

ADITIVOS NA ENSILAGEM DO CAPIM-ELEFANTE.

IV. FERMENTAÇÃO RUMINAL EM OVINOS¹

JOÃO BATISTA DE ANDRADE² e WAGNER LAVEZZO³

RESUMO - Foram avaliados os parâmetros de fermentação ruminal em ovinos alimentados com silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) acrescido de 0, 8, 16 e 24% de matéria seca de sacarina, farelo de trigo ou rolão de milho, na forragem verde picada. O delineamento adotado foi de blocos casualizados, com parcelas subdivididas, tendo sido testados nas parcelas experimentais os aditivos e os níveis, e nas subparcelas, os horários de amostragem do fluido ruminal. As coletas de fluido ruminal foram efetuadas às 0, 1, 3, 6, 9, 12 e 24 horas após o fornecimento das silagens, por meio de sonda esofageana. Os animais receberam 80% do consumo voluntário, previamente determinado. Verificaram-se, nos fluidos ruminais dos ovinos, independentemente dos tipos e níveis de aditivos empregados no preparo das silagens, altas produções de ácidos graxos voláteis totais, havendo predominância de ácido acético. As silagens preparadas com rolão de milho propiciaram produções de amônia ruminal abaixo dos níveis recomendados para máxima síntese de proteína microbiana, enquanto as silagens com sacarina ou farelo de trigo apresentaram boa disponibilidade. No líquido ruminal dos animais ingerindo silagens com farelo de trigo ou rolão de milho, o incremento dos aditivos durante a ensilagem aumentou a proporção molar de ácido butírico e reduziu a de ácido acético e o pH.

Termos para indexação: *Pennisetum purpureum*, nutrição animal, N amoniacal, ácidos graxos voláteis.

ADDITIVES TO ELEPHANT GRASS ENSILAGE.

IV. SHEEP RUMINAL FERMENTATION

ABSTRACT - The ruminal fermentation patterns of sheep fed elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) silage enriched with ground ear corn with husks, wheat bran and saccharin in the levels 0, 8, 16 and 24% dry weight of additive/wet weight of green chop was evaluated. A split-plot randomized block design was used. The plots were the additives and their levels and the sub-plots the time of rumen fluid collection (0, 1, 3, 6, 9, 12 and 24 h after feeding). During the collection period, the sheep were fed 80% of the observed voluntary feed intake of the previous phase. For all additive types and levels used in preparing the silages, high levels of total volatile fat acids were observed, with predominance of the acetic acid. The silages having ground ear corn with husks as additive showed, in the ruminal fluid, ammonia production levels below the recommended for maximum microbial protein synthesis. However, silages with saccharin or wheat bran presented a good ammoniacal-N availability. In the ruminal fluid of the sheep fed ground ear corn with husks or wheat bran the molar proportion of butyric acid was increased and that of acetic acid and pH were decreased, as the levels of the additives in the silage increased.

Index terms: *Pennisetum purpureum*, sheep nutrition, ammoniacal-N, volatile fat acids.

¹ Aceito para publicação em 7 de maio de 1998.

Extraído da Tese apresentada pelo primeiro autor à UNESP, Botucatu.

² Eng. Agr., Dr., Instituto de Zootecnia, Rua Heitor Pentecado, 56, CEP 13460-000, Nova Odessa, SP.

³ Méd. Vet., Dr., Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Faz. Experimental do Lageado, Caixa Postal 237, CEP 18600-000 Botucatu, SP.

INTRODUÇÃO

Quando se deseja determinar o valor nutritivo de um alimento para animais, além do consumo voluntário de matéria seca e de nutrientes digestíveis totais é importante, segundo Lavezzo et al. (1988), conhecer o seu padrão de fermentação ruminal,

mensurando-se para tal, a produção de N amoniacal, ácidos graxos voláteis (acético, propiônico, butírico, isovalérico, valérico), bem como o pH do líquido ruminal.

Para uma ração ter elevada eficiência alimentar quanto à utilização máxima de N, deveria conter proteína de boa digestibilidade, com baixa solubilidade no rúmen, pois elevados teores de amônia ruminal são indicativos de baixa utilização de N pelo ruminante (Lavezzo et al., 1988). Deve haver fornecimento adequado de N, para o crescimento dos microorganismos do rúmen, pois degradações além de certo limite levariam a um desperdício de N, o qual poderia ser melhor usado pelo ruminante se a proteína fosse altamente digestível no intestino delgado (Church, 1979). Nesse sentido, Satter & Slyter (1974) mostraram, *in vitro*, que concentrações de N amoniacal superiores a 5 mg/100 mL de fluido ruminal representam um excesso que não é utilizado para síntese microbiana. Já em Faria (1982), é relatado que no rúmen devem ocorrer concentrações de N amoniacal de 19 a 23 mg/100 mL de fluido, para desencadear nível ótimo de fermentação microbiana ruminal.

A amônia é o principal produto final resultante do processo fermentativo de proteína realizado pelos microorganismos ruminais, e é também a principal fonte de N usada para a síntese de proteína microbiana (Lavezzo et al., 1988). Em dietas à base de silagem, Griffiths & Bath (1973) e Faria (1982) não observaram altas concentrações de N amoniacal no rúmen.

Ainda quanto à concentração de amônia no rúmen, deve-se lembrar que o rápido desaparecimento desta pode ser atribuído à sua absorção, que é muito elevada quando o pH ruminal está acima de 7,5. Em dietas em que o índice de pH do fluido ruminal é mantido em 6,7, a absorção de amônia é muito lenta (Smith, 1975), e o seu desaparecimento em pH menor que 7 deve ser considerado como reflexo da utilização pelos microorganismos (Nolan et al., 1973). Faria (1982), estudando dieta exclusiva de silagem de milho com 33,5% de matéria seca, fornecida uma vez por dia, na base de 1,9 kg/100 kg PV, observou pH médio de 6,8.

Quanto à produção de ácidos graxos voláteis, Annison & Lewis (1966) observaram baixa produção de ácido acético em dietas ricas em amido ou

sacarose. Essas dietas produzem fermentações bastante rápidas no rúmen, causando redução no pH ruminal, o que favorece, segundo Balch & Rowland (1957), a proliferação de microorganismos que produzem ácido propiônico. Mas McCullough & Smart Junior (1970), em experimento com vacas leiteiras, observaram que aumentando a proporção de concentrado na dieta havia aumento na produção de ácidos graxos voláteis totais e de ácido acético e butírico, mas o mesmo não ocorreu com a produção e proporção do ácido propiônico. Outro fator que pode influenciar o pH do fluido ruminal é a granulometria da dieta, uma vez que rações finamente moldas apresentam maior fermentação, e, em consequência, redução nos valores de pH (Cheng & Hironaka, 1973).

Quanto ao ácido butírico, Bath & Rook (1963) observaram que o tipo de proteína e carboidrato prontamente disponível no rúmen afetam a sua quantidade, havendo aumento na produção deste em dietas ricas em proteína. Ainda esses autores, afirmaram que a utilização de sacarose como fonte de carboidrato, produz aumentos iguais de ácido propiônico e ácido butírico. Também, El-Shazly (1952) observou que proteínas e aminoácidos podem ser fontes dos ácidos butírico e isovalérico, os quais têm seus teores aumentados a partir do ataque de microorganismos no rúmen. Outra fonte de ácido butírico, segundo Church (1979), pode ser atribuída ao ácido acético, pois vários trabalhos têm revelado que de 40 a 80% do ácido butírico presente no rúmen provém da atuação de microorganismos sobre o ácido acético, que condensam dois moles de acetato em um mol de butirato. Aguilera et al. (1978), em ensaio com silagem de capim-elefante Napier, encontraram baixa concentração dos ácidos propiônico e butírico e alta concentração de ácido acético no fluido ruminal de animais alimentados exclusivamente com esta silagem. Isto, segundo os autores, sugere que se deve suplementar dietas alimentares de silagens de capim-elefante Napier, para modificar a relação entre os ácidos graxos no fluido ruminal.

A produção dos ácidos graxos voláteis no rúmen é largamente influenciada pelo consumo (Orskov et al., 1968), e elevados teores de ácido butírico são

observados quando se têm altos consumos da dieta. Desta forma, fica evidenciada a importância do tempo de alimentação na concentração dos ácidos, N amoniacal e pH do fluido ruminal.

Valores mais baixos de pH ocorrem, em geral, duas a três horas após a alimentação, conforme Pande & Shukla (1981) e a elevação da concentração de amônia aparece logo após o fornecimento da dieta, alcançando um máximo de uma a duas horas depois da ingestão (Pande & Shukla, 1981; Kolb, 1984), ou de duas a três horas, conforme Davis & Stallcup (1967) e Faria (1982); entretanto, para Davis & Stallcup (1967), a utilização do farelo de soja como suplemento protéico propiciou a liberação de amônia mais lentamente (duas a doze horas após alimentação) do que a uréia ou o farelo de soja + uréia, o que mostra pior utilização do N nesses últimos suplementos. Quanto aos ácidos graxos voláteis, há concordância de que logo após a alimentação ocorre o pico máximo de produção (Jarrige, 1978; Church, 1979).

O objetivo desta pesquisa foi avaliar as características da fermentação ruminal por meio do pH, do N amoniacal, e dos ácidos graxos voláteis, em ovinos alimentados com silagens de capim-elefante cortado aos 62 dias de crescimento, e com adição de 0, 8, 16 e 24% de matéria seca de rolão de milho, farelo de trigo ou sacarina.

MATERIAL E MÉTODOS

Após o término de uma prova de digestibilidade aparente, os ovinos permaneceram mais um dia nas baias experimentais, para a amostragem do líquido ruminal, com o intuito de se determinarem os níveis de ácidos graxos voláteis (acético, propiônico, butírico, isovalérico e valérico), pH e N amoniacal. Os animais foram alimentados uma vez ao dia. Foram efetuadas amostragens de líquido ruminal em sete horários: 0, 1, 3, 6, 9, 12, e 24 horas após o fornecimento das silagens de capim-elefante, cortado aos 62 dias de desenvolvimento, e acrescido de 0, 8, 16 e 24% de matéria seca de rolão de milho, farelo de trigo ou sacarina. A quantidade de silagem oferecida aos animais foi de 80% do consumo voluntário, determinado durante a prova de digestibilidade aparente.

A coleta de líquido ruminal foi efetuada através de sonda esofageana, segundo as técnicas de Hofirek (1970), aplicando-se um vácuo de cerca de 1,05 kgf/cm² para extração do fluido ruminal.

A determinação do pH no fluido ruminal foi realizada imediatamente após a sua extração. Em seguida, procedeu-se à sua filtragem através de quatro camadas de pano de laboratório ("cheese cloth"), em funil de vidro. Do filtrado, foram retiradas duas amostras: uma, de 6 mL, que foi colocada em frasco com 3 mL de H₂SO₄ 1N e armazenada em freezer para posterior determinação do teor de N amoniacal, e outra, de 3 mL, colocada em frasco com 3 mL de ácido metafosfórico 6% e armazenada em geladeira, para determinação dos teores de ácidos graxos voláteis.

As análises para determinação dos ácidos graxos voláteis foram efetuadas em cromatógrafo a gás, conforme técnica descrita por Erwin et al. (1961). Para a quantificação do N amoniacal no fluido, adotou-se a técnica de Kulasek (1972), adaptada por Foldager (1977).

Para a comparação das silagens, por meio dos parâmetros analisados no fluido ruminal (pH, N amoniacal e ácidos graxos voláteis), foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas e com três repetições; nas parcelas experimentais, avaliavam-se os três aditivos e os quatro níveis, e nas subparcelas, os sete tempos de coleta de fluido ruminal. Foram adotados os ajustes através de variâncias complexas para cálculo das interações entre dois fatores, conforme Pimentel-Gomes (1970). As médias das características analisadas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Quando houve necessidade, os valores de porcentagem foram transformados em arco seno $\sqrt{p/100}$, onde p = porcentagem da característica. Foram usadas, ainda, transformações em $\log_{nep}(p + 0,5)$ para características contínuas, porém não determinadas em porcentagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os índices de pH do fluido ruminal dos animais alimentados com as silagens estudadas. A análise estatística revelou que houve diferenças significativas entre níveis ($P < 0,01$) e tempo ($P < 0,01$). Não foram constatadas interações entre os fatores da análise ($P > 0,05$). Foram determinados na análise de variância os coeficientes de variação de 1,98 e 3,28%.

TABELA 1. Índices de pH do fluido ruminal de ovinos alimentados com silagens de capim-elefante acrescidas de 0, 8, 16 e 24% de matéria seca de sacharina, farelo de trigo e rolão de milho e amostrados em sete horários diferentes.

Nível de aditivo	Horas após alimentação							Média
	0	1	3	6	9	12	24	
Sacharina								
0	6,87	6,67	6,63	6,80	6,53	6,57	7,03	6,73
8	6,93	6,70	6,70	6,63	6,63	6,73	6,93	6,75
16	6,90	6,40	6,47	6,53	6,43	6,53	6,97	6,60
24	6,90	6,63	6,63	6,67	6,70	6,70	7,00	6,75
Média	6,90	6,60	6,61	6,65	6,57	6,63	6,98	6,71
Farelo de trigo								
0	7,07	6,63	6,70	6,57	6,67	6,63	7,00	6,75
8	6,83	6,57	6,43	6,50	6,57	6,57	6,93	6,63
16	7,13	6,27	6,23	6,40	6,50	6,70	7,17	6,63
24	6,96	6,43	6,20	6,27	6,23	6,23	6,90	6,46
Média	7,00	6,47	6,39	6,43	6,49	6,53	7,00	6,62
Rolão de milho								
0	7,07	6,77	6,77	6,73	6,77	6,90	7,07	6,87
8	7,07	6,50	6,50	6,30	6,57	6,67	6,98	6,64
16	6,90	6,37	6,27	6,20	6,33	6,37	6,90	6,48
24	6,53	6,43	6,40	6,47	6,37	6,47	6,50	6,45
Média	6,89	6,52	6,48	6,42	6,51	6,60	6,84	6,61
Média geral	6,93	6,53	6,49	6,51	6,52	6,59	6,94	6,64

A variação dos valores de pH causada pelo tempo pode ser descrita pela equação cúbica $y = 6,8041 - 0,1317x + 0,0138x^2 - 0,0003x^3$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,8007$. Os menores índices de pH ocorreram nos horários de 3, 6 e 9 horas após a alimentação, o que está de acordo com as observações obtidas por Davis & Stallcup (1967), Pande & Shukla (1981) e Kolb (1984). Isto mostra que os animais demoraram para consumir todo o alimento oferecido, e ocorreram valores de pH baixos por um longo período. Faria (1982) registrou os menores índices de pH do fluido ruminal no período noturno, 16 horas após a alimentação, enquanto Lavezzo et al. (1988) encontraram um único pico de mínimo na primeira hora após a alimentação. Esses resultados mostram que a variação dos índices de pH do fluido ruminal em função do tempo de coleta é bastante variável e influenciada por vários fatores, como tempo de alimentação, natureza da dieta e tipo de animal (Church, 1979).

O pH do fluido ruminal dos ovinos alimentados com as silagens foi reduzido à medida que foram aumentados os níveis de aditivos na ensilagem. Tal variação dos valores de pH assume a equação linear $y = 6,7638 - 0,0099x$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,9266$. Este resultado está de acordo com as respostas obtidas por Anison & Lewis (1966), que verificaram uma redução do pH do fluido ruminal à medida que eram aumentados os níveis de carboidratos solúveis ou amido das dietas, e que houve, nessas condições, favorecimento dos microorganismos produtores do ácido propiônico. Para Cheng & Hironaka (1973), ocorria redução no pH ruminal à medida que diminuía a granulometria da ração devido ao maior grau de fermentação. Nesse estudo, verificou-se que, à medida que aumentava a participação dos aditivos na ensilagem, também diminuía a granulometria da dieta, uma vez que os aditivos eram finamente moídos.

As produções de amônia no fluido ruminal dos animais alimentados com as silagens são mostradas na Tabela 2. Os resultados da análise de variância mostraram que houve diferenças significativas entre aditivos ($P < 0,01$), níveis ($P < 0,01$) e tempo ($P < 0,01$), e houve ainda interações entre aditivos e níveis ($P < 0,01$), tempo e aditivos ($P < 0,05$) e tempo e níveis ($P < 0,01$). Os coeficientes de variação determinados para essa característica foram de 9,95 e 17,58%.

Os resultados mostraram que as produções de N amoniacal das silagens foram diferentes, por causa dos aditivos utilizados. O estudo dos aditivos dentro dos níveis mostrou, de um modo geral, que as silagens preparadas com aqueles aditivos mais ricos em proteína bruta (sacharina e farelo de trigo), principalmente nos níveis mais altos de aplicação, apresentaram maior produção de N amoniacal. As silagens preparadas com sacharina (15,58 mg) ou farelo de trigo (14,85 mg) apresentaram produções médias de N amoniacal mais elevadas que as obser-

vadas por Lavezzo et al. (1988) com relação a dietas com 13,52 e 13,00% de proteína bruta, à base de silagem de sorgo, suplementadas com levedura ou farelo de algodão, respectivamente, resultados, esses, semelhantes aos encontrados por Griffiths & Bath (1973) e Faria (1982). A produção média de N amoniacal das silagens confeccionadas com rolão de milho (9,16 mg) foi menor que as observadas por Lavezzo et al. (1988), porém ainda maior que o nível adequado, segundo Satter & Slyter (1974) no tocante à síntese de proteína microbiana. Contudo, conforme relatado em Faria (1982), o nível ótimo para desenvolver máxima fermentação ruminal seria ao redor de 23 mg de N amoniacal, o que sugere que nos horários em que ocorreram os picos de produção (uma a três horas após a alimentação), as silagens preparadas com sacharina ou farelo de trigo produziram amônia acima da quantidade ótima, o que mostra que nessas condições poderia haver perdas na utilização de N (Lavezzo et al., 1988). Todavia, deve-se ressaltar que, pelo fato de os valores

TABELA 2. Produção de N amoniacal (mg/100 mL de fluido ruminal) no fluido ruminal de ovinos alimentados com silagens de capim-elefante adicionadas de 0, 8, 16 e 24% de matéria seca de sacharina, farelo de trigo e rolão de milho e amostrados em sete horários diferentes¹.

Nível de aditivo	Horas após alimentação						Média	
	0	1	3	6	9	12		24
Sacharina								
0	5,86	11,73	11,32	7,74	4,87	5,24	6,43	7,60A
8	8,66	34,64	29,24	16,48	4,31	5,19	8,42	15,28A
16	8,09	36,50	32,75	25,00	18,37	6,02	10,66	19,63A
24	8,58	29,73	32,67	26,63	17,16	18,56	13,44	19,82A
Média ¹	7,80A	28,15A	26,49A	18,96A	11,13A	6,75A	9,74A	15,58A
0	4,50	21,86	22,63	13,42	3,23	4,64	6,24	10,93A
8	7,37	26,07	29,83	18,97	10,89	5,79	10,11	15,58A
16	4,72	25,03	29,59	20,80	14,95	7,28	6,22	15,51AB
24	5,38	25,00	24,92	20,45	22,96	14,85	8,34	17,41A
Média	5,49AB	24,49A	26,74A	18,41A	13,01A	8,14A	7,73A	14,85A
Rolão de milho								
0	6,61	19,47	18,69	11,62	3,09	4,91	7,62	10,29A
8	5,73	21,17	26,43	13,03	3,72	3,03	6,55	11,38A
16	5,23	22,59	14,24	7,40	6,12	3,07	10,13	9,83B
24	1,30	2,24	22,43	2,22	2,25	1,50	4,07	5,14B
Média ¹	4,72B	16,37B	20,45B	8,57B	3,79B	3,13B	7,09A	9,16B
Média geral	6,00	23,00	24,56	25,31	9,33	6,01	8,19	13,20

¹ Médias seguidas de letras distintas, na coluna e para cada nível, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

médios de pH do fluido ruminal serem quase sempre inferiores a 6,7 (respectivamente, 6,71 e 6,62, em relação às silagens com sacharina ou farelo de trigo), a absorção de amônia foi pequena (Smith, 1975), e que nestas condições, à semelhança do que foi encontrado por Nolan et al. (1973), o desaparecimento de N no rúmen reflete a sua utilização pelos microorganismos.

Estudando níveis dentro de aditivo, verificou-se que estes mostraram comportamentos diferentes. As variações na produção de amônia no rúmen das silagens preparadas com sacharina ou farelo de trigo podem ser representadas pelas equações lineares $y = 2,1306 + 0,0363 x$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,9234$, e $y = 2,2892 + 0,0209 x$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,9448$, respectivamente. Nas silagens confeccionadas com rolão de milho essa variação assume a equação quadrática $y = 2,1546 + 0,0643 x - 0,0046 x^2$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,9445$.

Quando foram avaliados os aditivos dentro de tempo de amostragem (Tabela 2), observou-se que no tempo 0 (zero), as produções de N amoniacal no rúmen, das silagens com adição de sacharina (7,80 mg) foram maiores ($P < 0,01$) que as das silagens produzidas com rolão de milho (4,72 mg). As silagens preparadas com farelo de trigo (5,49 mg) apresentaram produções semelhantes às duas primeiras. Nos tempos de 1, 3, 6, 9 e 12 horas após a alimentação, respectivamente, as produções de N amoniacal no rúmen das silagens confeccionadas com sacharina (28,15; 26,49; 18,96; 11,13 e 6,75 mg) ou farelo de trigo (24,49; 26,74; 18,41; 13,01 e 8,14 mg) foram semelhantes e maiores ($P < 0,01$) que as registradas nas silagens com adição de rolão de milho (16,37; 20,45; 8,57; 3,79 e 3,13 mg), o que mostra que os aditivos mais ricos em proteína bruta são mais favoráveis à produção de N amoniacal no rúmen. Esses resultados também refletem que a uréia ou amônia da sacharina e a proteína altamente degradável do farelo de trigo têm efeito diferente na produção de amônia no rúmen em relação à proteína do rolão de milho. Essas respostas estão de acordo com as obtidas por Faria (1982), que verificou aumentos nas produções de N amoniacal à medida que era aumentado o teor protéico da ração. No tempo de 24 horas após a alimentação, não houve efeito dos aditivos aplicados às silagens na produção de N amoniacal ($P > 0,05$), cuja média foi de 8,19 mg/100 mL de fluido ruminal.

O desdobramento "tempos dentro de aditivo" evidenciou que as variações de produção de N amoniacal no tempo podem ser representadas por equações cúbicas. Nas silagens com adição de sacharina, a variação pode ser representada pela equação: $y = 2,5018 + 0,3496 x - 0,0537 x^2 + 0,0016 x^3$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,7244$. Nas silagens com aplicação de farelo de trigo, essa variação assume a equação: $y = 2,2555 + 0,4651 x - 0,0635 x^2 + 0,0018 x^3$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,6759$, e, para as preparadas com rolão de milho, a variação pode ser descrita pela equação: $y = 1,9090 + 0,2715 x - 0,0464 x^2 + 0,0015 x^3$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,7130$.

Ainda quanto ao estudo da produção de amônia no tempo, verificou-se que as variações, em cada um dos níveis de aplicação dos aditivos, podem ser representadas pelas equações $y = 2,2385 + 0,2430 x - 0,0425 x^2 + 0,0013 x^3$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,5764$, $y = 2,4954 + 0,3898 x - 0,0647 x^2 + 0,0020 x^3$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,7466$, $y = 2,3195 + 0,4553 x - 0,0660 x^2 + 0,0020 x^3$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,6972$ e $y = 1,8349 + 0,0360 x - 0,0450 x^2 + 0,0013 x^3$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,6588$, respectivamente, nos níveis 0, 8, 16 e 24% de aplicação dos aditivos. Esses resultados mostraram apenas um efeito quantitativo dos níveis na produção de amônia, à semelhança do observado por Faria (1982) em rações com diferentes teores de proteína bruta.

As produções médias de ácidos graxos voláteis totais (AGVT) acham-se na Tabela 3. A análise de variância mostrou que houve interação apenas entre tempos e níveis ($P < 0,05$), com coeficientes de variação de 4,81 e 11,19%, respectivamente.

Pode-se inferir que os aditivos e os níveis destes não influíram na produção de AGVT. Esses resultados não concordam com as respostas obtidas por Faria (1982), pois esse autor obteve aumentos na produção de AGVT com o aumento de grãos na ração.

Também a produção de AGVT não foi influenciada pelos tempos de amostragem, embora esta tenha sido elevada, em todas as silagens e em todos os tempos. Essa resposta não concorda com a observada por Balch & Rowland (1957), Foldager (1977), Jarrige (1978), Church (1979) e Lavezzo et al. (1988), que verificaram a ocorrência de um pico na produção uma e três horas após o início do período

TABELA 3. Produções de AGVT (mM/100 mL de fluido ruminal) do fluido ruminal de ovinos alimentados com silagens de capim-elefante acrescidas de 0, 8, 16 e 24% de matéria seca de sacarina, farelo de trigo e rolão de milho e amostrados em sete horários diferentes.

Nível de aditivo	Horas após alimentação							Média
	0	1	3	6	9	12	24	
Sacharina								
0	46,80	35,76	38,60	74,01	29,90	84,01	49,86	51,28
8	47,93	38,61	58,75	40,79	78,28	79,57	63,33	58,18
16	35,03	49,06	47,22	69,68	41,75	51,66	48,43	48,98
24	57,30	57,30	53,27	54,36	34,82	30,15	51,55	48,28
Média	46,76	45,18	49,46	59,71	45,98	61,34	53,29	51,67
Farelo de trigo								
0	39,78	76,72	35,70	70,10	43,41	74,36	43,65	49,10
8	49,62	69,30	72,08	43,94	69,63	56,50	66,73	61,11
16	35,07	90,47	73,57	81,63	44,17	33,33	45,59	57,69
24	56,33	61,52	65,48	74,47	47,06	44,96	43,95	56,25
Média	45,20	64,50	61,71	67,53	51,07	52,29	49,98	56,04
Rolão de milho								
0	42,65	37,19	35,34	62,97	36,86	63,26	40,62	45,55
8	52,18	65,63	49,37	48,94	66,84	53,48	59,10	56,50
16	65,07	76,44	60,84	79,07	44,90	56,61	59,85	63,25
24	89,46	59,68	59,20	58,86	36,60	40,62	70,26	59,24
Média	62,34	59,73	51,19	62,46	46,30	53,49	57,46	56,14
Média geral	51,43	56,47	54,12	63,24	47,78	55,71	53,58	54,62

de alimentação. Também Kolb (1984), fornecendo o alimento várias vezes ao dia, registrou um pico após cada ingestão, mostrando que a produção de AGVT é extremamente relacionada à ingestão de alimento. Entretanto, quando os animais não são submetidos a jejum prévio e passam a se alimentar de forma mais natural, o pico na produção de AGVT pode ser detectado após algum tempo do início da alimentação, como o ocorrido no trabalho de Faria (1982) que constatou a ocorrência de pico no período noturno.

O estudo do desdobramento tempos dentro de nível revelou que nos níveis 0 (zero) e 8% de aplicação dos aditivos, a produção de AGVT das silagens preparadas com sacarina, farelo de trigo ou rolão de milho, não teve, nos tempos de amostragem, uma tendência definida que pudesse ser descrita pelas regressões utilizadas. Nos níveis de 16 e 24% de adição, as variações de produção de AGVT das silagens em função do tempo, podem ser representadas pelas

equações: $y = 4,0735 + 0,1579 x - 0,0222 x^2 + 0,0007 x^3$, com $P < 0,05$ e $R^2 = 0,5161$ e, $y = 4,2379 - 0,0733 x + 0,0026 x^2$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,7024$, respectivamente. Esses resultados podem ter ocorrido devido a uma ingestão mais rápida do alimento oferecido, uma vez que para esses níveis as ingestões de matéria seca das silagens foram maiores em decorrência do maior teor de matéria seca das mesmas e também devido a um efeito estimulante dos aditivos na ingestão.

As proporções molares de ácido acético no fluido ruminal dos ovinos alimentados com as silagens estudadas foram apresentadas na Tabela 4. Os resultados da análise mostraram que houve diferenças significativas entre níveis ($P < 0,01$) e tempo ($P < 0,01$), e ocorreu ainda interação entre tempo e níveis ($P < 0,05$). Os coeficientes de variação encontrados para essa característica foram de 5,36 e 6,29%.

TABELA 4. Proporções molares de ácido acético (%) no fluido ruminal de ovinos alimentados com as silagens de capim-elefante acrescidas de 0, 8, 16 e 24% de matéria seca de sacharina, farelo de trigo e rolão de milho e amostrados em sete horários diferentes.

Nível de aditivo	Horas após alimentação							Média
	0	1	3	6	9	12	24	
Sacharina								
0	80,94	72,53	69,74	81,42	70,93	76,67	77,10	75,63
8	80,96	66,16	63,12	68,34	69,32	71,83	75,74	70,78
16	75,41	65,62	62,73	73,26	75,61	70,70	74,36	71,10
24	76,85	61,65	60,99	69,54	73,53	70,14	71,47	69,17
Média	78,54	66,49	64,14	73,14	72,35	72,33	74,69	71,67
Farelo de trigo								
0	81,01	65,01	61,12	74,40	71,71	73,03	73,72	71,43
8	78,70	65,05	63,23	64,57	72,43	69,87	74,55	69,77
16	78,04	55,50	57,17	66,33	65,33	64,48	68,77	65,09
24	76,94	57,94	59,30	65,01	60,65	63,88	70,63	64,91
Média	78,67	60,87	60,20	67,58	67,53	67,81	71,92	67,80
Rolão de milho								
0	84,37	64,31	63,97	77,44	70,93	76,55	78,50	73,72
8	79,12	65,88	62,39	64,88	73,24	70,95	72,28	69,82
16	76,38	62,42	63,72	73,82	73,94	68,46	69,12	69,69
24	64,54	58,89	58,41	66,00	58,40	58,79	58,89	60,56
Média	76,10	62,87	62,12	70,53	69,13	68,69	69,70	68,45
Média geral	77,77	63,41	62,16	70,42	69,67	69,61	72,10	69,31

Estudando os níveis, verificou-se que, à medida que estes aumentaram no preparo das silagens, a proporção molar de ácido acético foi reduzida. Esta variação na proporção molar em face dos níveis de aplicação dos aditivos pode ser representada pela equação linear $y = 59,1001 - 0,2173 x$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,9764$. Esses resultados coincidem com as observações de Anison & Lewis (1966) de que dietas ricas em amido ou sacarose, ou seja, alimentos que fermentam rapidamente no rúmen, produzem menos ácido acético. Essa rápida fermentação provoca uma redução no pH, o que favorece a proliferação de microorganismos que produzem ácido propiônico (Balch & Rowland, 1957).

Quanto ao efeito do tempo, a proporção molar de ácido acético não teve tendência geral que permitisse sua descrição através das equações de regressão utilizadas para este estudo. Todas mostraram, quando significativas, R^2 abaixo de 0,6000 (no geral entre 0,1200 e 0,3000), levando-nos a descartá-las. Todavia, pode-se verificar, pela Tabela 4, que houve uma tendência de a proporção molar de ácido acético

ser maior no horário 0 (zero); reduzida aos menores valores nos horários de uma e três horas, e, novamente, maior nos horários de 6, 9, 12 e 24 horas após a alimentação, sem, contudo, atingir aquelas proporções do tempo zero. Esses resultados podem não significar que houve menor produção de ácido no período de uma e três horas após alimentação, mas que tenha ocorrido maior produção de ácido butírico a partir desse ácido (Church, 1979).

As proporções molares de ácido acético, encontradas no presente estudo, estão na faixa de 62 a 78%, próximas às observadas por Faria (1982) com relação a rações de silagem de milho suplementada com uréia, e de silagem de alfafa mais milho moído.

Na Tabela 5, foram apresentadas as médias de proporção molar de ácido propiônico determinadas no fluido ruminal de ovinos alimentados com as silagens estudadas. Os resultados da análise estatística indicaram que houve somente diferenças significativas entre tempos ($P < 0,01$), ocorrendo ainda a interação entre tempo e níveis ($P < 0,05$). Os coeficientes de variação determinados na análise foram de 12,15 e 9,86%.

TABELA 5. Proporções molares de ácido propiônico (%) no fluido ruminal de ovinos alimentados com silagens de capim-elefante acrescidas de 0, 8, 16 e 24% de matéria seca de sacharina, farelo de trigo e rolão de milho e amostrados em sete horários diferentes.

Nível de aditivo	Horas após alimentação							Média
	0	1	3	6	9	12	24	
Sacharina								
0	15,15	22,70	23,79	14,57	23,01	18,68	18,31	19,46
8	13,91	24,14	25,01	20,98	21,07	20,05	17,86	20,43
16	17,00	23,60	23,99	18,01	17,07	20,74	18,15	19,79
24	16,17	26,47	25,65	19,98	18,13	20,55	19,84	20,97
Média	15,56	24,23	24,61	18,38	19,82	20,00	18,54	20,16
Farelo de trigo								
0	14,66	21,97	24,35	16,42	23,22	19,36	20,16	20,02
8	14,25	26,81	27,33	23,69	18,59	20,72	17,13	21,22
16	16,69	30,15	26,71	22,08	24,28	26,67	24,28	24,40
24	16,43	30,16	27,19	24,19	27,52	26,54	21,54	24,80
Média	15,51	27,27	26,39	21,59	23,40	23,32	20,78	22,61
Rolão de milho								
0	12,57	25,82	24,69	15,90	20,42	17,15	15,64	18,88
8	12,83	24,15	25,59	22,29	16,54	17,58	17,01	19,43
16	14,78	25,36	23,33	15,48	14,69	17,28	19,48	18,63
24	19,90	21,76	24,79	15,76	18,25	19,06	25,16	20,67
Média	15,02	24,27	24,60	17,36	17,47	17,77	19,32	19,40
Média geral	15,36	25,26	25,20	19,11	20,23	20,36	19,55	20,72

Esse resultado, ausência de efeito de níveis ($P > 0,05$), não está de acordo com as observações de Anison & Lewis (1966), que encontraram aumentos na proporção molar de ácido propiônico com a elevação de concentrado na dieta. Porém, concordam com as respostas de McCullough & Smart Junior (1970) e Faria (1982), que não determinaram aumentos na produção e proporção molar de ácido propiônico com o aumento dos níveis de concentrado na dieta.

Quanto ao efeito do tempo e amostragem ($P < 0,01$) e da interação tempo x níveis ($P < 0,05$), não foram observadas tendências definidas que pudessem ser descritas pelas equações utilizadas. Estas, quando significativas, apresentaram $R^2 < 0,3000$, o que sugere que as mesmas não explicavam as variações ocorridas de forma adequada.

As médias de proporção molar de ácido butírico no fluido ruminal de ovinos alimentados com as silagens estudadas acham-se na Tabela 6. Os resul-

tados da análise de variância mostraram que houve diferenças significativas entre aditivos ($P < 0,01$), níveis ($P < 0,01$) e tempo ($P < 0,01$). Foi constatada interação entre aditivos e níveis ($P < 0,01$). Os coeficientes de variação da análise foram de 10,07 e 15,46%.

O estudo do desdobramento "aditivos dentro de nível" mostrou que, nos níveis 0, 8 e 16% de aplicação dos aditivos, respectivamente, as proporções molares de ácido butírico das silagens preparadas com sacharina (3,91; 7,61 e 7,71%), farelo de trigo (6,60; 7,75 e 8,9%) ou rolão de milho (6,07; 9,36 e 9,89%) foram semelhantes ($P > 0,05$). Quanto ao nível de 24% de adição, as proporções molares de ácido butírico das silagens produzidas com rolão de milho (17,81%) foram maiores ($P < 0,01$) que as registradas em relação às silagens confeccionadas com sacharina (8,32%) ou farelo de trigo (8,96%), que se mostraram semelhantes quanto a essa característica. Esses resultados sugerem que a maior con-

TABELA 6. Proporções molares de ácido butírico (%) no fluido ruminal de ovinos alimentados com as silagens de capim-elefante acrescidas de 0, 8, 16 e 24% de matéria seca de sacharina, farelo de trigo e rolão de milho e amostrados em sete horários diferentes.

Nível de aditivo	Horas após alimentação							Média
	0	1	3	6	9	12	24	
	Sacharina							
0	3,05	3,70	4,91	3,20	4,97	3,92	3,65	3,91A
8	4,08	8,36	10,06	9,23	8,68	7,37	5,51	7,61A
16	6,17	8,91	11,14	7,21	6,51	7,65	6,36	7,71A
24	5,76	10,22	11,30	8,92	6,54	7,83	7,64	8,32B
Média	4,76	7,80	9,35	7,14	6,67	6,69	5,79	6,89
	Farelo de trigo							
0	3,40	9,15	10,63	7,38	3,88	6,77	4,96	6,60A
8	6,00	6,85	7,67	9,94	7,94	8,51	7,31	7,75A
16	4,58	12,02	13,45	9,83	8,78	7,76	5,92	8,91A
24	5,83	9,96	11,53	9,33	10,46	8,76	6,87	8,96B
Média	4,95	9,49	10,82	9,12	7,76	7,95	6,26	8,05
	Rolão de milho							
0	2,15	7,83	8,90	5,58	7,66	5,61	4,74	6,07A
8	7,01	8,59	9,88	11,05	9,06	10,41	9,54	9,36A
16	7,88	10,17	10,70	8,79	9,02	12,26	10,39	9,89A
24	14,14	17,87	19,92	16,69	21,20	20,21	14,62	17,81A
Média	7,79	11,11	12,35	10,53	11,73	12,12	9,82	10,78
Média geral	5,83	9,47	10,84	8,93	8,72	8,92	7,29	8,57

¹ Médias seguidas de letras distintas, na coluna e para cada nível, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

centração de ácido butírico no rúmen de ovinos alimentados com silagens com rolão de milho está relacionada com a maior porcentagem de amido adicionado à silagem através desse aditivo e por terem essas silagens apresentado os mais elevados consumos, ou seja, cerca de 24% mais do que o exigido para a ingestão de matéria seca (Orskov et al., 1968).

O desdobramento de níveis dentro de "aditivo" mostrou que as silagens apresentaram produções de ácido butírico diferenciadas em face dos níveis de aplicação. As variações nas proporções molares das silagens preparadas com sacharina, farelo de trigo ou rolão de milho podem ser descritas por equações lineares: $y = 12,5766 + 0,2008 x$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,7245$, $y = 14,9285 + 0,1141 x$, com $P < 0,05$ e $R^2 = 0,9059$ e $y = 13,7651 + 0,4150 x$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,8958$, respectivamente. Esse resultado está de acordo com os resultados obtidos por Bath & Rook (1963), El-Shazly (1952) e Church (1979). Também Faria (1982) obteve respostas semelhantes quando elevou o milho moído de 20 para

46% em rações à base de silagem de alfafa. Aguilera et al. (1978) determinaram, com relação a silagens exclusivas de capim-elefante, baixas concentrações de ácido butírico, o que concorda com esses resultados.

Estudando o efeito do tempo de amostragem sobre a proporção molar de ácido butírico, das silagens estudadas, pode-se verificar que a variação da mesma assume uma equação cúbica: $y = 15,1478 + 1,2442 x - 0,1414 x^2 + 0,0038 x^3$, com $P < 0,01$ e $R^2 = 0,4997$. Essa equação explica apenas 50% da variação, pois esse resultado pode ter sido causado pelo grande intervalo verificado no tempo de alimentação dos ovinos, alguns com hábito noturno. Isto, se resolveria, provavelmente, aplicando-se aos animais um jejum prévio, o que propiciaria uniformidade no tempo de alimentação. Esses resultados estão de acordo com as respostas obtidas no tocante à proporção molar de ácido acético, pois a produção e proporção de ácido acético e butírico são elevadas

pelos mesmos fatores (McCullough & Smart Junior, 1970; Faria, 1982).

CONCLUSÕES

1. Em todos os tipos e níveis de aditivos empregados no preparo das silagens, registram-se valores altos de ácidos graxos voláteis totais, com predominância do ácido acético.

2. As silagens preparadas com rolão de milho mostram produções de amônia, no fluido ruminal, abaixo dos níveis recomendados para máxima síntese de proteína microbiana, enquanto as preparadas com sacharina ou farelo de trigo apresentam boa disponibilidade de N amoniacal.

3. A elevação do nível de aditivos promove queda no pH, acréscimo na proporção do ácido butírico, e decréscimo de ácido acético, principalmente no que respeita aos aditivos farelo de trigo ou rolão de milho, o que confirma a atividade metabólica dinâmica e cíclica do rúmen.

REFERÊNCIAS

- AGUILERA, G.R.; GUTIERREZ, A.; ROSARIO, E. Influencia de una dieta a base de ensilaje de hierba elefante napier (*Pennisetum purpureum* Schumach) sobre algunos parámetros ruminales en terneros F1 (Holstein x Cebú). *Pastos y Forrages*, Matanzas, Cuba, v.1, n.1, p.163-178, 1978.
- ANNISON, E.F.; LEWIS, D. *El metabolismo en el rumen*. México, Mex: Union Tipografica Editorial Hispano Americana, 1966. 200p.
- BALCH, D.A.; ROWLAND, S.J. Volatile fatty acids and lactic acid in the rumen of dairy cows receiving a variety of diets. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, v.11, n.3, p. 288-298, 1957.
- BATH, I.H.; ROOK, J.A.F. The evaluation of cattle foods and diets in terms of the ruminal concentration of volatile fatty acids. I. The effects of level of intake, frequency of feeding, the ratio of hay to concentrates in the diet, and supplementary feeds. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.61, n.3, p.341-348, 1963.
- CHENG, K.J.; HIRONAKA, R. Influence of feed particle size on pH, carbohydrate content and viscosity of rumen fluid. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v.53, n.3, p.412-422, 1973.
- CHURCH, D.C. *Digestive physiology and nutrition of ruminants: Digestive physiology*. 3.ed. Oxford Press, 1979. v.1, 350p.
- DAVIS, G.V.; STALLCUP, O.T. Effect of soybean meal, raw soybeans, corn gluten feed, and urea on the concentration of rumen fluid components at intervals after feeding. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.50, n.10, p.1638-1644, 1967.
- EL-SHAZLY, K. Degradation of protein in the rumen of the sheep. 1. Some volatils fatty acids, including branched-chain isomers, found in vivo. *Biochemical Journal*, Cambridge, v.51, n.5, p. 640-653, 1952.
- ERWIN, E.S.; MARCO, G.J.; EMERY, E.M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.44, n.9, p.1768-1771, 1961.
- FARIA, V.P. *Efeito de níveis de energia e de proteína sobre a fermentação no rúmen, a digestibilidade de princípios nutritivos e o desaparecimento de matéria seca de forragem na fermentação "in vitro" e em sacos suspensos no rúmen*. Piracicaba: ESALQ, 1982. 137p. Tese de Livre Docência.
- FOLDAGER, J. *Protein requirement and nonprotein nitrogen for high producing cows in early lactation*. East Lansing: Michigan State Univ., 1977. 127p. Ph.D. Thesis.
- GRIFFITHS, T.W.; BATH, I.H. Effects of energy and nitrogen supplementation of silage diets on rumen fermentation in fistulated heifers. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.80, n.1, p.89-95, 1973.
- JARRIGE, R. *Principes de la nutrition et de l'alimentation des ruminants*. Versailles: Institute National de la Recherche Agronomique, 1978. 283p.
- KOLB, E. *Fisiologia veterinária*. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1984. 612p.
- KULASEK, G.A. A micromethod for determination of urea in plasma, whole blood and blood cells using urease and phenol reagent. *Polish Archiwun Weterynaryjne*, Warsaw, v.15, n.4, p.801-810, 1972.

- LAVEZZO, O.E.N.M.; MATTOS, W.R.S.; LAVEZZO, W.; FARIA, V.P. Efeito de duas fontes de proteína sobre os parâmetros de fermentação ruminal em bovinos alimentados com ração à base de silagem de sorgo. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.17, n.3, p.292-307, 1988.
- McCULLOUGH, M.E.; SMART JUNIOR, W.W.G. Rumen fermentation and in vivo and in vitro digestibility of all in one dairy rations. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.53, n.11, p.1560-1567, 1970.
- NOLAN, J.V.; NORTON, B.W.; LENG, R.A. Nitrogen cycling in sheep. **Proceedings of the Nutrition Society**, London, v.32, n.2, p.93-98, 1973.
- ORSKOV, E.R.; FLATT, W.P.; MOE, P.W. Fermentation balance approach to estimate extent of fermentation and efficiency of volatile fatty acid formation in ruminants. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.51, n.9, p.1429-1435, 1968.
- PANDE, M.B.; SHUKLA, P.C. Effect of feeding digestible crude protein levels and urea of rumen liquor nitrogen fractions and volatile fatty acids. **Indian Veterinary Journal**, Madras, v.58, n.11, p.894-900, 1981.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 4.ed. São Paulo: Nobel, 1970. 368p.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.32, n.2, p.199-208, 1974.
- SMITH, R.H. **Digestion and metabolism in the ruminants**. Armidale: New England Press, 1975. 400p.