e relação de nutrientes a nível ruminal pode reverter os efeitos associativos negativos da suplementação energética (Paulino et al., 2001). A suplementação com grãos, fornecidos isoladamente, apresenta menor potencial de desempenho, quando comparada à suplementação proteico-energética. Suplementos baseados em grãos, fornecidos em grandes quantidades, podem ser eficientemente utilizados por bovinos, em forragens de baixa qualidade, quando conteúdo adequado de proteína degradada no rúmen (PDR) é incluído nos suplementos. O fornecimento de grandes quantidades de um suplemento que fornece energia e PDR no rúmen possibilita maiores taxas de ganhos dos bovinos, quando comparado à suplementação exclusiva com grãos. O fornecimento exclusivo de fontes de carboidratos não fibrosos (CNF), sem adição de PDR, exacerba a deficiência preexistente de proteína degradável, resultando em maior redução no consumo e digestibilidade de forragens de baixa qualidade. Quando fornecidos com proteína degradável adequada, suplementos baseados em CNF podem ter eficiências e conversões aceitáveis e aumentar o desempenho de bovinos pastejando forragens de baixa qualidade. (Paulino et al., 2001). Contudo, ainda existem dúvidas quanto ao nível de suplementação que, sob condições de um adequado suprimento de PDR, permita maximizar o consumo de energia e, portanto, o desempenho animal.

A suplementação energética, muitas vezes, é antieconômica. A suplementação energética pode ocorrer de forma indireta, pelo fornecimento de proteína, uma vez que, a suplementação proteica aumenta a digestibilidade de forragens de baixa qualidade e também o seu consumo, resultando em maior ingestão de energia digestível (Reis et al., 1997). Assim, devido ao custo, suplementos energéticos, provavelmente, não serão oferecidos, quando suplementos ricos em proteína permitirem desempenho aceitável (Haddad e Castro, 1998).

## **6. TIPOS DE SUPLEMENTOS E DESEMPENHO ANIMAL**

A grande falta de padronização dos suplementos presentes em trabalhos publicados prejudica, por demais, a avaliação do efeito da suplementação e a comparação entre estes trabalhos. Uma vez que são infinitas as possibilidades de formulação de suplementos, pela combinação de diversos alimentos, esforços devem ser envidados com o intuito de padronizar

a nomenclatura dos suplementos, facilitando, assim, a comparação entre trabalhos e, principalmente, diminuindo as dúvidas entre os produtores, na adoção dessas tecnologias. A natureza dos suplementos pode ser determinada pelo tipo de alimento utilizado em sua formulação; concentração, principalmente, de ureia, fósforo e NaCl; e em função dos níveis apresentados de proteína bruta (PB), nutrientes digestíveis totais (NDT) e mistura mineral. Seguindo estes critérios, os suplementos, utilizados na alimentação de bovinos a pasto, podem ser classificados como:

### **6.1. Sal mineral**

Mistura de macro e microelementos minerais que apresenta elevado teor de cinzas (> 90%), tendo o NaCl como regulador de consumo, podendo, ou não, conter palatilizantes. Trabalhos que avaliam os efeitos da suplementação, geralmente, utilizam o sal mineral como controle, sendo as comparações feitas em relação a esse tratamento.

### **6.2. Sal mineral com ureia**

Também designado de “sal ureado” e “sal nitrogenado”. A utilização de sal mineral com ureia está associada a estratégias que primam pela manutenção de peso dos animais na época seca do ano, buscando o aproveitamento dos ganhos diferenciados, proporcionados pelo período das águas subsequente (Paulino e Ruas, 1988). Essa suplementação é indicada quando a forragem disponível apresentar baixo valor nutritivo, com o conteúdo de proteína bruta inferior a 7%, uma vez que a proteína é o principal fator limitante nestas condições (Van Nierkerk e Jacobs, 1985). A premissa básica para o sucesso desta tecnologia é que haja boa disponibilidade de forragem. Nessas situações, o objetivo é suprir o animal com nitrogênio a ser utilizado pelos micro-organismos do rúmen. Isso melhora a digestão da fibra e, conseqüentemente, o consumo de forragem. Para atender a essa demanda é necessário que um animal consuma de 25 a 40g de ureia por dia. Para que o consumo de ureia alcance esses valores, há a necessidade de inclusão de cerca de 10% de palatilizantes (melaço em pó, fubá de milho, farelos de trigo, algodão, soja ou outros). Geralmente, este suplemento é formulado para conter uma mistura final de até 10% de palatilizante, 25 a 40% de ureia e 50 a 70% de sal mineral, devendo ser consumida na proporção de 60 a 120 g/animal/dia. A adequação do conteúdo de enxofre se faz necessária, para manter a relação N:S da dieta, no intervalo de 10:1 a 15:1. O NaCl e a ureia agem como reguladores do consumo do suplemento.

### **6.3. Mistura múltipla**

Também designado de “sal proteinado”, “sal mineral proteinado”, “suplemento múltiplo” e “suplemento mineral-proteico-energético”. Bovinos mantidos em pastagens tropicais, especialmente durante a época seca, geralmente sofrem de carências múltiplas, envolvendo proteína, energia, minerais e vitaminas (Viana, 1977; Paulino, 1999). Assim, seria lógico o emprego de um “suplemento múltiplo”, ao em vez de apenas mistura mineral. Neste caso, a suplementação deve ser feita considerando a ocorrência de deficiências simultâneas, estabelecendo-se suplementos de natureza múltipla, com associação de fontes de nitrogênio solúvel, minerais, fontes naturais de proteína, energia, vitaminas e aditivos, visando crescimento contínuo dos bovinos a pasto (Paulino, 1999). Viana (1977) já sugeria o uso da “Mistura Farelada de NNP”, composta de 10 a 25% de ureia, 25 a 35% de fubá, 25% de fosfato bicálcico, 20 a 30% de sal e 5 a 15% de melaço, como alternativa de suplementação para o período seco.

As misturas múltiplas são formuladas para conter um nível de proteína entre 25 e 60%, podendo ser de baixo (< 0,1% PV), médio (de 0,1 a 0,3% PV) e alto consumo (de 0,4 a 0,6%PV). Na formulação, o sal mineral deve ser acrescido de fontes de proteína verdadeira, como os farelos de soja, algodão e amendoim, associada a fontes de nitrogênio não proteico, geralmente a ureia. Nos proteinados de baixo consumo, a inclusão de alimentos energéticos visa melhorar o consumo do suplemento e a utilização da ureia no rúmen. Já nos suplementos de médio e alto consumo, os alimentos energéticos são incluídos num nível que contribui para o suprimento das exigências de energia do animal (Euclides, 2001).

As variações das formulações das misturas múltiplas estão ligadas ao consumo diário e a época do ano, e normalmente, são compostas de:

- a) 5% a 15% de ureia.
- b) 15% a 30% de farelos proteicos.
- c) 20% a 40% de farelos energéticos.
- d) 7% a 30% de sal branco.
- e) 5% a 15% de suplemento mineral.

O consumo varia de acordo com o ganho preconizado, sendo que quanto maior o ganho, maior a necessidade de acrescentar farelos na mistura, e conseqüentemente maior o consumo. Além disto, o uso crescente de sal comum e ureia limitam o consumo, uma vez que estes agem como reguladores de consumo das misturas (Paulino et al., 2001). A porcentagem de NaCl deve ser proporcional à idade dos animais, uma vez que animais mais jovens são mais sensíveis ao sal do que animais adultos (Euclides, 2001).

O objetivo básico dos suplementos múltiplos é fornecer quantidades catalíticas de substratos microbianos específicos (nitrogênio solúvel, fontes naturais de energia e proteína, minerais e vitaminas) com o intuito de suprir as exigências dos micro-organismos ruminais, estimulando o consumo e digestão da forragem (Paulino et al., 2001). Desta forma, a utilização de suplementos múltiplos visa explorar os efeitos associativos positivos da suplementação, melhorando o desempenho de animais mantidos em pastagens (Paulino et al., 2001). O uso de suplementos múltiplos, na época da seca, tem produzido resultados satisfatórios, evitando a perda de peso característica para animais não suplementados nessa época crítica do ano, permitindo que estes possam ser abatidos com idades inferiores a 30 meses. Alguns estudos realizados no Brasil comprovaram a superioridade da suplementação múltipla em relação à suplementação mineral, no ganho de peso de animais em pastagens de baixa qualidade (Lopes et al., 1998). Estes trabalhos relatam ganho de peso de bovinos, entre 0,059 a 0,740 kg/cabeça/dia, e consumo diário de suplementos, variando de 0,05 a 0,6% do peso vivo (Carvalho et al., 2003). Em situações onde existe boa disponibilidade de matéria seca na pastagem, o uso de proteinados de baixo consumo pode reduzir as perdas de peso, durante a época da seca, e até proporcionar ganhos de peso da ordem de 300g/animal/dia (Thiago, 1999). A contribuição gerada no sistema de produção, pela utilização de suplementos múltiplos de baixo consumo, parece estar associada a uma relação custo/benefício favorável desta tecnologia e a possibilidade de obtenção de ganhos compensatórios na época das águas subseqüente (Franco et al., 2007). A suplementação múltipla na época das águas tem sido utilizada, com maior ênfase, após o sucesso de seu uso na época da seca. No período chuvoso, em função do aumento das concentrações proteicas das gramíneas e da alta taxa de degradabilidade ruminal dessa fração, haveria um excesso de nitrogênio em relação à disponibilidade de energia. Desse modo, parte do nitrogênio, além de não ser utilizada, consumiria energia para excreção urinária, na forma de ureia. Neste caso, a suplementação passaria a ter níveis nutricionais diferentes, principalmente, menor teor de ureia, maiores

teores de energia e minerais e maior proporção de fontes proteicas não degradáveis no rúmen (Euclides, 2001).

#### **6.4. Suplementos de semiconfinamento**

Outro procedimento que pode ser utilizado para otimizar o uso das pastagens, e manter níveis mais elevados de produção, é a suplementação alimentar com mistura balanceada de concentrados. Quando se almeja a produção de novilhos precoces a pasto, deve-se liberar o consumo de suplementos, fornecendo-os em níveis superiores que 0,6% (Euclides, 2001). Estes suplementos podem ser considerados uma ração concentrada de semiconfinamento, devido ao alto teor de farelos. Nesse caso, as taxas médias de ganho, durante o período de suplementação, variam entre 0,5 e 1,2kg/dia e serão função da quantidade de suplemento oferecido (0,6% a 1% do peso vivo), do potencial do animal, da sua condição corporal, da forragem disponível e sua qualidade, do tamanho dos pastos, da distância das aguadas e da declividade do terreno (Euclides, 2001). A suplementação na seca, em semiconfinamento, vem crescendo na preferência dos produtores, uma vez que, a suplementação em pastagens propicia vantagens, como: redução dos problemas ambientais causados pela concentração de esterco em confinamento, menor incidência de doenças, redução no uso de fármacos, menor demanda de mão de obra e redução da infraestrutura necessária (Berchielli et al., 2006). Os concentrados energéticos e proteico-energéticos se enquadram dentro desta categoria de suplementos de semiconfinamento.

Os concentrados energéticos são aqueles formulados à base de alimentos energéticos, com 70% ou mais de NDT, sendo utilizados, principalmente na época das águas, para melhorar a utilização da proteína da forragem. Entretanto, Franco et al. (2007) sugeriram que os resultados obtidos em pesquisas nacionais não fundamentam a utilização de concentrados energéticos, tanto na época da seca, quanto das águas, pelos baixos ganhos de peso, em relação a animais suplementados com sal mineral, pela baixa eficiência alimentar, e custo, fazendo com que esta suplementação, na maioria das vezes, seja antieconômica.

Os concentrados proteico-energéticos são aqueles formulados pela mistura de alimentos proteicos, como os farelos de soja, algodão e amendoim e energéticos, como o milho, o sorgo e subprodutos da mandioca, em altas proporções, em relação à mistura mineral, podendo apresentar NaCl em sua formulação, mas, em quantidade incapaz de caracterizar regulação de consumo. Na época das águas podem ocorrer flutuações no valor nutritivo das forragens, e mesmo as forrageiras apresentando bom valor nutritivo, na maioria das vezes, o potencial de ganho de peso do animal não é atingido. Desta forma, pode haver resposta positiva à suplementação com concentrados proteico-energéticos, ricos em PNDR (Poppi e McLennan, 1995). Devido a problemas de baixa palatabilidade, a inclusão destes produtos é limitada a 25 - 30% do suplemento e geralmente combinado com grãos para aumentar a palatabilidade. Nesse caso, vale ressaltar a importância do efeito substitutivo, pois, geralmente, a suplementação alimentar em uma pastagem de alta qualidade resulta em redução de consumo da forragem por parte do animal, como consequência de sua substituição pelo concentrado. Esta suplementação proporciona expressivos ganhos de peso, sendo que sua utilização deve estar associada, preferencialmente, a animais em fase de terminação. No entanto, o consumo elevado deste tipo de suplementação pode torná-la economicamente inviável, dentro do sistema de produção (Franco et al., 2007).

Várias sugestões de formulações de suplementos, para diferentes categorias animais, ganhos de peso e época de utilização podem ser obtidas nas revisões apresentadas por Paulino (1999); Paulino et al., (2001) e Thiago e Silva, (2001).

## 6.5. Desempenho animal

O consumo de suplementos varia de acordo com a disponibilidade de matéria seca da pastagem. Quanto menor a oferta de forragem, maior o consumo do suplemento, e, quanto maior o ganho preconizado, maior a necessidade de acrescentar farelos, aumentando, assim, o consumo. A palatabilidade dos alimentos utilizados nas formulações do suplemento pode afetar seu consumo (Paulino e Ruas, 1988). Além disto, os suplementos podem ser formulados para a autorregulação do consumo, por meio da adição crescente de sal comum e ureia, que agem como reguladores de consumo de suplementos (Paulino 1999). Apesar disso, o uso do sal, como regulador de consumo de suplementos, pode apresentar variações, pois, além de diferenças individuais entre os animais, quanto à tolerância a níveis de sal, com o passar do tempo, estes podem adaptar-se a altos níveis de sal e alterar o consumo do suplemento, havendo a necessidade de ajustes (Cardoso, 1997). A porcentagem de NaCl deve ser proporcional à idade dos animais, uma vez que animais mais jovens são mais sensíveis ao sal do que animais adultos (Euclides, 2001). A água de muitas regiões pode ser uma importante fonte de minerais ou, mais frequentemente, um sério problema para a suplementação adequada. “Águas salobras”, caracterizadas pelo excesso de NaCl, dificultam a ingestão de suplementos, já que o sal age como regulador de consumo destes. Em algumas regiões, a presença de “águas duras”, ricas especialmente em cálcio e magnésio, merecem ser avaliadas na formulação dos suplementos, pois podem prejudicar a absorção de outros minerais. Além disso, algumas vezes, detectam-se “águas sulfurosas” e “ferruginosas”, que podem dificultar a criação de ruminantes (Ferreira et al., 2005). A avaliação do consumo de suplementos a pasto requer conhecimentos da existência de uma ativa ordem social entre os animais (Blockey e Lade, 1974), havendo necessidade de possibilitar espaço adequado de cocho, variável conforme o tipo de suplemento. Ademais, a baixa fertilidade do solo, presença de chuva, longas distâncias entre o cocho e a aguada, empedramento do suplemento, dentre outros fatores, podem diminuir o consumo dos suplementos, devendo ser considerados nas avaliações de consumo. Suplementos ricos em proteína podem ser fornecidos em regime de autocontrole do consumo, diminuindo a influência, nos cochos, de animais socialmente dominantes e permitindo que a suplemento seja ofertado aos animais em menores frequências de fornecimento. Registra-se, no entanto, que variações individuais, do consumo de suplementos por bovinos, podem existir, independentemente, da forma ou método de distribuição do suplemento (Tab.12) (Bowman e Sowell, 1997).

Tabela 12. Consumo médio diário de suplementos (kg/dia) de acordo com os fatores: gramínea, sexo e grupo genético

Fator	Classe	Consumo
Gramínea	Andropogon/Jaraguá	1,990 <sup>a</sup>
	<i>Brachiaria</i> sp.	1,571 <sup>b</sup>
	<i>Panicum</i> sp.	1,188 <sup>c</sup>
Sexo	Macho	1,748 <sup>a</sup>
	Fêmea	1,418 <sup>b</sup>
Grupo genético	Mestiço	1,736 <sup>a</sup>
	Zebuíno	1,430 <sup>b</sup>

Médias na coluna, dentro dos fatores, seguidas por letras distintas, são diferentes (P<0,05).

Fonte: Paulino et al. (2002)

Um dos fatores preponderantes com relação à produção de animais em sistema de suplementação a pasto consiste na definição dos objetivos almejados e das metas estabelecidas com o planejamento nutricional. A resposta produtiva à suplementação é afetada por fatores relacionados ao animal, ao pasto, ao suplemento e às interações entre estes. Os fatores mais importantes relacionados ao animal são: o mérito genético, o estado fisiológico, a sanidade, a idade, o sexo e o desempenho desejado. Os fatores relacionados ao pasto são o tipo de forragem, a qualidade do pasto e a oferta de forragem, que envolve a estrutura do pasto, principalmente a relação folha:colmo. Em relação ao suplemento salientam-se a quantidade consumida pelos animais e tipo de alimentos utilizados na formulação (Paulino et al., 2002). Na suplementação de animais a pasto, para se ter respostas biológicas satisfatórias, é reconhecida a necessidade de formulações regionais desses suplementos, que devem estar de acordo com as características de cada propriedade, levando em consideração à base forrageira, a época do ano, o tipo de animal, as metas almejadas, bem como, a possibilidade de uso de alimentos regionais alternativos. Na Tab.13 são mostradas as situações que podem ocorrer nas pastagens durante o período seco, bem como as respostas dos animais ao uso de diferentes tipos de suplementos.

Tabela 13. Resposta animal aos diferentes tipos de suplementos em pastagens tropicais

<b>Variável</b>	<b>Característica da Forragem</b>			
Disponibilidade	Baixa		Alta	
Digest. da fibra	Baixa	Alta	Baixa	Alta
Conteúdo de PB	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Relação N:S	Baixa	Alta	Baixa	Alta
<b>Tipo de suplemento</b>	<b>Respostas à suplementação*</b>			
Energético	+	+++	+	++
Proteico	0	++	+++	++
NNP+S	0	0	++	+
Sal mineral	0	0	0	++

\*Resposta Nula (0), Pequena (+), Média (++), Alta (+++)

Fonte: Adaptado de Siebert e Hunter (1982).

A manipulação nutricional, por meio da suplementação, representa uma forma de estímulo da atividade microbiana ruminal, visando proporcionar uma otimização do desempenho animal a pasto. Em sistemas onde o objetivo é manutenção ou ganhos de peso de até 500g/dia, a suplementação pode ser feita, priorizando maximizar o ambiente ruminal, explorando ao máximo, o efeito aditivo dos suplementos sobre a digestibilidade e o consumo de pasto. Assim, em forragens de baixa qualidade, a primeira consideração a ser feita, seria atender as necessidades de nitrogênio dos micro-organismos ruminais, pela suplementação com proteína degradável no rúmen (PDR), para assegurar a digestão e o consumo de forragem. A maximização da fermentação ruminal, pode ser feita pela inclusão de pequenas quantidades de alimentos energéticos, uma vez que, para máxima síntese de proteína microbiana, é necessário um sincronismo entre a degradação das fontes de proteína e energia. Em sistemas mais dinâmicos, a suplementação pode ser feita, visando não só fornecer nutrientes para os micro-organismos ruminais, mais também, para o animal, por meio do uso de alimentos ricos em proteína não degradável no rúmen (PNDR), aumentando o aporte de aminoácidos para o intestino, e pela utilização de concentrados proteico-energéticos de maior ingestão diária, permitindo um efeito de substituição controlado (Haddad e Castro, 1998; Paulino, 1999).

Euclides et al. (1998, 2001) avaliaram diferentes manejos alimentares da recria a terminação de novilhos Nelore e F1 Angus x Nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens*, respectivamente (Fig.25). Esses autores testaram o desempenho de animais sem suplementação, suplementados apenas na primeira seca, suplementados apenas na segunda seca, suplementados nas duas secas e suplementados na primeira seca e confinados na segunda seca. Foram utilizados suplementos proteico-energéticos, fornecidos em quantidades de 0,8-0,9% do PV.

Durante os dois períodos das águas subsequentes à suplementação, os animais que passaram por restrição alimentar apresentaram ganhos de peso diários superiores àqueles que tiveram a dieta suplementada, mas esses não foram suficientes para que os animais atingissem pesos de abate à mesma idade dos animais suplementados. Esses resultados são concordantes com os verificados por Boin e Tedeschi (1996), que, após revisão sobre ganho compensatório, concluíram que casos de compensação total são raros na literatura e em condições práticas de produção. Os animais Nelores que não receberam nenhuma suplementação, desmamados com 170 kg, atingiram o peso de abate aos 36 meses (Euclides et al., 1998). O alto potencial genético dos animais F1 Angus-Nelore e o bom peso a desmama (200 kg) fez com que os animais, deste grupo, que não receberam nenhuma suplementação, atingissem peso de abate com média de idade de 30 meses (Euclides et al., 2001).

Quando comparado o desempenho de animais não suplementados, entre os dois grupamentos genéticos, foi verificada superioridade dos animais da raça Nelore, em relação aos F1. Esses resultados corroboram a afirmação de que, em piores condições nutricionais, os animais zebuínos apresentam melhor desempenho que seus mestiços e animais europeus.

Em relação ao grupo de animais Nelore que não receberam nenhuma suplementação, a idade de abate foi reduzida em cinco meses para os suplementados na primeira seca, em sete meses para os suplementados na segunda seca, em nove meses para os suplementados na primeira e segunda seca e em 13 meses para os suplementados na primeira e confinados na segunda seca (Euclides et al., 1998).

Os animais F1 suplementados na primeira seca e os suplementados na segunda apresentaram idades semelhantes ao atingirem o peso de abate, sendo, em média, 28,0 e 26,6 meses, respectivamente. Os animais suplementados na primeira seca e confinados na segunda alcançaram o peso de abate em menos tempo (22,0 meses) do que aqueles suplementados nos dois períodos secos (24,2 meses). Esses, por sua vez, foram mais precoces do que aqueles dos dois tratamentos anteriores. Já os animais que não receberam nenhuma suplementação levaram mais tempo (30,1 meses) para atingir o ponto de abate (Euclides et al., 2001). A suplementação alimentar foi capaz de reduzir a idade ao abate e aumentar a taxa de lotação das pastagens. Devido a relevância dos gastos com a suplementação e confinamento, as análises de viabilidade econômica das diferentes estratégias de suplementação devem sempre ser conduzidas, pois estas sofrem influência direta do preço da arroba e dos suplementos. Além disso, na escolha de determinada estratégia, deve-se considerar os benefícios indiretos da suplementação.

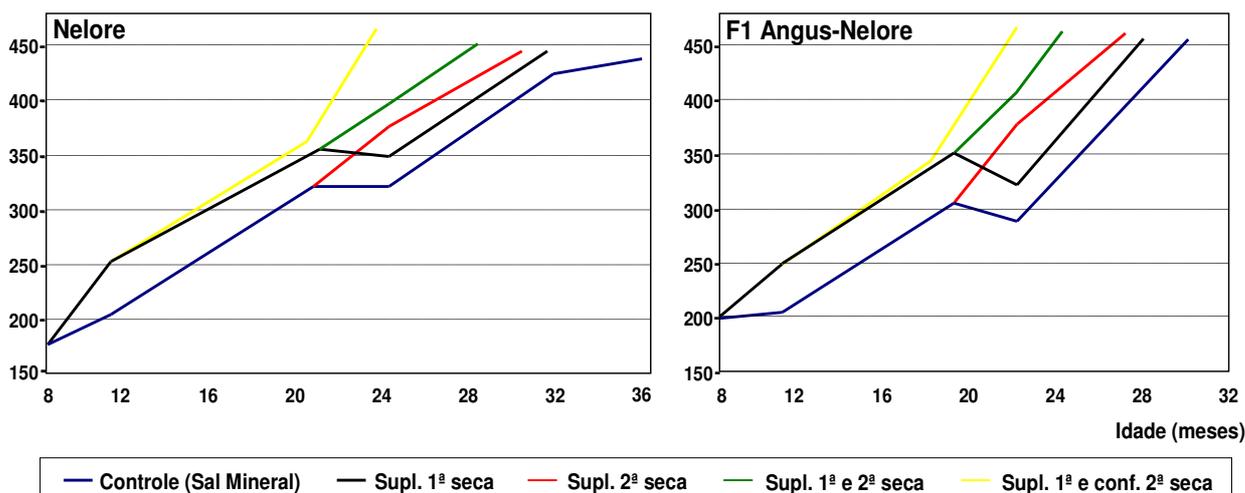


Figura 25. Ganho de peso de novilhos Nelore e F1 Angus-Nelore, submetidos a diferentes regimes alimentares. Fonte: Euclides et al. (1998, 2001)

Muitos trabalhos sobre suplementação de bovinos a pasto já foram desenvolvidos no Brasil. Durante a época da seca, o aporte de nutrientes, via suplementação, pode propiciar níveis diferenciados de desempenho dos animais, desde a simples manutenção de peso, a ganhos superiores a 1,0kg/dia (Paulino, 1999; Euclides, 2001).

Vários trabalhos, realizados na época da seca, comprovam o ganho de peso de bovinos a pasto, entre 0,020 e 1,03kg/animal/dia, com consumo diário de suplementos de 0,027 a 1,060% do PV. Na época das águas, trabalhos de suplementação demonstram ganhos de peso entre 0,380 a 1,380kg/animal/dia, com consumo diário de suplementos de 0,043 a 1,033% do PV (Franco et al., 2007). Há, no entanto, a necessidade de uma análise dos resultados encontrados, porém, não restrita a cada experimento *per se*, mas que considere uma amostra significativa dos trabalhos publicados e que faça ponderações valiosas sobre as estratégias de suplementação existentes.

Franco et al., (2007), em revisão de dados da literatura nacional sobre suplementação, avaliando o potencial da suplementação sobre o diferencial de ganho de peso, observaram que, independentemente do tipo de suplementação, esta exerce pouca influência durante a época das águas, em relação a animais recebendo sal mineral. Já na época seca, uma grande lacuna é estabelecida entre a exigência animal e o potencial de fornecimento de nutrientes das pastagens. O preenchimento deste espaço repercute frequentemente, em ganhos diferenciais expressivos, justificando os esforços despendidos com a suplementação. Desta forma, a época das águas tem uma importância destacada na eficiência do sistema de produção a pasto, haja visto que é nesta época que ocorrem os maiores ganhos de peso. No entanto, o potencial de resposta à suplementação é maior na época seca, em relação às águas. Esses autores encontraram correlações lineares positivas entre o diferencial de ganho de peso e o consumo de suplemento, em função da época de suplementação e do tipo de suplemento (Fig. 26).

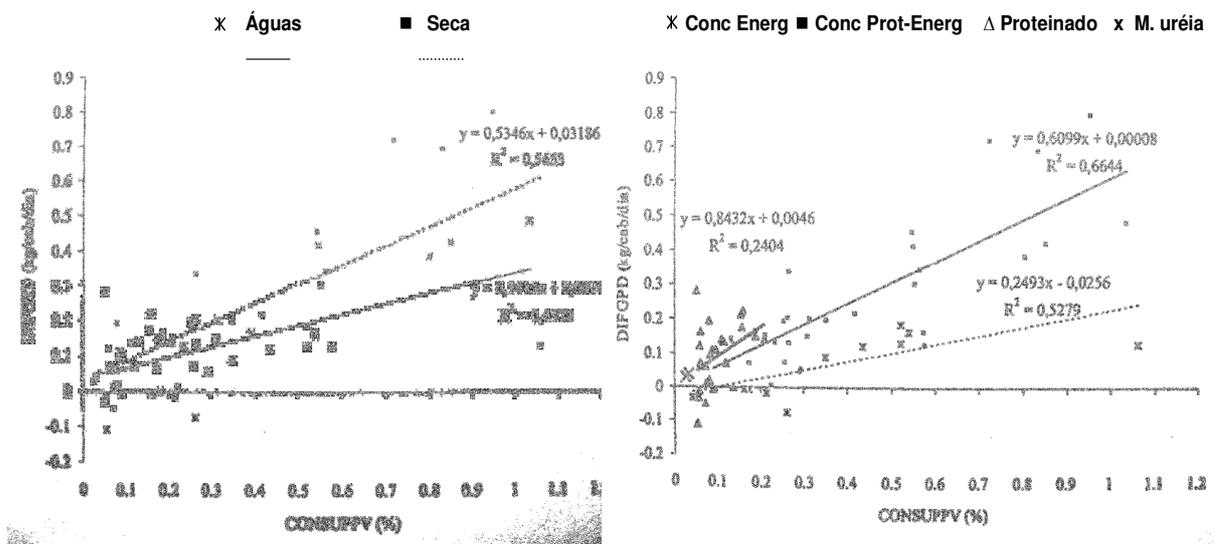


Figura 26. Relação do consumo de suplemento em porcentagem do peso vivo (CONSUPPV) no diferencial de ganho de peso diário (DIFGPD) em função da época de suplementação e do tipo de suplemento. Fonte: Franco et al. (2007)

## 7. FREQUÊNCIA DE SUPLEMENTAÇÃO

Para se estabelecer uma estratégia adequada de suplementação, fatores como qualidade e quantidade de forragem disponível, época do ano e categoria animal a ser suplementada devem ser considerados para que o animal responda com eficiência à suplementação. Os aspectos econômicos, entretanto, acabam sendo determinantes para a tomada de decisão sobre o emprego dessa tecnologia.

Em situações em que há um aumento na participação do suplemento concentrado na dieta, a necessidade de distribuição diária de concentrado eleva os custos operacionais. Constata-se que os custos requeridos com o transporte e a distribuição diária de suplementos para bovinos a pasto são bastante expressivos. Nesse sentido, os profissionais envolvidos com a pecuária de corte têm buscado alternativas para minimizar os custos, sem comprometer o nível de produção. Uma prática que vem sendo abordada nos sistemas que utilizam suplementação é a redução na frequência de fornecimento do suplemento a animais mantidos a pasto.

O fornecimento do suplemento, numa menor frequência, pode permitir ao pecuarista a obtenção de uma relação custo/benefício mais favorável, haja vista que este método não prejudica o desempenho dos animais e permite otimizar e racionalizar a mão de obra e maquinários associados ao processo de distribuição dos suplementos (Berchielli et al., 2006).

Diversos trabalhos encontrados na literatura (Beaty et al., 1994; Bohnert et al., 2002; Zervoudakis et al., 2003; Currier et al., 2004; Farmer et al., 2004; Moraes et al., 2004; Moraes et al., 2005; Neto et al., 2005; Canesin et al., 2007; Andrade et al., 2008) demonstram que os benefícios da suplementação, em intervalos maiores que um dia, persistem após a ingestão do concentrado. Muitos nutrientes requeridos por animais em pastejo podem ser estocados temporariamente e mobilizados quando o consumo não satisfaz as demandas de nutrientes pelo animal (Paulino et al., 2006).

Os ruminantes alimentados com forragem de baixa qualidade e suplementados em menores frequências são hábeis em manter a fermentação ruminal, a digestibilidade dos nutrientes, a eficiência microbiana, o consumo de forragem e o desempenho, quando comparados a animais suplementados diariamente. Muitos mecanismos podem explicar esta não diferenciação no desempenho, em menores frequências de suplementação.

A alteração no comportamento de pastejo dos animais, pela maior intensidade de pastejo e seleção, assim como uma economia de nutrientes, via reciclagem e ajuste metabólico do fluxo e da utilização, poderiam explicar, em parte, o desempenho dos animais suplementados com menores frequências.

O principal evento observado com a redução na frequência de fornecimento de suplemento, para bovinos que consomem forragem de baixa qualidade, é a maior reciclagem de nitrogênio. Os ruminantes são capazes de manter os níveis ruminais de nitrogênio por curtos períodos, possivelmente por meio de mudanças na permeabilidade do trato gastrointestinal à ureia e/ou na regulação da excreção renal, aumentando a reciclagem da amônia via saliva, garantindo, desta forma, adequada fermentação ruminal entre os períodos de fornecimento do suplemento (Fig. 22) (Bohnert et al., 2002). Além disso, observa-se um prolongamento do pico de amônia ruminal, quando a frequência de suplementação é reduzida, o que pode favorecer a manutenção da atividade dos micro-organismos celulolíticos para digestão da fibra.

A capacidade de sustentar a digestão da fibra, quando a proteína suplementar é fornecida infrequentemente, conduz novamente ao fato de que os ruminantes possuem mecanismos que diminuem os efeitos do suprimento infrequente de nutrientes. Farmer et al. (2004) observaram maior proporção molar de propionato, menor de acetato e menor relação acetato:propionato com a infrequência de suplementação, principalmente durante o período de 24 horas após a suplementação. A prolongada melhoria na relação acetato:propionato pode ser um fator contribuinte para a manutenção de satisfatório desempenho de bovinos de corte, com a menor frequência de suplementação. Quando propionato é formado em vez de acetato, há uma maior eficiência de utilização da energia consumida, decorrência de uma menor produção de agentes redutores ( $H^+$ ), e conseqüentemente, menor formação de metano, considerado uma importante fonte de perda de energia consumida dos ruminantes (Berchielli et al., 2006).

A redução na frequência de fornecimento de suplementos para bovinos a pasto tem se mostrado uma alternativa eficiente e viável, pois não causa prejuízos à fermentação ruminal e ao desempenho dos animais. No entanto o efeito da redução na frequência de fornecimento do suplemento, para animais consumindo forrageiras tropicais, em condições de pastejo, ainda é pouco conhecido (Berchielli et al., 2006).

Na Tab.14 encontra-se sumarizados os dados de trabalhos nacionais que avaliaram diferentes frequências de suplementação.

Tabela 14. Frequência de suplementação em trabalhos realizados com diferentes suplementos, épocas de fornecimento, tipo de forragem e animais

Animais	Forragem	Época	Suplemento	Frequência*	Efeito	Referência
Nelore 250Kg PVi	<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	Águas	Mineral-proteico-energético 0,2% PV	2, 3 e 7x/semana	P>0,05	Neto et al. (2005)
Anelorados 222kg PVi	<i>Brachiaria decumbens</i>	Águas	Proteico-mineral 0,2% PV	3, 5 e 7x/semana	P>0,10	Moraes et al. (2005)
Mestiços 230 kg PVi	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	Águas Seca	Proteico 0,5kg/cab/dia Proteico-energético 1% PV	3, 5 e 7x/semana	P>0,05	Canesin et al. (2007)
Nelore	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	Transição águas-seca	Proteico-energético 0,4kg/cab/dia	2, 3 e 7x/semana	P>0,05	Goes et al. (2004)
Anelorados e Mestiços	<i>Brachiaria decumbens</i>	Seca	Mineral-proteico-energético	3, 5, 6 e 7x/semana	P>0,10	Moraes et al. (2004)
Nelore 320 kg PVi	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	Seca	Proteico-mineral 0,3% PV	3 e 7x/semana	P<0,01	Garcia et al. (2005)
Anelorados 191 kg PVi.	<i>Brachiaria decumbens</i>	Seca	Proteico-energético 0,3 e 0,6% PV	3 e 7x/semana	P>0,05	Andrade et al. (2008)

\*Frequência de suplementação: 2 vezes/semana (segunda e quinta), 3 vezes/semana (segunda, quarta e sexta), 5 vezes/semana (segunda a sexta), 6 vezes/semana (segunda a sábado) e 7 vezes/semana (segunda a domingo).

Neto et al. (2005) não verificaram diferença significativa no desempenho de animais recriados em pastagem de *Panicum maximum* cv. Tanzânia, submetidos a diferentes frequências de suplementação. Esses autores observaram ganhos médios diários de 0,867; 0,796 e 0,771kg/dia para suplementação diária, três e duas vezes por semana, respectivamente, com suplemento à base de mistura mineral, farelo de soja, casquinha de soja e milho grão moído, fornecidos em quantidades equivalentes a 0,2% do PV. Da mesma forma, Moraes et al. (2005), avaliando o efeito de diferentes frequências de suplementação (3, 5 e 7 vezes/semana), sobre o desempenho de animais anelorados, em pastagens de *Brachiaria decumbens*, durante a época das águas, não observaram diferenças entre as frequências de suplementação. O suplemento, à base de farelo de soja e mistura mineral, foi ofertado no nível de 0,5kg/animal/dia e os ganhos médios diários forma de 0,895; 0,885 e 0,892kg/dia, para os animais suplementados 3, 5 e 7 vezes/semana, respectivamente. Canesin et al. (2007) observaram que não houve diferença no desempenho de bovinos mestiços, mantidos em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, submetidos a diferentes estratégias de suplementação, na época das águas e da seca. Os suplementos foram ofertados diariamente (D), em dias alternados (DA) e de segunda à sexta-feira (SSF). Na época das águas utilizou-se suplemento à base de glúten de milho-60 e levedura, ofertado na quantidade de 0,5kg/animal/dia. Na época da seca, utilizou-se um suplemento composto de milho, farelo de soja e ureia, oferecido na quantidade de 1% do PV (3,4kg/animal/dia). Os suplementos foram oferecidos aos animais da seguinte forma: D: suplementação diária; DA: quantidade semanal de suplemento dividida uniformemente por quatro dias e oferecida em dias alternados, sendo a quantidade semanal igual à do tratamento D; SSF: quantidade semanal de suplemento dividida uniformemente por cinco dias e oferecida de segunda a sexta-feira, com suspensão

aos sábados e domingos, sendo a quantidade semanal igual à do tratamento D e DA. Os valores de GPD foram 0,76; 0,71 e 0,74kg/dia na época das águas e 0,57; 0,51 e 0,54kg/dia na seca, para os tratamentos D, DA e SSF, respectivamente. Valores semelhantes, na ordem de 0,60kg de GPD, foram encontrados por Goes et al. (2004) para diferentes frequências de suplementação (diárias, duas ou três vezes por semana), em novilhos Nelore, recriados em pastos de *Brachiaria brizantha*, que receberam 0,4kg/dia de suplemento à base de milho, farelo de soja e amireia 180, durante a época de transição águas-seca.

Andrade et al. (2008) avaliaram o efeito da frequência de suplementação (diária ou em dias alternados) sobre o desempenho de bovinos mantidos em pastagem de *Brachiaria decumbens*, na época da seca. Foi utilizado suplemento proteico-energético, constituídos de milho, farelo de soja e ureia, em dois níveis (0,3 e 0,6% PV). A suplementação propiciou GPD de 238 e 343g/dia para os níveis de 0,3% e 0,6% do PV, respectivamente. No entanto, independente do nível de suplementação, a frequência não interferiu no consumo de forragem e no desempenho dos animais. Moraes et al. (2004) avaliando o efeito da frequência da suplementação (3, 5, 6 e 7 vezes por semana) sobre o desempenho de bovinos (anelorados e mestiços leiteiros) em pastagem de *Brachiaria decumbens*, na época da seca, não observaram diferença significativa no GPD entre as frequências estudadas, obtendo valores médios de GPD de 0,25kg/dia. Já, Garcia et al. (2005), avaliando o desempenho de bovinos Nelore, sob pastejo contínuo de *Brachiaria brizantha*, submetidos a dois intervalos de suplementação, na época da seca, observaram diferença entre os tratamentos 0,234 e 0,124 para animais suplementados com concentrado proteico-mineral, diariamente e três vezes por semana, respectivamente. Os autores comentam que esta diferença pode ser explicada pelo efeito de competição, pois a suplementação em dias alternados exacerba o efeito da dominância social de alguns animais, que restringem a aproximação de outros animais ao cocho, refletindo em uma grande variação no desempenho do lote.

Os resultados no desempenho podem variar, principalmente em função do tipo de animal, de forragem, da época de fornecimento e da quantidade, tipo e frequência que o suplemento é ofertado. Suplementos que contem ureia em sua formulação exigem maior atenção quanto à redução na frequência de fornecimento. A utilização da ureia no rúmen é dependente da população de bactérias que utilizem amônia como fonte de nitrogênio. Devido a constante remoção do conteúdo ruminal, controlado pela taxa de passagem, reduções na frequência de suplementação podem diminuir a população destas bactérias, comprometendo, assim, a utilização da ureia no rúmen, podendo ainda provocar quadros de intoxicação e, até mesmo, a morte dos animais.

Os resultados das pesquisas nacionais indicam que, independente da época de fornecimento, menores frequências de suplementação (até duas vezes por semana) não alteram o ganho de peso dos animais, quando comparado ao fornecimento diário. No entanto, algumas questões, como: até que ponto o animal pode ajustar os processos de síntese em função do *pool* de nutrientes e se ocorre condicionamento do animal em razão da frequência de suplementação, dever ser melhor elucidadas (Berchielli et al., 2006). Assim, a redução na frequência de suplementação pode representar uma importante ferramenta à disposição dos produtores para reduzir o tempo, o trabalho e a demanda por máquinas e equipamentos associados à suplementação, ensejando, principalmente, a otimização da mão de obra e redução dos custos do fornecimento da suplementação.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação a pasto é biologicamente viável, pelo efeito positivo no ganho de peso, mas a viabilidade econômica do sistema é local dependente. Assim, a suplementação pode e deve contribuir com o aumento da eficiência na produção de carne a pasto. Para tanto, é preciso considerar a disponibilidade e os aspectos nutricionais do pasto, estabelecer metas claras a serem alcançadas e analisar a relação custo/benefício no sistema de produção.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLDEN, W.G.; WHITTAKER, I.A. The determinants of herbage intake by sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Austr. J. Agr. Res.*, 21, p.755-766, 1970.

ANDRADE, I.F.; SIMIONI, F.L.; LADEIRA, M.M. et al. Níveis e frequência de suplementação de novilhos de corte na estação seca: consumo alimentar e desempenho In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, 2008, Lavras. *Anais...* Lavras: SBZ, 2008. (CD-ROM)

ANTUNES, R.C.; RODRÍGUES, N.M. Metabolismo dos carboidratos não estruturais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G de (Eds.). *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: Funep, 2006. p.229-253.

BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. Nitrogen metabolism in the rumen. *J. Dairy Science*, v. 88, (E. Suppl.): E9–E21, 2005.

BARRETO, A.G.; LOUVANDINI, H.; COSTA, C.P.; et al. Uso da ureia como suplemento proteico na dieta de doadoras e receptoras de embriões bovinos. *R. Bras. Zootec.*, v.32, p.77-84, 2003.

BARTLETT, S.; COTTON, A.G. Urea as a protein substitute in the diet of young cattle. *J. Dairy Res.*, v.9, p.263-272, 1938.

BARTLEY, E.E.; DEYOE, C.W. Starea as a protein replace for ruminants. *Feedstuffs*, Minneapolis, v.47, n.30, p.42-44, 1975.

BEATY, J.L.; COCHRAN, R.C.; LINTZENICH, B.A. et al. Effect of frequency of supplementation and protein concentration in supplements on performance and digestion characteristics of beef cattle consuming low-quality forages. *J. Anim. Sci.*, v.72, n.9, p.2475-2486, 1994.

BERCHIELLI, T.T.; CANESIN, R.C.; ANDRADE, P. Estratégias de suplementação para ruminantes em pastagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006.

BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. Growth patterns of bovine muscle, fat and bone. *J. Anim. Sci.*, v.27, p.611-, 1968.

BLOCKEY, M.A.; LADE, A.D. Social dominance relationships among young bulls in a test o rate of weight gain after weaning. *Austr. Vet. J.*, v.50, p.435-437, 1974.

BODINE, T.N.; PURVIS, H.T. II. Effects of supplemental energy and/or degradable intake protein on performance, grazing behavior, intake, digestibility, and fecal and blood indices by beef steers grazed on dormant native tallgrass prairie. *J. Anim. Sci.*, v.81, p.304-317, 2003.

BOHNERT, D.W.; SHAUER, C.S.; BAUER, M.L. et al. Influence of rumen protein degradability and supplementation frequency on steers consuming low quality forage: cow performance and efficiency of nitrogen use in wethers. *J. Anim. Sci.*, v.80, p.1629-1637, 2002.

BOIN, C., TEDESCHI, L.O. Sistemas intensivos de produção de carne bovina. 2. Crescimento e acabamento. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE, 4, 1996, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1996. p.205-227.

BOWMAN, J.P.; SOWELL, B.F. Delivery method and supplement consumption by grazing ruminants: A review. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.543-550, 1997.

BUTLER, W.R. Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.2533-2539, 1998.

CAMPLING, R.C.; FREER, M.; BALCH, C.C. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 3. The effect of urea on the voluntary intake of oat straw. *Brit. J. Nutr.*, v.16, p.115-124, 1962.

CANESIN, R.C.; BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.; REIS, R.A. Desempenho de bovinos de corte mantidos em pastagem de capim-marandu submetidos a diferentes estratégias de suplementação no período das águas e da seca. *R. Bras. Zootec.*, v.36, n.2, p.411-420, 2007.

CARDOSO, E.G. Suplementação de bovinos de Corte em Pastejo (semiconfinamento). In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL - Confinamento de bovinos, 4., 1997. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALD, 1997.

CARVALHO, F.A.N., BARBOSA, F.A., McDOWELL, L.R. *Nutrição de bovinos a pasto*. Belo Horizonte: Papelform, 2003. 428p.

CATON, J.S.; DHUYVETTER, D.V. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirements and responses. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.533-542, 1997.

CHALUPA, W.; SNIFFEN, C. J. Protein and aminoacid nutrition of lactating dairy cattle – today and tomorrow. *Anim. Feed Sci Techn.* v.58, p.65-75, 1996.

CHALUPA, W. Problems in feed urea to ruminants. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v.27, n.1, p.207-219, 1968.

CHASE, C.C. Jr.; HIBBERT, C.A. Utilization of low-quality native grass hay by beef cows fed increasing quantities of corn grain. *J. Anim. Sci.*, v.65, p.557-567, 1987.

CHURCH, D.C. *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs: O e Books Inc. 1988. 564p.

COCHRAN, R.C.; KÖSTER, H.H.; OLSON, K.C.; HELDT, J.S.; MATHIS, C.P.; WOODS, B.C. Supplemental protein sources for grazing beef cattle. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 9., 1998, Gainesville. *Proceedings...* Gainesville: University of Florida, 1998. p.123-136.

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

CURRIER, T.A.; BOHNERT, D.W.; FALCK, S.J. et al. Daily and alternate day supplementation of urea or biuret to ruminants consuming low-quality forage: I. Effects on cow performance and the efficiency of nitrogen use in wethers. *J. Anim. Sci.*, v.82, p.1508-1517. 2004.

DEHORITY, B.A. SCOTT, H. W., KOWALUK, P. Volatile fatty acid requirement of cellulolytic rumen bacteria. *J. Bacteriol.*, v. 94, p.537-543. 1967.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; et al. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. *R. Bras. Zootec.*, v.30, n.4, p.1340-1349, 2001.

DIXON, R.M.; STOCKDALE, C.R. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. *Austr. J. Agr. Res.*, v.50, n.5, p.757-774, 1999.

EGAN, J.K.; DOYLE, P.T. Effect of intraruminal infusion of urea on the response in voluntary feed intake by sheep. *Austr. J. Agric. Res.*, v.36, p.483-495, 1985.

ELROD, C.C., BUTLER, W.R. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *J. Anim. Sci.*, 71: 694-701, 1993.

EI-SHAZLY, K.; DEHORITY, B.A.; JOHSON, R.R. The effect of starch on the digestion of cellulose in vitro and in vivo by rumen microorganisms. *J. Anim. Sci.*, v. 20, p. 268-273. 1961.

EMERICK R.J. Urea and nitrate intoxication. In: CHURCH, D.C. *The ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1988. p. 551-556.

ERFLE, J.D.; SAUER, F.D.; MAHADEVAN, S. Effect of ammonia concentration on activity of enzymes of ammonia assimilation and on synthesis of amino acids by mixed rumen bacteria in continuous culture. *J. Dairy Sci.*, 60: 1064-1072, 1977.

EUCLIDES, V.P.B.; EUCLIDES FILHO, K.; ARRUDA, Z.J., et al. Desempenho de novilhos em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. *R. Bras. Zootec.*, v.27, p.246-254. 1998.

EUCLIDES, V.P.B.; EUCLIDES FILHO, K.; COSTA, F.P.; et al. Desempenho de novilhos F1s Angus-Nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. *R. Bras. Zootec.*, v.30, p.470-481. 2001.

EUCLIDES, V.P.B. Produção intensiva de carne bovina em pasto. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2001, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 2001. p.55-82.

FARMER, C.G.; COCHRAN, R.C.; NAGARAJA, T.G. *et al.* Ruminant and host adaptations to changes in frequency of protein supplementation. *J. Anim. Sci.*, v.82, p.884-894, 2004.

FERGUNSON, J.D., CHALUPA, R. Symposium: interactions of nutrition and reproduction. *J. Dairy Sci.*, 73(3): 746-766, 1989.

FERREIRA, P.M.; CARVALHO, A.U.; FACURY FILHO, E.J. *et al.* *Doenças carenciais e suplementação mineral*. Escola de Veterinária de UFMG, Centro de Extensão (Material didático), 2005. 44p.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3578 - 3596, 1992.

FRANCO, G.L.; AGUIAR Jr., C.G.; RAMOS, BRAGA, A.K.; DAVY, F.C.A.; REIS, S.F. Suplementação de bovinos mantidos em pastagens nas fases de recria e engorda. In: OLIVEIRA, R.L.; BARBOSA, M.A.A.F. (Org.). *Bovinocultura de corte: desafios e tecnologia*. 1 ed. Salvador-BA: EDUFBA, 2007, p. 429-452.

GARCIA, L.F.; FERNANDES, L.B.; FRANCO, A.V.M. *et al.* Desempenho de bovinos em pastejo contínuo submetidos a dois intervalos de suplementação no período da seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: SBZ, 2005. (CD-ROM)

GARCIA-YEPEZ, P.; KUNKLE, W.E.; BATES, D.B. *et al.* Effects of supplemental energy source and amount of forage intake and performance by steers and intake and diet digestibility by sheep. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.1918-1925, 1997.

GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B.; LEÃO, M.I. *et al.* Efeito da frequência da suplementação no desempenho de novilhos Nelore recriados em pasto de *Brachiaria brizantha*, na região Amazônica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: SBZ, 2004. (CD-ROM)

GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; FERREIRA, P.D.S. *Alimentos para gado de leite*. 1. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 613 p.

HADDAD, C.M.; CASTRO, F.G.F. Suplementação mineral de novilhos precoces – Uso de sais proteinados e energéticos na alimentação. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE GADO DE CORTE. 1998. Campinas. *Anais...* Campinas, SP, 1998.

HARMAYER, J.; MERTENS, H. Aspects of urea metabolism in ruminants with reference to the goat. *J. Dairy Sci.*, v. 63, p.1707-, 1980.

HODGSON, J. *Grazing management: science into practice*. Longman Scientific e Technical, 1990. 203p.

HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.*, v. 69, p.2755-2766. 1986.

HORN, G.W.; McCOLLUN, F.T. Energy supplementation of grazing ruminants. In: GRAZING LIVESTOCK NUTRITION CONFERENCE, 1987, Jackson. *Proceedings...* Jackson, p.125-136, 1987.

HOUPT, T.R. Utilization of blood urea in ruminants. *Am J Physiol*, v.197, p.115-120, 1959.

HUME, I.D. Synthesis of microbial protein in the rumen. III. The effect of dietary protein. *Austr. J. Agr. Res.*, v. 21, p.305-314, 1970.

HUNGATE, R.E. *The Rumen and Its Microbes*. New York: Academic Press, Inc., 1966.

HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *J. Anim. Sci.*, v.75, n.3, p.852-867, 1997.

ÍTAVO, L.C.V.; TOLENTINO, T.C.P.; ÍTAVO, C.C.B.F. et al. Consumo, desempenho e parâmetros econômicos de novilhos Nelore e F1 Brangus x Nelore terminados em pastagens, suplementados com mistura mineral e sal nitrogenado com ureia ou amireia. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.60, n.2, p.419-427, 2008.

JORDAN, E.R., SWANSON, L.V., Effect of crude protein on reproductive efficiency, serum total protein and albumin in the high producing dairy cow. *J. Dairy Sci.*, 62: 58, 1979.

KÖSTER, H.H.; COCHRAN, R.C.; TITGEMEYER, E.C.; et al. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tall-grass-prairie forage by beef cows. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.2473-2481, 1996.

LANGE, A. *Suplementación de pasturas para la producción de carnes*. Buenos Aires: CREA. 2ª ed. 1980, 74p.

LENG, R.A. Factors affecting the utilization of "poor quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutrition Research and Review*, v.3, n.3, p.277-303, 1990.

LOOSLI, J.K.; McDONALD, I.W. *Non-Protein Nitrogen in the Nutrition of Ruminants*. Rome: F.A.O., Agr. Studies, n.75, 1969.

LOPES, H.O.S., PEREIRA, E.A., NUNES, I.J., et al. *Suplementação de baixo custo para bovinos: mineral e alimentar*. Brasília : EMBRAPA-SPI, 1998. 107p.

MATHIS, C. P., COCHRAN, R. C., HELDT, J. S. et al. Effects of supplemental degradable intake protein on utilization of medium to low-quality forages. *J. Anim. Sci.*, v. 78, p.224-232, 2000.

McEVOY, T.G.; ROBINSON, J.J.; AITKEN, R.P; et al. Dietary excesses of urea influence the viability and metabolism of preimplantation sheep embryos and may affect fetal growth among survivors. *Anim. Reprod. Sci.*, v.47, p.71-90, 1997.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.). *Forage quality evaluation and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

MINSON, D. J. The digestibility and voluntary intake of six varieties of panicum. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, v.11, n.48, p.18-25, 1971.

MINSON, D.J. *Forage in ruminant nutrition*. Academic Press : New York. 483p., 1990.

MOORE, J.E. Forage Crops. In: HOVELAND, C.S. (Ed.) *Crop Quality, Storage and Utilization*. Madison: Crop Science Society of America. p.61-90. 1980.

MOORE, J.E.; BRANT, M.H.; KUNKLE, W.E. et al. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility and animal performance. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.122-135. (supl. 2), 1999.

MORAES, E.H.T.B.; PAULINO, M.F.; FIGUEIREDO, D.M. et al. Efeito da frequência da suplementação no desempenho de bovinos de corte sob pastejo no período seco do ano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: SBZ, 2004. (CD-ROM)

MORAES, E.H.T.B.; PAULINO, M.F.; FIGUEIREDO, D.M. et al. Desempenho de novilhos de corte submetidos a diferentes frequências de suplementação durante o período das águas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: SBZ, 2005. (CD-ROM)

MOULD, F.L., ØRSKOV, E.R.; GAULD, S.A. Associative effects of mixed feeds II. The effect of dietary addition of bicarbonate salts on the voluntary intake and digestibility of diets containing various proportions of hay and barley. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 10: 31-47. 1983.

NELSON, D.L.; COX, M.M. LEHNINGER: *Princípios de bioquímica*. 4.ed. São Paulo: SARVIER, 2007.

NETO, A,P.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S. et al. Frequência de suplementação de bovinos nelore durante o período das águas: desempenho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: SBZ, 2005. (CD-ROM)

NOCEK, J.E., RUSSELL, J.B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.2070-2107, 1988.

NOLAN, J. V., LENG, R.A. Dynamic aspects of ammonia and urea metabolism in sheep. *Br. J. Nutr.* 27:177-194, 1972.

NUTRIENT requirements of beef cattle. 7.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1996. 242p.

ØRSKOV, E.R.; TYLE, M. *Energy nutrition in ruminants*. Cambridge: Elsevier Science Publishers. 1990. 146p.

ØRSKOV, E.R. *Protein nutrition in ruminants*. New York: Academic Press, 1982. 160p.

OWENS, F.N.; ZINN, R. Protein metabolism of ruminant animals. In: CHURCH, D.C. (Ed.) *The ruminant animal, digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1988. p.227-249.

PATERSON, J.A.; BELYEA, R.L.; et al. The impact of forage quality on supplementation regimen on ruminant animal intake and performance. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.). *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.59-114.

PAULINO, M.F. Estratégias de suplementação para bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa: SIMCORTE, 1999. p.137-156.

PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T. Suplementos múltiplos para recria e engorda de bovinos em pastejo. In: II SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE. *Anais...* Viçosa, 2001. p.187-231.

PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; MORAES, E.H.B.K. et al. Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. IN: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 3, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa: UFV, p.153-196, 2002.

PAULINO, M.F.; ZAMPERLINI, B.; FIGUEIREDO, D.M.; et al. Bovinocultura de precisão em pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 5., 2006, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: UFV, 2006. p.361-412.

PAULINO, M.F.; RUAS, J. R. M. Considerações sobre a recria de bovinos de corte. *Informe Agropecuário*, v.13, n. 153/154, 1988, p. 68-80.

PETERSEN, M.K. Nitrogen supplementation of grazing livestock. In: GRAZING LIVESTOCK NUTRITION CONFERENCE, 1987. *Proceedings...* Montana State University. 1987. p.115-121.

POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminant at pasture. *J. Anim. Sci.*, v.73, n.1, p.278-290, 1995.

PORDOMINGO, A.J., WALLACE, J.D., FREEMAN, A.S. et al. Supplemental corn grain for steers grazing native rangeland during summer. *J. Anim. Sci.*, v.69, p.1678-1687, 1991.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEREIRA, J.R.A. Suplementação como estratégia de manejo de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 13, 1997. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ. 1997. p.123-150.

REIS, R.A.; TEIXEIRA, I.A.M.A; SIQUEIRA, G.R. Impacto da qualidade da forragem na produção animal. In: SIMPÓSIO DA REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43. João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ. p.480-505. 2006.

REYNOLDS, C.K. Metabolism of nitrogenous compounds by ruminants liver. *J. Nutr.*, v.122, p.1251-1255, 1992.

RUSSEL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3551-3561, 1992.

SANTOS, G.T.; CAVALIERI, F.L.B.; MODESTO, E.C. Recentes avanços em nitrogênio não proteico na nutrição de vacas leiteiras. In: 2º SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO. *Anais...* UFPA, 2001, p.199-228.

SANTOS, E.D.G.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em tourinhos Limousin-Nelore, suplementados durante a seca em pastagem diferida de Brachiaria decumbens Stapf. *R. Bras. Zootec.*, v.33, n.3, p.704-713, 2004.

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein in vitro. *Br. J. Nutr.*, v.32, n.2, p.199-208, 1974.

SIEBERT, B.D., HUNTER, R.A. Supplementary feeding of grazing animals. In: HACKER, J.B. (ed.). *Nutritional limits to animal production from pastures*. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureau, 1982, p.409-425.

SILVA, F.F. Da; SÁ, J.F. De; SCHIO, A.R. et al. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. *R. Bras. Zootec.*, v.38, p.371-389, 2009 (supl. especial)

SINCLAIR, K.D., KURAN, M. GEBBIE, F.E. et al. Nitrogen metabolism and fertility in cattle: II. Development of oocytes recovered from heifers offered diets differing in their rate of nitrogen release in the rumen. *J. Anim. Sci.*, v.78, p.2670-2680, 2000.

SUNIFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.

STORM, E.; ØRSKOV, E.R. The nutritive value of rumen microorganisms in ruminant. 1. Large-scale isolation and chemical composition of rumen microorganisms. *Br. J. Nutr.*, 50:463-470, 1983.

TEIXEIRA, A.S. *Alimentos e alimentação*. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 357p.

THIAGO, L.R.L. De S. Suplementação de Bovinos em Pastejo - Aspectos práticos para o seu uso na manutenção ou ganho de peso. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIAS PARA A PECUÁRIA DE CORTE, 11., 1999. Campo Grande. *Anais...* Campo Grande, 1999.

THIAGO, L.R.L. De S; SILVA, J.M. Da. *Suplementação de bovinos em pastejo*. Documentos, 108, Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 28p.

THOMPSON. L.H.L.; GOODE, R.W.; HARVEY, R.M. et al. Effects of dietary urea on reproduction in ruminants. *J. Anim. Sci.* v.37, p.399. 1973.

THOMANN, L.; EBERSOHN, J.P. Relations between sward characteristics and animal production. *Trop. Grassl.*, v.14, n.3, p.273-280, 1980.

UREIA pecuária. *Informações Técnicas*. [S.l]: PETROBRAS/EMBRAPA, 2000. 24f.

VALADARES FILHO, S.C.; CABRAL, L.S. Aplicação dos princípios de nutrição de ruminantes em regiões tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. CD-ROM.

VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. Recentes avanços em proteína na nutrição de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BOVINOCULTURA DE LEITE, SINLEITE, 2., 2001, Lavras. *Anais...* Lavras: UFLA, 2001. p.228-243.

Van AMBURGH, M. E.; Van SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. et al. Corn silage neutral detergent fiber: refining a mathematical approach for in vitro rates of digestion. *Cornell Nutrition Conference Proceedings...*, 2003, p.99 -108.

Van NIEKERK, B.D.H.; JACOBS, G.A. Protein, energy and phosphorus supplementation of cattle fed low-quality forage. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, v.15, p.133-136, 1985.

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

VIANA, J.A.C. Complementação e suplementação de bovinos em pastagem no Brasil. In: SEMANA DE ZOOTECNIA, 2, 1977, Pirassununga, *Anais...*, Pirassununga: USP, 1977, p.1-26.

WISEK, W.J. Some aspects ammonia toxicity in animal cells. *J. Dairy Sci.*, v. 51, n.2, p. 286-295, 1968.

Von LIEBIG, J. *Chemistry in its application to agriculture and physiology*. Taylor and Walton, London, UK. 1840.

ZERVOUDAKIS, J.T.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; et al. Desempenho de novilhos recriados em pastagens de capim-mombaça, submetidos a diferentes frequências de suplementação no período de transição águas-seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: SBZ, 2003.



## **C. CONSUMO POR BOVINOS A PASTO**

### **1. INTRODUÇÃO**

A forma predominante de produção da carne bovina brasileira está centrada em sistemas pastoris. Entretanto, a maior parte desta produção ocorre em pastagens de médio a baixo valor nutricional, que submetidas às variações climáticas, características das regiões tropicais, faz com que o consumo seja um dos principais determinantes do processo produtivo. Assim, a baixa produção de bovinos nos trópicos, e em especial no Brasil, pode ser atribuída, em grande parte, ao baixo consumo de matéria seca. Como agravante, progressos no entendimento dos fatores básicos que afetam o consumo têm sido lentos em virtude da inabilidade em medi-lo acuradamente, o que impossibilita melhor identificação da influência do animal e da dieta, limitando a aplicação de estratégias com vistas à otimização do processo produtivo (Detmann et al., 2004).

O consumo de matéria seca é a variável mais importante para que se faça inferências a respeito do alimento e da resposta animal (Burns et al., 1994). Ademais, medidas acuradas do consumo de matéria seca são importantes para os programas de melhoramento genético de bovinos, para o desenvolvimento e validação da simulação do processo de digestão e do metabolismo de nutrientes e, por conseguinte, de sistemas de produção animal baseados em pastagens (Genro et al., 2004). A maior limitação dos modelos nutricionais para formulação de dietas concentra-se na falta de acurácia da predição do consumo. A estimativa acurada do consumo de matéria seca é importante para a formulação de dietas balanceadas, que buscam o uso mais eficiente dos nutrientes presentes nos alimentos, com a finalidade de maximizar o desempenho animal visando o mínimo de impacto ambiental. Logo, o consumo pode ser considerado o parâmetro nutricional mais importante em sistemas pastoris, uma vez que constitui o primeiro ponto determinante do ingresso de nutrientes e apresenta alta correlação com a produção animal.

Os aspectos centrais que têm caracterizado a trajetória da pesquisa, e que constroem o atual estado dos procedimentos para estimativa do consumo a pasto, foram, e ainda são fontes de estudo da comunidade científica. Dessa maneira, medidas estimadas do consumo de matéria seca em pastagens têm despertado interesse da pesquisa em nutrição animal, desde o início do século XX. Nos países cuja produção animal está centrada em sistemas pastoris, esforços têm sido envidados na procura de técnicas precisas para obtenção de estimativas acuradas do consumo dos animais sob condições de pastejo (Moore e Sollenberger, 1997). Neste contexto, o uso dos indicadores na nutrição animal vem representando um avanço no entendimento do processo digestivo, sendo cada vez mais utilizados como método para estimar o consumo de bovinos a pasto.

### **2. MECANISMOS DE REGULAÇÃO DO CONSUMO**

O consumo voluntário é uma grandeza nutricional multifatorial. Os relacionamentos entre o consumo dos animais e os fatores supostamente envolvidos na sua regulação, são, por demais, complexos (Vazquez e Smith, 2000). As teorias que explicam seu controle admitem ser este mecanismo, produto da ação integrada e aditiva dos diversos fatores que o influenciam. Dessa forma, visando otimizar o processo produtivo, há a necessidade de se conhecer as interações entre o ambiente (clima, solo), a planta forrageira, o animal e o manejo implementado no sistema. Este conhecimento se faz necessário para explicar diferenças de

consumo e desempenho dos animais. Desta forma, é possível adotar alternativas, com respaldo científico, que produzam melhorias nos sistemas produtivos.

O consumo voluntário expressa a quantidade de alimento ingerido por um animal, quando este é oferecido *ad libitum* (Van Soest, 1994). A regulação do consumo de matéria seca dos alimentos, pelos animais, está a cargo do sistema nervoso central, especificamente dos núcleos lateral (centro da fome) e ventro-medial (centro da saciedade) do hipotálamo, tendo estas ações complementares (Forbes, 1995). Cerca de 50 fatores relacionados ao animal, alimento, manejo e ambiente foram considerados por Mertens (1994) como de extrema importância na regulação do consumo de bovinos e, por conseguinte, na sua predição (Fig. 27).

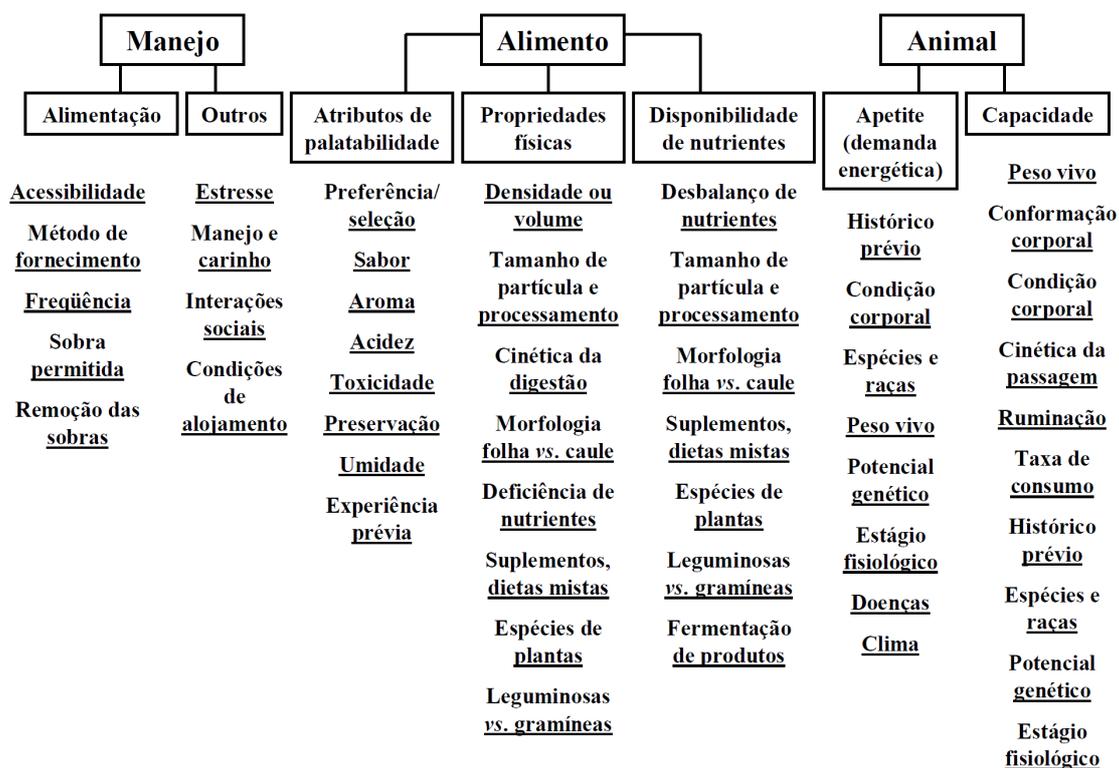


Figura 27. Fatores que determinam o consumo voluntário de ruminantes (Adaptado de Mertens, 1994 por Lopes, 2007)

As características físicas e químicas dos ingredientes da dieta e suas interações podem ter um grande efeito sobre o consumo de matéria seca (Allen, 2000). Segundo Forbes (1995), os principais estímulos sensitivos que estão relacionados à regulação do CMS por ruminantes são físicos e metabólico-hormonais. Mertens (1994) propôs um modelo estático de regulação do consumo, envolvendo o mecanismo fisiológico, o mecanismo da modulação psicogênica e o da limitação física. No mecanismo fisiológico, a ingestão é proporcional à demanda energética para a produção e, dessa forma, com a melhoria do valor nutritivo da dieta, ocorre um aumento do consumo, até que o ponto estabelecido pela demanda nutricional e fisiológica seja alcançado. O consumo, neste caso, é regulado pela ingestão calórica no nível imposto pelos mecanismos homeostáticos (quimioestáticos). A modulação psicogênica está relacionada a respostas no comportamento animal, diante de fatores associados ao alimento e, ou, ao ambiente (cheiro, palatabilidade, cor, textura, forma física), que agem sobre o consumo, ora de forma estimuladora, ora de forma inibitória. Em dietas de baixos níveis energéticos, devido

à distensão do tubo digestivo, muitas vezes ocorre inibição do CMS antes que seja satisfeita a demanda total de energia do animal. O mecanismo físico de enchimento e esvaziamento, neste caso, é o principal fator de regulação do consumo de dietas à base de forragem (Mertens, 1994).

Em relação a ação dos mecanismos físicos e fisiológicos na regulação do consumo, Conrad (1966) sugeriu o limite de 66,7% de digestibilidade entre a regulação dominada pelos fatores de distensão do trato digestivo e a dominada pelos fatores quimiostáticos. Logo, para condições tropicais, o consumo pelos animais sob pastejo está mais delegado a fatores físicos e psicogênicos do que metabólico-hormonais. Estas duas grandezas têm importantes e fortes habilidades em influenciar o consumo voluntário por animais sob pastejo, mostrando que qualquer fator que interfira nestas variáveis terá efeito direto sobre o consumo que, por sua vez, interferirá, rápida e fortemente, no desempenho animal.

Deve-se considerar, no entanto, que os mecanismos físicos e metabólico-hormonais são válidos apenas quando o alimento, no caso a forragem, já se encontra no interior do trato digestivo do animal ou em situações que demandam pouco esforço, por parte do animal, para colher o alimento, o que não ocorre em regime de pasto (Carvalho et al., 1999). Em condições de pastejo, o animal depara-se com o desafio de se alimentar em um ambiente altamente heterogêneo, com enorme variabilidade espaço-temporal na oferta e demanda de nutrientes. Nestas condições, as ações do animal incluem a procura e a manipulação da forragem, para que esta seja ingerida, geralmente, dispondo de quantidade limitada de tempo para fazê-lo (Carvalho et al., 1999).

Neste sentido, a explanação proposta por Poppi et al. (1987), acerca dos fatores que afetam o consumo de forragem, parece ser a que mais se adequa aos animais, em ambiente de pastagem. Segundo esses autores, a ingestão de forragem é regida por fatores nutricionais e não nutricionais (Fig. 28). Os fatores não nutricionais seriam aqueles relacionados ao comportamento ingestivo dos animais sob pastejo; os fatores nutricionais, aqueles relacionados a aspectos inerentes à digestibilidade, composição química da forragem e fatores metabólicos. Em geral, o consumo de forragem por animais sob pastejo apresenta comportamento hiperbólico, caracterizado por uma curva onde podem ser identificadas duas porções bem distintas. Na fase inicial ascendente, a habilidade do animal em colher a forragem (fatores não nutricionais ou comportamentais) parece ser o fator mais importante restringindo o consumo. Esses fatores são influenciados pela estrutura do dossel forrageiro e pelo comportamento ingestivo dos animais sob pastejo, e incluem seleção da dieta, tempo de pastejo, tamanho do bocado e taxa de bocados. Nessa porção da curva, o consumo é muito sensível a mudanças em massa de forragem, de forma que qualquer erro no dimensionamento da oferta de forragem pode resultar em grande impacto no desempenho animal. Já no platô da curva, fatores nutricionais como digestibilidade, tempo de retenção do bolo alimentar no rúmen e concentração de produtos metabólicos parecem ser importantes reguladores da ingestão de forragem (Poppi et al., 1987). Essa divisão em fases, contudo, não deve ser considerada de forma estrita, uma vez que, informações acerca do comportamento ingestivo de animais, em pastagens de azevém perene (*Lolium perenne* L.), capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), capim-Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) e capim-Tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia) apontam para uma participação significativa de fatores não nutricionais, na regulação do consumo de forragem, também na fase de platô da curva (Da Silva e Sarmiento, 2003).

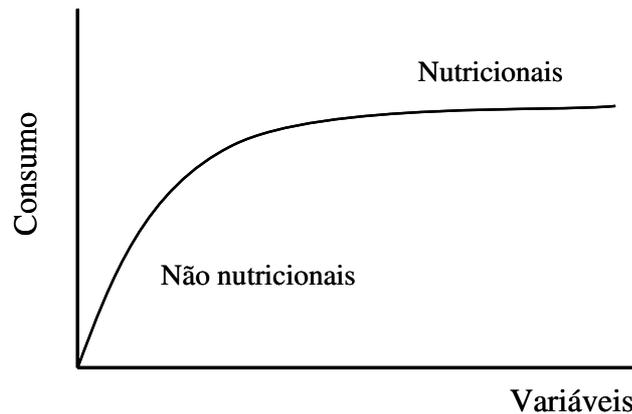


Figura 28. Teoria de regulação do consumo de forragem por animais sob pastejo (Adaptado de Poppi et al., 1987).

### 3. ESTIMATIVA DO CONSUMO POR BOVINOS A PASTO

Os dados referentes ao consumo de forrageiras tropicais sob pastejo são escassos ou produzidos em condições específicas que dificultam sua utilização de forma mais generalizada. Esta carência de informações deve-se, principalmente, às dificuldades inerentes as estimativas de consumo de animais manejados em pastagem (Lopes, 2007). Astigarraga (1997) relatou que a estimativa de consumo de animais a pasto é tão complexa que todos os métodos utilizados têm limitações e comprometimentos que podem induzir a erros de magnitude variada. No entanto, enquanto nenhuma das técnicas existentes é completamente adequada, cada uma delas tem valor em situações específicas e podem produzir resultados válidos, desde que suas limitações sejam conhecidas e consideradas (Owens e Hanson, 1992; Astigarraga, 1997). Segundo Hodgson (2004), nos últimos anos, os avanços de maior relevância no campo de estudo do consumo foram:

- i) o desenvolvimento da automação no registro automático das atividades de pastejo que facilitam a flexibilidade, a continuidade e o detalhamento da coleta de dados e os procedimentos de processamento da informação;
- ii) desenvolvimento de tecnologia para uso cada vez maior de microconstituintes da planta como indicadores quantitativos, trazendo flexibilidade de escolha no manejo e monitoramento dos animais;
- iii) restrição cada vez maior ao uso de animais preparados cirurgicamente, como resultado de preocupações crescentes com ética e bem-estar dos animais;
- iv) reconhecimento progressivo de interesses comuns entre a ecologia e a produção animal.

A consequência destes avanços foi o surgimento de novos parâmetros de avaliação e, conseqüentemente, de novas técnicas e procedimentos analíticos, bem como de modelos matemáticos. Com isto, houve um enorme progresso no conhecimento dos fatores que afetam o consumo de animais em pastejo. No entanto, Carvalho et al. (2007) afirmam que mesmo que os procedimentos experimentais e analíticos tenham evoluído ao longo do tempo, as estimativas do consumo em pastejo ainda continuam sendo deficientes em acurácia e

confiabilidade. Segundo Berchielli et al. (2007) e Lopes (2007), os principais métodos que podem ser utilizados para determinação do consumo de forrageiras por bovinos são:

- Diferença de pesos do animal
- Diferenças de peso do pasto
- Comportamento ingestivo
- Predição das características das forragens
- Desempenho animal
- Produção fecal e digestibilidade

A seguir serão abordadas as metodologias envolvidas na determinação do consumo por meio da produção fecal e digestibilidade.

### **3.1. Uso de indicadores e procedimentos na estimativa do consumo**

Indicador é o termo utilizado para denominar material usado na estimativa, qualitativa ou quantitativa, de fenômenos fisiológicos ou nutricionais. Um indicador, portanto, é uma referência, um composto usado para monitorar características químicas (hidrólise e síntese) e físicas (taxa de passagem) de aspectos da digestão e/ou metabólicos (Owens e Hanson, 1992). Historicamente, o uso de indicadores na nutrição animal propiciou um avanço no entendimento do processo digestivo, sendo útil no desenvolvimento de conceitos e elucidando os fatores relacionados ao alimento e ao animal, envolvidos na limitação do consumo voluntário.

Os indicadores possuem grande aplicação no estudo das taxas de passagem de líquidos e sólidos, de consumo voluntário, de produção fecal e de digestibilidade de alimentos, em animais sob pastejo ou confinados, variando em sua habilidade para as determinações destes parâmetros nas diferentes dietas. Logo, um indicador adequado para estimar a produção fecal pode não ser apropriado para estimar a cinética, devido às características de migração do mesmo, separação de fases, inibição da digestão, efeito osmótico no intestino e quantificação, fazendo-se necessária a validação dos indicadores por meio de métodos alternativos, tais como a coleta total das fezes ou o esvaziamento ruminal (Saliba, 2005).

A técnica dos indicadores talvez seja a mais amplamente utilizada e aceita para estimativas de consumo de animais em pastejo. Esta técnica foi inicialmente utilizada décadas atrás, com a finalidade de facilitar a determinação da produção fecal, realizada mediante a coleta total, procedimento bastante laborioso (Le Du e Penning, 1982; Lippke, 2002), feito com sacolas que, na maioria das vezes, provocam quedas significativas de consumo, por alterar o comportamento animal (Moore e Sollenberger, 1997). Comparativamente com processos invasivos, os indicadores minimizam a interferência com os padrões de comportamento animal e simplificam os procedimentos, tendo em vista a não necessidade de utilização de cânulas reentrantes no trato digestivo, sacolas de coleta de fezes e até mesmo esvaziamento do trato digestivo ou abate dos animais (Rodríguez et al., 2006).

Tradicionalmente, os indicadores são classificados em duas grandes categorias (Kotb e Luckey, 1972; Owens e Hanson, 1992; Moore e Sollenberger, 1997): os indicadores internos, constituintes naturais das dietas, tais como a Sílica, a Lignina, o Nitrogênio fecal, o Cromogênio, o FDN e FDA Indigestíveis a Cinza Insolúvel em Ácido e os *n*-alcanos; e os indicadores externos, que consistem numa variedade de compostos inertes, como o óxido

crômico, dióxido de titânio, os elementos terras raras (Lantano, Samário, Cério, Ytérbio, Disprósium), o Rutênio Fenantrolina, o Cromo mordante, utilizados para fase sólida e o Cobalto-EDTA, Cromo-EDTA, o Polietilenoglicol (PEG), utilizados para fase líquida. Recentemente, uma nova classe de indicadores foi proposta: os intraindicadores (Saliba, 2005). De acordo com esta nova denominação, não se designam substâncias únicas, mas sim grupamentos constituintes de substâncias que podem ser utilizadas como indicadores, tendo em vista que atendem as regras de um indicador característico (Rodríguez et al., 2006).

A maior limitação dos indicadores externos é que estes não se comportam como as partículas do alimento, e quando aderidos a porção fibrosa da dieta, podem alterar algumas características químicas e físicas, como a gravidade específica (Ehle et al., 1984). Quanto aos indicadores internos, a maior limitação é a sua recuperação variável nas fezes (Fahey e Jung, 1983). Segundo Lopes (2007), fatores relacionados à recuperação do indicador, tais como, variação diária na sua excreção, tipo e horário de alimentação, forma de administração, número de doses, método e horário de amostragem das fezes, duração dos períodos de adaptação e de coleta, e outros relacionados aos processos analíticos, podem influenciar a precisão da estimativa de excreção fecal por este método. No entanto, independente do tipo de indicador, a sua meta é se distribuir uniformemente, de modo a permitir uma concentração constante e quantificável na digesta, atingindo o chamado estado de equilíbrio o mais rapidamente possível (Rodríguez et al., 2006).

Segundo Van Dyne e Meyer (1964), as técnicas de estimativa devem ser acuradas e precisas, aplicáveis aos animais individualmente e a todos os tipos de pastagem, bem como ser de fácil análise química. A procura de indicadores ideais constitui um dos assuntos de grande interesse na pesquisa de técnicas que facilitem estudos de nutrição animal. Conforme descrito por Rodríguez et al. (2006), um indicador ideal deve possuir as seguintes propriedades: ser inerte e atóxico, não apresentar função fisiológica, não ser absorvido nem metabolizado, misturar-se bem ao alimento e permanecer uniformemente distribuído na digesta, não influenciar secreções intestinais, absorção ou motilidade, não influenciar a microflora do trato digestivo, possuir método específico e sensível de determinação e ser barato. No entanto, Owens e Hanson (1992) relatam que nenhuma das substâncias usadas como indicadores preenche todas as características desejáveis, mas várias são suficientemente adequadas para fornecer dados importantes. Assim, todos os indicadores possuem limitações. A escolha de um indicador deve ser baseada, principalmente, na sua indigestibilidade e taxa de recuperação fecal, validada em ensaios de coleta total de fezes, associada a outras características desejáveis, como por exemplo, sua fácil determinação (Kotb e Luckley, 1972).

De acordo com Detmann et al. (2004), a técnica dos indicadores é uma alternativa para determinação do consumo a pasto e se baseia no princípio de que a excreção fecal por um animal é inversamente proporcional à digestibilidade, mas diretamente relacionada à quantidade de alimento ingerido. Deste modo, o consumo pode ser estimado, segundo Moore e Sollenberger (1997), pela equação:

$$\text{Consumo de matéria seca (kg/dia)} = \frac{\text{Produção fecal (kg MS/dia)}}{(1 - \text{Digestibilidade da forragem (kg/kg)})}$$

A estimativa do consumo da forragem ingerida torna-se mais complexa ainda se os animais a pasto são suplementados. Nesse caso, pode-se lançar mão da equação (Moore e Sollenberger, 1997):

$$\text{Consumo total de matéria seca (kg/dia)} = [(\text{Produção fecal total (kg MS/dia)} - \text{contribuição do suplemento para a produção fecal (kg MS/dia)}) / (1 - \text{Digestibilidade da forragem (kg/kg)})] + \text{CMS do suplemento (kg/dia)}$$

Das equações depreende-se a importância da obtenção de acuradas estimativas de produção fecal e de digestibilidade da dieta, para o cálculo do consumo (Le Du e Penning, 1982). Mesmo concordando que as estimativas destes dois parâmetros podem constituir-se fonte de introdução de erro à técnica, diversos pesquisadores consideraram como sendo este o mais confiável procedimento para estimação de consumo de animais manejados sob pastejo. As metodologias desenvolvidas para estimar consumo com base nestas equações têm sido amplamente discutidas em congressos e publicações científicas, de modo que seus potenciais e limitações já foram detalhadamente descritos por inúmeros autores (e.g., Owens e Hanson, 1992; Burns et al., 1994; McMeniman, 1997; Aroeira, 1997; Astigarraga, 1997; Moore e Sollenberger, 1997; Lippke, 2002; Detmann et al., 2004; Genro et al., 2004; Rodríguez et al., 2006; Berchielli et al., 2007; Lopes, 2007).

A literatura relata a importância da fase pré-experimental nos estudos de determinação do consumo de animais em pastejo, principalmente, para os bovinos de corte. O estresse causado pelo deslocamento e contenção para fornecimento dos indicadores, em animais não treinados ao manejo experimental, possivelmente, altera o comportamento de pastejo, o consumo e, conseqüentemente, a excreção fecal (Burns et al., 1994). Do ponto de vista etológico, o constante manejo de contenção imposto aos animais pode levá-los à habituação ao processo experimental, de forma que o nível de interferência, observado em um período prévio, seja gradativamente reduzido, perdendo quantitativamente sua importância, como variável de influência sobre o consumo. Portanto, ressalta-se que a utilização de animais treinados ou habituados ao manejo experimental é condição *sine qua non* para a realização de estudos que avaliem o consumo por meio do uso de indicadores.

### 3.1.1. Estimativa da produção fecal

A determinação da produção fecal pelo método dos indicadores baseia-se no emprego de uma substância de referência (indicador externo), a qual, sendo ingerida na dieta, deve ser recuperada totalmente nas fezes (Coelho da Silva et al., 1968).

As amostras de fezes podem ser coletadas diretamente no reto dos animais, bem como de recentes defecações, quando devidamente identificadas com respeito ao animal (Moore e Sollenberger, 1997). A intensidade das amostragens diárias de fezes está diretamente relacionada à própria dificuldade de coleta (Le Du e Penning, 1982; Lippke, 2002), mas, principalmente, na tentativa de diminuir erros de estimativa de produção fecal em decorrência da variação diurna da excreção do indicador (Iturbide, 1967; Titgemeyer, 1997). A recomendação básica é que as coletas sejam feitas em horários onde a concentração do indicador é representativa do valor médio diário observado nas fezes totais (Iturbide, 1967; Le Du e Penning, 1982; Lippke, 2002). De modo geral, as coletas de fezes são realizadas por ocasião da administração do indicador, por período não inferior a cinco dias (Aroeira, 1997), podendo ser transformadas em amostras compostas individuais representativas dos períodos, visando à diminuição no número de análises químicas (Lopes, 2007). Após a coleta, as amostras de fezes devem ser processadas ou congeladas e, posteriormente secas a 55°C por 72 horas, em estufa de ventilação forçada, moídas a 1mm e analisadas quanto ao teor do indicador.

A estimativa de produção fecal é calculada pela razão entre a quantidade do indicador administrada diariamente ao animal e sua concentração nas fezes, amostradas em horários pré-determinados, durante alguns dias, conforme descrito por Smith e Reid (1955), pela equação:

$$\text{Produção fecal (g MS/dia)} = \frac{\text{Quant. do indicador administrado (g/dia)}}{\text{Concentração do indicador nas fezes (g/g MS)}} \times RF$$

Onde: RF é a taxa de recuperação fecal do indicador estimada por:

$$RF = \frac{\text{Quantidade total do indicador excretada nas fezes (g)}}{\text{Quantidade total administrada do indicador (g)}}$$

A taxa de recuperação fecal do indicador (RF) normalmente não é estimada em experimentos com animais manejados sob condição de pastejo, e assume-se ser igual a um (Le Du e Penning, 1982).

Dentre os indicadores externos existentes, o óxido crômico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) tem sido o mais amplamente empregado na determinação da excreção fecal (Prigge et al., 1981; Astigarraga, 1997), devido, principalmente, à sua facilidade de incorporação às dietas e ao seu custo, relativamente baixo. No entanto, o óxido crômico apresenta limitações como: incompleta recuperação fecal, principalmente em função da variabilidade dos resultados obtidos pela metodologia de análise, especialmente em animais sob pastejo (Titgemeyer, 1997); variação de excreção entre animais e variação diurna de excreção nas fezes (Owens e Hanson, 1992); incompleta mistura com a digesta ruminal (Coelho da Silva et al., 1968); passagem mais rápida pelo rúmen que o material fibroso (Van Soest, 1994); sendo também relatada a suspeita de potenciais propriedades carcinogênicas deste indicador (Mayes e Dove, 2000). Em função desses inconvenientes, a pesquisa na nutrição animal vem propiciando condições para que novos indicadores e metodologias sejam estudados, resultando numa frequentemente substituição do óxido crômico em pesquisas de determinação do consumo.

### **3.1.1.1. Uso do LIPE<sup>®</sup> na estimativa da produção fecal**

A crescente ampliação no plantio de eucalipto, como fonte de celulose para a indústria de papel, fez com que, nos últimos anos, muitas pesquisas relacionadas ao estudo da composição químico-estrutural e das propriedades físico-químicas da lignina fossem realizadas, em função, principalmente, do interesse da sua eliminação como contaminante da celulose (Rodríguez et al., 2006). Em revisão sobre o assunto, Rodríguez et al. (2006) descreveram o histórico das pesquisas com o uso da lignina enriquecida como indicador e o desenvolvimento do indicador externo LIPE<sup>®</sup> (Lignina Purificada e Enriquecida).

As primeiras pesquisas relacionadas à lignina isolada se iniciaram a partir dos trabalhos realizados no Departamento de Química, do Instituto de Ciências Exatas (ICEX) da UFMG, onde um grupo de pesquisadores (Morais et al., 1991; Piló-Veloso et al., 1993; Moraes et al., 1994) conseguiram extrair e caracterizá-la estruturalmente a partir do eucalipto. Conjuntamente, iniciava-se no Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG um estudo abrangente, envolvendo o isolamento da lignina de palhas de resíduos de cultura de milho e soja, seus efeitos sobre a digestibilidade da fibra e comportamento como indicador em ruminantes (Saliba, 1998; Saliba et al., 1999a).

Saliba et al. (1999b) utilizaram os resíduos da cultura do milho e da soja, para isolamento da lignina por meio de solventes orgânicos. As ligninas isoladas, incubadas no rúmen durante 24 horas, não sofreram alterações e, quando observadas ao microscópio eletrônico de varredura, não foram identificadas bactérias ou colônias de bactérias. Através deste estudo concluiu-se que as ligninas isoladas dos resíduos da cultura do milho e da soja são indigestíveis, podendo estas ser usadas como indicador externo de digestibilidade.

Saliba et al. (2002) estudaram a lignina isolada da palha de milho, caracterizando-a, química e ultraestruturalmente e pesquisaram seu fornecimento diário para ovinos por meio de cápsulas de gelatina, comparando-a com o método de coleta total de fezes e com outros indicadores: externos (óxido crômico e cloreto de itérbio) e internos (metoxila, fibra detergente ácido indigestível e lignina Klason). Os autores concluíram que, apesar da lignina isolada do resíduo do milho ser indigestível, o seu isolamento para ser utilizada como indicador não se justificava, pois a mesma não se destacou em relação aos indicadores comumente utilizados nestes ensaios e apresentou um alto coeficiente de variação (54%) dos dados de produção fecal, sugerindo que a lignina isolada poderia não se misturar uniformemente com a fase sólida intestinal (Saliba et al., 2002).

A partir de então, novas fontes foram estudadas para obtenção da lignina. Em 2002, pesquisadores da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (EV-UFMG) começaram a trabalhar a molécula da lignina, no sentido de otimizar a sua determinação nas fezes. Saliba et al. (2003a) isolaram a lignina do *Eucalyptus grandis* e a enriqueceram com grupamentos fenólicos, não comumente encontrados na lignina da dieta animal. Esse trabalho deu origem a um hidroxifenilpropano modificado e enriquecido, denominado LIPE<sup>®</sup>, um indicador externo de digestibilidade desenvolvido especificamente para pesquisas. A partir de então, uma série de experimentos foi conduzida para investigar o uso do LIPE<sup>®</sup> como indicador externo em diferentes espécies animais: coelhos, ovinos, aves, suínos, equinos e bovinos.

O LIPE<sup>®</sup> foi inicialmente utilizado em coelhos, para a determinação do consumo e digestibilidade, sendo comparado à coleta total de fezes. As estimativas de produção fecal e digestibilidade revelaram a eficiência do LIPE<sup>®</sup> como indicador externo, não apresentando diferenças estatísticas com relação à coleta total. Em seguida, Saliba et al. (2003b) determinaram o valor nutritivo do feno de tifton-85 para ovinos, por meio de ensaios de digestibilidade *in vivo* com coleta total de fezes em comparação à digestibilidade estimada pelo LIPE<sup>®</sup>. Neste estudo, o coeficiente de digestibilidade estimado foi similar nas duas técnicas empregadas, sendo os valores de coeficiente médio de digestibilidade de 63,23% e 64,78% e produção fecal de 365,4 g/dia e 383,1g/dia, para a técnica *in vivo* e para o LIPE<sup>®</sup>, respectivamente. Saliba et al. (2004) caracterizaram a estrutura do LIPE<sup>®</sup> antes e após a exposição ao trato gastrointestinal de ovinos. Estes autores observaram na microscopia eletrônica de varredura que a molécula do LIPE<sup>®</sup> possui integridade do polímero semelhante às ligninas de madeiras duras. Neste estudo, o LIPE<sup>®</sup> foi totalmente recuperado nas fezes, sendo idêntico ao fornecido, indicando que sua passagem pelo trato gastrointestinal ocorreu sem modificações, digestão ou absorção.

Estudos comparativos do LIPE<sup>®</sup> com outros indicadores na avaliação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca, consumo voluntário e produção fecal, em várias espécies, não evidenciaram diferenças entre os indicadores, para os parâmetros estudados. A taxa de recuperação fecal do LIPE<sup>®</sup> foi de 97,9% e 99,3% para os coelhos, 95,9% nos ovinos, 102,6% e 94,6% nos suínos (Saliba et al. 2003c). Com frangos de corte, o LIPE<sup>®</sup> também

mostrou ser um bom indicador de digestibilidade de nutrientes e da energia de vários alimentos, comparado com o método padrão de coleta total (Vasconcellos et al. 2007). Lanzetta et al. (2009) observaram boa eficiência do LIPE<sup>®</sup> para estimar a digestibilidade dos nutrientes de dietas em equinos da raça Mangalarga Marchador, em comparação aos métodos de coleta total de fezes, encontrando valores de recuperação fecal do LIPE<sup>®</sup> de 96%.

Em bovinos, os estudos também demonstraram a eficiência deste indicador na determinação do consumo e da digestibilidade. Oliveira (2005), avaliando três e cinco dias, respectivamente, para períodos de adaptação e de coleta de fezes, relatou que a administração do LIPE<sup>®</sup>, em dose única, com cápsulas contendo 500mg, mostrou ser capaz de estimar, satisfatoriamente, a excreção fecal e o consumo de MS de novilhos Nelore, manejados em condições de pastejo em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Marcondes et al. (2006) comparando a produção de matéria seca fecal, utilizando o Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e LIPE<sup>®</sup>, em relação a coleta total, em novilhas mestiças, observaram que os indicadores estimaram adequadamente a produção fecal.

Silva et al., (2006) comparando o uso do Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e do LIPE<sup>®</sup>, fornecidos em dose única, na estimativa da produção fecal de novilhas leiteiras, em pastos de *Brachiaria* e em sistema silvipastoril, observaram subestimativa da produção fecal com o óxido crômico, em relação ao LIPE<sup>®</sup>, ressaltando a maior sensibilidade às mudanças no consumo e, conseqüentemente, na produção fecal das novilhas, com a utilização do LIPE<sup>®</sup>. Resultados semelhantes foram observados por Lima et al. (2008) que avaliaram o consumo de matéria seca de bezerros de corte em pastagens de *Brachiaria decumbens* fazendo uso do Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e do LIPE<sup>®</sup>, fornecidos uma vez ao dia. Os consumos foram estimados a partir das produções fecais, obtidas pela concentração dos indicadores nas fezes e pela digestibilidade *in vitro* da pastagem, amostrada por pastejo simulado. O valor médio de produção fecal, estimado pelo Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, foi 52,5% mais baixo que o estimado pelo LIPE<sup>®</sup>. Os autores concluíram que o consumo estimado a partir do LIPE<sup>®</sup> foi mais condizente com as exigências e com o desempenho observado nos animais. No entanto, ressaltaram que os resultados obtidos com o Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> foram, possivelmente, decorrentes de apenas uma administração diária deste indicador.

Segundo Saliba (2005), o LIPE<sup>®</sup> não apresenta variação diurna de excreção nas fezes. Além disso, a uniformidade na comparação dos valores de produção fecal, obtidos pelo LIPE<sup>®</sup> entre as diferentes formas de amostragem de fezes, sugere que a amostragem em dose única diária, em horário fixo, pode ser empregada com segurança, em função da uniformidade de distribuição deste indicador nas fezes. Esta metodologia de fornecimento pode resultar em menores níveis de interferência no comportamento de pastejo animal, gerando resultados mais próximos ao real, principalmente em animais não habituados a rotina experimental (Owens e Hanson, 1992). Para ruminantes, o período de adaptação, para que a excreção do indicador nas fezes seja uniforme, é de 48 horas. O período experimental para a coleta das fezes é satisfatório com cinco dias de repetição. A dosagem varia com a espécie animal e o peso corporal. Em bovinos, tem sido preconizado, uma dosagem de 250mg/dia para bezerros e 500mg/dia para animais adultos (Rodríguez et al., 2006).

A determinação do teor de LIPE<sup>®</sup> nas fezes é realizada por espectroscopia no infravermelho. A produção fecal é calculada conforme descrito por Saliba (2005):

$$\text{PF na MS (g)} = \frac{\text{Quantidade de LIPE}^{\text{®}} \text{ fornecido (g)}}{A_i/\text{MS fezes}} \times 100$$

em que: PF = produção fecal, em gramas;  $A_i$  = concentração de LIPE<sup>®</sup> nas fezes obtida pela relação logarítmica das intensidades de absorção das bandas dos comprimentos de onda  $\lambda_1$  (1050nm) e  $\lambda_2$  (1650nm); MS fezes = porcentagem de matéria seca das fezes obtida a 105°C.

Em suma, infere-se que a estimativa da produção fecal por intermédio do LIPE<sup>®</sup>, em ruminantes, é viável e constitui procedimento alternativo às técnicas tradicionais, o que pode tornar mais simples os procedimentos experimentais.

### **3.1.2. Determinação da digestibilidade da dieta**

Dentro do procedimento básico da técnica dos indicadores, uma vez conhecida a produção fecal, parâmetro referência de indigestibilidade, o próximo passo é estimar, de forma indireta, a digestibilidade a partir de amostras representativas da dieta ingerida, geralmente provenientes de fístula esofágica, esvaziamento ruminal e pastejo simulado (Detmann et al., 2004).

#### **3.1.2.1. Métodos de amostragem da dieta ingerida**

Um requisito comum às técnicas de estimativa do consumo é a necessidade de se obter amostras representativas da dieta dos animais manejados sob condição de pastejo. Assim, é possível determinar a digestibilidade da forragem consumida na pastagem, o outro componente da fórmula para estimar o consumo. No entanto, a obtenção dessas amostras é uma dificuldade diretamente relacionada à precisão desta técnica de estimativa de consumo, sendo considerada um problema metodológico crítico, que tem sido minimizado pelo desenvolvimento de métodos de amostragem da dieta ingerida (Lopes, 2007).

A determinação do valor nutritivo de forragens destinadas aos ruminantes tem sido relativamente bem estudada. Diversos trabalhos têm demonstrado a importância de se conhecer a qualidade da dieta selecionada pelos bovinos em pastejo, a qual possui características químicas e botânicas diferentes da forragem disponível no pasto. As características do pasto não representam as características da forragem realmente consumida pelos animais, em virtude do comportamento seletivo desses, em pastejo. A dieta selecionada pelos animais, em geral, possui maior valor nutritivo que a forragem disponível, uma vez que os animais consomem as folhas em preferência aos caules e forragens verdes em detrimento do material morto. Portanto, a análise direta do pasto não é a melhor maneira de se estimar a composição química da dieta dos animais em pastejo (Euclides et al., 1992).

A amostragem de dietas de animais, em condições de pastejo, tem sido alvo de inúmeras investigações, as quais têm buscado ampliar a acurácia na determinação dos componentes físicos e bromatológicos ingeridos pelos animais manejados nestas condições (Detmann et al., 2004). A dificuldade de obter amostras representativas do material selecionado pelo animal em pastejo tem levado ao uso de animais fistulados, principalmente no esôfago (Cook et al., 1958), os quais permitem a obtenção de amostras da dieta ingerida. A colheita de extrusa esofágica tem sido apontada como melhor indicativo da dieta selecionada pelo animal (Detmann et al., 2004). Contudo, alguns problemas têm sido relatados com a sua utilização, como: contaminação por nitrogênio e minerais da saliva (Minson et al., 1976); perda de materiais solúveis, que podem comprometer a acurácia das análises; o pouco tempo de pastejo dos animais para obtenção das amostras, fazendo com que estas não sejam representativas ou que não reflitam as mudanças que ocorrem durante o período de pastejo

(McMeniman, 1997), prescrição ou não de jejum prévio à colheita, recuperação incompleta da extrusa a partir da fístula e o inconveniente da manutenção de animais fistulados (Euclides et al., 1992). As limitações inerentes à utilização de animais fistulados no esôfago estão associadas aos cuidados despendidos na implantação e, principalmente, na manutenção das fístulas, o que torna oneroso e laborioso o procedimento de amostragem (Carvalho et al., 2007). As principais críticas ao uso de fístulas estão relacionadas à mudança no comportamento ingestivo dos animais (Carvalho et al., 2007) e às restrições éticas e legais (Mayes e Dove, 2000), fazendo com que seu uso seja gradativamente reduzido.

Outro método para coleta de amostras da dieta selecionada sob pastejo fundamenta-se na utilização de animais fistulados no rúmen. O procedimento de coleta baseia-se no esvaziamento total do rúmen-retículo, seguido de lavagem com água destilada, que é posteriormente removida por bombeamento. O animal é então solto na pastagem por, aproximadamente, 30 a 120min, e a amostra da forragem consumida é então coletada do rúmen. Ao término da amostragem, a digesta inicialmente retirada é recolocada no rúmen (Lopes, 2007). No entanto, além do pouco tempo de pastejo dos animais para obtenção das amostras, alterações no comportamento ingestivo, como consequência do esvaziamento do rúmen, faz com que o animal apresente um pastejo voraz, que pode não corresponder ao pasto realmente ingerido pelo animal em pastejo. Acerca disso, Le Du e Penning (1982) relataram que, por definição, quaisquer estimativas de consumo devem ser obtidas por meio de técnicas que provoquem no animal o mínimo desvio possível em relação as atividades associadas ao pastejo. Ademais, os inconvenientes relacionados à manutenção de animais fistulados relatados acima, também limitam o uso desse método (Fig. 29).



Figura 29. Métodos de amostragem da dieta ingerida em animais fistulados no esôfago (A) e no rúmen (B). Foto A: Gentileza de Mário Henrique Mourthé; B: Arquivo pessoal

O método do pastejo simulado vem sendo utilizado, como indicativa do material ingerido pelo animal, constituindo uma alternativa de substituição à colheita de extrusa esofágica e esvaziamento ruminal, com a grande vantagem de não necessitar de animais fistulados (Euclides et al., 1992; De Vries, 1995). O método de pastejo simulado é eficaz, quando existe grande quantidade de forragem disponível, sendo de fácil execução e requerendo pouco equipamento, sendo comprovado que o pastejo simulado, se feito adequadamente, pode constituir uma ferramenta prática na obtenção de amostras da forragem ingerida por animais sob pastejo (Euclides et al., 1992).

Trabalhos da literatura nacional (Euclides et al., 1992; Goes et al., 2003; Clipes et al., 2005) relatam não haver diferenças em diversos parâmetros, ao compararem o pastejo simulado com as amostras de extrusas esofágicas de bovinos, pastejando diferentes forrageiras dos gêneros *Brachiaria*, *Pennisetum* e *Panicum*, embora estudos tenham mostrado discrepâncias entre as características qualitativas de amostras de extrusa e pastejo simulado (Detmann et al., 2004). As diferenças normalmente verificadas em trabalhos que avaliam os métodos de amostragens por pastejo simulado ou extrusa, devem-se, principalmente, ao efeito do indivíduo responsável pela simulação do pastejo e à intensidade do pastejo seletivo *per se*, realizado pelo animal. Assim, a maior objeção a este método de amostragem é o não conhecimento da discrepância entre a amostra e a forragem realmente consumida (Euclides et al., 1992). McMeniman (1997) reportou que o método é efetivo em pastagens homogêneas, mas, de difícil aplicação em pastagens com mais de uma espécie. Particularmente, em comunidades mais complexas de vegetação (pastagens naturais e sistemas silvipastoris), pode ser extremamente difícil obter amostras que sejam representativas da dieta consumida pelos animais sob pastejo (Dove e Mayes, 1996).

Conforme Johnson (1978), para obtenção de uma estimativa satisfatória da dieta, selecionada por animais em pastejo, o método do pastejo simulado deve ser realizada depois de um período prévio de observação cuidadosa, onde são observadas, além do comportamento de pastejo dos animais, a área, a altura e as partes da planta que são consumidas. Ademais, as amostras devem ser colhidas pelos mesmos observadores, manualmente, tentando simular o pasto selecionado pelos animais, uma vez que, as amostras obtidas pelo corte rente ao solo, no topo da pastagem, ou apenas a fração foliar, não são representativas do material ingerido pelos animais (Euclides et al., 1992). Uma importante limitação desse método reside no fato de que a decisão sobre a amostragem é subjetiva ao observador. Além disso, o grau de variação entre amostradores, assim como o número mínimo de amostradores e de amostragens por unidade experimental ou por período, entre outros, são aspectos críticos (Carvalho et al., 2007). Assim, a recomendação de um protocolo padrão e confiável de amostragem do pasto, por meio do pastejo simulado necessita, ainda, ser estabelecida.

### **3.1.2.2. Métodos de determinação da digestibilidade**

Uma vez que a amostra representativa da forragem selecionada pelo animal tenha sido coleta, a precisão da estimativa do consumo de matéria seca dependerá do método utilizado para a determinação da digestibilidade do pasto (Lopes, 2007). O principal procedimento empregado na determinação da digestibilidade é o método de digestibilidade *in vitro* (Tilley e Terry, 1963). O uso de constituintes indigestíveis da dieta, denominados indicadores internos, tem sido estudado como alternativa ao método tradicional de digestibilidade *in vitro* (Le Du e Penning, 1982; Burns et al., 1994; Astigarraga, 1997; Detmann et al., 2004). Ademais, outros métodos de determinação da digestibilidade de alimentos têm sido propostos, avaliados e utilizados em laboratórios de várias instituições de pesquisa. A análise de degradabilidade ruminal *in situ*, proposta por Mehrez e Ørskov (1977), em que sacos confeccionados de material sintético, contendo amostra do alimento de interesse são suspensos no rúmen, tem sido amplamente estudada. O potencial da técnica *in vitro* de produção de gases na estimativa de valores de digestibilidade *in vivo* da MS de silagens de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench foi demonstrado por Maurício et al. (2003), vislumbrando oportunidades para sua aplicação com ruminantes manejados em condição de pastejo. Outra alternativa potencial para a determinação da digestibilidade refere-se ao emprego da Espectroscopia de Reflectância no Infravermelho Próximo (NIRS), desde que, estejam padronizadas as curvas de calibração para o tipo de forragem com que se trabalha (Fontaneli e Fontaneli, 2007). A técnica NIRS

apresenta inúmeras vantagens em relação aos métodos tradicionais de análise química, sendo considerada promissora na determinação da digestibilidade de forrageiras (Moore e Sollenberger, 1997; Fontaneli e Fontaneli, 2007).

A digestibilidade da forragem tem sido comumente estimada *in vitro*. O procedimento de digestibilidade *in vitro* de dois estádios, modificação da técnica original de Tilley e Terry (1963), proposta por Goering e Van Soest (1970), em estudos comparativos de digestibilidade com forrageiras, está bem estabelecido e possui alta precisão, sendo amplamente utilizado na determinação indireta da digestibilidade dietética, em estudos de consumo a pasto (Astigarraga, 1997). Mais recentemente, o sistema automatizado de fermentação *in vitro* Ankom Daisy<sup>II</sup> Incubator, uma modificação simplificada do aparelho de Tilley e Terry, tem sido utilizado neste procedimento (Ezequiel e Galati, 2007). No entanto, eventuais erros associados aos componentes analíticos e microbiológicos da determinação da digestibilidade *in vitro* podem acumular-se, originando estimativas inadequadas de consumo do pasto. As principais críticas comuns à adoção da digestibilidade *in vitro*, nos estudos são que um único valor de digestibilidade é utilizado, indistintamente, para todos os animais do experimento, a despeito das variações individuais; e que a acurácia das estimativas depende da representatividade da amostra analisada em relação à forragem consumida (Dove e Mayes, 1996). Ezequiel e Galati (2007) relataram que os resultados de digestibilidade obtidos com Ankom Daisy<sup>II</sup> podem ser afetados pelo tamanho de amostra, método de processamento, proximidade dos jarros de incubação em relação à fonte de calor, e por eventuais diferenças na extensão pela qual cada saco é imerso na solução tamponada de inóculo ruminal, estando também sujeitas aos efeitos associativos entre amostras de alimentos diferentes, incubadas em um mesmo jarro de fermentação.

Especialmente em situações que envolvem a suplementação de bovinos em pastejo com concentrados, a digestibilidade *in vitro* pode não simular as alterações na digestibilidade por efeito associativo, nível de consumo e taxa de passagem observadas *in vivo* (Lippke, 2002). Segundo Carvalho et al., (2007), esta deficiência pode ser contornada pela validação da técnica *in vitro*, em cada laboratório, com base em ensaios de digestibilidade *in vivo*, gerando-se equações locais de ajuste de dados. Todavia, este procedimento raramente tem sido adotado. Estes autores ressaltaram a importância de estimativas acuradas de digestibilidade na determinação do consumo, indicando que, independente da espécie forrageira, erros associados às estimativas de consumo em pastejo são mais afetados por erros nas estimativas de digestibilidade do que da produção fecal (Fig. 30) (Carvalho et al., 2007).

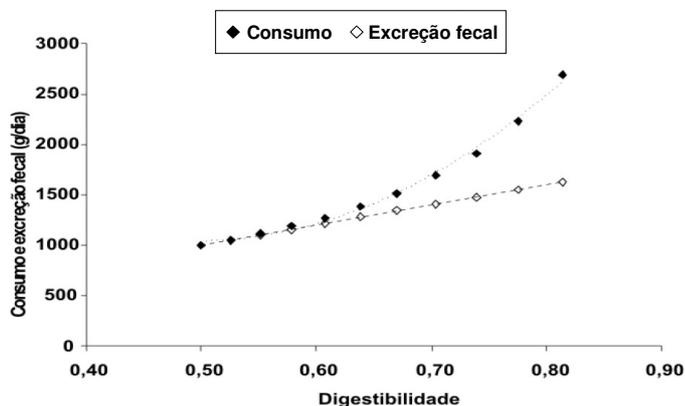


Figura 30. Efeito teórico da digestibilidade sobre o consumo e a excreção fecal (Carvalho et al., 2007)

Por essas e outras razões, apesar da técnica de digestibilidade *in vitro* ser difundida e utilizada mundialmente nos estudos de nutrição animal, Mayes e Dove (2000) e Lopes et al. (2004) sugeriram que técnicas de estimativas de consumo individual de pasto, com menor relação de dependência da análise de digestibilidade *in vitro*, devam ser, permanentemente, pesquisadas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o exposto, não existe uma metodologia ideal para estimar o consumo por ruminantes em pastejo. No entanto, existe aquela, ou uma combinação de metodologias e procedimentos, que melhor se ajusta aos objetivos, à hipótese a ser testada, à precisão requerida e às condições estruturais disponíveis em cada experimento. Em última instância, cabe ao pesquisador, a luz de seu conhecimento técnico-científico e experiência prática, visualizar qual é o método mais adequado aos objetivos de seu estudo, bem como, sistematicamente, proceder a exames críticos das estimativas obtidas, e das implicações envolvidas em eventuais extrapolações de dados.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.8, p.1598-. 2000.

AROEIRA, L.J.M. Estimativas de consumo de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras. *Anais...* Lavras: UFLA-FAEPE, 1997. p.127-164.

ASTIGARRAGA, L. Técnicas para la medición del consumo de rumiantes en pastoreo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. *Anais...* Maringá: Cooper. Graf. Artes Gráficas Ltda., 1997. p.1-23.

BERCHIELLI, T.T.; VEGA, A.G.; REIS, R.A. Técnicas de avaliação de consumo em ruminantes: Estado da arte. In: RENNÓ, F.P.; SILVA, L.F.P. (Eds.) SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, Pirassununga, 2007, *Anais...* Pirassununga, 2007. p. 305-341.

BURNS, J.C.; POND, K.R.; FISHER, D.S. Measurement of forage intake. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.) *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p. 494-531.

CARVALHO, P.C.F.; KOZLOSKI, G.V.; RIBEIRO FILHO, H.M.N et al. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. *R. Bras. Zootec.*, v.36, (suplemento especial), p.151-170, 2007.

CARVALHO, P.C.F.; PRACHE, S.; DAMACENO, J.C. O Processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., Porto Alegre, 1999. *Anais...* Porto Alegre: SBZ, 1999. p.253-268.

CLIPES, R.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; DETMANN, E. et al. Avaliação de métodos de amostragem em pastagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) e capim-mombaça (*Panicum maximum*, Jacq) sob pastejo rotacionado. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.57, n.1, p.120-127, 2005.

COELHO DA SILVA, J.F.; CAMPOS, J.; CONRAD, J.H. Uso do óxido crômico na determinação da digestibilidade. *Experientiae*, v.8, n.1, p.1-23, 1968.

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

COOK, C.W.; THORNE, J.L.; BLAKE, J.T. et al. Use of an esophageal fistula cannula forage for collecting forage samples by grazing sheep. *J. Anim. Sci.*, v.17, p.189-193, 1958.

Da SILVA, S.C.; SARMENTO, D.O.L. Consumo de forragem sob condições de pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES, VALOR ALIMENTÍCIO DE FORRAGENS, 2003, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: FUNEP, 2003. p.101-122.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. *R. Bras. Zootec.*, v.30, n.5, p.1600-1609, 2001.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.de.C.; PAULINO, M.F. et al. Avaliação da técnica dos indicadores na estimação do consumo por ruminantes em pastejo. *Cad. Téc. Vet. Zootec.*, n.46, p.40-57, 2004.

De VRIES, M.F.W. Estimating forage intake and quality in grazing cattle: a reconsideration of the hand-plucking method. *J. Range Manag.*, v.48, n.4, p.370-375, 1995.

DOVE, H.; MAYES, R.W. Critical Review: Plant wax components: a new approach to estimating intake and diet composition in herbivores. *J. Nut.*, v.126, p.13-26, 1996.

EHLE, F.R. Influence of feed particle density on particulate passage from rumen of holstein cow. *J. Dairy Sci.*, v.67, p.693-697, 1984.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem para estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. *R. Bras. Zootec.*, v.21, n.4, p.691-702, 1992.

EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L. Técnicas *in vitro* e *in situ* para estimativa da digestibilidade ruminal de alimentos. In: RENNÓ, F.P.; SILVA, L.F.P. (Eds.) SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, Pirassununga, 2007, *Anais...* Pirassununga, 2007. p.16-71.

FAHEY, G.C.Jr.; JUNG, H.G. Lignin as a marker in digestion studies: a review. *J. Anim. Sci.*, v.57, n.1, p.220-225, 1983.

FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S. Uso e abuso da espectroscopia no infravermelho (NIRS). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 2007, Pirassununga. *Anais...*, Pirassununga, 2007. p.160-193.

FORBES, J.M. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford: CAB Internacional, 1995. 532p.

GENRO, T.C.M.; EUCLIDES, V.P.B.; MEDEIROS, S.R. Ingestão de matéria seca por ruminantes em pastejo. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: SBZ, 2004. CD-ROM.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. *Forage fiber analyses*. Washington: ARS-USDA Agriculture Handbook, 1970. 379p.

GOES, R.H.T.B; MANCIO, A.B.; LANA, R.P. et al. Avaliação qualitativa da pastagem de capim tanner-grass (*Brachiaria arrecta*), por três diferentes métodos de amostragem. *R. Bras. Zootec.*, v. 32, n. 1, p. 64-69, 2003.

HODGSON, J. Measurement of herbage intake and ingestive behaviour in grazing animals: an introduction. In: PENNING, P.D. (Ed.). *Herbage Intake Handbook*. 2.ed. Reading: The British Grassland Society, 2004. p.15-22.

ITURBIDE, A. El óxido crômico como indicador externo para estimar producción fecal y consumo en las pruebas de digestibilidad. *Turrialba*, v.17, n.3, p.304-313, 1967.

JOHNSON, A.D. Sample preparation and chemical analysis of vegetation. In: t'MANEJTE, L. (Ed.). *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Aberystwyth: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1978. p.96-102.

KOTB, A.R.; LUCKEY, T.D. Markers in nutrition. *Nutrition Abstracts e Reviews*, v.42, n.3, p.813-845, 1972.

LANZETTA, V.A.S.; REZENDE, A.S.C.; SALIBA, E.O.S.; et al. Validação do LIPE<sup>®</sup> como método para determinar a digestibilidade dos nutrientes em equinos. *R. Bras. Zootec.*, v.38, p.69-74, 2009.

LE DU, Y.L.P; PENNING, P.D. Animal based techniques for estimating herbage intake. In: LEAVER, J.D. (Ed.) *Herbage Intake Handbook*. Hurley, UK: The British Grassland Society, 1982. p.37-1075.

LIMA, J.B.M.P.; GRAÇA, D.S.; BORGES, A.L.C.C. et al. Uso do óxido crômico e do LIPE<sup>®</sup> na estimativa do consumo de matéria seca por bezerros de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.60, n.5, p.1197-1204, 2008.

LIPPKE, H. Estimation of forage intake by ruminants on pasture. *Crop Sci.*, v.42, p.869-872, 2002.

LOPES, F.C.F.; AROEIRA, L.J.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Efeito da suplementação e do intervalo de pastejo sobre a qualidade da forragem e consumo voluntário de vacas Holandês x

Zebu em lactação em pastagem de capim-elefante. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.56, n.3, p.355-362, 2004.

LOPES, F.C.F. Métodos para estimativa do consumo de forrageiras tropicais por vacas em lactação, em condições de pastejo. *Cad. Téc. Vet. Zootec.*, v.52, p.1-116, 2007.

MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; BRITO, A.F. et al. Uso de diferentes indicadores para estimar a produção de matéria seca fecal e avaliar o consumo individual de concentrado e volumoso em novilhas. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 43., João Pessoa. *Anais...*, SBZ, 2006. (CD-ROM)

MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Potencial da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *R. Bras. Zootec.*, v.32, n.4, p.1013-1020, 2003.

MAYES, R.W.; DOVE, H. Measurement of dietary nutrient intake in free-ranging mammalian herbivores. *Nutrition Research Reviews*, v.13, p.107-138, 2000.

McMENIMAN, N.P. Methods of estimating intake of grazing animals. In: SIMPÓSIO SOBRE TÓPICOS ESPECIAIS EM ZOOTECNIA, 1997, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997, p.133-168.

MEHREZ, A.Z.; ØRSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.*, v.88, p.645-650, 1977.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.). *Forage quality evaluation and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

MINSON, D.J.; STOBBS, T.H.; HEGART, M.P. et al. Measuring the nutritive value of pasture plants. In: SHAW, N.H., BRYAN, W.W. (Eds.) *Tropical pasture research*. Oxford: CAB International. 1976. p.308-338.

MOORE, J.E.; SOLLENBERGER, L.E. Techniques to predict pasture intake. In: GOMIDE, J.A. (Ed.) SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 1997, p. 81-96.

MORAIS, S.A.L.; NASCIMENTO, E.A.; PILO-VELOSO, D. Studies of *Eucalyptus grandis* lignin. Part 1: Estimation of lignin and polyphenols contents in *Eucalyptus grandis* by infrared spectroscopy. *J. Braz. Chem. Soc.*, v.2, p.129-131, 1991.

MORAIS, S.A.L.; NASCIMENTO, E.A.; PILO-VELOSO, D. Determinação do grau de condensação e do número de grupos metoxila por unidade monomérica de ligninas do *Eucalyptus grandis* por espectroscopia FTIR. *Quím. Nova*. v.17, p.5-8, 1994.

OLIVEIRA, L.O.F. *Desempenho, consumo, dinâmica ruminal e cinética da degradação da *Brachiaria brizantha* CV. Marandu, em bovinos de corte suplementados com proteínados*. 2005. 93f. Tese (Doutorado em Ciência Animal - Nutrição Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

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

PILÓ-VELOSO, D.; NASCIMENTO, E.A.; MORAIS, S.A.L. Isolamento e análise estrutural de ligninas. *Quím. Nova*, v.16, p.435-448, 1993.

POPPI, D.P.; HUGHES, T.P.; l'HUILLIER, P.J. Intake of pasture by grazing ruminants. In: NICOL, A.M. (Ed.). *Livestock feeding on pasture*. Hamilton: New Zealand Society of Animal Production, 1987. p.55-64. (Occasional Publication, 10).

PRIGGE, E.C.; VARGA, G.A.; VICINI, J.L. et al. Comparison of ytterbium chloride and chromium sesquioxide as fecal indicators. *J. Anim. Sci.*, v.53, n.6, p.1629-1633, 1981.

RODRÍGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; GUIMARÃES Jr., R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: GONZAGA NETO, S.; COSTA, R. G.; CAVALCANTI, E. (Eds.) SIMPÓSIOS DA XLIII REUNIÃO ANUAL DA SBZ, João Pessoa, 2006. *Anais...* João Pessoa: SBZ/UFPA, 2006. p.323-352.

SALIBA, E.O.S. *Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostas à degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais*. 1998. 251f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

SALIBA, E.O.S.; RODRIGUES, N.M.; PILÓ-VELOSO, D. et al. Utilização da lignina isolada da palha de milho como indicador de digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SBZ, 1999a. p.145-147.

SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Effect of corn and soybean lignin residues submitted to the ruminal fermentation on structural carbohydrates digestibility. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.51, n.1, p.85-88, 1999b.

SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Lignina isolada da palha de milho utilizada como indicador em ensaios de digestibilidade: Estudo comparativo. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.54, n.1, 2002.

SALIBA, E.O.S.; PEREIRA, R.A.N.; FERREIRA, W.M. et al. Lignin from *Eucalyptus Grandis* as indicator for rabbits in digestibility trials. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, v.3, 2003a. (Special Volume).

SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; PILÓ-VELOSO, D. et al. Estudo comparativo da digestibilidade pela técnica da coleta total com lignina purificada como indicador de digestibilidade para ovinos em experimento com feno de Tifton 85. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Catarina. *Anais...* Santa Catarina: SBZ, 2003b. (CD-ROM).

SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; PILÓ-VELOSO, D. et al. Utilization of purified lignin extracted from *Eucalyptus grandis* (PELI), used as an external marker in digestibility trials in various animal species. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9., Porto Alegre: *Proceedings...* Porto Alegre-RS, 2003c. (CD-ROM).

SALIBA, E.O.S.; PILO-VELOSO, D.; RODRIGUEZ, N.M et al. Structural characterization of lignin from *Eucalyptus Grandis* before and after exposure to the gastrointestinal tract of ruminants. In: SIMPÓSIO MUNDIAL DE LIGNINAS, 8., 2004, São Carlos. *Anais...* São Carlos, 2004.

SALIBA, E.O.S. Uso de Indicadores: Passado, presente e futuro. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1., 2005, Belo Horizonte: *Anais...* Belo Horizonte – MG: Escola de Veterinária da UFMG, 2005. p.04-22.

SILVA, J.J.; SALIBA, E.O.S.; AROEIRA, L.J.M.; et al. Estimativa da produção fecal de novilhas leiteiras mantidas em diferentes sistemas de pastejo pela utilização dos indicadores externos óxido crômico e LIPE<sup>®</sup>. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006. João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. (CD-ROM)

SMITH, A.M., REID, J.T. Use of chromic oxide as an indicator of fecal output for the purpose of determining the intake of a pasture herbage by grazing cows. *J. Dairy Sci.*, v.38, n.5, p.515-524, 1955.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.*, v.18, p.104-111, 1963.

TITGEMEYER, E.C. Design and interpretation of nutrient digestion studies. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.2235-2247, 1997.

VAN DYNE; G.M.; MEYER, J.H. A method for measurement of forage intake of grazing livestock using microdigestion techniques. *J. Range Manag.*, v.17, n.4, p.204-208, 1964.

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

VASCONCELLOS, C.H.F.; VELOSO, J.A.F.; SALIBA, E.O.S.; et al. Uso da LIPE<sup>®</sup> como indicador externo na determinação da energia metabolizável de alimentos em frangos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, p.459-465, 2007.

VAZQUEZ, O.P.; SMITH, T.R. Factors affecting pasture intake and total dry matter intake in grazing cows. *J. Dairy Sci.*, v. 83, p. 2301-2309, 2000.

## CAPÍTULO III - DIFERIMENTO DE PASTAGENS DE CAPIM-PIATÃ PARA UTILIZAÇÃO DURANTE O PERÍODO DE TRANSIÇÃO ÁGUAS-SECA

### RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito do período de diferimento (60 e 100 dias) e de pastejo (1, 21 e 42 dias) sobre as características agronômicas e nutricionais de pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, utilizado durante o período de transição águas-seca. Não houve efeito do período de diferimento sobre a disponibilidade de forragem total, disponibilidade de forragem verde, altura do dossel e densidade da forragem ( $P>0,05$ ), sendo que o diferimento por 60 dias proporcionou menor percentagem de material morto, menor perda de pasto e maior valor nutritivo ( $P<0,05$ ). Com o avanço do período de pastejo houve reduções da disponibilidade da forragem, das frações folha, colmo e matéria verde, da relação folha:colmo e da altura do dossel forrageiro. Estas reduções foram mais evidentes no pasto diferido por 100 dias ( $P<0,05$ ). Durante o pastejo, os valores médios nos pastos diferidos por 60 e 100 dias para o teor de PB, FDN, FDA e P foram, respectivamente, 3,9 e 2,3; 78,3 e 79,6; 38,8 e 43,5; 0,12 e 0,08%, sendo observado efeito significativo sobre a concentração destes nutrientes ( $P<0,05$ ). A simulação da dieta ingerida apresentou maior teor de PB e menor teor de FDN, quando comparada aos valores obtidos por colheita total ( $P<0,05$ ), indicando melhor valor nutritivo da dieta ingerida pelos animais, em relação ao conteúdo do pasto. O diferimento do pasto, no final da época das águas, por períodos de 60 e 100 dias, permite quantidades adequadas de massa de forragem verde e elevadas taxas de acúmulo de forragem, constituindo estratégia eficaz em estocar forragem destinada ao pastejo, durante o período de transição águas-seca.

**Palavras-chave:** avaliação nutricional, *Brachiaria brizantha*, disponibilidade de forragem, pastejo simulado, relação folha:colmo

### *DEFERRING OF PIATÃ GRASS FOR USE DURING THE RAINY/DRY TRANSITION PERIOD*

#### *ABSTRACT*

*The effect of the deferring period (60 and 100 days) and grazing (1, 21 and 42 days) on the agronomic e nutritional characteristics of Braquiária grass (Brachiaria brizantha cv. Piatã), during the rainy/dry transition period, was evaluated. No differences among deferring period, for forage availability, green forage availability, sward height and density were observed ( $P>0.05$ ). Sixty days deferring showed lower percentage of senescent material, lower loss of green mass of higher nutritive value ( $P<0.05$ ). Grazing reduced forage mass, leaves and green forage availability, leaf:stem ratio and sward height and affected the content of CP, NDF, ADF and P ( $P<0.05$ ). These effects were more evident in the pasture deferred for 100 days ( $P<0.05$ ). Forage deferring for 60 and 100 days allows adequate quantities of green forage mass and high rates of forage accumulation, being effective strategy to store forage to be used during the rainy/dry transition period.*

**Keywords:** *Brachiaria brizantha*, forage availability, forage quality, hand plucking sample, leaf:stem ratio

## INTRODUÇÃO

As pastagens constituem a base da alimentação dos ruminantes na maioria dos sistemas produtivos das regiões tropicais, e representam a forma predominante de produção da carne bovina brasileira. No entanto, a produção de forragem apresenta comportamento estacional ao longo do ano, consequência da variação que ocorre na disponibilidade de fatores ambientais determinantes de seu crescimento, como água, luz e temperatura (Euclides et al., 2007).

O manejo adequado das pastagens possibilita a maximização da produção animal, via combinação ótima de rendimento forrageiro e conversão da biomassa em produto animal. Durante o período de transição águas-seca observa-se que a qualidade e a disponibilidade de forragem diminuem de forma gradativa. Algumas alternativas têm sido adotadas para equilibrar a estacionalidade da produção forrageira, no entanto, o diferimento da pastagem se destaca por ser estratégia eficaz em estocar forragem, sendo de fácil realização e baixo custo (Santos et al., 2009a).

O diferimento da pastagem é uma estratégia de manejo que consiste em selecionar determinadas áreas de pasto e vedá-las ao acesso dos animais, geralmente no fim do verão. Dessa forma, é possível reservar o excesso de forragem produzida na época das águas, para pastejo direto durante o período de escassez (Santos e Bernardi, 2005). Visando conciliar maior produção com melhor qualidade, algumas ações de manejo no diferimento da pastagem devem ser conduzidas, como, por exemplo, o rebaixamento do pasto, por ocasião da vedação, realizado pelo pastejo intenso, com categorias animais menos exigentes (Martha Jr. et al., 2003). Com isso, há alteração na estrutura do pasto, pela remoção da forragem velha, de baixa qualidade, e estímulo ao aparecimento de novos perfilhos, melhorando a rebrotação do pasto, que terá folhas novas e, conseqüentemente, melhor valor nutritivo (Santos et al., 2009b).

Vários autores (Euclides et al., 1990; Leite et al., 1998; Euclides et al., 2007; Santos et al., 2009a; Santos et al., 2009b) demonstraram a viabilidade desta prática, desde que sejam selecionadas forrageiras adequadas para períodos de diferimento e de utilização específicos. As espécies forrageiras mais indicadas para o diferimento são aquelas que apresentam bom potencial de acúmulo de forragem durante o outono, principalmente as de melhor relação folha:colmo, e que não apresentem pico de florescimento nesta estação (Santos e Bernardi, 2005). Neste sentido, o capim-Piatã (*Brachiaria brizantha* cv. Piatã) apresenta grande potencial para diferimento, por possuir floração precoce, ocorrendo no início do verão, permitido, desta forma, a recuperação das plantas e a produção de forragem de boa qualidade no final do período das chuvas.

O capim-Piatã foi lançado pela Embrapa em 2006, sendo resultante de 16 anos da seleção de plantas que fazem parte da coleção de forrageiras da Embrapa que, originalmente, foram coletadas pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat), entre os anos de 1984 e 1985, na região de Welega, Etiópia, África. O nome Piatã presta uma homenagem ao povo indígena Tupi-Guarani, significando fortaleza, valentia e coragem, refletindo as características de robustez e produtividade dessa cultivar. À semelhança as cultivares Marandu e Xaraés, o capim-Piatã é bem adaptado aos solos do Cerrado. Diferencia-se destas cultivares, principalmente, pela floração mais precoce, rebrote mais rápido, melhor relação folha:colmo, maior acúmulo de folhas no período de diferimento e colmos mais finos, características estas que o torna uma importante alternativa para a diversificação de pastagens (Embrapa, 2008).

No Brasil, várias pesquisas são realizadas objetivando estabelecer épocas do ano mais apropriadas para realizar o diferimento e a utilização das pastagens. A adequação do período de diferimento é importante prática de manejo, pois é um dos determinantes da quantidade e qualidade da forragem diferida. O período de diferimento determina as características estruturais do pasto, no momento da entrada dos animais. A importância de mensurar as características estruturais está fundamentada no reconhecimento de que a estrutura do pasto é uma característica central e determinante, tanto da dinâmica de crescimento e competição nas comunidades vegetais, quanto do comportamento ingestivo dos animais em pastejo (Carvalho et al., 2001).

Além do efeito do período de diferimento, é importante reconhecer que, durante o período de pastejo, ocorrem diferentes interações entre plantas e animais. As mudanças na estrutura do pasto diferido alteram, durante o período de pastejo, o comportamento ingestivo, modificando o tamanho do bocado, o número de bocado por unidade de tempo, o tempo de pastejo, e, por fim, o consumo e o desempenho animal. Durante o período de pastejo, o comportamento seletivo dos animais também promove mudanças na qualidade da forragem, por alterações na composição morfológica do pasto (Carvalho et al., 2001). Desta forma, a compreensão do desenvolvimento da planta, durante o período de diferimento, e da interface planta-animal, durante o período de pastejo, pode resultar em recomendações de manejo mais eficientes, que otimizem a produção animal em pastagens diferidas.

As recomendações de épocas de diferimento e de utilização das pastagens não devem ser generalizadas, uma vez que, no Brasil, há diferentes recursos forrageiros e grandes variações entre as condições edafo-climáticas (Santos e Bernardi, 2005). Teoricamente, para cada forrageira e região do país, existe um período mais apropriado para manter o pasto diferido. Com base nesta hipótese, avaliaram-se o efeito do diferimento e do pastejo sobre as características agrônômicas e nutricionais de pastos de capim-Piatã, com o objetivo de determinar o período de diferimento mais adequado para utilização desta gramínea, durante o período de transição águas-seca, na região do Cerrado.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no período de fevereiro a julho de 2008, na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Cerrados, localizada no município de Planaltina-DF, situada a 1007 m de altitude, sob as coordenadas geográficas aproximadas de 15° 35' S de latitude e 47° 42' W de longitude. Os dados foram levantados durante a transição da época das águas para a época da seca, compreendendo o período experimental de 01 de abril a 01 de julho, que, para fins de padronização será denominado de período de transição águas-seca.

O clima da região é do tipo tropical estacional (Aw) (Köppen, 1931), com precipitação pluvial média de 1.280 mm/ano, sendo 87% desta, concentrada nos meses de outubro a março. O solo predominante da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, A moderado, textura argilosa (LVAd) (Embrapa, 2006). Na Fig. 31 são apresentados os dados pluviométricos mensais referentes ao ano de 2008 e a média histórica entre os anos de 1988 e 2007.

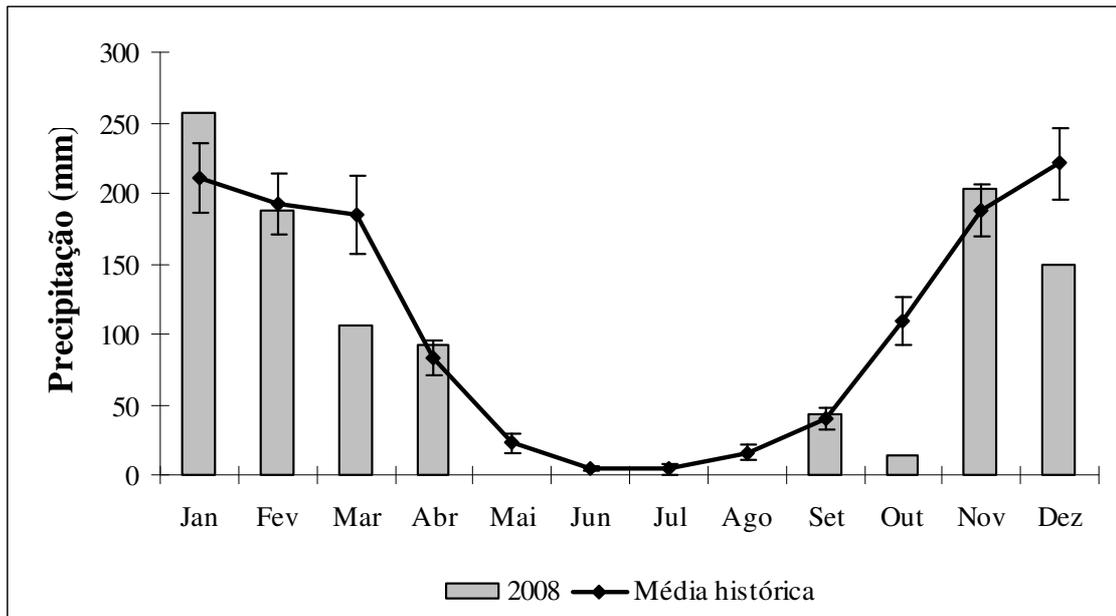


Figura 31. Precipitação mensal acumulada no ano de 2008 e média histórica de precipitação (1988-2007) na Embrapa Cerrados.

A Fig. 32 sumariza o resultado do balanço hídrico decendial no ano de 2008, conforme Thornthwaite e Mather (1955). Os valores apresentados foram determinados considerando uma capacidade de campo para o LVAd de  $0,36\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  e uma profundidade efetiva do sistema radicular de 20cm.

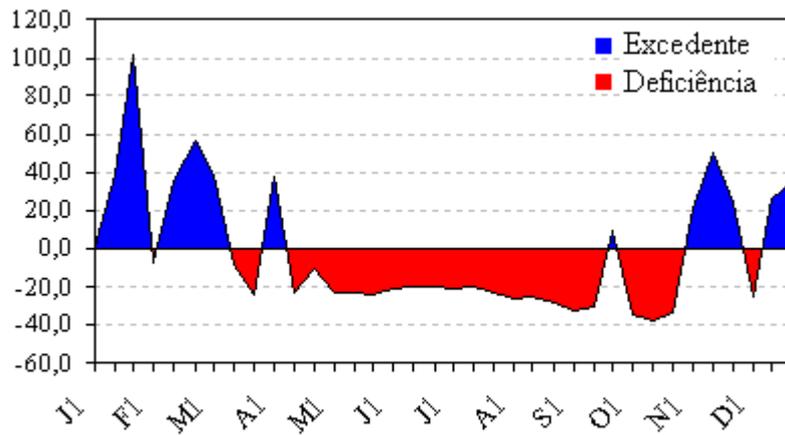


Figura 32. Balanço hídrico decendial referente ao ano de 2008 na Embrapa Cerrados

Os dados de temperatura mínima, média e máxima, registrados durante o período experimental, estão consolidados na Fig. 33.

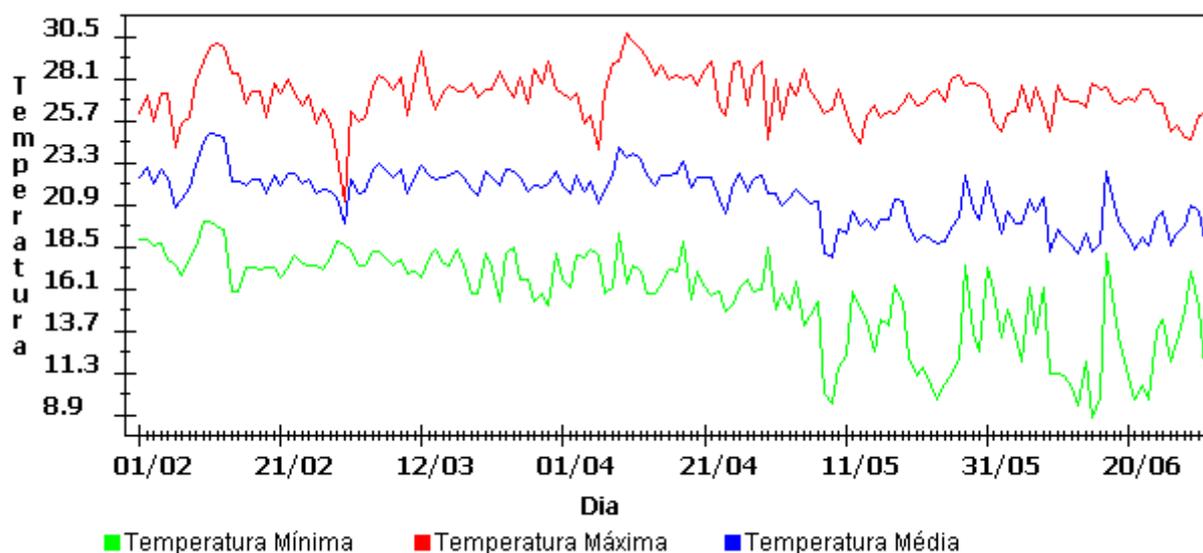


Figura 33. Temperatura diária (C°) mínima, máxima e média, na Embrapa Cerrados, durante o período experimental.

Nas Fig. 34 e 35 são apresentados, respectivamente, a imagem de satélite e o croqui da área experimental. A área experimental foi constituída de dois módulos, subdivididos em quatro piquetes de 0,5 há, cultivados com *Brachiaria brizantha* cv. Piatã (Fig. 36).

Os tratamentos consistiram das combinações de dois períodos de diferimento da pastagem (60 e 100 dias) e três períodos de pastejo (1, 21 e 42 dias). Para garantir acúmulo de forragem durante o período experimental, a pastagem foi submetida ao manejo de diferimento. No período prévio ao experimento, os pastos foram mantidos sob pastejo, com bovinos de corte, até fevereiro de 2008. Em fevereiro estes pastos foram uniformizados e mantidos vedados até o início do experimento. Portanto, as pastagens foram diferidas na mesma época e utilizadas em épocas distintas, sendo que, no pasto diferido por 60 dias, os animais iniciaram o pastejo dia 02/04/08 e no pasto diferido por 100 dias, dia 12/05/08. As avaliações, durante o período de pastejo, foram feitas ao primeiro, vigéssimo primeiro e quadragéssimo segundo dias de pastejo.

Para avaliação do efeito do pastejo sobre as características agronômicas e nutricionais da pastagem, foram utilizados 20 novilhos Nelore, com peso médio inicial de 260 kg, sendo as pastagens manejadas com taxa de lotação fixa de aproximadamente 3,2 UA/ha. Durante o pastejo nos piquetes de cada módulo, procedeu-se a divisão de quatro grupos de cinco animais. Visando minimizar a influência do efeito do pasto, pela possível variação da disponibilidade e valor nutritivo da forragem, procedeu-se o rodízio dos animais nos piquetes, a cada dois dias.



Figura 34. Imagem de satélite da área experimental. Fonte: software: *Google® Earth* – acesso online em 07/07/2010.

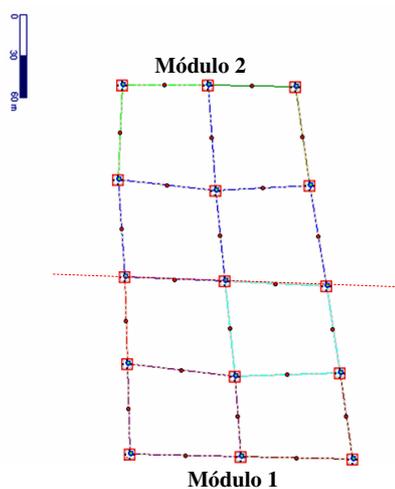


Figura 35. Croqui da área experimental



Figura 36. Vista geral dos piquetes de capim-Piatã

As avaliações da disponibilidade de forragem foram feitas ao final do período de diferimento e nos períodos de pastejo de cada módulo experimental. Em cada piquete, após avaliação da sua forma, para se traçar a melhor rota de abrangência, amostras do pasto foram colhidas utilizando-se o método direto da técnica agrônômica do corte zero, por meio do corte, rente ao solo, realizado com cortador mecânico, de 12 áreas de 0,5x2 m delimitadas aleatoriamente (t'Mannetje, 1978). O método direto de determinação da disponibilidade de forragem foi comparado ao método indireto de avaliação visual, denominado de método da dupla amostragem (Wilm et al., 1944). Para tanto, a pastagem foi classificada em escores, baseados na relação altura:densidade do dossel. Em cada avaliação, as áreas de maior e menor escore receberam, respectivamente, os valores de 30 e 10, e áreas de escore intermediário, receberam o valor de 20, perfazendo um total de 12 amostragens com escores variando entre 10 e 30. Uma vez identificado o escore, procedeu-se o corte de uma área de 0,5x2 m, sendo todo material recolhido e acondicionado em sacos plásticos para posterior pesagem. Em seguida ao procedimento de corte da forragem dos escores e calibração visual do avaliador, foram feitas 48 amostragens visuais por todo o módulo, anotando-se o valor do escore e da altura de três pontos de uma área visual de aproximadamente 1m<sup>2</sup>. Os dados estimados, obtidos a partir do método visual, foram convertidos em produção de massa de forragem, utilizando equações de regressão geradas para cada período de avaliação, conforme descrito por Gardner (1986). Para comparação dos métodos foi utilizado o intervalo de confiança dos dados, analisados a 5% de significância, seguindo um modelo matemático construído a partir de equações de regressão dos dados observados e estimados, utilizando-se o programa estatístico SigmaPlot (Scientific..., 2006).

Quando apresentados os dados de disponibilidade da forragem, consideraram-se os valores obtidos pelo método direto. Após o corte das áreas delimitadas, todo o material foi recolhido e pesado. Na sequência retiraram-se duas subamostras, uma para determinação da matéria seca total e outra para determinação dos componentes estruturais da pastagem, pela separação manual das frações folha, colmo e material morto. Como referência, a fração folha foi composta pela lâmina foliar verde. A inflorescência e a bainha foliar foram incorporadas à fração colmo e as partes senescentes ou mortas, do colmo e da lâmina foliar, foram incorporadas à fração matéria morta (Fig. 37). Após a separação, as amostras foram pesadas e secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas. Após secagem, estas foram moídas a 1 mm e acondicionada em recipientes plásticos, devidamente identificados.



Figura 37. Separação das frações folha, colmo e material morto da pastagem.

A relação folha:colmo foi obtida a partir do quociente entre a massa seca das folhas e a massa seca dos colmos. A altura foi mensurada mediante discreta compressão manual na área de lâminas foliares do relvado do pasto, a fim de criar uma uniformidade de leitura. A altura média do dossel foi mensurada utilizando-se régua graduada, fazendo-se a medição em três pontos distintos de cada área cortada. A densidade volumétrica da forragem foi calculada pela divisão da massa de forragem pela altura do pasto.

Objetivando estimar a perda de pasto, por senescência e pisoteio, durante o período de pastejo, foram feitas dez avaliações, conforme Minson (1990). Para tanto, quatro áreas retangulares de 2 x 1m foram previamente delimitadas, em cada módulo, por meio de estacas. Todo material presente no solo desta área, que não fosse parte funcional das plantas forrageiras, foi então removido e descartado. Nos diferentes períodos de avaliações, realizou-se novamente a limpeza das áreas, registrando o peso do material retirado. Estes valores, corrigidos para matéria seca, foram extrapolados para a área dos módulos, sendo representativo da perda do pasto (Fig. 38).



Figura 38. Área delimitada para avaliação das perdas do pasto.

Avaliou-se o potencial de seleção realizado pelos animais, pela comparação entre o valor nutricional do pasto e da dieta ingerida. Para tanto, foram realizadas quatro avaliações, intervaladas de 21 dias, ao longo do período de transição águas-seca, sendo comparados os teores de PB e FDN, por estes serem determinantes do valor nutricional das pastagens e influenciarem o consumo e o desempenho animal sob pastejo. O valor nutricional da pastagem ofertada foi determinado pela análise das amostras de disponibilidade total. Para estimativa da pastagem consumida pelos animais, utilizou-se o pastejo simulado, seguindo os procedimentos recomendados por Johnson (1978). Procurou-se extrair frações da pastagem semelhantes àquelas que os animais selecionavam no piquete, a partir da observação do comportamento de pastejo dos animais, além da observação da área, altura e partes da planta que eram consumidas. Para evitar maiores discrepâncias nos critérios de amostragem, o pastejo simulado foi realizado sempre por um mesmo amostrador.

No Laboratório de Nutrição da Escola de Veterinária da UFMG, as amostras foram analisadas quanto ao teor de matéria seca a 105°C (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P) (Official..., 1980); fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) (Van Soest et al., 1991) e carboidratos não fibrosos (CNF), calculado segundo Sniffen et al. (1992).

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, em esquema de fatorial 2x3, sendo cada piquete dos módulos experimentais uma repetição. Os dados foram interpretados por meio das análises de variância, sendo as médias comparadas pelo teste SNK, a 5% de significância, utilizando-se o programa SAEG (Sistema..., 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na comparação entre os métodos de determinação da disponibilidade de forragem, os intervalos de confiança, calculados a partir dos dados observados e estimados, se sobrepõem, não sendo observadas diferenças entre o método direto e o método da dupla amostragem (Fig. 39). Desta forma, o método da dupla amostragem possui grande aplicabilidade na determinação da massa de forragem em grandes áreas de pastagens, onde a aplicação do método direto se torna inviável pelo grande número de cortes a serem realizados e pela laboriosidade de tal procedimento. A acurácia do método da dupla amostragem é intimamente dependente da habilidade e treinamento do avaliador. Desta forma, ressalta-se a importância da calibração visual e geração da equação de regressão para cada avaliação realizada, diminuindo assim, o caráter empírico deste método.

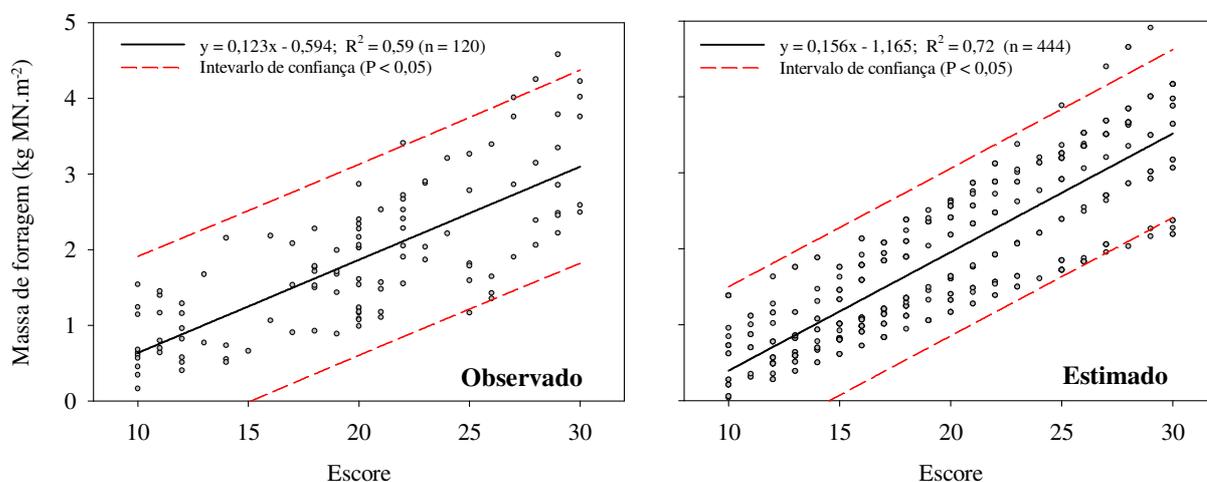


Figura 39. Avaliação da massa de forragem observada pelo método direto e estimada pelo método da dupla amostragem.

O diferimento do pasto, no final da época das águas, por períodos de 60 e 100 dias, permitiu quantidades adequadas de massa de forragem verde e elevadas taxas de acúmulo de forragem, constituindo estratégia eficaz em estocar forragem destinada ao pastejo, durante o período de transição águas-seca. Não foram observadas diferenças entre os períodos de diferimento para a disponibilidade de forragem inicial, com valores de 8.612 e 9.227 kg MS/ha para os pastos diferidos por 60 e 100 dias, respectivamente (Fig. 40). O diferimento proporcionou elevados valores de disponibilidade de forragem, ficando acima do limite de 2.000 kg MS/ha, sugerido pelo NRC (Nutrient..., 1996), como mínimo para não comprometer o consumo de pasto por bovinos.

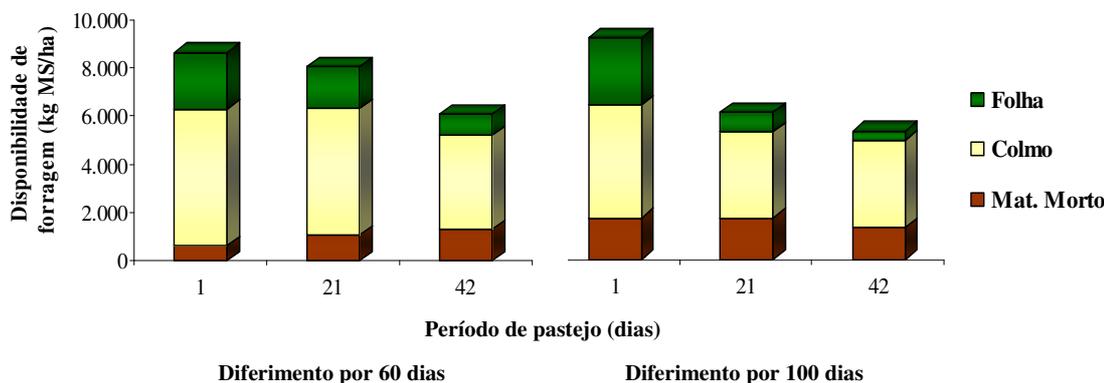


Figura 40. Disponibilidade de forragem e das frações folha, colmo e material morto (kg MS/ha) de pastos manejaados em diferentes períodos de diferimento e pastejo.

Espécies forrageiras tropicais apresentam grande potencial de produção, entretanto, o acúmulo de MS ao longo do crescimento da planta é acompanhado de mudanças na estrutura do pasto e nas células vegetais que comprometem sua qualidade como alimento para ruminantes (Euclides et al., 1992). Desta forma, avaliações da disponibilidade das frações folha, colmo e material morto, da altura do dossel e densidade fornecem informações importantes do quanto e de que forma a forragem está disponível. Ao final do período de diferimento, a proporção de folhas para os pastos diferidos por 60 e 100 dias correspondeu de 27,2% (2.348 kg MS) e 32,1% (2.785 kg MS) da disponibilidade total, respectivamente. Com o aumento nos dias de diferimento, observou-se aumento da disponibilidade de folhas e da relação folha:colmo (Tab.15). Apesar do pasto diferido por 60 dias apresentar menor proporção de folha e maior de colmo, a disponibilidade de forragem verde foi semelhante entre os períodos de diferimento. Ademais, os pastos diferidos por 60 dias apresentaram menores quantidades de material morto, com valores de 600,0 e 1746,5 kg MS/ha, para os respectivos períodos de 60 e 100 dias.

O consumo, por animais em pastagens, pode ser limitado quando o pasto possui alto percentual de material morto, mesmo quando a disponibilidade de matéria seca é alta. Assim, os pastos diferidos por maior período e submetidos a longos períodos de pastejo são caracterizados por uma estrutura não predisponente ao consumo e, como consequência, resultam em menor desempenho animal (Santos et al., 2009a). Nesse sentido, t'Mannetje e Ebersohn (1980) sugeriram que nos trópicos, onde as gramíneas acumulam grande quantidade de material morto durante a estação seca, a relação entre forragem disponível e o consumo aplica-se apenas à fração verde do pasto. De fato, segundo Euclides et al., (2008), muitos trabalhos com forrageiras tropicais têm demonstrado que o consumo e a produção animal são melhores correlacionados com a disponibilidade de matéria seca verde, em detrimento do total de forragem disponível.

Com a entrada dos animais nos piquetes e o declínio da pluviosidade, houve reduções na disponibilidade da forragem, das frações folha, colmo e matéria verde, da relação folha:colmo e da altura do dossel forrageiro. Estas reduções foram mais evidentes no pasto diferido por 100 dias.

Durante o pastejo, o pasto diferido por 60 dias apresentou melhor proporção de folhas. Após o período de pastejo, verificou-se que as disponibilidades de folhas, nos pastos diferidos

por 60 e 100 dias, corresponderam, respectivamente, a 37,1 e 12,6% daquelas antes do pastejo. Como houve menores alterações na porção de colmo, estes valores indicam que as folhas foram consumidas preferencialmente, provavelmente, devido ao comportamento seletivo dos animais durante o pastejo. De fato, Euclides et al. (1992) verificaram que a dieta selecionada pelos animais, em pastagem de *Brachiaria*, apresentava 90% de forragem verde, com grande participação da fração lâmina foliar.

Tabela 15. Disponibilidade de matéria seca total (DMST), das frações folha (DF), colmo (DC), matéria verde (DMV) e matéria morta (DMM), em kg de MS/ha, relação folha:colmo (Rel. F:C), altura do dossel (cm) e densidade total (kg MS/cm/ha) de pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã em função dos períodos de diferimento e de pastejo.

Diferimento	DMST	DF	DC	DMV	DMM	Rel.F:C	Altura	Densidade
<b>60 dias</b>	8611,7 <sup>A</sup>	2348,2 <sup>B</sup>	5663,4 <sup>A</sup>	8011,6 <sup>A</sup>	600,0 <sup>B</sup>	0,42 <sup>B</sup>	108 <sup>A</sup>	79,8 <sup>A</sup>
<i>Pastejo (dias)</i>								
<i>1</i>	8611,7 <sup>a</sup>	2348,2 <sup>a</sup>	5663,4 <sup>a</sup>	8011,6 <sup>a</sup>	600,0 <sup>b</sup>	0,42 <sup>a</sup>	108 <sup>a</sup>	79,8 <sup>b</sup>
<i>21</i>	8031,0 <sup>a</sup>	1725,6 <sup>b</sup>	5250,1 <sup>a</sup>	6975,7 <sup>b</sup>	1055,3 <sup>a</sup>	0,33 <sup>b</sup>	85 <sup>b</sup>	96,5 <sup>a</sup>
<i>42</i>	6056,9 <sup>b</sup>	871,8 <sup>c</sup>	3903,3 <sup>b</sup>	4775,2 <sup>c</sup>	1281,7 <sup>a</sup>	0,22 <sup>c</sup>	65 <sup>c</sup>	99,6 <sup>a</sup>
<b>100 dias</b>	9226,8 <sup>A</sup>	2785,0 <sup>A</sup>	4695,3 <sup>B</sup>	7480,3 <sup>A</sup>	1746,5 <sup>A</sup>	0,62 <sup>A</sup>	102 <sup>A</sup>	91,6 <sup>A</sup>
<i>Pastejo (dias)</i>								
<i>1</i>	9226,8 <sup>a</sup>	2785,0 <sup>a</sup>	4695,3 <sup>a</sup>	7480,3 <sup>a</sup>	1746,5 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>	102 <sup>a</sup>	91,6 <sup>b</sup>
<i>21</i>	6133,7 <sup>b</sup>	815,0 <sup>b</sup>	3567,5 <sup>b</sup>	4382,5 <sup>b</sup>	1751,2 <sup>a</sup>	0,23 <sup>b</sup>	57 <sup>b</sup>	107,9 <sup>a</sup>
<i>42</i>	5333,0 <sup>b</sup>	349,9 <sup>c</sup>	3642,1 <sup>b</sup>	3992,0 <sup>b</sup>	1341,1 <sup>b</sup>	0,09 <sup>c</sup>	45 <sup>c</sup>	117,0 <sup>a</sup>
<b>CV (%)*</b>	16,6	23,0	18,3	17,1	22,5	26,6	13,1	19,0

Letras maiúsculas, na coluna, comparam o efeito do diferimento, sendo equivalente, pelo teste SNK (P>0,05), quando seguido por letras iguais. Letras minúsculas, na coluna, para um mesmo período de diferimento, comparam o efeito do pastejo, sendo equivalente, pelo teste SNK (P>0,05), quando seguidos por letras iguais.

\*Coeficiente de variação

Com o avanço no período de pastejo, observou-se aumento da fração material morto no pasto diferido por 60 dias e redução no pasto diferido por 100 dias. O aumento no pasto diferido por 60 dias, provavelmente, foi decorrente do avanço da maturidade das plantas e da ação de pisoteio dos animais, aumentando a incorporação de material senescente ao perfil do solo. Já a redução observada no pasto diferido por 100 dias pode ter sido ocasionada pela ingestão desta fração pelos animais, uma vez que houve redução significativa da fração folha, permitindo o aumento da ingestão de folhas mortas, pertencentes à fração material morto. Durante o período de pastejo, a proporção de material morto representou, em média, 15 e 26% do total de forragem disponível, para os diferimentos de 60 e 100 dias, respectivamente.

As alturas efetivas do dossel foram semelhantes para os períodos de diferimento. Verificou-se que os animais pastejaram, em média, 40 e 56% da altura da pastagem, nos pastos diferidos por 60 e 100 dias, respectivamente. Analisando a relação entre a altura do dossel e a densidade, verificou-se que houve correlação negativa durante o período de pastejo, sendo observada redução da altura do dossel e aumento na densidade total da forragem.

Martha Jr. et al. (2003) relataram que o sucesso do pastejo diferido é dependente da possibilidade dos animais entrarem na área diferida sem que a perda da pastagem seja muito elevada. Durante o pastejo, as perdas de pasto, por senescência e pisoteio, para os diferimentos de 60 e 100 dias, foram, respectivamente, 1906,6 e 2682,2 kg MS/ha. Estes valores indicam que as pastagens diferidas por 100 dias apresentaram maior perda por senescência e pisoteio, provavelmente, em virtude do avançado estágio vegetativo das plantas.

Os resultados das análises da composição química das pastagens e das frações folha, colmo e material morto, em função dos períodos de diferimento e pastejo, são apresentados na Tab.16. O período de diferimento influenciou o teor de PB nos pastos, com valores de 4,2 e 3,0%, nos pastos diferidos por 60 e 100 dias. Durante o pastejo, os valores médios nos pastos diferidos por 60 e 100 dias para o teor de PB, FDN, FDA e P foram, respectivamente, 3,9 e 2,3; 78,3 e 79,6; 38,8 e 43,5; 0,12 e 0,08%, sendo observado efeito significativo sobre a concentração destes nutrientes.

Durante o período de pastejo, o comportamento seletivo dos animais também promove mudanças na qualidade da forragem, por alterações na composição morfológica do pasto, uma vez que, os animais selecionam, preferencialmente, as folhas verdes (Stobbs, 1973a). Com o avanço do período de pastejo, a pastagem diferida por 100 dias apresentou aumento nos teores de MS e FDN e redução nos teores de PB, MM e Ca. Na pastagem diferida por 60 dias, o teor de FDN para o período de pastejo de 21 dias (76,4) foi menor que os teores para 0 e 42 dias (79,1 e 79,4, respectivamente). Este resultado provavelmente foi decorrente da remoção de partes das plantas pelo pastejo, juntamente com a rebrota da forragem, favorecida pela precipitação ocorrida durante o período. Tecidos vegetais mais novos apresentam menores teores de carboidratos estruturais (Van Soest, 1994). A precipitação acumulada, durante o período de 0 a 21 dias, foi de 74 mm, enquanto que, durante o período de 21 a 42 dias, foi de 18 mm.

Tabela 16. Composição química do pasto e das frações folha, colmo e material morto, em função dos períodos de diferimento e de pastejo.

Diferimento	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	CNF (%)	MM (%)	Ca (%)	P (%)
<b>Pasto</b>								
<b>60 dias</b>	30,3 <sup>A</sup>	4,2 <sup>A</sup>	79,1 <sup>A</sup>	37,5 <sup>A</sup>	9,0 <sup>A</sup>	6,4 <sup>B</sup>	0,35 <sup>B</sup>	0,13 <sup>A</sup>
<i>Pastejo (dias)</i>								
<i>1</i>	30,3 <sup>b</sup>	4,2 <sup>a</sup>	79,1 <sup>a</sup>	37,5 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	6,4 <sup>b</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
<i>21</i>	35,7 <sup>b</sup>	4,0 <sup>a</sup>	76,4 <sup>b</sup>	39,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	8,4 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>
<i>42</i>	44,3 <sup>a</sup>	3,5 <sup>a</sup>	79,4 <sup>a</sup>	39,9 <sup>a</sup>	7,9 <sup>a</sup>	7,3 <sup>ab</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>
<b>100 dias</b>	35,9 <sup>A</sup>	3,0 <sup>B</sup>	77,4 <sup>A</sup>	41,5 <sup>A</sup>	9,2 <sup>A</sup>	8,6 <sup>A</sup>	0,52 <sup>A</sup>	0,10 <sup>A</sup>
<i>Pastejo (dias)</i>								
<i>1</i>	35,9 <sup>b</sup>	3,0 <sup>a</sup>	77,4 <sup>b</sup>	41,5 <sup>a</sup>	9,2 <sup>a</sup>	8,6 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>
<i>21</i>	38,3 <sup>ab</sup>	2,2 <sup>ab</sup>	79,4 <sup>b</sup>	43,4 <sup>a</sup>	10,0 <sup>a</sup>	6,9 <sup>b</sup>	0,34 <sup>b</sup>	0,08 <sup>a</sup>
<i>42</i>	43,6 <sup>a</sup>	1,8 <sup>b</sup>	82,0 <sup>a</sup>	45,7 <sup>a</sup>	8,7 <sup>a</sup>	6,2 <sup>b</sup>	0,27 <sup>b</sup>	0,06 <sup>a</sup>
<b>Folha</b>								
<b>60 dias</b>	35,2 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	69,6 <sup>b</sup>	30,9 <sup>b</sup>	11,7 <sup>a</sup>	9,4 <sup>a</sup>	0,63 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>
<b>100 dias</b>	33,9 <sup>a</sup>	4,5 <sup>b</sup>	73,6 <sup>a</sup>	36,2 <sup>a</sup>	10,0 <sup>a</sup>	9,9 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>
<b>Colmo</b>								
<b>60 dias</b>	34,5 <sup>a</sup>	2,3 <sup>a</sup>	81,6 <sup>a</sup>	44,9 <sup>a</sup>	8,8 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>
<b>100 dias</b>	34,4 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	83,8 <sup>a</sup>	48,1 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,07 <sup>a</sup>
<b>Material morto</b>								
<b>60 dias</b>	69,2 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	81,3 <sup>a</sup>	41,6 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>	8,3 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>
<b>100 dias</b>	64,2 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	82,0 <sup>a</sup>	43,8 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>	8,4 <sup>a</sup>	0,47 <sup>b</sup>	0,05 <sup>a</sup>

Letras maiúsculas, na coluna, comparam o efeito do diferimento, sendo equivalente, pelo teste SNK ( $P>0,05$ ), quando seguido por letras iguais. Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na coluna, para um mesmo parâmetro, são equivalentes pelo teste SNK ( $P>0,05$ )

\*Valores expressos na matéria seca (MS). PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos; MM: matéria mineral; Ca: cálcio e P: fósforo.

Apesar da maior relação folha:colmo observada nos pastos diferidos por 100 dias (Tab.15) a fração folha destes pastos possuía menor teor de proteína que as dos pastos diferidos por 60 dias, com respectivos valores de 4,5 e 7,0%. A relação folha:colmo é uma variável de grande importância para a nutrição animal por estar associada à facilidade com que os animais colhem a forragem, logo, alta proporção de folhas em relação a colmos constitui característica desejável à forrageira por estar diretamente relacionada à qualidade e ao consumo (Euclides et al., 2007). No entanto, com o avanço da maturidade da planta, ocorre aumento nos teores de carboidratos estruturais e redução no conteúdo celular, que resultam na diminuição do valor nutritivo, mesmo na porção mais nutritiva, como a folha. Em situações contrárias, colmos de pastagens mais jovens são mais tenros, apresentando menor resistência ao pastejo que colmos de plantas em avançado estágio de maturidade (Van Soest, 1994). Desta forma, visando manejar de forma adequada as pastagens diferidas, deve-se buscar o equilíbrio entre as características estruturais e nutricionais da pastagem. Os resultados sugerem melhor valor nutritivo para pastos diferidos por 60 dias, pois estes possuíam maiores teores de PB e P e menores teores de fibra, em relação a pastos diferidos por 100 dias.

No presente experimento, as concentrações de PB nas pastagens foram inferiores ao valor citado na literatura, como mínimo para não restringir o consumo de pasto. No entanto, as características do pasto não representam as características da forragem realmente consumida pelos animais, devido ao comportamento seletivo destes, sob pastejo (Stobbs, 1973b). Para se estimar a qualidade da dieta dos animais mantidos a pasto, é necessário obter uma amostra representativa da forragem colhida durante o pastejo. O pastejo simulado vem sendo utilizado, como indicativo do material ingerido pelo animal, constituindo uma alternativa ao método de colheita por extrusa esofágica, pois, resultados de pesquisas nacionais, em diversas forrageiras, relatam não haver diferenças entre estas técnicas (Euclides et al., 1992; Goes et al., 2003).

Na Tab.17 são apresentados os valores de PB e FDN do pasto e da simulação da dieta ingerida pelos bovinos. A simulação da dieta ingerida apresentou maior teor de PB e menor teor de FDN, quando comparada aos valores obtidos por colheita total, indicando melhor valor nutritivo da dieta ingerida pelos animais, em relação ao conteúdo do pasto.

O pastejo seletivo permite compensar a baixa qualidade da forragem pelo aumento no consumo das partes mais nutritivas da planta (Stobbs, 1973b). Os animais selecionam preferencialmente folhas, provavelmente em virtude de serem mais acessíveis, de apresentarem menor resistência à apreensão e possuírem melhor valor nutricional (Van Soest, 1994). De fato, os animais selecionaram uma dieta com maior participação da porção lâmina foliar (Fig. 40). Como o consumo está diretamente relacionado com a taxa de passagem da dieta que, por sua vez, está relacionada com a qualidade da forragem, quanto maior a capacidade do animal em selecionar dietas, com frações menos fibrosas, maior será o consumo, devido à redução no tempo de retenção da digesta no rúmen, que resulta em diminuição no efeito de enchimento (Van Soest, 1994).

As características estruturais do pasto determinam o grau de pastejo seletivo exercido pelos animais. Ao realizar o pastejo, o animal modifica a estrutura remanescente do pasto e esta altera o ambiente do futuro pastejo, gerando um ciclo dinâmico de interações entre plantas e animais que determinam o consumo e, conseqüentemente, seu desempenho a pasto (Stobbs, 1973a).

Tabela 17. Teor de proteína bruta e fibra detergente neutro (FDN), expressos na matéria seca, do pasto e da simulação da dieta ingerida por bovinos, durante a transição águas-seca.

Avaliações*	Conteúdo do pasto	Simulação da dieta	CV (%)**
<b>Proteína bruta (%)</b>			
1	3,97 <sup>bA</sup>	9,36 <sup>aA</sup>	
2	3,33 <sup>bAB</sup>	8,79 <sup>aA</sup>	
3	2,53 <sup>bBC</sup>	5,67 <sup>aB</sup>	
4	1,66 <sup>bC</sup>	4,05 <sup>aC</sup>	
Média	2,87 <sup>b</sup>	6,97 <sup>a</sup>	12,5
<b>FDN (%)</b>			
1	76,11 <sup>aB</sup>	68,21 <sup>bC</sup>	
2	76,87 <sup>aB</sup>	68,84 <sup>bC</sup>	
3	77,89 <sup>aB</sup>	72,05 <sup>bB</sup>	
4	80,85 <sup>aA</sup>	77,05 <sup>bA</sup>	
Média	77,93 <sup>a</sup>	71,53 <sup>b</sup>	2,5

Valores seguidos por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, para um mesmo parâmetro, são equivalentes, pelo teste SNK ( $P > 0,05$ ).

\*Avaliações realizadas, respectivamente, nos dias 22/4/2008, 12/05/2008, 02/06/2008 e 23/06/2008.

\*\*Coeficiente de variação

Quando analisada a eficiência de seleção de PB pelo pastejo simulado, a dieta ingerida apresentou, em média, um valor de 240% a mais de proteína que conteúdo do pasto. No que tange o teor de FDN, foram observados valores 8% menores para a simulação da dieta. Desta forma, os resultados sugerem que os bovinos possuem maior capacidade em selecionar dietas com melhores teores de proteína do que dietas com menores teores de fibra. Com o avanço do período de pastejo observou-se uma diminuição da capacidade dos animais em selecionar dietas com maior teor de proteína e menor de fibra, indicando limitações na capacidade seletiva dos animais por dietas de melhor valor nutritivo (Fig. 41).

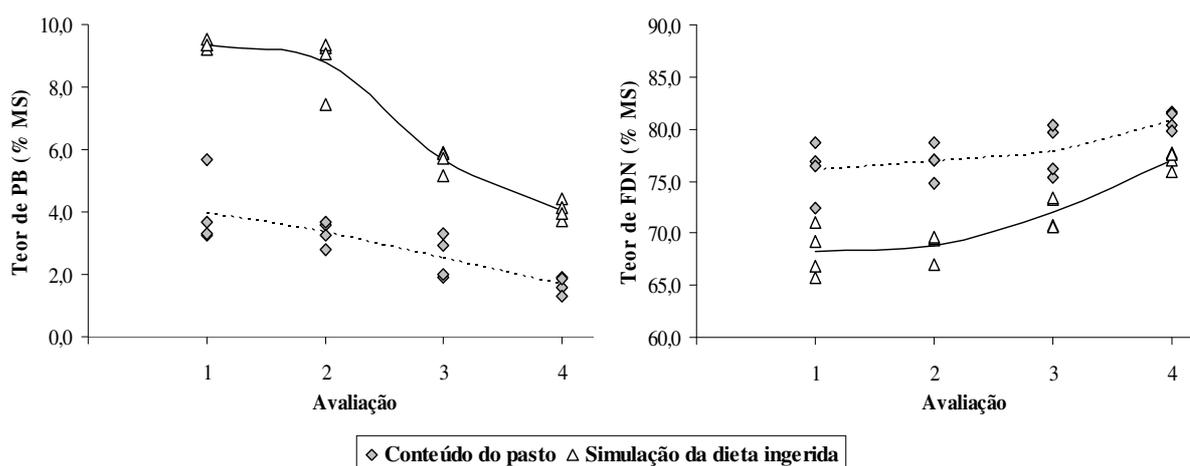


Figura 41. Potencial de seleção para proteína bruta (PB) e fibra detergente neutro (FDN) por bovinos em pastagens de capim-Piatã, no período de transição águas-seca.

Os bovinos necessitam de no mínimo 7% de PB na dieta para que a fermentação ruminal não seja comprometida, uma vez que, teores abaixo deste nível prejudicam a reciclagem de N via saliva, não satisfazendo os requerimentos de N dos micro-organismos (Van Soest, 1994). Somente nas duas primeiras avaliações a simulação do pastejo resultou em

valores acima deste nível. Estes resultados sugerem que, mesmo selecionando dietas de melhor valor nutritivo, há limites na capacidade seletiva dos animais. Desta forma, ressalta-se que para a manutenção de adequado desempenho animal, durante a época de transição águas-seca, estratégias de suplementação devem está associadas ao uso de pastagens diferidas, posto que estas permitem corrigir o déficit existente nas pastagens, viabilizando a produção animal a pasto.

## CONCLUSÕES

A determinação do adequado período de diferimento da pastagem constitui estratégia de manejo efetiva para melhorar as características estruturais e o valor nutritivo da forragem diferida. Para utilização durante o período de transição águas-seca, pastos diferidos por 60 dias apresentam melhores características estruturais e melhor valor nutritivo, sem comprometer a produção de forragem, quando comparados a pastos diferidos por 100 dias.

Estudos sobre diferimento devem ser melhor explorados no sentido de acumular informações sobre os melhores períodos para efetuar este manejo e a duração da reserva em função dos fatores climáticos, não perdendo de vista o objetivo maior de acumular forragem com mínimo de qualidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, P.C.F.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI, C.H.E.C. et al. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: ESALQ, 2001. p.853-871.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2ª Ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. *Informativo Piatã*. 2. ed. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2008.

EUCLIDES, V.P.B.; VALLE, C.B.; SILVA, J.M.; VIEIRA, A. Avaliação de forrageiras tropicais manejadas para produção de feno-em-pé. *Pesq. agropec. bras.*, v.25, p.393-407, 1990.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem para estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. *R. Bras. Zootec.*, v.21, n.4, p.691-702, 1992.

EUCLIDES, V.P.B.; FLORES, R.; MEDEIROS, R.N.; et al. Diferimento de pastos de braquiária cultivares Basilisk e Marandu, na região do Cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, v.42, p.273-280, 2007.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; VALLE, C.B.; et al. Produção de forragem e características da estrutura do dossel de cultivares de Brachiaria brizantha sob pastejo. *Pesq. agropec. bras.*, v.43, p.1805-1812, 2008.

GARDNER, A.L. *Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistemas de produção*. Brasília: IICA/EMBRAPA/CNPGL, 1986. 197p. (IICA. Série Publicações Miscelâneas, 634).

GOES, R.H.T.B; MANCIO, A.B.; LANA, R.P. et al. Avaliação qualitativa da pastagem de capim tanner-grass (*Brachiaria arrecta*), por três diferentes métodos de amostragem. *R. Bras. Zootec.*, v. 32, n. 1, p. 64-69, 2003.

JOHNSON, A.D. Sample preparation and chemical analysis of vegetation. In: MANEJTE, L.T. (Ed.). *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Aberystwyth: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1978. p.96-102.

KÖPPEN, W. *Grundriss der Klimakunde*. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 309p.

LEITE, G.G.; COSTA, N.L.; GOMES, A.C. Épocas de diferimento e utilização de gramíneas cultivadas na região do Cerrado. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. 23p. (Embrapa-CPAC. Boletim de pesquisa, 40).

MARTHA Jr., G.B.; BARIONI, L.G; VILELA, L.; BARCELLOS, A.O. Uso de pastagem diferida no Cerrado. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2003. 6p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico 102)

MINSON, D.J. *Forage in ruminant nutrition*. San Diego: Academic, 1990. 483p.

NUTRIENT requirements of beef cattle. 7.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1996. 242p.

OFFICIAL methods of analysis. 13.ed. Washington, DC: AOAC, 1980. 1015p.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; EUCLIDES, V.P.B.; et al. Produção de bovinos em pastagens de capim-braquiária diferidas. *R. Bras. Zootec.*, v.38, p.635-642, 2009a.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; EUCLIDES, V.P.B.; et al. Características estruturais e índice de tombamento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em pastagens diferidas *R. Bras. Zootec.*, v.38, p.626-634, 2009b.

SANTOS, P.M.; BERNARDI, A.C.C. Diferimento do uso de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22., 2005, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2005. p.95-118.

SCIENTIFIC graphing software - SigmaPlot. Versão 10.0, San Rafael, Jandel Corporation, 2006.

SISTEMA de análises estatísticas e genéticas - SAEG. Viçosa: UFV, 2000. 142p.

SNNIFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J.Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.

STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. 1. Variation in the bite size of grazing cattle. *Austr. J. Agr. Res.*, v.24, p.809-819. 1973a.

STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. 2. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. *Austr. J. Agr. Res.*, v.24, p.821-829. 1973b.

t'MANNETJE, L. Measuring quantity of grassland vegetation. In: t'MANNETJE, L. (Ed.) *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Berkshire: CAB International Bureau of Pastures and Field Crops, 1978. p.63-95.

t'MANNETJE, L.; EBERSOHN, J.P. Relations between sward characteristics and animal production. *Trop. Grassl.*, v.14, p.273-280, 1980.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. *The water balance*. Publications in Climatology, Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology. Laboratory of Climatology, v.8, n.1, 104p. 1955.

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

Van SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition, *J. Dairy Sci.*, v.74, p.3583-3597, 1991.

WILM, H.G.; COSTELLO, O.F.; KLIPPLE, G.E. Estimating forage yield by the double sampling method. *Journal of American Society Agronomy*, v.36, p.194-203, 1944.



## CAPÍTULO IV - SUPLEMENTAÇÃO DE NOVILHOS NELORE SOB PASTEJO NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO ÁGUAS-SECA

### RESUMO

Objetivou-se estudar o efeito da suplementação sobre o desempenho de novilhos em crescimento, bem como avaliar o consumo de pastos de capim-Piatã (*Brachiaria brizantha* cv. Piatã), durante o período de transição águas-seca, no Bioma Cerrado. Foram utilizados 20 novilhos da raça Nelore, não castrados, com peso médio inicial de 260 kg, distribuídos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos consistiram no fornecimento dos suplementos: sal proteinado, ofertado a 0,2% do peso vivo (0,2% PV); suplemento proteico-energético, ofertado nos níveis de 0,3 e 0,5% do peso vivo (0,3 e 0,5% PV) e do tratamento controle, sal mineral com ureia, ofertado *ad libitum*. O desempenho foi avaliado por um período de 84 dias, sendo os animais pesados a cada 28 dias, sendo considerados os períodos de abril, maio e junho. O consumo foi estimado a partir da produção fecal, utilizando-se o indicador externo LIPE<sup>®</sup>, e da digestibilidade da dieta, obtida por pastejo simulado. Em relação ao tratamento controle, as demais suplementações não reduziram o consumo de forragem, promovendo efeito aditivo sobre o consumo de matéria seca total na ordem de 8,3; 6,6 e 14,6%, para os níveis de suplementação 0,2; 0,3 e 0,5% PV, respectivamente. Os consumos médios diários dos suplementos, na matéria natural, foram de 0,167; 0,597; 0,865 e 1,469 kg/animal, sendo observado ganhos médios diários semelhantes, de 0,686; 0,761; 0,719 e 0,850 kg/animal, para os animais submetidos aos tratamentos controle, 0,2; 0,3 e 0,5% PV, respectivamente. Os resultados sugerem que as quatro estratégias de suplementação proporcionam desempenho equivalente quando utilizadas durante o período de transição águas-seca, em condições de alta oferta de forragem. Todas as estratégias de suplementação foram economicamente viáveis, proporcionando uma margem líquida, durante o período de transição águas-seca, de 109,4; 99,2; 81,4 e 77,4 reais/animal, para os respectivos suplementos controle; 0,2; 0,3 e 0,5% PV. Desta forma, recomenda-se a antecipação da suplementação proteica, da época da seca para o período de transição águas-seca, pois, esta proporcionou elevado desempenho animal e resultado econômico positivo.

**Palavras-chave:** capim-Piatã, consumo, desempenho, suplementação a pasto

### ***SUPPLEMENTATION OF NELORE STEERS UNDER GRAZING DURING THE RAINY/DRY TRANSITION PERIOD***

#### ***ABSTRACT***

*The effects of different levels of supplementation on performance and forage dry matter intake of steers grazing Brachiaria grass (Brachiaria brizantha cv. Piatã), during the rainy/dry transition period, on Cerrado Biome, were evaluated. Twenty Nelore steers with an average body weight (BW) of 260 kg, were assigned in a split plot design. The treatments were: control (mineral salt plus urea offered ad libitum); proteic supplement offered at 0.2% BW and proteic-energetic supplement, offered at two levels (0.3 and 0.5% BW). Performance trial was evaluated for a period of 84 days. Dry matter intake was estimated using LIPE<sup>®</sup> as external marker, and diet digestibility obtained by hand plucking sampling. Comparing to control, supplementation increased total dry matter intake in 8.3; 6.6 and 14.6%, for 0.2, 0.3*

*and 0.5% BW, respectively. The average intake of supplements was 0.167; 0.597; 0.865 and 1.469 kg/animal/day, and the average daily gain (ADG) 0.686; 0.761; 0.719 and 0.850 kg/animal/day, for control, 0.2, 0.3 and 0.5% BW, respectively. Results suggest that all strategies of supplementation reach similar performance during the rainy/dry transition period, under conditions of high herbage availability. All supplementation strategies are economically viable. It is recommended to anticipate proteic supplementation from dry season to rainy/dry transition period, for better animal performance and economic results.*

**Keywords:** *forage intake, pasture supplementation, performance, piatã-grass*

## INTRODUÇÃO

Os criadores de gado de corte no Brasil têm sido desafiados a estabelecerem sistemas de produção que sejam capazes de produzir, de forma eficiente, carne de boa qualidade a baixo preço.

A forma predominante de produção da carne bovina brasileira está centrada em sistemas pastoris. No entanto, as pastagens tropicais possuem períodos distintos de produção forrageira, geralmente, apresentando déficits nutricionais, que se agravam à medida que estas avançam em seu estágio vegetativo (Euclides, 2000). Com o fim do período chuvoso, bovinos, sob pastejo, podem perder peso (Poppi e McLennan, 1995) e apresentar o que é denominado de "efeito sanfona", ampliando, com isso, a idade ao abate (Euclides, 2000). Durante o período de transição águas-seca observa-se, no Cerrado, que a qualidade e a disponibilidade de forragem sofrem reduções gradativas (Euclides et al., 2007). Desta forma, devido à sazonalidade na produção das forrageiras tropicais, estratégias, visando o crescimento contínuo de bovinos mantidos a pasto, devem ser delineadas.

Dentre as práticas de manejo que têm sido adotadas para minimizar as perdas ocorridas durante os períodos de escassez de forragem, o diferimento da pastagem se destaca pela praticidade e baixo custo. No entanto, pastagens diferidas, geralmente, apresentam boa oferta, mas baixo valor nutritivo da forragem ofertada (Euclides et al., 2007). Desta maneira, para que níveis satisfatórios de desempenho animal possam ser alcançados, a utilização de pastagens diferidas deve estar associada à suplementação alimentar (Silva et al., 2009).

A utilização de suplementos concentrados representa a oportunidade de sanar o déficit existente entre os nutrientes supridos pela forragem e a demanda dos animais, permitindo a manutenção da curva de crescimento de bovinos. Contudo, se a forragem for a principal fonte de nutrientes, é importante que a suplementação não promova impacto negativo sobre o consumo de nutrientes que podem ser colhidos pelo animal em pastejo (Paterson et al., 1994). Há divergências na literatura quanto ao limite de ingestão de suplementos, para que estes não resultem em efeito associativo negativo. Este limite, provavelmente, situa-se próximo ao valor de consumo de suplemento de 0,6% do PV (Silva et al., 2009). No entanto, esse limite é influenciado pela quantidade e qualidade da forragem disponível e pelo tipo e quantidade dos alimentos utilizados na formulação dos suplementos.

Logo, uma estratégia de suplementação adequada seria aquela destinada a maximizar o consumo e a digestibilidade da forragem disponível (Paterson et al., 1994). Desta forma, a condição básica para se promover a suplementação é que haja boa disponibilidade de massa

forrageira na pastagem, mesmo sendo de baixa qualidade. Um grande e constante desafio é predizer, com eficiência, o impacto que a suplementação causará no desempenho animal (Reis et al., 2009). Para tanto, torna-se fundamental caracterizar a quantidade e a qualidade da forragem ofertada, bem como avaliar o consumo de forragem pelos animais.

Portanto, a utilização de suplementos concentrados pode auxiliar no manejo das pastagens, otimizar o desempenho de animais a pasto e acelerar o sistema de produção de carne, encurtando a idade de abate e atendendo às exigências de mercado por carne de melhor qualidade (Poppi e McLennan, 1995).

Um dos fatores preponderantes com relação à produção de animais em sistema de suplementação a pasto consiste na definição dos objetivos principais da suplementação, dentro do sistema produtivo. Conseqüentemente, devem ser estabelecidas estratégias de suplementação, que aliadas ao correto manejo das pastagens, viabilizem, técnica e economicamente, os sistemas de produção animal a pasto (Paulino et al., 2006).

Os resultados decorrentes do fornecimento de suplementos para animais a pasto são fortemente influenciados por vários fatores associados ao pasto, ao animal, ao suplemento e às suas interações (Silva et al., 2009). Para melhor entender os efeitos da interação pasto-animal-suplemento, tem sido proposto o desmembramento das estações anuais em duas grandes épocas, das águas e da seca, e dois períodos de transição entre estas, denominados de período de transição águas-seca e seca-águas. Esta melhor separação permite que estratégias mais eficientes de suplementação possam ser idealizadas, culminando em melhorias dos sistemas produtivos a pasto. No entanto, diante da grande carência de informações a respeito da suplementação de bovinos em pastagens tropicais, durante os períodos de transição, um vasto horizonte para pesquisas que avaliem a interação pasto-animal-suplemento, nestes períodos, se abre.

Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação sobre o consumo e desempenho de novilhos Nelore, recriados durante o período de transição águas-seca, em pastagens de capim-Piatã (*Brachiaria brizantha* cv. Piatã), no Bioma Cerrado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 01 de abril a 01 de julho de 2008, na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Cerrados, localizada no município de Planaltina-DF, situada a 1007 m de altitude, sob as coordenadas geográficas aproximadas de 15° 35' S de latitude e 47° 42' W de longitude.

O clima da região é do tipo tropical estacional (Aw) (Köppen, 1931), com precipitação pluvial média de 1280 mm/ano, sendo 87% desta, concentrada nos meses de outubro a março. O solo predominante da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, A moderado, textura argilosa (LVAd) (Embrapa, 2006). Na Fig. 42 são apresentados os dados pluviométricos mensais referentes ao ano de 2008 e a média histórica entre os anos de 1988 e 2007.

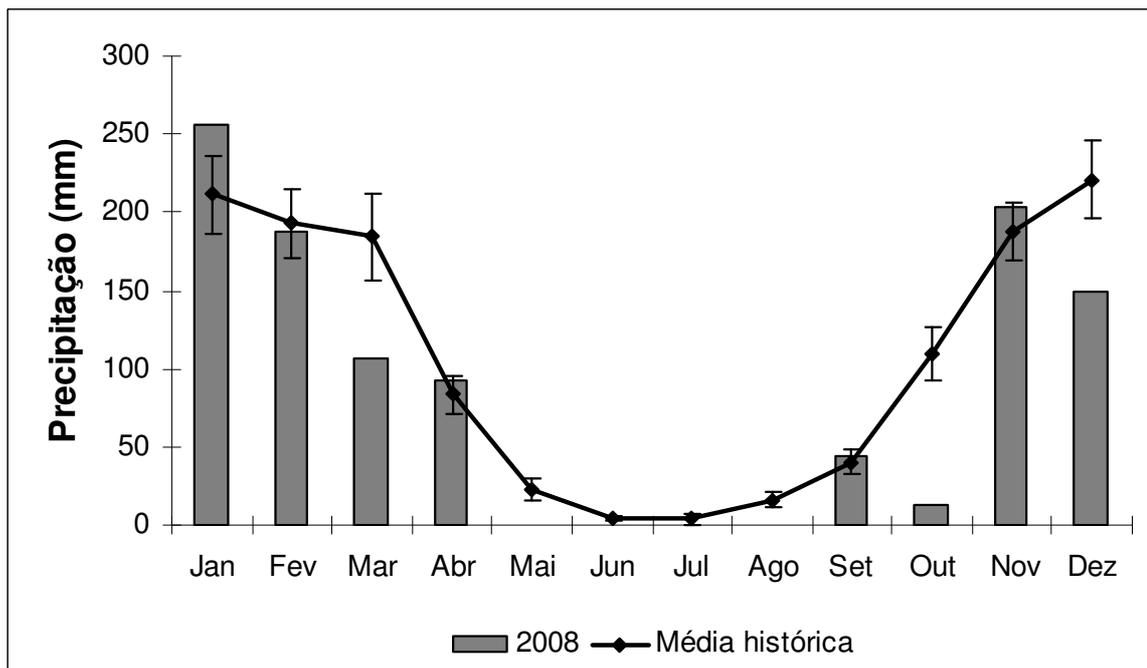


Figura 42. Precipitação mensal acumulada no ano de 2008 e média histórica de precipitação (1988-2007) na Embrapa Cerrados.

Os dados climáticos da área, referentes ao período experimental, estão consolidados na Tab.18. As médias da temperatura máxima e mínima durante o período experimental foram, respectivamente, 27,3°C e 14,4°C e a umidade relativa do ar de 69%. A precipitação acumulada no período foi de 92mm, concentrada, principalmente, na primeira semana de abril. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) resultou em valores menores que 72, indicando a ausência de estresse térmico nos animais, durante o período experimental, conforme Armstrong (1994).

Tabela 18. Precipitação acumulada (mm), Temperatura média, máxima e mínima (°C), Umidade relativa do ar média, máxima e mínima (% UR) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU), durante o período experimental.

Mês	Precipitação acumulada (mm)	Temperatura (°C)			UR (%)			ITU*
		Média	Máx.	Mín.	Média	Máx.	Mín.	
<b>Abril</b>	91,8	21,6	28,2	16,6	79	96	49	< 72
<b>Mai</b>	0,3	20,1	27,0	13,4	66	91	39	< 72
<b>Junho</b>	0,0	19,4	26,6	13,0	61	87	34	< 72

\*Determinado conforme Armstrong (1994).

A área experimental foi constituída de dois módulos, subdivididos em quatro piquetes de 0,5 ha, delimitados por cerca elétrica, cultivados com *Brachiaria brizantha* cv. Piatã e providos de bebedouros com duplo acesso e cochos móveis para fornecimento dos suplementos. A cerca de 50 metros dos módulos acima mencionados, estava situado o curral, onde foram feitos todos os procedimentos de manejo com os animais.

Para garantir acúmulo de forragem durante o período experimental, a pastagem passou por diferimento prévio. Os pastos foram diferidos na mesma época e utilizados em épocas distintas, sendo que, no módulo 1, os animais iniciaram o pastejo dia 02/04/08 e, no módulo 2, dia 12/05/08. Durante o período experimental, os módulos foram manejados sob lotação contínua. Visando minimizar a influência do efeito do pasto, pela possível variação da disponibilidade e valor nutritivo da forragem, procedeu-se o rodízio dos animais nos piquetes, a cada dois dias, mantendo-se a aplicação dos mesmos tratamentos pré-designados.

Foram utilizados 20 novilhos Nelore, não castrados, com média de idade de 18 meses e peso médio inicial de  $260 \pm 40\text{kg}$  (Fig. 43). A adaptação aos suplementos foi realizada por um período prévio de 14 dias, quando os animais receberam vermífugo à base de ivermectina, com liberação prolongada, na dose de 1ml/50 kg PV.



Figura 43. Imagem dos animais experimentais

Os animais foram identificados, pesados e distribuídos ao acaso, em quatro tratamentos. Foram utilizados suplementos comerciais, sendo que os tratamentos consistiram da suplementação controlada, nas quantidades de 0,2; 0,3 e 0,5% do peso vivo (PV) e do controle, ofertado *ad libitum*. Os suplementos utilizados conforme os tratamentos foram: Controle - Suplemento mineral com ureia; 0,2% PV - Sal proteinado; 0,3% e 0,5% PV - Suplemento proteico-energético. A composição química dos suplementos encontra-se na Tab. 19.

Tabela 19. Composição química dos suplementos utilizados

	Suplementos*		
	Controle	0,2	0,3 e 0,5
MS	95,4	93,0	90,8
PB	92,9	45,0	24,9
N	14,9	7,2	4,0
NNP (equiv. em proteína)	92,9	32,5	9,0
EE	-	2,1	2,8
FDN	-	23,1	41,6
FDA	-	12,1	18,8
DIVMS	-	87,1	84,0
NDT	-	47,0	73,0
Matéria mineral	58,9	44,6	16,4
Macrominerais <sup>1</sup>			
Cálcio (g/kg)	110,0	66,0	23,0
Fósforo (g/kg)	40,0	15,0	6,0
Magnésio (g/kg)	5,0	2,0	1,0
Enxofre (g/kg)	20,0	10,0	3,0
Sódio (g/kg)	100,0	40,0	13,0
Cobre (ppm)	520,0	260,0	40,0
Microminerais <sup>1</sup>			
Manganês (ppm)	400,0	200,0	30,0
Zinco (ppm)	1925,0	960,0	148,0
Iodo (ppm)	38,0	19,0	3,0
Cobalto (ppm)	30,0	15,0	2,4
Selênio (ppm)	10,0	5,0	0,8

\*Controle: Sal mineral com ureia fornecido *ad libitum*; 0,2% PV: Sal proteinado fornecido a 0,2% do PV; 0,3% e 0,5% PV: Suplemento proteico-energético fornecido a 0,3 e 0,5% do PV, respectivamente.

<sup>1</sup>Composição de macro e microminerais conforme fabricante.

Os suplementos foram fornecidos diariamente, em cochos móveis, retirados juntamente com os animais nas mudanças de piquetes. O consumo de suplemento foi controlado pelo fornecimento restrito, de acordo com o peso dos animais, sendo corrigido após as pesagens e mensurado, anotando-se a quantidade de suplemento colocado no cocho e as sobras recolhidas. Amostras dos suplementos foram coletadas para posteriores análises laboratoriais.

O desempenho foi avaliado por um período de 84 dias, sendo os animais pesados em quatro avaliações intervaladas de 28 dias. Portanto, para as avaliações de ganho de peso, foram considerados três períodos, correspondentes aos meses de abril, maio e junho. Os resultados que apresentam relação com o peso são referentes ao peso vazio dos animais. Para tanto, as pesagens foram realizadas sob jejum de comida e água por 16h, conforme NRC (Nutrient..., 1996).

As avaliações da disponibilidade de matéria seca total da pastagem (DMST) foram feitas em três períodos de pastejo (1, 21 e 42 dias), em cada módulo experimental. As amostras foram colhidas utilizando-se o método direto da técnica agrônômica do corte zero, por meio do corte, rente ao solo, realizado com cortador mecânico, de 12 áreas de 0,5x2 m, delimitadas aleatoriamente (t'Mannetje, 1978). Todo o material recolhido foi pesado e na sequência retiraram-se duas subamostras, uma para determinação da DMST e outra para separação manual das frações folha, colmo e material morto, para determinação dos componentes estruturais da pastagem. Como referência, a fração folha foi composta pela lâmina foliar verde. A inflorescência e a bainha foliar foram incorporadas à fração colmo e as

partes senescentes ou mortas, do colmo e da lâmina foliar, foram incorporadas à fração matéria morta.

O consumo de forragem pelos animais foi estimado pelo método indireto, em que o consumo consiste na razão entre a produção fecal diária e a digestibilidade da forragem consumida (Moore e Sollenberger, 1997).

A estimativa da produção fecal foi feita por meio da utilização do LIPE<sup>®</sup> (Lignina Purificada e Enriquecida), como indicador externo (Rodriguez et al., 2006). O LIPE<sup>®</sup> foi administrado, na forma de cápsulas, diariamente, às oito horas da manhã, em dose única oral de 0,5 g/animal/dia, por um período de seis dias (dois dias de adaptação e quatro dias de coleta). O fornecimento do LIPE<sup>®</sup> foi realizado por via oral, com auxílio de pequena porção de água oriunda de uma mangueira com registro parcialmente aberto, para facilitar a deglutição (Fig. 44). Após o fornecimento, os animais foram observados por um período de um minuto, visando detectar possíveis falhas na administração do indicador.



Figura 44. Fornecimento das cápsulas de LIPE<sup>®</sup> com auxílio de uma mangueira d'água.

Iniciou-se a coleta das fezes no terceiro dia de fornecimento do LIPE<sup>®</sup>, diretamente do reto do animal, bem como de recentes defecações, desde que fossem devidamente identificadas com respeito ao animal. Quando desta última, evitou-se a coleta de material em contato com a superfície, procedendo a coleta da porção central do bolo fecal. A coleta ocorreu no mesmo horário de fornecimento do indicador, durante quatro dias consecutivos. As amostras de fezes foram acondicionadas em bandejas de acrílico, previamente pesadas e identificadas. Imediatamente após a coleta, as amostras foram processadas, sendo secas à 65°C por 72 horas, em estufa de ventilação forçada (Fig. 45). Ao final do período, foi feita uma amostragem composta das fezes de cada animal, representativa dos quatro dias de coleta, respeitando-se uma percentagem de 25% de fezes secas, por dia de coleta. Estas amostras foram processadas em moinho estacionário "Thomas-Willey" modelo 4, usando peneira de abertura de malha de 1 mm e, devidamente acondicionadas, em potes plásticos identificados, para posteriores análises laboratoriais.



Figura 45. Coleta de fezes dos animais e acondicionamento em bandejas de acrílico

A concentração de LIPE<sup>®</sup> nas fezes foi determinada por espectroscopia no infravermelho, utilizando-se um aparelho modelo Watson Galaxy séries FT-IR 3000, com pastilhas de KBr e transformada de Fourier. A produção fecal foi calculada conforme descrito por Saliba (2005):

$$PF \text{ na MS (g)} = \frac{\text{Quantidade de LIPE}^{\text{®}} \text{ fornecido (g)}}{A_i/\text{MS fezes}} \times 100$$

em que: PF = produção fecal, em gramas;  $A_i$  = concentração de LIPE<sup>®</sup> nas fezes obtida pela relação logarítmica das intensidades de absorção das bandas dos comprimentos de onda  $\lambda_1$  (1050nm) e  $\lambda_2$  (1650nm); MS fezes = porcentagem de matéria seca das fezes obtida a 105°C.

Para determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da forragem pastejada, foram feitas amostragens do material ingerido pelos animais por meio da simulação do pastejo. As amostragens de pastejo simulado foram realizadas por quatro dias consecutivos, durante os diferentes períodos de avaliação do consumo. Os procedimentos realizados na determinação do consumo, conforme o dia experimental, estão sumarizados na Fig. 46.

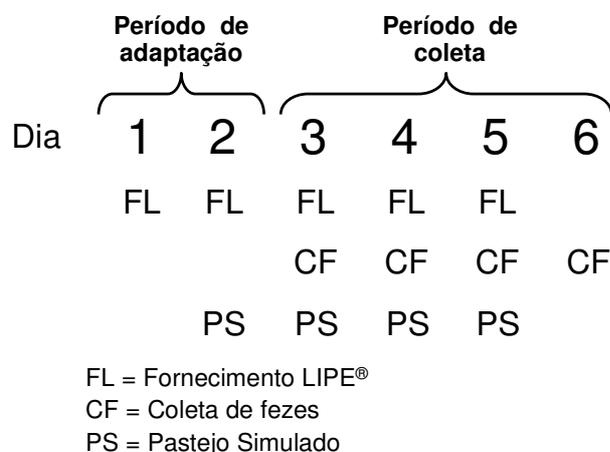


Figura 46. Esquema de fornecimento do LIPE<sup>®</sup>, coleta de fezes e amostragem de pastejo simulado, conforme o dia de cada período experimental

As amostragens foram realizadas conforme os procedimentos recomendados por Johnson (1978). Procurou-se extrair frações da pastagem semelhantes às aquelas que os animais selecionavam no piquete, a partir da observação do comportamento de pastejo dos animais, além da observação da área, altura e partes da planta que eram consumidas. O pastejo simulado foi realizado sempre por um mesmo amostrador, evitando-se assim, maiores discrepâncias nos critérios de amostragem. Após colheita, as amostras de pastejo simulado foram secas a 55°C por 72 horas em estufa de ventilação forçada e processadas em moinho estacionário "Thomas-Willey" modelo 4, usando peneira de abertura de malha de 1 mm e, no final do período, homogeneizadas em amostras compostas, referentes a cada dia de colheita, sendo acondicionadas em recipientes plásticos, devidamente identificados.

No Laboratório de Nutrição da Escola de Veterinária da UFMG, as amostras de pastejo simulado foram submetidas ao procedimento de digestibilidade *in vitro* de dois estágios (Tilley e Terry, 1963), em aparelho automatizado Ankom® Daisy<sup>II</sup> Incubator. Ademais, procederam-se as análises de matéria seca a 105°C (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P) (Official..., 1980); fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) (Van Soest et al., 1991); carboidratos não fibrosos (CNF), estimados segundo Hall (1997), pela equação:  $CNF = 100 - [PB\% + (FDN\% - PIDN\%) + EE\% + Cinzas\%]$ ; carboidratos totais (CHOT), estimados segundo Sniffen et al. (1992), pela equação:  $CHOT = 100 - (PB\% + EE\% + Cinzas\%)$  e nutrientes digestíveis totais (NDT), estimados pela equação  $NDT = DIVMS - Cinzas + 1,25 \times EE + 1,9$ , conforme Van Soest (1994).

O consumo de forragem foi calculado, segundo Moore e Sollenberger (1997), pela equação:

- *Consumo de matéria seca do pasto (kg/dia) = [ (Produção fecal total (kg MS /dia) – contribuição do suplemento para a produção fecal (kg MS/dia) / (1 – Digestibilidade “in vitro” da matéria seca da forragem) ]*

O CMS total foi determinado pela soma do CMS da forragem e do CMS de suplemento concentrado. Para comparação do CMS, este foi convertido para % do peso vivo dos animais. Ao se relacionar o consumo ao peso vivo dos animais, foi utilizado, como referência, o peso médio de cada período experimental.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com arranjo em parcelas subdivididas, sendo a parcela constituída dos suplementos (controle, 0,2; 0,3 e 0,5) e a subparcela dos períodos (abril, maio e junho), com cinco repetições (animais) por tratamento. Os dados foram interpretados por meio das análises de variância e de regressão, sendo as médias comparadas pelo teste SNK, a 5% de significância, utilizando-se o programa SAEG (Sistema..., 2000), seguindo o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + e_{ij} + P_k + (S \times P)_{ik} + \alpha_{ijk}$$

em que  $Y_{ijk}$  = observação individual do animal j, do período k, recebendo o suplemento i;  $\mu$  = média geral;  $S_i$  = efeito do suplemento i; i = controle; 0,2; 0,3; 0,5;  $e_{ij}$  = erro aleatório atribuído ao suplemento i na repetição j;  $P_k$  = efeito do período k; k = abril, maio e junho;  $(S \times P)_{ik}$  = efeito da interação do

suplemento i com o período k;  $\alpha_{ijk}$  = erro aleatório atribuído ao suplemento i no período k na repetição j.

Após avaliação do desempenho dos animais, foram avaliados os parâmetros de reposta econômica da suplementação, determinados conforme Barbosa et al. (2008). Como os animais não eram provenientes de compra, a avaliação econômica foi realizada considerando-se apenas o ganho de peso obtido durante o período de transição águas-seca. Todas as cotações empregadas foram levantadas a partir dos preços pagos na região, durante o período de realização do experimento.

Foram calculados os valores de custo variável e fixo. O custo variável foi constituído dos suplementos, medicamentos, vacinas e mão-de-obra. O preço dos suplementos utilizados foram, respectivamente, R\$ 1,14; 0,87; 0,71 e 0,71 por kg, para os suplementos controle, 0,2; 0,3 e 0,5%PV. Como medicamento, foi aplicado vermífugo à base de ivermectina, cotado a 344,00 reais o litro. Os animais receberam vacinação contra febre aftosa, com custo de R\$ 1,25 a dose/animal. Para cálculo do custo de mão-de-obra, considerou-se o serviço de um funcionário com carteira assinada, recebendo o salário de 600,00 reais/mês, incluso encargos trabalhistas. Estipulou-se o tempo de 60 minutos diários para as atividades relacionadas aos animais. Portanto, o custo correspondente a mão-de-obra foi de 1/8 do salário. A este valor, foi acrescido o valor de 25,00 reais, referente a um diarista contratado para ajudar na aplicação do vermífugo e da vacina. Como custo fixo, considerou-se o valor de aluguel de R\$ 10,00/animal/mês, referente a depreciação de benfeitorias, equipamentos, cercas e pastagens. O custo total foi determinado pela soma dos custos fixo e variável, sendo expresso como custo total por animal e por arroba produzida.

A receita bruta foi calculada com base no ganho de peso do animal, em arrobas, considerando 50% de rendimento de carcaça, multiplicado pelo preço da arroba de 87,21 reais, praticado no mercado local, em julho de 2008 (CEPEA 2008). A margem bruta foi determinada pelo valor da receita bruta subtraindo-se os custos variáveis. A margem líquida foi determinada pelo valor da margem bruta subtraindo-se os custos fixos. A relação custo:benefício foi calculada pela razão entre o custo total e a receita bruta.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado do diferimento das pastagens, a disponibilidade de matéria seca total (DMST) foi de 8.612 e 9.227 kg/ha, no início da utilização dos módulos 1 e 2, respectivamente (Fig. 47). Logo, o diferimento proporcionou elevados valores de oferta de forragem, ficando acima do limite de 2.000 kg MS/ha, sugerido pelo NRC (Nutrient..., 1996), como mínimo para não comprometer o consumo por bovinos, em regime de pasto. No entanto, segundo Euclides (2000), inúmeros trabalhos com forrageiras tropicais têm demonstrado que onde há grande acúmulo sazonal de material morto, o consumo e a produção animal são melhores correlacionados com a disponibilidade de matéria seca verde (MSV) e de folhas, em detrimento do total de forragem disponível. As disponibilidades de lâmina foliar para a entrada dos módulos 1 e 2 foram, respectivamente, 2.348 e 2.785 kg MS/ha, sendo mais altos que o valor relatado por Euclides (2000) como não limitante à seleção. Infere-se, portanto, que a disponibilidade de massa forrageira possibilitou pastejo irrestrito, não limitando o consumo dos animais durante o período experimental.

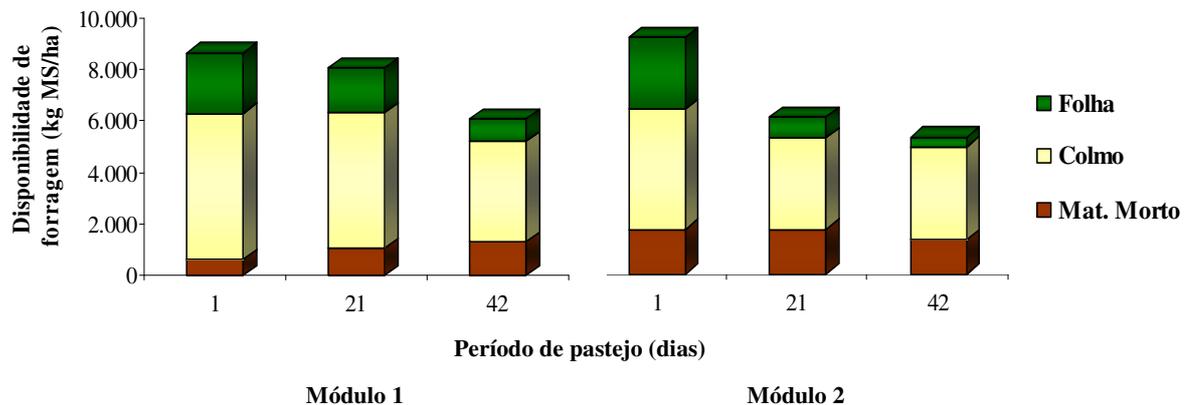


Figura 47. Disponibilidade de forragem e das frações folha, colmo e material morto (kg MS/ha) dos módulos experimentais em diferentes períodos de pastejo.

A composição química das amostras compostas do pastejo simulado é apresentada na Tab.20. Com o avanço no período de transição, e, conseqüentemente, avanço na idade fisiológica das plantas, observaram-se diminuições nos teores de PB e DIVMS e aumento nos teores de FDN e FDA. De fato, a medida que a planta avança em seu estágio de desenvolvimento, observa-se queda do conteúdo celular e da digestibilidade, e aumento dos componentes estruturais (Van Soest, 1994).

O consumo de forragens é comprometido quando a concentração de proteína bruta (PB) é inferior a 7%. Abaixo deste valor, o CMS seria restringido em virtude do comprometimento da atividade microbiana no rúmen, que resultaria em diminuição da taxa de passagem e aumento no tempo de retenção do alimento (Van Soest, 1994).

As concentrações de PB nas amostras de pastejo simulado foram de 9,4, 8,8 e 4,1% para os meses de abril, maio e junho, respectivamente. Somente no mês de junho, a porção de forragem ingerida pelos animais conteve teor de proteína abaixo do limite crítico, indicando que a não suplementação proteica, neste período, resultaria em comprometimento do consumo e, conseqüentemente, do desempenho animal. Esse aspecto se agrava quando analisado o teor de NIDN, uma vez que, cerca de 40% desta proteína pertencia à fração proteica lentamente disponível.

A literatura ressalta a importância da proteína, como primeiro nutriente limitante para bovinos mantidos em regime de pastejo, durante a época da seca (Campling et al., 1962; Van Niekerk e Jacobs, 1985). No entanto, os valores de proteína e NIDN encontrados nas amostras que simulam o material ingerido pelos animais, podem indicar que a proteína também assume grande importância, como limitante do desempenho animal, no período de transição águas-seca.

Tabela 20. Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), nitrogênio (N), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos totais (CHOT), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), nutrientes digestíveis totais (NDT), matéria mineral (Cinzas), cálcio (Ca), fósforo (P), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), expressos em porcentagem da matéria seca, para as amostras de pastejo simulado, em função da época de amostragem.

	Pastejo Simulado		
	Abril	Maiο	Junho
<b>MS</b>	33,0 <sup>b</sup>	37,4 <sup>a</sup>	39,0 <sup>a</sup>
<b>MO</b>	91,0 <sup>b</sup>	88,0 <sup>c</sup>	91,7 <sup>a</sup>
<b>PB</b>	9,4 <sup>a</sup>	8,8 <sup>a</sup>	4,1 <sup>b</sup>
<b>N</b>	1,50 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	0,65 <sup>b</sup>
<b>EE</b>	2,6 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup>	1,7 <sup>b</sup>
<b>FDN</b>	68,2 <sup>b</sup>	68,8 <sup>b</sup>	77,0 <sup>a</sup>
<b>FDA</b>	30,7 <sup>b</sup>	32,3 <sup>b</sup>	40,2 <sup>a</sup>
<b>CNF*</b>	14,6 <sup>a</sup>	11,0 <sup>b</sup>	10,6 <sup>b</sup>
<b>CHOT*</b>	79,1 <sup>b</sup>	76,7 <sup>c</sup>	85,9 <sup>a</sup>
<b>DIVMS</b>	64,3 <sup>a</sup>	54,7 <sup>b</sup>	49,7 <sup>c</sup>
<b>DIVMO</b>	56,1 <sup>a</sup>	45,5 <sup>b</sup>	44,3 <sup>b</sup>
<b>NDT*</b>	66,1 <sup>a</sup>	53,4 <sup>b</sup>	51,1 <sup>b</sup>
<b>Cinzas</b>	9,0 <sup>b</sup>	12,0 <sup>a</sup>	8,3 <sup>c</sup>
<b>Ca</b>	0,59 <sup>b</sup>	0,89 <sup>a</sup>	0,46 <sup>c</sup>
<b>P</b>	0,18 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,10 <sup>b</sup>
<b>NIDN/N total</b>	40,2 <sup>a</sup>	35,6 <sup>a</sup>	42,4 <sup>a</sup>
<b>NIDA/N total</b>	7,8 <sup>b</sup>	7,3 <sup>b</sup>	11,7 <sup>a</sup>

Letras iguais, na linha, indicam equivalência pelo teste SNK (P>0,05).

\*CNF estimado segundo Hall (1997) CNF: 100 - [PB% + (FDN% - PIDN%) + EE% + Cinzas%]; CHOT estimado segundo Sniffen et al. (1992) CHOT: 100 - (PB% + EE% + Cinzas%) e NDT estimado segundo Van Soest (1994) NDT: DIVMS - Cinzas + 1,25 x EE + 1,9

Os dados de consumo de matéria seca da forragem CMSF (kg/dia) e consumo de matéria seca total CMST (kg/dia e % peso vivo), em função dos diferentes suplementos e períodos, são apresentados na Tab.21. Independente do suplemento adotado, o CMSF diminuiu gradativamente com o passar do período de transição águas-seca. Esta observação corrobora com os resultados obtidos em trabalhos de suplementação de bovinos, realizados em pastagens tropicais, durante o período de transição águas-seca (Oliveira et al., 2004; Barbosa et al., 2007; Ítavo et al., 2008; Sales et al., 2008). Este menor consumo de forragem, com o avanço do período de transição, é justificado pelas alterações estruturais e nutricionais que ocorrem nas pastagens à medida que estas avançam em seus estágios de maturidade. Estas alterações promovem mudanças no comportamento ingestivo dos animais em pastejo, que destinam mais tempo para selecionar dietas de melhor qualidade. No entanto, como há limites na distância e no tempo diário que os animais podem gastar no pastejo, esses fatores podem impedi-los de compensar as deficiências da pastagem com o prolongamento do período de alimentação, resultando assim, na diminuição do consumo de forragem (t'Mannetje e Ebersohn, 1980). Ademais, a menor digestibilidade da forragem ingerida culmina em maior tempo de retenção do conteúdo ruminal, agravando, ainda mais, o consumo de forragem.

Os consumos de matéria seca total em relação ao peso vivo (CMST PV) foram semelhantes para os animais dos diferentes suplementos. Os valores de CMST PV para os tratamentos controle, 0,2; 0,3 e 0,5 foram, respectivamente, 2,11; 2,28; 2,23; 2,36% PV. Os

valores de consumo observados neste experimento são condizentes com os sugeridos por Valadares Filho et al. (2006), que compilando dados de trabalhos realizados no Brasil, encontraram valor de consumo de 2,31% PV para zebuínos não castrados, com peso médio semelhante ao deste experimento. Infere-se, portanto, que a técnica do indicador externo, por meio do uso do LIPE<sup>®</sup> foi capaz de estimar adequadamente o consumo a pasto. Estes resultados estão de acordo com os relatados por Lima et al. (2008) que avaliaram o uso do LIPE<sup>®</sup> e recomendaram este indicador, como alternativa na determinação do consumo de pasto por bovinos de corte.

Tabela 21. Consumo de matéria seca de forragem (CMSF) (kg/dia) e consumo de matéria seca total (CMST) (kg/dia e % peso vivo) de novilhos Nelore recebendo diferentes suplementos, durante o período de transição águas-seca.

	CMSF (kg/dia)				CV %
	Controle	0,2	0,3	0,5	
<b>Abril</b>	7,86 <sup>aA</sup>	7,78 <sup>aA</sup>	7,49 <sup>aA</sup>	7,35 <sup>aA</sup>	
<b>Mai</b>	5,09 <sup>abB</sup>	5,53 <sup>abB</sup>	4,52 <sup>bbB</sup>	5,19 <sup>abB</sup>	
<b>Junho</b>	4,94 <sup>abB</sup>	4,89 <sup>aC</sup>	5,16 <sup>aC</sup>	4,61 <sup>aC</sup>	
<b>Média</b>	5,96 <sup>a</sup>	6,06 <sup>a</sup>	5,73 <sup>a</sup>	5,72 <sup>a</sup>	7,2
	CMST (kg/dia)				
<b>Abril</b>	7,94 <sup>aA</sup>	8,19 <sup>aA</sup>	8,07 <sup>aA</sup>	8,31 <sup>aA</sup>	
<b>Mai</b>	5,19 <sup>bbB</sup>	6,05 <sup>abB</sup>	5,31 <sup>bcC</sup>	6,51 <sup>abB</sup>	
<b>Junho</b>	5,06 <sup>bbB</sup>	5,45 <sup>abC</sup>	5,99 <sup>abB</sup>	6,05 <sup>abB</sup>	
<b>Média</b>	6,06 <sup>c</sup>	6,56 <sup>b</sup>	6,46 <sup>b</sup>	6,96 <sup>a</sup>	6,3
	CMST PV (%)				
<b>Abril</b>	2,93 <sup>aA</sup>	3,03 <sup>aA</sup>	2,96 <sup>aA</sup>	3,02 <sup>aA</sup>	
<b>Mai</b>	1,79 <sup>abB</sup>	2,10 <sup>abB</sup>	1,81 <sup>abB</sup>	2,20 <sup>abB</sup>	
<b>Junho</b>	1,62 <sup>abB</sup>	1,72 <sup>abB</sup>	1,92 <sup>abB</sup>	1,85 <sup>abB</sup>	
<b>Média</b>	2,11 <sup>a</sup>	2,28 <sup>a</sup>	2,23 <sup>a</sup>	2,36 <sup>a</sup>	15,9

Letras minúsculas iguais, na linha, e maiúsculas iguais, na coluna, para um mesmo parâmetro, indicam equivalência pelo teste SNK (P>0,05).

Controle: sal mineral com ureia fornecido *ad libitum*; 0,2: sal proteinado fornecido a 0,2% PV; 0,3 e 0,5: suplemento proteico-energético fornecido a 0,3 e 0,5% do PV, respectivamente.

O consumo de forragem parece ser o fator que mais explica as variações no desempenho animal (Mertens, 1994). Segundo Paterson et al. (1994), à medida que se aumenta o fornecimento de suplemento, o desempenho pode ser comprometido pelo efeito associativo negativo, entre o suplemento e o pasto, resultando na diminuição do consumo de forragem. Quando avaliado o consumo de pasto, em relação ao tratamento controle (sal mineral com ureia), as demais suplementações não reduziram o consumo de forragem, promovendo efeito aditivo sobre o consumo de matéria seca total (Fig. 48). Os valores médios de CMST para os tratamentos controle, 0,2; 0,3 e 0,5 foram, respectivamente, 6,06; 6,56; 6,46 e 6,96 kg/dia. Logo, durante o período de transição águas-seca, os níveis de suplementação 0,2; 0,3 e 0,5% PV proporcionaram, respectivamente, aumento de 8,3; 6,6 e 14,6% sobre o CMST, em relação ao tratamento controle. Conforme Silva et al. (2009), o efeito aditivo sobre o consumo é esperado para suplementações em níveis inferiores a 0,6% do PV.

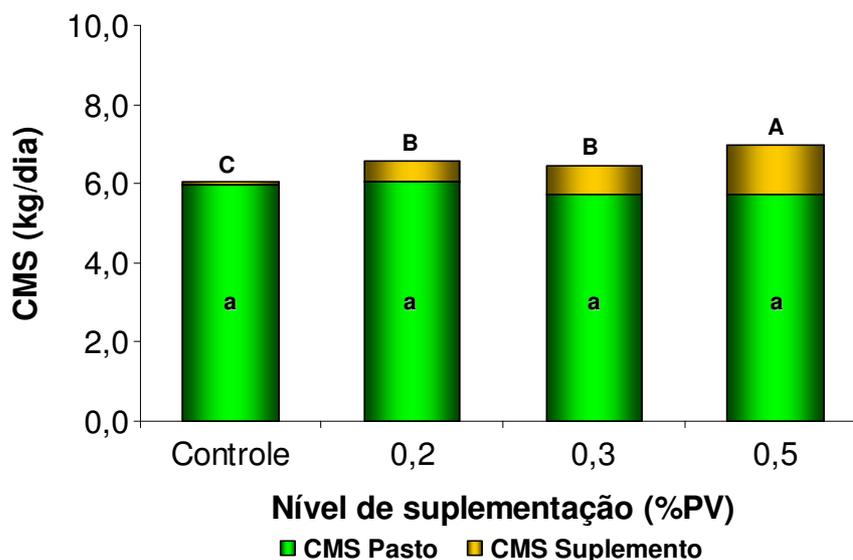


Figura 48. Consumo de matéria seca total, de pasto e suplemento por novilhos, durante o período de transição águas-seca, em função da quantidade de suplemento ofertado. Letras minúsculas e maiúsculas iguais indicam, respectivamente, equivalência no CMS de pasto e CMS total, pelo teste SNK ( $P>0,05$ ).

Na Fig. 49 são apresentadas as curvas de crescimento dos novilhos submetidos aos diferentes suplementos. Quando comparado ao tratamento controle (sal mineral com ureia), os suplementos proporcionaram comportamento semelhantes durante o período de transição águas-seca, não sendo observadas diferenças no peso vivo final.

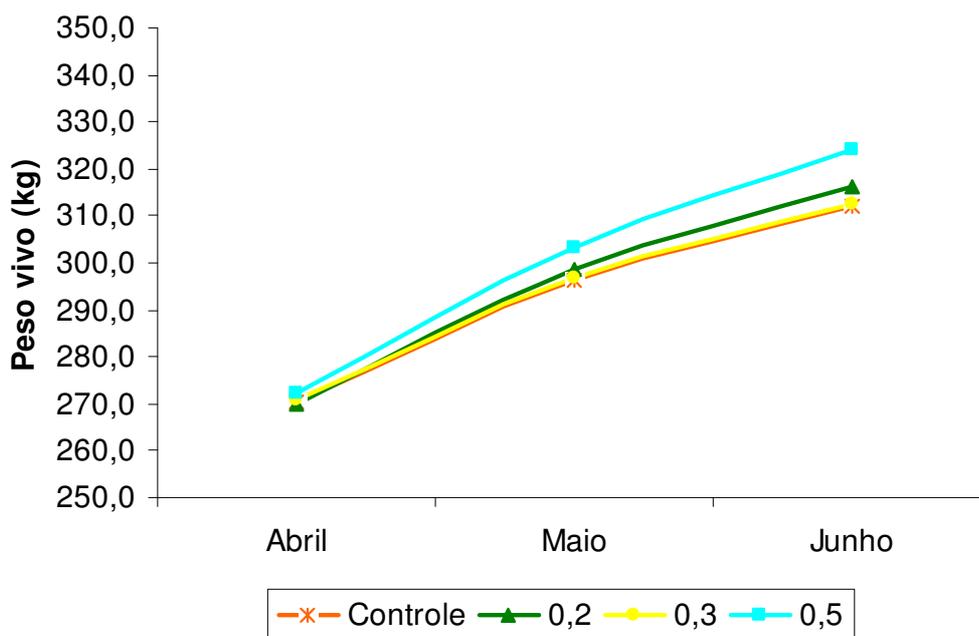


Figura 49. Desenvolvimento ponderal de novilhos Nelore, durante a época de transição águas-seca, em função da suplementação.

Todos os animais apresentaram ganho de peso positivo durante o período de suplementação. Com o aumento do nível de fornecimento dos suplementos, observou-se comportamento linear ascendente sobre o ganho de peso diário ( $y=0,3376x + 0,6655$ ,  $R^2 = 0,78$ ) (Fig. 50).

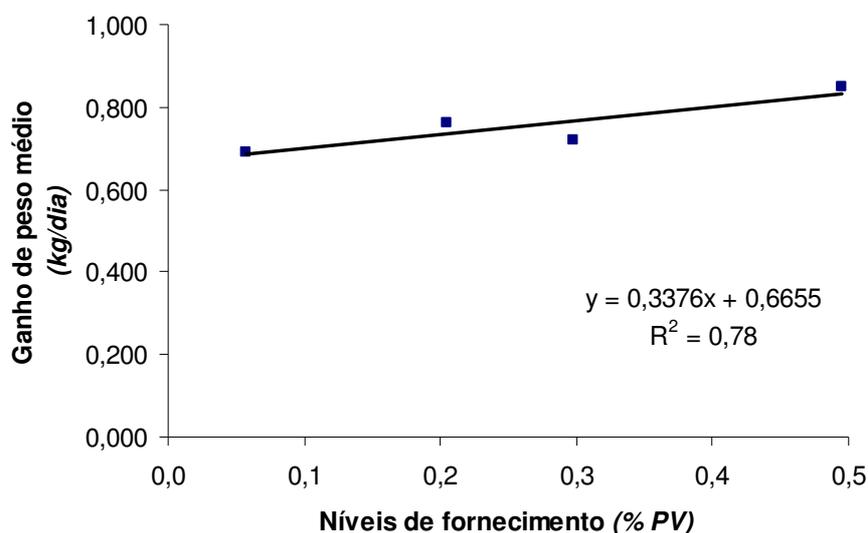


Figura 50. Relação entre os níveis de suplementação e o ganho de peso diário de novilhos suplementados durante o período de transição águas-seca.

O consumo médio diário dos suplementos, na matéria natural (MN), foi de 0,167; 0,597; 0,865 e 1,469 kg/animal, sendo observado ganho médio diário (GMD) semelhantes de 0,686; 0,761; 0,719 e 0,850 kg/animal, para os animais submetidos aos tratamentos controle, 0,2; 0,3 e 0,5% PV, respectivamente (Tab.22). Os resultados sugerem que as quatro estratégias de suplementação proporcionam desempenho equivalente quando utilizadas durante o período de transição águas-seca, em condições de alta oferta de forragem. Provavelmente, a alta disponibilidade de massa forrageira observada neste trabalho permitiu grande capacidade seletiva dos animais por partes mais nutritivas das plantas, diminuindo, assim, o efeito do aumento no nível de suplementação sobre o desempenho animal. De fato, como pode ser observado na Fig. 47, os animais selecionam grande porção de folhas durante o pastejo.

É importante ressaltar que, apesar de não apresentarem diferenças significativas, os suplementos proporcionaram ganhos superiores a 0,650 kg/dia, sendo de grande relevância quando se almeja a produção do novilho precoce a pasto. O bom desempenho observado no tratamento controle, durante o período de transição águas-seca, deve-se ao fato deste não ser somente sal mineral, mas sim, um mistura de sal mineral com ureia. A concentração de ureia neste suplemento foi de 31,5% na MN. Como o consumo médio deste suplemento foi de 167g/animal/dia, cada animal ingeriu, em média, 52g de ureia/dia. Este valor corrobora com os valores encontrados por Campling et al. (1962) que observaram que, para o máximo efeito sobre o consumo de volumosos de baixa qualidade, os bovinos deveriam ingerir uma quantidade de ureia diária entre 25 e 75g. Logo, este suplemento foi capaz de manter bom desempenho nos novilhos, durante o período de transição águas-seca, resultando em ganho de peso médio de 0,686kg/animal/dia.

Os valores de ganho de peso observados neste trabalho são satisfatórios para animais mantidos em pastagens, durante o período de transição águas-seca, e estão de acordo com os trabalhos revisados, em pastagens tropicais, durante este mesmo período, onde os valores de GMD variaram de 0,470 a 0,840 kg animal<sup>-1</sup> (Oliveira et al., 2004; Goes et al., 2005; Barbosa et al., 2007; Sales et al., 2008).

Resultados similares de GMD foram encontrados por Goes et al. (2005) estudando o efeito dos níveis de suplementação na recria de novilhos, em pastagens de *Brachiaria brizantha*. Estes autores também não observaram diferenças nas médias de ganho de peso no período de transição águas-seca, sendo 0,650 e 0,750 kg/dia para os níveis de fornecimento de 0,25 e 0,5% PV, respectivamente. Barbosa et al. (2007) suplementando novilhos em pastagens de *Brachiaria brizantha*, durante o período de transição águas-seca, nos níveis de 0,17 e 0,37% do PV, também não observaram diferenças significativas no desempenho dos animais, sendo o GMD de 0,655 e 0,746 kg/dia para os respectivos níveis de suplementação. Sales et al. (2008) suplementando novilhos mestiços e Nelore, a níveis de 0,27; 0,41 e 0,54% do PV, em pastagens de *Brachiaria brizantha*, durante o período de transição águas-seca também não observaram diferenças entre os suplementos, no entanto, relataram valores menores de ganhos de peso, variando de 0,521 a 0,613 kg/dia. Estas diferenças nos ganhos médios diários, em níveis semelhantes de suplementação, observada entre os trabalhos, podem ser atribuídas, principalmente, as diferenças na disponibilidade e no valor nutritivo das forragens. Por isso, torna-se fundamental em experimentos que avaliem a suplementação de bovinos a pasto, uma minuciosa descrição das características do pasto, bem como, a estimativa do consumo deste pelos bovinos.

Quando analisado o efeito da suplementação no GMD ao longo do período de transição águas-seca, observou-se semelhança entre os suplementos para o mês de abril, com GMD de 0,937; 0,954; 1,029 e 1,063kg/dia para os respectivos suplementos controle, 0,2; 0,3 e 0,5% PV. Durante o mês de maio, os animais suplementados a 0,2 e 0,5%PV mantiveram o desempenho do mês anterior, sendo os respectivos valores de 0,871 e 0,900kg/dia superiores aos observados para os suplementos controle e 0,3%PV, de 0,686 e 0,557kg/dia. O menor desempenho observado no mês de maio para os animais suplementados a 0,3% PV, se deve ao fato destes animais terem consumido, neste período, menor quantidade de matéria seca total, em relação aos suplementos 0,2 e 0,5% PV (Tab.21). Observou-se, a nível de campo, alteração comportamental dos animais suplementados a 0,3% PV. Com a diminuição do valor nutritivo das pastagens, observada no mês de maio e, em razão do suplemento ser de natureza proteico-energética, fornecido de forma restrita, os animais ingeriam os suplementos rapidamente, e permaneciam na área de cocho por longos períodos de tempo, fato este, não evidenciado nos animais que receberam o mesmo suplemento a 0,5% PV. Provavelmente, esta alteração comportamental propiciou menor tempo de pastejo para os animais suplementados a 0,3% PV, resultando no menor CMST e GMD observado neste período, quando comparado aos suplementos 0,2 e 0,5% PV. Já no mês de junho, os suplementos ofertados a 0,3 e 0,5%PV se destacaram em relação ao controle, sendo verificado valores de GMD de 0,443; 0,457; 0,571 e 0,586kg/dia para os respectivos suplementos controle, 0,2; 0,3 e 0,5% PV.

Tabela 22. Desempenho de novilhos Nelore recebendo diferentes suplementos, durante o período de transição águas-seca.

	Fornecimento do suplemento (% PV)*				CV (%)
	Controle	0,2	0,3	0,5	
<b>Consumo de suplemento (kg MN/dia)</b>	0,167	0,597	0,865	1,469	
<b>Peso vivo inicial (kg)</b>	260,6 <sup>a</sup>	259,7 <sup>a</sup>	260,0 <sup>a</sup>	261,0 <sup>a</sup>	17,1
<b>Peso vivo final (kg)</b>	318,4 <sup>a</sup>	323,6 <sup>a</sup>	320,4 <sup>a</sup>	332,4 <sup>a</sup>	16,5
<b>Taxa de lotação inicial (UA/ha)</b>	2,90	2,89	2,89	2,90	
<b>Taxa de lotação final (UA/ha)</b>	3,54	3,60	3,56	3,69	
<b>Ganho por área (kg/ha)</b>	289,0 <sup>b</sup>	319,6 <sup>ab</sup>	302,0 <sup>ab</sup>	356,8 <sup>a</sup>	17,0
<b>Ganho de peso diário (kg/dia)</b>					
<b>Abril</b>	0,937 <sup>aA</sup>	0,954 <sup>aA</sup>	1,029 <sup>aA</sup>	1,063 <sup>aA</sup>	
<b>Mai</b>	0,686 <sup>bB</sup>	0,871 <sup>aA</sup>	0,557 <sup>bB</sup>	0,900 <sup>aA</sup>	
<b>Junho</b>	0,443 <sup>bC</sup>	0,457 <sup>abB</sup>	0,571 <sup>aB</sup>	0,586 <sup>aB</sup>	
<b>Média ponderada</b>	0,686 <sup>a</sup>	0,761 <sup>a</sup>	0,719 <sup>a</sup>	0,850 <sup>a</sup>	22,1

Valores seguidos por letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, são equivalentes pelo teste SNK (P>0,05)

\*Controle: Sal mineral com ureia fornecido *ad libitum*; 0,2: Sal proteinado fornecido a 0,2% do PV; 0,3 e 0,5: Suplemento proteico-energético fornecido a 0,3 e 0,5% do PV, respectivamente.

Quando se suplementa animais a pasto, torna-se fundamental, na avaliação de desempenho, a avaliação do ganho de peso por área, pois este parâmetro retrata melhor o retorno econômico do produtor. Mott (1960) determinou a relação exponencial entre o ganho por animal e a taxa de lotação, e a função quadrática entre a produção por área e o número de animais mantidos na pastagem. Desta forma, mesmo que diferentes níveis de suplementação não apresentem diferenças no GMD, maiores níveis de suplementação podem auxiliar no manejo das pastagens, proporcionando aumentos na taxa de lotação e, conseqüentemente, maiores ganhos por área (Reis et al., 2009). De fato, apesar das pastagens desse experimento serem manejadas com mesmo número de animais, os níveis de suplementação 0,2, 0,3 e 0,5% PV permitiram maior taxa de lotação final, quando comparados ao controle. No entanto, quando analisado os ganhos de peso por unidade de área, somente o suplemento ofertado a 0,5% PV propiciou maiores ganhos por área, resultando em ganho médio de 356,8 kg/ha, valor esse superior aos observados para os suplementos controle, 0,2 e 0,3%PV, de 289,0; 319,6 e 302,0 kg/ha, respectivamente.

O desempenho animal é diretamente correlacionado com o consumo diário de nutrientes (Moore et al., 1999). Para melhor explicar as variações no desempenho, foram considerados os consumos de proteína e energia, por estes serem os possíveis nutrientes limitantes da produção animal no período de transição águas-seca. Os consumos de PB e NDT foram satisfatórios para os ganhos de pesos observados nesse trabalho, sendo condizentes com os sugeridos por Valadares Filho et al. (2006). Observaram-se consumos de PB e NDT da forragem semelhantes entre as estratégias de suplementação, sendo verificados consumos de PB da forragem, para os respectivos suplementos controle, 0,2; 0,3 e 0,5%PV, de 463, 472, 438 e 445g PB/dia. Já os consumos de NDT da forragem foram de 3,48; 3,53; 3,34 e 3,33 kg NDT/dia. Estes resultados são decorrentes, principalmente, pelo fato dos animais serem submetidos as mesmas condições de pastejo e de não serem verificadas diferenças no consumo de pasto entre estas estratégias de suplementação (Fig. 48). Desta forma, as

diferenças observadas no consumo destes nutrientes são provenientes das diferentes concentrações nos suplementos.

Os suplementos controle; 0,2; 0,3 e 0,5% PV contribuíram, respectivamente, com 16, 32, 29 e 41% do consumo total de PB e 0, 6, 14 e 21% do consumo total de NDT. Estes resultados indicam a natureza dos suplementos utilizados, demonstrando que os suplementos controle e 0,2 eram essencialmente proteicos e o suplemento ofertado a 0,3 e 0,5% PV, de natureza proteico-energética. Estes resultados demonstram que mesmo com a suplementação, o maior aporte destes nutrientes foi proveniente da forragem, ressaltando a importância quantitativa e qualitativa da pastagem na suplementação de animais a níveis menores que 0,5% PV.

Segundo Paterson et al. (1994), estratégias de suplementações a níveis menores que 0,5% PV devem sempre priorizar o consumo de forragem, fato este, verificado neste trabalho. Logo, a condição *sine qua non* para o sucesso destas estratégias está centrada, invariavelmente, na oferta de forragem. Mesmo que esta seja de baixa qualidade, resultante, por exemplo, do diferimento, o efeito positivo da suplementação sobre o consumo de forragem ou sobre o consumo de matéria seca total faz com que haja um aumento no aporte de nutrientes, compensando, desta forma, o menor valor nutritivo da pastagem. Há limites nesta compensação, mas, de fato, Mertens (1994) sugere ser o consumo, a variável de maior impacto sobre o desempenho animal, uma vez que, cerca de 60 a 90% das variações em desempenho são explicadas pelas variações relacionadas ao consumo.

A resposta à suplementação para ganho de peso é maior quando proporciona consumo de proteína bruta maior que 0,1% PV (Moore et al., 1999). Neste trabalho, o maior consumo de proteína bruta foi observado no suplemento ofertado a 0,5% PV que proporcionou consumo de 0,1% PV. Os demais suplementos resultaram em consumos de PB de 0,03; 0,08 e 0,06% PV, respectivamente, para os suplementos controle, 0,2 e 0,3% PV. Provavelmente, o maior consumo de proteína, observado no suplemento 0,5%PV, contribuiu para o melhor desempenho deste tratamento no final do período de transição. Da mesma forma, o consumo de NDT foi maior para os animais suplementados com 0,5% PV, que ingeriram, em média, 4,23kg de NDT/dia. Já os suplementos controle, 0,2 e 0,3% PV apresentaram, respectivamente, consumos de 3,48; 3,76 e 3,87kg/dia.

Para o período de transição, o maior consumo não resultou em maior ganho de peso para os animais suplementados a níveis de 0,2, 0,3 e 0,5% PV. No entanto, observou-se maior ganho de peso por área com a suplementação a 0,5% PV. Quando analisado o efeito da suplementação ao longo do período de transição águas-seca os resultados sugerem que, com a aproximação da época da seca, os animais suplementados a 0,2; 0,3 e 0,5% PV apresentam melhor desempenho que os suplementados com mistura de sal mineral e ureia. Os resultados observados foram decorrentes, principalmente, do aumento no CMST durante os 2/3 finais do período de transição, proporcionando maior consumo de nutrientes e conseqüentemente, melhor desempenho (Tab.21).

Segundo Van Niekerk e Jacobs (1985), animais mantidos em pastagens durante a época da seca, têm seu desempenho limitado, principalmente, pelo suprimento de proteína. Verificou-se que, durante o período de transição, a suplementação proteica já parece ser de grande relevância para o desempenho animal em pastagens. Os resultados indicam que com a aproximação do período seco, ocorre diminuição do teor de PB nas pastagens e aumento nos teores de NIDA, sendo necessário fornecer maiores quantidades de proteína para manutenção

de elevados índices produtivos. Neste período, o fornecimento de proteína verdadeira assume importância, uma vez que esta disponibiliza precursores essenciais aos micro-organismos ruminais, principalmente, aqueles responsáveis pela digestão dos compostos fibrosos (Dehority et al., 1967). Desta forma, suplementos baseados em fontes de proteína verdadeira e energia passam a se destacar no final do período de transição, em relação aos formulados exclusivamente com fontes de NNP. Ressalta-se, no entanto, que em altas ofertas de forragens, a suplementação em baixos níveis, com suplementos à base de ureia, como fonte de NNP, é eficiente em manter ganhos de peso satisfatórios, durante o período de transição águas-seca.

Desta forma, durante o período de transição águas-seca, o produtor tem a possibilidade de utilizar suplementos com diferentes características nutricionais, como, por exemplo, o sal mineral com ureia, sal proteinado e suplementos proteico-energéticos, que poderão atender o requerimento de categorias específicas de acordo com as metas pré-estabelecidas. Se o objetivo for maximizar o desempenho animal, os produtores podem optar por um destes suplementos no início do período de transição e fazer uso de sal proteinado (0,2% PV) ou suplemento proteico-energéticos (0,3 e 0,5% PV) durante os 2/3 finais deste período.

A análise econômica das estratégias de suplementação está contida na Tab.23. Dentre os procedimentos utilizados para a avaliação econômica da atividade agropecuária, o custo de produção assume grande importância para tomada de decisão do uso de determinada tecnologia, pois este define o montante de capital a ser investido (Barbosa et al., 2008). O custo da suplementação foi de 0,19; 0,52; 0,61 e 1,04 reais/animal/dia. Quando analisado o custo da arroba produzida, devido ao baixo consumo de suplemento, observou-se menor custo para o suplemento sal mineral com ureia, com valor médio de 31,28 reais/arroba produzida. O custo de produção decorrente do investimento com suplementação aumentou, a medida que se aumentou o nível de suplementação. O custo dos suplementos controle; 0,2; 0,3 e 0,5% PV foram, respectivamente, 27,1%; 50,6%, 54,5% e 67,1% do custo total de produção. Desta forma, à medida que se elevou a quantidade de suplemento fornecido, a eficiência de ganho de peso foi reduzida.

A análise econômica das estratégias de suplementação demonstrou que estas foram viáveis, proporcionando uma margem líquida, durante o período de transição águas-seca, de 109,4; 99,2; 81,4 e 77,4 reais/animal, para os respectivos suplementos controle; 0,2; 0,3 e 0,5% PV. Barbosa et al. (2008) também encontraram viabilidade econômico para suplementos proteicos de baixo consumo fornecidos a novilhos Nelore durante o período de transição águas-seca. Franco et al. (2007), revisando trabalhos de suplementação, verificaram que a contribuição gerada no sistema de produção, pela utilização de suplementos de baixo consumo, parece estar associada a uma relação custo:benefício favorável desta tecnologia em relação a suplementações de maiores consumo. De fato, observou-se pior relação custo:benéfico com o aumento do nível de suplementação.

Tabela 23. Avaliação econômica de quatro estratégias de suplementação de novilhos Nelore, durante o período de transição águas-seca.

Variável*	Suplemento**			
	Controle	0,2	0,3	0,5
<b>Custo do suplemento (R\$/kg)</b>	1,14	0,87	0,71	0,71
<b>Consumo de suplemento (kg/animal/dia)</b>	0,167	0,597	0,865	1,469
<b>Custo da suplementação (R\$/animal/dia)</b>	0,19	0,52	0,61	1,04
<b>Ganho de peso total (kg/animal)</b>	57,84	63,92	60,40	71,36
<b>Ganho de peso total (@/animal)</b>	1,93	2,13	2,01	2,38
<b>Custo Variável (R\$/animal/período)</b>	30,78	58,61	67,17	102,05
<b>Suplemento</b>	15,95	43,80	51,35	87,20
<b>Medicamentos e vacinas</b>	3,09	3,06	3,07	3,10
<b>Mão-de-obra</b>	11,75	11,75	11,75	11,75
<b>Custo Fixo (R\$/animal/período)</b>	28,00	28,00	28,00	28,00
<b>Custo total (R\$/animal/período)</b>	58,78	86,61	94,17	130,05
<b>Custo total/@ (R\$/arroba produzida)</b>	31,28	41,26	47,38	56,67
<b>Receita bruta (R\$/animal/período)</b>	168,14	185,82	175,58	207,44
<b>Receita bruta (R\$/ha/período)</b>	840,7	929,1	877,9	1037,2
<b>Margem bruta (R\$/animal/período)</b>	137,36	127,21	109,41	105,39
<b>Margem líquida (R\$/animal/período)</b>	109,36	99,21	81,41	77,39
<b>Margem líquida (R\$/ha/período)</b>	546,8	495,9	407,0	387,0
<b>Relação Custo:Benefício</b>	0,36	0,47	0,54	0,65

\*Custo fixo: considerado o valor de R\$ 10,00 de aluguel de pasto/animal/mês.

Custo total: Custo fixo + custo variável

Receita bruta = Arroba produzida x preço da arroba, considerando preço médio de R\$ 87,21/@

Margem bruta: Receita bruta - Custo variável

Margem líquida: Receita bruta - Custo total

Relação Custo:Benefício calculada pela razão entre o custo total e a receita bruta

\*\*Controle: Sal mineral com ureia fornecido *ad libitum*; 0,2: Sal proteinado fornecido a 0,2% do PV; 0,3 e 0,5: Suplemento proteico-energético fornecido a 0,3 e 0,5% do PV, respectivamente.

O uso da suplementação implica em maior capital investido e para que esta seja difundida é necessário que seja economicamente viável. Cabe salientar que a análise econômica é espaço-temporal, devendo sempre ser avaliada em função da época do ano e da região de inserção da propriedade rural, quando da decisão de se adotar uma estratégia de suplementação. Além disso, deve-se levar em consideração outros benefícios proporcionados pelo uso de suplementos, geralmente observados a médio prazo. Animais suplementados são mais precoces, reduzindo o tempo e o custo de permanência na propriedade, antecipando a liberação da área para entrada de nova categoria animal, aumentando o giro de capital (Barbosa et al., 2008). Ademais, benefícios no manejo do solo e das pastagens podem ser observados pela entrada de animais mais jovens e, conseqüentemente, de menor peso corporal.

## CONCLUSÕES

Como critério de escolha da estratégia de suplementação a ser utilizada, deve-se considerar os objetivos a serem alcançados, avaliando a interação direta da suplementação com as características quantitativas e qualitativas da forragem disponível, bem como seus resultados econômicos.

Recomenda-se a antecipação da suplementação proteica, da época da seca para o período de transição águas-seca, pois, esta proporcionou elevado desempenho animal e resultado econômico positivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.2044-2050, 1994.
- BARBOSA, F.A.; GRAÇA, D.S.; MAFFEI, W.E. et al. Desempenho e consumo de matéria seca de bovinos sob suplementação proteico-energética, durante a época de transição água-seca. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, p.160-167, 2007.
- BARBOSA, F.A.; GRAÇA, D.S.; GUIMARÃES, P.H.S. et al. Análise econômica da suplementação proteico-energética de novilhos durante o período de transição entre água-seca. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.60, p.911-9916, 2008.
- CAMPLING, R.C.; FREER, M.; BALCH, C.C. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 3. The effect of urea on the voluntary intake of oat straw. *Brit. J. Nutr.*, v.16, p.115-124, 1962.
- CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. *Indicadores pecuários regionais – GO*, julho de 2008. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/boi>> Acesso em: 08/09/2010.
- DEHORITY, B.A, SCOTT, H. W., KOWALUK, P. Volatile fatty acid requirement of cellulolytic rumen bacteria. *J. Bacteriol.*, v. 94, p.537-543. 1967.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2ª Ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306p.
- EUCLIDES, V.P.B. *Alternativas para intensificação da produção de carne bovina em pastagem*. Campo Grande: Embrapa gado de corte, 2000, 65p.
- EUCLIDES, V.P.B.; FLORES, R.; MEDEIROS, R.N.; OLIVEIRA, M.P. Diferimento de pastos de braquiária cultivares Basilisk e Marandu, na região do Cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, v.42, p.273-280, 2007.
- FRANCO, G.L.; AGUIAR Jr., C.G.; RAMOS, BRAGA, A.K.; DAVY, F.C.A.; REIS, S.F. Suplementação de bovinos mantidos em pastagens nas fases de recria e engorda. In: OLIVEIRA, R.L.; BARBOSA, M.A.A.F. (Org.). *Bovinocultura de corte: desafios e tecnologia*. 1 ed. Salvador-BA: EDUFBA, 2007, p. 429-452.
- GOES, R.H.T.B., MANCIO, A.B., LANA, R.P., et al. Recria de novilhos mestiços em pastagens de *Brachiaria brizantha*, com diferentes níveis de suplementação, na região Amazônica. Desempenho animal. *R. Bras. Zootec.*, v.34, p.1740-1750, 2005.
- HALL, M.B. *Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen*. Gainesville: University of Florida. Feedstuffs, v.69, p.12-14. 1997.
- ÍTAVO, L.C.V.; TOLENTINO, T.C.P.; ÍTAVO, C.C.B.F. et al. Consumo, desempenho e parâmetros econômicos de novilhos Nelore e F1 Brangus-Nelore terminados em pastagens,

suplementados com mistura mineral e sal nitrogenado com ureia e amireia. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.60, p.419-427, 2008.

JOHNSON, A.D. Sample preparation and chemical analysis of vegetation. In: t'MANNETJE, L.T. (Ed.). *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Aberystwyth: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1978. p.96-102.

KÖPPEN, W. *Grundriss der Klimakunde*. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 309p.

LIMA, J.B.M.P.; GRAÇA, D.S.; BORGES, A.L.C.C. et al. Uso do óxido crômico e do LIPE® na estimativa do consumo de matéria seca por bezerros de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.60, n.5, p.1197-1204, 2008.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.). *Forage quality evaluation and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

MOORE, J.E.; SOLLENBERGER, L.E. Techniques to predict pasture intake. In: GOMIDE, J.A. (Ed.) SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 1997, p. 81-96.

MOORE, J.E.; BRANT, M.H.; KUNKLE, W.E. et al. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility and animal performance. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.122-135. (supl. 2), 1999.

MOTT, G.O. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 8., 1960, Reading. *Proceedings...* Reading: University of Reading, 1960. p.606-611.

NUTRIENT requirements of beef cattle. 7.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1996. 242p.

OFFICIAL methods of analysis. 13.ed. Washington, DC: AOAC, 1980. 1015p.

OLIVEIRA, L.O.F.; SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Consumo e digestibilidade de novilhos Nelore sob pastagem suplementados com misturas múltiplas. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.56, p.61-68, 2004.

PATERSON, J.A.; BELYEA, R.L.; et al. The impact of forage quality on supplementation regimen on ruminant animal intake and performance. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.). *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.59-114.

PAULINO, M.F.; ZAMPERLINI, B.; FIGUEIREDO, D.M.; et al. Bovinocultura de precisão em pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 5., 2006, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: UFV, 2006. p.361-412.

POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminant at pasture. *J. Anim. Sci.*, v.73, n.1, p.278-290, 1995.

REIS, R.A.; RUGGIERI, A.C.; CASAGRANDE, D.R.; PÁSCOA, A.G. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. *R. Bras. Zootec.*, v.38, p.147-159, 2009 (supl. especial).

RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. (CD-ROM).

SALES, M.F.L.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Níveis de ureia em suplementos múltiplos para terminação de novilhos em pastagem de capim-braquiária durante o período de transição águas-seca. *R. Bras. Zootec.*, v.37, p.1704-1712, 2008.

SALIBA, E.O.S. Uso de Indicadores: Passado, presente e futuro. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1., 2005, Belo Horizonte: *Anais...* Belo Horizonte – MG: Escola de Veterinária da UFMG, 2005. p.04-22.

SILVA, F.F. Da; SÁ, J.F. De; SCHIO, A.R. et al. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. *R. Bras. Zootec.*, v.38, p.371-389, 2009 (supl. especial)

SISTEMA de análises estatísticas e genéticas - SAEG. Viçosa: UFV, 2000. 142p.

SNNIFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.

t'MANNETJE, L. Measuring quantity of grassland vegetation. In: t'MANNETJE, L. (Ed.) *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Berkshire: CAB International Bureau of Pastures and Field Crops, 1978. p.63-95.

t'MANNETJE, L.; EBERSOHN, J.P. Relations between sward characteristics and animal production. *Trop. Grassl.*, v.14, p.273-280, 1980.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.*, v.18, p.104-111, 1963.

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. Exigências nutricionais de zebuínos e tabela de composição de alimentos. *BR-CORTE*. Universidade Federal de Viçosa-UFV. Viçosa-MG, 2006.

Van NIEKERK, B.D.H.; JACOBS, G.A. Protein, energy and phosphorus supplementation of cattle fed low-quality forage. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, v.15, p.133-136, 1985.

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

Van SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition, *J. Dairy Sci.*, v.74, p.3583-3597, 1991.



## CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação a pasto, com nutrientes específicos, em períodos estratégicos, aliada ao correto manejo das pastagens, constitui tecnologia eficaz para acelerar o desempenho de bovinos de corte criados em sistemas pastoris.

Diante das dificuldades inerentes à experimentação animal a pasto e das experiências vividas pelo autor, cabem algumas implicações quanto à condução de experimentos que avaliem a suplementação de bovinos a pasto.

Um importante aspecto a ser considerado, em experimentos que avaliem o consumo e o desempenho de animais a pasto, diz respeito a adaptação dos animais e do avaliador, quanto ao manejo experimental. Animais não treinados ao manejo experimental podem apresentar alterações comportamentais que prejudicam o pastejo, e, conseqüentemente, o consumo e o desempenho. De um ponto de vista etológico, o constante manejo imposto aos animais pode levá-los à habituação ao processo experimental, de forma que o nível de interferência, observado em um período prévio, seja gradativamente reduzido. Portanto, ressalta-se que a utilização de animais habituados ao manejo experimental é condição essencial para a condução do processo avaliativo de consumo e desempenho sob pastejo, fazendo com que o número de contenções diárias e a presença do avaliador percam, quantitativamente, sua importância como variáveis de interferência sobre os animais.

Pelo fato do desempenho de animais suplementados ser função das interações pasto-animal-suplemento, muitas vezes, as características relacionadas ao pasto, como a oferta de massa forrageira, a estrutura do dossel e seu valor nutritivo; e outras relacionadas aos animais, como por exemplo, o comportamento seletivo sob pastejo e o comportamento hierárquico observado em grupos de animais, assumem grande importância sobre o desempenho e limitam a observação de diferenças no uso de suplementos. Portanto, outros aspectos relevantes a serem considerados na condução experimental são: a caracterização minuciosa das pastagens e, sempre que possível, a determinação individual do consumo de suplementos.