

## DINÂMICA DA FERMENTAÇÃO RUMINAL EM OVINOS ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE COPRODUTOS DE CAJU (*Anacardium occidentale*)

MARCOS CLÁUDIO PINHEIRO ROGÉRIO,<sup>1</sup> IRAN BORGES,<sup>2</sup> NORBERTO MARIO RODRIGUEZ,<sup>3</sup> WARLEY ÉFREM CAMPOS,<sup>4</sup> VANDENBERG LIRA SILVA<sup>5</sup>, TALLITA DA PONTE RIBEIRO<sup>6</sup> E JOSÉ NEUMAN MIRANDA NEIVA<sup>7</sup>

1. Professor adjunto do curso de Zootecnia da Universidade Estadual Vale do Acaraú

2. Professor do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Área: Nutrição de Ruminantes

3. Professor do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais. Área: Nutrição de ruminantes

4. Técnico do Ministério da Agricultura

5. Estudante de Mestrado em Zootecnia da Universidade Estadual Vale do Acaraú

6. Mestre pela Universidade Estadual Vale do Acaraú

7. Professor adjunto do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins

### RESUMO

O presente estudo foi desenvolvido para avaliar a influência da inclusão de diferentes níveis do coproduto do processamento do caju (*Anacardium occidentale* L.) sobre a concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) em mg/100 mL, pH e concentrações molares de ácidos graxos voláteis (AGVs) do líquido ruminal, em ovinos recebendo dietas experimentais isofibrosas e isoproteicas. Distribuíram-se vinte ovinos machos, inteiros em quatro tratamentos de inclusão do coproduto de caju (zero %; 19%; 38%; 52%), segundo delineamento em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, em que as parcelas eram as dietas e as subparcelas os tempos de colheita (zero, duas, cinco, oito horas

pós-prandial) com cinco repetições. O pH manteve-se dentro dos padrões citados na literatura, mesmo diante de elevadas inclusões de coproduto de caju. Os tratamentos com zero % e 52% apresentaram as maiores concentrações de N-NH<sub>3</sub>. A proporção molar dos AGVs no líquido ruminal dos ovinos alimentados com rações com o coproduto de caju foi típica de dietas ricas em volumosos. A relação acetato:propionato não foi afetada pela inclusão do cederivado de caju. A inclusão do coproduto de caju em até 19 % na ração apresentou os melhores resultados no que diz respeito aos parâmetros analisados neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVES: Ácidos graxos voláteis, nitrogênio amoniacal, *Ovis aries*, pH, parâmetros ruminais, ruminantes.

### ABSTRACT

#### DYNAMICS OF THE RUMINAL FERMENTATION IN SHEEP FEEDING WITH RATION CONTAINING DIFFERENT LEVELS OF CASHEW BY-PRODUCTS (*Anacardium occidentale*)

The study aimed to evaluate the inclusion of cashew by-product (*Anacardium occidentale* L.) on the ammoniac nitrogen concentrations (N-NH<sub>3</sub>), pH and volatile fatty acids concentrations (VFA) of the ruminal fluid, in sheep that received diets containing the cited by-product. Twenty male, entire sheep had been distributed in four treatments with different levels of cashew by-product inclusion (zero; 19%; 38%; 52%) in a randomized block design, in a split-

plot project, having in the parcels the diets and the sub-parcels the times of collection (zero, two, five, eight hours after-feeding) with five replications. PH was remained inside of the normal standards cited by same literature in the raised cashew by-product inclusions. Diets with zero and 52% had gotten the biggest concentrations of N-NH<sub>3</sub>. The molar ratio of the AGV in the ruminal liquid in the diets with cashew by-product was typical of rich diets in voluminous. The

relation acetate: propionate was not affected by the inclusion of the cashew by-product. The inclusion of the cashew by-product in up to 19 % of the dietary total presented better

resulted in that it says respect to the parameters analyzed in this work.

KEY WORDS: Ammoniac nitrogen, *Ovis aries*, pH, parameters ruminant, ruminants, volatile fatty acids.

## INTRODUÇÃO

O uso de coprodutos agrícolas como fonte de alimentos alternativos pode minimizar os efeitos negativos da época seca com a alimentação dos animais nesses períodos. O pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.) desidratado representa uma alternativa de suplementação para animais em pastejo ou em confinamento. Segundo HOLANDA et al. (1996), a produção de pedúnculos chega a mais de um milhão de toneladas/ano e se concentra na estação seca do ano (julho a janeiro), período que se caracteriza pela menor disponibilidade de forragem na região, tanto quantitativa como qualitativamente.

Um importante obstáculo à utilização de coprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes em substituição a fontes de fibra forrageiras é o tamanho das partículas alimentares. A fibra, no caso dos coprodutos, que são geralmente mais finamente moídos, resulta na diminuição da atividade mastigatória, do fluxo salivar ao rúmen e, portanto, do efeito de tamponamento ruminal e da taxa de passagem. Como consequência, VAN SOEST (1994) destacou que a regulação do pH passa a depender do trânsito de ácidos graxos através da parede ruminal e da secreção de bases em seu interior.

Para contornar esse problema, muitas vezes recomenda-se corrigir a FDN do coproduto para a sua efetividade física (determinação laboratorial que utiliza peneiras com malha de 1,18 mm) ou mesmo extrapolando os níveis mínimos de consumo de FDN prescritos pelos sistemas tradicionais.

Segundo FOX et al. (2003), a FDN fisicamente efetiva é utilizada para a predição do pH ruminal, que, por sua vez, é utilizada para o ajuste da produção de proteína microbiana e digestão da parede celular. O conhecimento do pH ruminal em dietas que utilizem o coproduto de caju, o que é

fundamental para se evitar a redução de consumo de matéria seca, permite a adequada produção de proteína microbiana sem maiores perdas de nitrogênio nas excretas e a produção de ácidos graxos voláteis resultantes da fermentação de carboidratos.

Em se tratando da relação proteína:energia em dietas que contêm coproduto de caju, é importante, ainda, verificar as concentrações de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal e de ácidos graxos voláteis. Altas concentrações de ligninas e de taninos estão presentes no coproduto de caju, o que permite reduzir os aportes proteico e energético, necessários tanto à adequada fermentação ruminal quanto ao atendimento dos requisitos nutricionais dos ruminantes, além do obstáculo (tamanho da partícula) do coderivado de caju em substituição às fontes de fibra.

Com o presente trabalho, objetivou-se, portanto, avaliar em quatro tempos de colheita, previamente estabelecidos, a disponibilidade de nitrogênio amoniacal, pH e concentrações de ácidos graxos voláteis do líquido ruminal de ovinos em terminação os quais receberam dieta composta de feno de capim-elefante, milho, farelo de soja e níveis crescentes do coderivado de caju.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Forragicultura da Universidade Federal do Ceará em Fortaleza, CE. Utilizaram-se vinte cordeiros machos e inteiros com seis meses de idade e peso vivo médio de 24 kg não fistulados no rúmen. Os tratamentos consistiram de coproduto agroindustrial de caju composto basicamente de bagaço do pseudofruto após a extração do suco, seco ao sol e picado grosseiramente, em níveis crescentes (zero %, 19%, 38% e 52 %), em relação a rações compostas de feno de capim-elefante, milho e farelo de soja. O nível máximo foi determinado pelo

ajuste das rações em função da substituição total do feno de capim-elefante pelo coproduto de caju e, ao mesmo tempo, para atender aos requisitos de proteína bruta (14,7%) e de NDT (72%) prescritos pelo NRC (1985) para cordeiros em terminação (quatro a sete meses de idade) com peso vivo de 30 kg e ganho de peso de 295 g/dia.

Os ovinos utilizados foram pesados no início do experimento e alojados em gaiolas metabólicas. O período de adaptação dos animais às dietas e às gaiolas foi de dezessete dias, logo, ao final desse, em um dia realizou-se a colheita de líquido ruminal por meio de sonda esofágica para as mensurações de N-NH<sub>3</sub>, ácidos graxos voláteis e pH ruminais em quatro tempos preestabelecidos (zero hora ou antes do fornecimento da dieta, duas horas, cinco horas e oito horas pós-prandial).

As rações foram fornecidas às 7 horas em uma única vez. Água e sal mineralizado eram disponibilizados à vontade. Mediu-se o pH em potenciômetro imediatamente após a colheita. As amostras com aproximadamente 50 mL de líquido ruminal foram acidificadas com 1 mL de ácido sulfúrico 1:1 e guardadas a -5° C para futuras análises de N-NH<sub>3</sub>. Em uma alíquota de 4 mL de líquido ruminal foi adicionado 1 mL de ácido metafosfórico a 25% para serem analisados os teores dos ácidos graxos voláteis. Realizaram-se as análises de N-NH<sub>3</sub> e AGVs nas dependências do Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG.

Determinou-se o nitrogênio amoniacal no líquido ruminal por destilação com óxido de magnésio, usando-se ácido bórico com indicador misto de cor como solução receptora (vermelho de metila + verde de bromocresol) e titulando-se com HCl 0,01N. Procedeu-se à quantificação dos ácidos graxos voláteis usando-se um cromatógrafo de fase gasosa SHIMADZU®, modelo GC-17A, dotado de coluna capilar metil-silicone (CBP1 m25-025).

Analísaram-se os resultados para cada tratamento experimental mediante um modelo em um delineamento em blocos ao acaso, esquema de parcelas subdivididas, em que as parcelas eram as dietas e as subparcelas os tempos de colheita (zero, duas, cinco, oito horas pós-prandial) com cinco

repetições. As médias foram comparadas pelo teste SNK (P<0,05) empregando-se o software SAEG, versão 8.0 (RIBEIRO JR., 2001).

Na análise estatística dos valores da concentração de ácido butírico (milimoles/ 100 mL de líquido ruminal), da relação acetato: propionato e da proporção molar de ácido butírico em relação à quantidade total de ácidos graxos voláteis, efetuou-se a transformação para arcoseno (ARSEN (RAIZ (VAR/100)). De acordo com SAMPAIO (2002), grupos experimentais que revelam variâncias diversificadas, dependendo das respostas médias e apresentando distribuições aparentemente normais, demandam transformação. Entretanto, para melhor visualização das respostas e facilitar comparações com literatura, os dados apresentados nas Tabela 4 e 5 referem-se aos valores obtidos experimentalmente (não transformados), considerando-se apenas o grau de significância dos testes de média.

A análise de regressão foi realizada por meio do software SAEG (RIBEIRO JÚNIOR, 2001), para permitir a estimativa dos parâmetros analisados para cada nível de coproduto de caju testado em função dos tempos de colheita. Testaram-se diferentes modelos, a partir do procedimento Modelos Pré-definidos, para escolha daquele que apresentasse maior significância e maiores coeficientes de determinação. Também foi considerado aquele modelo matemático que melhor adequacidade apresentou para o tipo de resposta biológica estudada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos níveis de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) encontram-se na Tabela 1. A interação tempos de colheita *versus* dieta experimentais foi significativa (P>0,05). Entre os horários de colheita no tratamento-controle, o valor do tempo dois foi superior aos encontrados para o tempo zero e para o tempo oito, mas foi semelhante ao valor encontrado para a 5ª hora pós-prandial e este com os demais. Nos tratamentos contendo 19% e 38% de inclusão do coproduto de caju não houve diferenças entre os tempos de colheita. No maior nível de inclusão (52%), os picos de produção de

nitrogênio amoniacal foram bem evidentes na 2<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> hora pós-prandial. As concentrações de N-NH<sub>3</sub> reveladas pelos tratamentos experimentais estiveram, todavia, sempre aquém dos níveis conside-

rados ótimos (23,5 mg/100 mL) por MEHREZ et al. (1977), para que se obtivessem condições de se atingir a máxima fermentação microbiana em ruminantes em produção.

**TABELA 1.** Concentração de nitrogênio amoniacal (mg/ 100 mL) no líquido ruminal de ovinos consumindo dietas com distintas quantidades de coproduto de caju<sup>1</sup> em vários horários pós-prandial

Horário (h) <sup>2</sup>	Dietas				Médias
	0 % <sup>3</sup>	19 % <sup>3</sup>	38 % <sup>3</sup>	52 % <sup>3</sup>	
0	8,81 <sup>Ba</sup>	4,84 <sup>Aa</sup>	2,61 <sup>Aa</sup>	9,68 <sup>Ba</sup>	6,48 <sup>B</sup>
2	18,49 <sup>Aa</sup>	10,80 <sup>Abc</sup>	7,07 <sup>Ac</sup>	15,51 <sup>Aab</sup>	12,97 <sup>A</sup>
5	13,15 <sup>ABab</sup>	9,68 <sup>Ab</sup>	7,32 <sup>Ab</sup>	17,25 <sup>Aa</sup>	11,85 <sup>A</sup>
8	6,83 <sup>Ba</sup>	5,46 <sup>Aa</sup>	3,47 <sup>Aa</sup>	9,43 <sup>Ba</sup>	6,30 <sup>B</sup>
Médias	11,82 <sup>a</sup>	7,69 <sup>b</sup>	5,12 <sup>b</sup>	12,97 <sup>a</sup>	-

<sup>1</sup> Percentagem de inclusão do coproduto de caju nas dietas.

<sup>2</sup> Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam semelhança estatística a 5% (SNK).

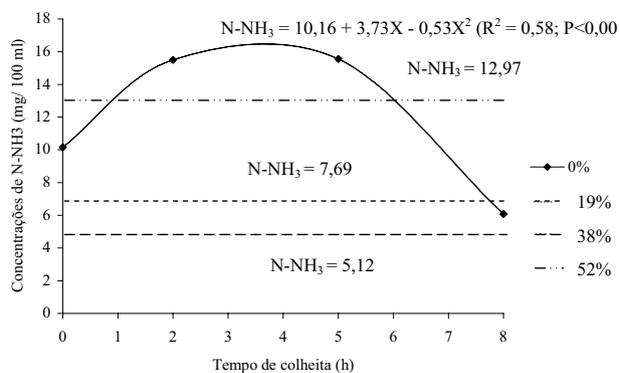
<sup>3</sup> Letras minúsculas iguais na mesma linha indicam semelhança estatística a 5% (SNK).

CV = 48,63%

A ausência do coproduto de caju no tratamento 0% teria propiciado maior digestibilidade da proteína bruta dietética para este tratamento em relação aos demais. A provável causa para isso é a existência de compostos fenólicos (lignina e taninos) no coproduto de suco de caju que limitam o potencial máximo de degradação da parede celular (ROGÉRIO, 2005). De acordo com VAN SOEST (1994), os taninos inibem a ação de proteases no líquido ruminal. Já para o tratamento que incluiu o coproduto de caju em 52%, a explicação mais provável estaria na alta inclusão de taninos e ligninas. VAN SOEST (1994) destacou a baixa tolerância à ingestão de taninos em ruminantes. WALLACE & COTTA (1988) comentaram que a ureia endógena é significativamente importante na reciclagem de nitrogênio quando a ingestão de proteína é baixa, porque promove o aumento do fluxo de nitrogênio no rúmen, particularmente em ineficientes retenções de nitrogênio.

Pela análise de regressão, consideraram-se as concentrações de nitrogênio amoniacal em função do tempo de colheita, representada na Figura 1, permitindo melhor visualização das concentrações previstas por essa equação, em que: N-NH<sub>3</sub> = concentração de nitrogênio amoniacal em mg /

100 mL de líquido ruminal e X = tempo de colheita do líquido ruminal (horas)



**FIGURA 1.** Concentração de nitrogênio amoniacal em função do tempo de colheita do líquido ruminal.

A Figura 1 destaca principalmente o tempo de duas horas após a administração alimentar como o que apresentou maior concentração de nitrogênio amoniacal, fato já discutido quando realizada a análise da Tabela 1. Os resultados de medições de pH encontram-se na Tabela 2.

**TABELA 2.** Valores de pH do líquido ruminal de ovinos consumindo dietas com distintas quantidades de coproduto de caju<sup>1</sup> em vários horários pós-prandial

Horário (h) <sup>2</sup>	Dietas				Médias
	0 % <sup>3</sup>	19 % <sup>3</sup>	38 % <sup>3</sup>	52 % <sup>3</sup>	
0	6,70 <sup>Aa</sup>	6,74 <sup>Aa</sup>	6,62 <sup>Aa</sup>	6,85 <sup>Aa</sup>	6,73 <sup>A</sup>
2	6,34 <sup>Bab</sup>	6,51 <sup>Bab</sup>	6,35 <sup>Bb</sup>	6,61 <sup>Ba</sup>	6,45 <sup>B</sup>
5	6,23 <sup>Bb</sup>	6,34 <sup>Bb</sup>	6,32 <sup>Bb</sup>	6,58 <sup>Ba</sup>	6,37 <sup>B</sup>
8	6,32 <sup>Ba</sup>	6,39 <sup>Ba</sup>	6,37 <sup>Ba</sup>	6,46 <sup>Ba</sup>	6,38 <sup>B</sup>
Médias	6,40 <sup>b</sup>	6,50 <sup>b</sup>	6,41 <sup>b</sup>	6,62 <sup>a</sup>	-

<sup>1</sup> Percentagem de inclusão do coproduto de caju nas dietas.

<sup>2</sup> Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam semelhança estatística a 5% (SNK).

<sup>3</sup> Letras minúsculas iguais na mesma linha indicam semelhança estatística a 5% (SNK).

CV = 2,57%

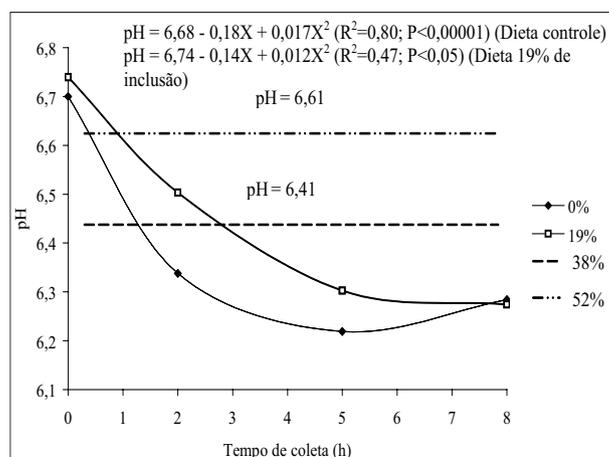
A interação tempo de colheita do líquido ruminal *versus* dietas experimentais não foi significativa ( $P > 0,05$ ) para os valores de pH do líquido ruminal. A alimentação promoveu a queda das concentrações de pH do líquido ruminal. O tratamento 52% apresentou valor de pH mais elevado. Os demais tratamentos apresentaram valores menores ( $P < 0,05$ ) e semelhantes estatisticamente ( $P > 0,05$ ). Os valores médios, entretanto, mantiveram-se dentro do recomendado por HOBSON & STEWART (1997), ou seja, entre seis e sete, para permitir a presença de todos os componentes da biomassa microbiana do rúmen, sejam bactérias, principalmente as celulolíticas, protozoários ou fungos, e por LINDBERG (1985), ou seja, entre seis e oito, compatível com a ação das enzimas desses microrganismos. A este respeito, VAN HOUTERT (1993) ponderou que baixa ingestão de alimentos como evidenciado no tratamento 52% de inclusão do coproduto de caju (ROGÉRIO, 2005) é comum o pH se situar em torno de 6,5 e sete.

Um dos principais obstáculos à inclusão de coprodutos agroindustriais como os de frutas em substituição a fontes de fibras forrageiras é a diminuição da efetividade física da fibra dietética, particularmente como resultado da diminuição da atividade mastigatória e da secreção salivar. Como consequência, VAN SOEST (1994) destacou que a regulação do pH passa a depender do trânsito de ácidos graxos através da parede ruminal e da secreção de bases em seu interior. A ureia, segundo

esse autor, pode ser rapidamente hidrolisada a bicarbonato de amônia, suportando sua utilização.

Conforme os tratamentos experimentais, podem ser destacadas as seguintes equações, representadas na Figura 2, em que pH = valores de pH em escala de zero a 14 e X = tempo de colheita do líquido ruminal (horas).

O gráfico demonstra a queda do pH do líquido ruminal a partir das duas horas após a administração das dietas experimentais como comentado anteriormente, tanto no tratamento 0% quanto no tratamento 19% de inclusão do coproduto de caju.

**FIGURA 2.** Potencial hidrogeniônico (pH) do líquido ruminal em função do tempo de colheita em horas.

As concentrações dos ácidos acético, propiônico e butírico estão apresentadas na Tabela 3.

Não foram quantificados os demais ácidos graxos de cadeia curta normalmente presentes no líquido ruminal (isobutírico, 2-metil-butírico, valérico, isovalérico, caproico).

**TABELA 3.** Concentração de acetato, propionato e butirato (milimoles/ 100 mL) no líquido ruminal de ovinos consumindo dietas com distintas quantidades de coproduto de caju<sup>1</sup> em vários horários pós-prandial

Hora(h) <sup>2</sup>	Acetato <sup>3</sup>					Propionato <sup>3</sup>					Butirato <sup>3</sup>				
	0 % <sup>3</sup>	19 % <sup>3</sup>	38 % <sup>3</sup>	52 % <sup>3</sup>	Médias	0 % <sup>3</sup>	19 % <sup>3</sup>	38 % <sup>3</sup>	52 % <sup>3</sup>	Médias	0 % <sup>3</sup>	19 % <sup>3</sup>	38 % <sup>3</sup>	52 % <sup>3</sup>	Médias
0	4,08 <sup>Ca</sup>	4,57 <sup>Aa</sup>	3,72 <sup>Aa</sup>	2,87 <sup>Aa</sup>	3,81 <sup>C</sup>	1,38 <sup>Ca</sup>	1,05 <sup>Ba</sup>	1,06 <sup>Ba</sup>	0,66 <sup>Ba</sup>	1,04 <sup>C</sup>	0,43 <sup>Aa</sup>	0,28 <sup>Aa</sup>	0,24 <sup>Ba</sup>	0,24 <sup>Aa</sup>	0,30 <sup>B</sup>
2	5,20 <sup>Ca</sup>	5,16 <sup>Aa</sup>	5,70 <sup>Aa</sup>	4,43 <sup>Aa</sup>	5,12 <sup>BC</sup>	1,88 <sup>BCa</sup>	1,63 <sup>Ba</sup>	1,48 <sup>ABa</sup>	1,40 <sup>ABa</sup>	1,60 <sup>B</sup>	0,46 <sup>Aa</sup>	0,39 <sup>Aa</sup>	0,53 <sup>ABa</sup>	0,38 <sup>Aa</sup>	0,44 <sup>AB</sup>
5	12,03 <sup>Aa</sup>	6,75 <sup>Ab</sup>	7,29 <sup>Ab</sup>	4,63 <sup>Ab</sup>	7,68 <sup>A</sup>	3,37 <sup>Aa</sup>	2,49 <sup>Ab</sup>	2,31 <sup>Ab</sup>	1,60 <sup>ABb</sup>	2,44 <sup>A</sup>	0,69 <sup>Aa</sup>	0,47 <sup>Aa</sup>	0,65 <sup>Aa</sup>	0,38 <sup>Aa</sup>	0,55 <sup>A</sup>
8	8,50 <sup>Ba</sup>	7,38 <sup>Aa</sup>	5,10 <sup>Aa</sup>	4,51 <sup>Aa</sup>	6,37 <sup>AB</sup>	2,46 <sup>Ba</sup>	2,64 <sup>Aa</sup>	2,32 <sup>Aa</sup>	1,90 <sup>Aa</sup>	2,33 <sup>A</sup>	0,50 <sup>Aa</sup>	0,61 <sup>Aa</sup>	0,56 <sup>Aa</sup>	0,41 <sup>Aa</sup>	0,52 <sup>A</sup>
Médias	7,46 <sup>a</sup>	5,96 <sup>ab</sup>	5,45 <sup>b</sup>	4,11 <sup>b</sup>	-	2,27 <sup>a</sup>	1,95 <sup>a</sup>	1,79 <sup>ab</sup>	1,39 <sup>b</sup>	-	0,52 <sup>a</sup>	0,44 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	-

<sup>1</sup> Percentagem de inclusão do coproduto de caju nas dietas. CV Acetato = 44,9%; CV Propionato = 34,7%; CV Butirato = 31,7%.

<sup>2</sup> Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam semelhança estatística a 5% (SNK).

<sup>3</sup> Letras minúsculas iguais na mesma linha, para mesmo parâmetro, indicam semelhança estatística a 5% (SNK).

As interações tempo de colheita do líquido ruminal *versus* dietas experimentais para o acetato, propionato e butirato (milimoles/ 100 mL) não foram significativas estatisticamente ( $P > 0,05$ ). Analisando os dados da Tabela 3, percebe-se que apenas houve aumento significativo das concentrações de acetato e propionato a partir da quinta hora pós-prandial. Entre os tratamentos, a concentração de ácido acético foi maior na dieta-controle em relação às dietas que incluíram o coproduto de caju em 38% e 52%. Todos foram semelhantes à dieta que incluiu o coproduto em 19% do total dietético. Para o propionato, os tratamentos 0% e 19% apresentaram maiores concentrações do que o tratamento 52% e todos foram semelhantes ao tratamento 38%. Para o butirato, não houve diferenças significativas entre os tratamentos experimentais. Entre os tempos de colheita, foi obtida maior concentração de ácido butírico nos tempos cinco e oito horas pós-prandial.

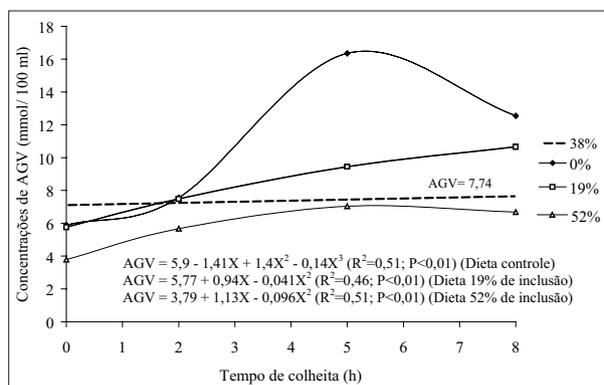
Os valores médios de acetato, propionato e butirato a partir da segunda hora após o fornecimento alimentar nos tratamentos que incluíram coproduto de caju foram, respectivamente, 5,66; 1,97; 0,49 milimoles/100 mL de líquido ruminal, bastante semelhantes aos encontrados por ROGÉRIO (2005) para o coproduto de acerola, a saber, 5,07; 2,00; 0,46 milimoles/100 mL de líquido ruminal para acetato, propionato e butirato, res-

pectivamente. Já as concentrações desses ácidos, evidenciadas pelo mesmo autor, nas dietas que incluíram o coproduto de abacaxi, foram ligeiramente superiores: 5,98; 2,94 e 0,41 milimoles/100 mL de líquido ruminal para acetato, propionato e butirato, respectivamente. Provavelmente as altas proporções de ligninas existentes nos coprodutos de acerola e de caju indisponibilizaram mais os carboidratos aos microrganismos ruminais quando comparado ao coproduto de abacaxi, o que pode ter resultado na queda de produção de AGV totais.

Confrontando os valores médios apresentados no parágrafo anterior, constata-se que na dieta-controle obtiveram-se, para a mesma condição, valores de 8,58 e 2,57 milimoles/100 mL de líquido ruminal para acetato e propionato. Isso significa dizer que, a inclusão dos coprodutos, representou decréscimos da ordem de 35% e 23% na produção dos respectivos ácidos.

HUNGATE (1966) comentou que, quando existe predominância de substratos ricos em carboidratos estruturais, a tendência é de não ocorrerem diferenças nas concentrações de propionato. Segundo esse autor, a microflora do rúmen pode direcionar a produção de AGV no sentido do acetato. Conforme ANNISON et al. (1963), o único ácido graxo volátil que faz real contribuição para a síntese de glicose no ruminante é o propionato,

sendo este o seu precursor quantitativamente mais importante.



**FIGURA 3.** Concentração de ácidos graxos voláteis em função do tempo de colheita do líquido ruminal.

Maior significância estatística e maiores coeficientes de determinação foram encontrados quando se relacionaram as concentrações de ácidos graxos voláteis e os tempos de colheita do líquido ruminal dentro de cada um dos tratamentos experimentais. Na Figura 3, é demonstrado o

comportamento das equações encontradas para a dieta-controle, com 19% e 52% de inclusão de coproduto de caju, em que: AGV = concentração de ácidos graxos voláteis em milimoles / 100 mL de líquido ruminal e X = tempo de colheita do líquido ruminal (horas).

Todas as equações apresentaram efeito ascendente até a quinta hora pós-prandial (Figura 3), denotando que as dietas experimentais levaram ao efetivo incremento na produção de AGV totais particularmente estimulados pela produção de ácido acético, como será discutido mais adiante.

A análise da Figura 3 sugere a maior concentração total de AGV totais para o tratamento que não incluiu o coproduto de caju em relação aos tratamentos 19% e 52% de inclusão deste coproduto, particularmente após as duas horas do fornecimento das dietas experimentais.

Na Tabela 4, são apresentadas as concentrações dos AGV totais (somatório dos ácidos acético, propiônico e butírico) e a relação acetato:propionato no líquido ruminal de ovinos consumindo dietas com coproduto de caju em níveis crescentes de inclusão.

**TABELA 4.** Concentração total de ácidos graxos voláteis (milimoles/ 100 mL) e relação de acetato:propionato (Acet./Prop.) no líquido ruminal de ovinos consumindo dietas contendo distintas quantidades de coproduto de caju<sup>1</sup> em vários horários pós-prandial

HORA(h) <sup>1</sup>	AGV totais <sup>2</sup>					Acet./Prop. <sup>2</sup>				
	0 % <sup>3</sup>	19 % <sup>3</sup>	38 % <sup>3</sup>	52 % <sup>3</sup>	Médias	0 % <sup>3</sup>	19 % <sup>3</sup>	38 % <sup>3</sup>	52 % <sup>3</sup>	Médias
0	5,90 <sup>Ca</sup>	5,90 <sup>Aa</sup>	5,02 <sup>Ba</sup>	3,77 <sup>Aa</sup>	5,15 <sup>C</sup>	2,96 <sup>Aa</sup>	5,28 <sup>Aa</sup>	4,67 <sup>Aa</sup>	5,18 <sup>Aa</sup>	4,52 <sup>A</sup>
2	7,54 <sup>Ca</sup>	7,18 <sup>Aa</sup>	7,70 <sup>ABa</sup>	6,21 <sup>Aa</sup>	7,16 <sup>B</sup>	2,76 <sup>Aa</sup>	3,24 <sup>Aa</sup>	4,93 <sup>Aa</sup>	3,19 <sup>ABa</sup>	3,53 <sup>AB</sup>
5	16,09 <sup>Aa</sup>	9,71 <sup>Ab</sup>	10,25 <sup>Ab</sup>	6,61 <sup>Ab</sup>	10,67 <sup>A</sup>	3,83 <sup>Aa</sup>	2,75 <sup>Aa</sup>	3,08 <sup>ABa</sup>	2,99 <sup>ABa</sup>	3,16 <sup>B</sup>
8	11,46 <sup>Ba</sup>	10,63 <sup>Aa</sup>	7,97 <sup>ABa</sup>	6,83 <sup>Aa</sup>	9,22 <sup>A</sup>	3,46 <sup>Aa</sup>	2,78 <sup>Aa</sup>	2,21 <sup>Ba</sup>	2,41 <sup>Ba</sup>	2,72 <sup>B</sup>
Médias	10,25 <sup>a</sup>	8,36 <sup>ab</sup>	7,74 <sup>bc</sup>	5,86 <sup>c</sup>	-	3,25 <sup>a</sup>	3,51 <sup>a</sup>	3,72 <sup>a</sup>	3,44 <sup>a</sup>	-

<sup>1</sup> Percentagem de inclusão do coproduto de caju nas dietas. CV AGV totais = 38,14%; CV Acet./Prop.= 21,51%.

<sup>2</sup> Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam semelhança estatística a 5% (SNK).

<sup>3</sup> Letras minúsculas iguais na mesma linha, para mesmo parâmetro, indicam semelhança estatística a 5% (SNK).

A interação tempo de colheita do líquido ruminal *versus* dietas experimentais para as concentrações de AGV totais (milimoles/ 100 mL) não se mostrou significativa estatisticamente (P>0,05). As maiores concentrações foram encontradas às cinco e oito horas pós-prandial (Tabela 4). A

dieta-controle apresentou maior produção de AGV totais do que as dietas com 38% e 52% de coproduto. A dieta com 19% de coproduto apresentou maior concentração do que a dieta com 52% e foi semelhante estatisticamente às dietas-controle e com 38% de coproduto. FRANCE & SIDDON

(1993) atribuíram ao acetato grande importância no comportamento das concentrações dos AGV totais quando as dietas forem ricas em volumosos, pois em tais condições esse ácido terá sempre alta participação na fração dos AGV.

A interação tempos de colheita *versus* dietas experimentais não foi significativa para a relação acetato:propionato ( $P>0,05$ ). Não se verificaram diferenças significativas para esse parâmetro entre os tratamentos experimentais. A relação acetato:propionato diminuiu na quinta e oitava hora pós-prandial em relação ao jejum (Tabela 4).

De acordo com ROGÉRIO (2005), para o coproduto de acerola, por exemplo, foi verificada

a produção total de ácidos graxos voláteis de 7,53 milimoles/100 mL de líquido ruminal, seguida de 8,12 milimoles/100 mL de líquido ruminal para o coproduto de caju (10,25, 8,36, 7,74 e 5,86 para as dietas com zero%, 19%, 38% e 52% de inclusão de coproduto de caju) e 9,33 milimoles/100 mL de líquido ruminal para o coproduto de abacaxi (ROGÉRIO, 2005), nos tratamentos que incluíram os coprodutos em tempos de colheita de duas, cinco e oito horas após o fornecimento alimentar.

Na Tabela 5 são apresentadas as proporções molares do acetato, propionato e butirato no líquido ruminal de ovinos consumindo dietas contendo coproduto de caju em níveis crescentes de inclusão.

**TABELA 5.** Proporção molar do acetato, propionato e butirato no líquido ruminal de ovinos consumindo dietas contendo distintas quantidades de coproduto de caju<sup>1</sup> em vários horários pós-prandial

Hora (h) <sup>2</sup>	Acetato <sup>3</sup>					Propionato <sup>3</sup>					Butirato <sup>3</sup>				
	0 % <sup>3</sup>	19 % <sup>3</sup>	38 % <sup>3</sup>	52 % <sup>3</sup>	Médias	0 % <sup>3</sup>	19 % <sup>3</sup>	38 % <sup>3</sup>	52 % <sup>3</sup>	Médias	0 % <sup>3</sup>	19 % <sup>3</sup>	38 % <sup>3</sup>	52 % <sup>3</sup>	Médias
0	69,01 <sup>Ab</sup>	77,59 <sup>Ab</sup>	76,72 <sup>Ab</sup>	75,80 <sup>Aa</sup>	74,78 <sup>A</sup>	23,46 <sup>Aa</sup>	17,77 <sup>Aa</sup>	19,58 <sup>Ba</sup>	17,00 <sup>Ba</sup>	19,45 <sup>B</sup>	7,53 <sup>Aa</sup>	4,64 <sup>Aab</sup>	3,70 <sup>Ab</sup>	7,21 <sup>Aa</sup>	5,77 <sup>A</sup>
2	68,49 <sup>Aa</sup>	71,74 <sup>Aa</sup>	75,20 <sup>Aa</sup>	70,22 <sup>Aa</sup>	71,41 <sup>AB</sup>	25,08 <sup>Aa</sup>	22,73 <sup>Aa</sup>	19,32 <sup>Ba</sup>	23,31 <sup>ABa</sup>	22,61 <sup>AB</sup>	6,44 <sup>Aa</sup>	5,54 <sup>Aa</sup>	5,48 <sup>Aa</sup>	6,48 <sup>Aa</sup>	5,98 <sup>A</sup>
5	73,82 <sup>Aa</sup>	69,46 <sup>Aa</sup>	68,72 <sup>Ab</sup>	69,74 <sup>Aa</sup>	70,43 <sup>AB</sup>	21,23 <sup>Aa</sup>	25,53 <sup>Aa</sup>	24,62 <sup>ABa</sup>	24,32 <sup>ABa</sup>	23,92 <sup>A</sup>	4,95 <sup>Aa</sup>	5,01 <sup>Aa</sup>	6,66 <sup>Aa</sup>	5,94 <sup>Aa</sup>	5,64 <sup>A</sup>
8	71,21 <sup>Aa</sup>	68,55 <sup>Aa</sup>	63,93 <sup>Ba</sup>	66,11 <sup>Aa</sup>	67,45 <sup>B</sup>	23,76 <sup>Aa</sup>	25,77 <sup>Aa</sup>	29,06 <sup>Aa</sup>	27,90 <sup>Aa</sup>	26,62 <sup>A</sup>	5,03 <sup>Aa</sup>	5,68 <sup>Aa</sup>	7,01 <sup>Aa</sup>	6,00 <sup>Aa</sup>	5,93 <sup>A</sup>
Médias	70,63 <sup>a</sup>	71,83 <sup>a</sup>	71,14 <sup>a</sup>	70,46 <sup>a</sup>	-	23,38 <sup>a</sup>	22,95 <sup>a</sup>	23,14 <sup>a</sup>	23,13 <sup>a</sup>	-	5,99 <sup>a</sup>	5,22 <sup>a</sup>	5,71 <sup>a</sup>	6,41 <sup>a</sup>	-

<sup>1</sup> Percentagem de inclusão do coproduto de caju nas dietas.

<sup>2</sup> Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam semelhança estatística a 5% (SNK).

<sup>3</sup> Letras minúsculas iguais na mesma linha, para mesmo parâmetro, indicam semelhança estatística a 5% (SNK).

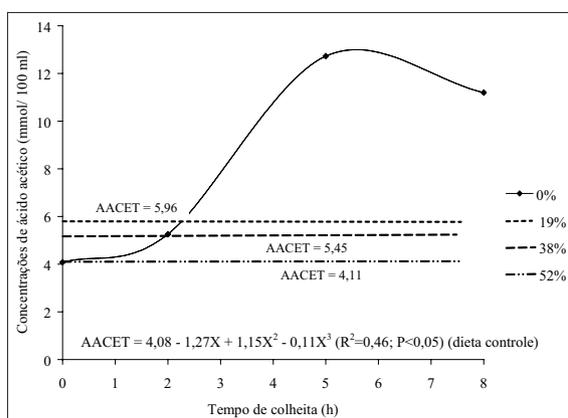
CV acetato = 10,01%; CV propionato = 23,09%; CV butirato = 30,07%.

A interação tempos de colheita do líquido ruminal *versus* dietas experimentais também não foi significativa para as proporções molares de ácidos graxos voláteis ( $P>0,05$ ). Analisando-se esses dados (Tabela 5), percebe-se que não houve diferenças entre os valores médios desses ácidos graxos entre os tratamentos ( $P>0,05$ ). Entre o jejum e a administração das dietas também não houve diferenças significativas para os valores de ácido butírico ( $P>0,05$ ). A partir da administração das dietas, as proporções de ácido acético após duas e cinco horas do fornecimento alimentar foram semelhantes ao tempo zero, mas também foram semelhantes à proporção encontrada no

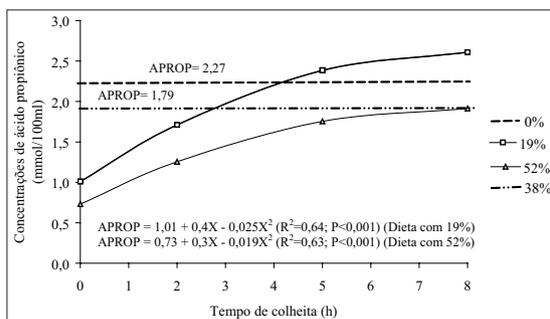
tempo oito, que foi inferior àquela obtida para o tempo zero. Em contrapartida, houve aumento das proporções molares de propionato na quinta e oitava horas após o fornecimento alimentar em relação ao tempo zero ( $P<0,05$ ).

SILVA & LEÃO (1979) citaram faixas de normalidade para as concentrações de ácidos graxos voláteis no rúmen. Para o ácido acético, níveis normais para ruminantes seriam de 54% a 74%. Para o ácido propiônico, de 16% a 27% e para o ácido butírico, de 6% a 15%. Observando os dados da Tabela 5, percebe-se que os valores médios de ácido acético ficaram entre 63,93 % (Tratamento 38% e Tempo de colheita oito) e

77,59% (Tratamento 38% e Tempo de colheita zero). Este último, entretanto, não foi significativamente diferente ( $P>0,05$ ) de 69,01% (Tratamento 0% e Tempo de colheita zero). Os valores médios de ácido propiônico ficaram entre 17,00% (Tratamento 52% e Tempo de colheita zero) e 29,06% (Tratamento 38% e Tempo de colheita oito). Este último também não foi significativamente diferente ( $P>0,05$ ) de 25,77% (Tratamento 19% e Tempo de colheita oito). A média dos valores de ácido butírico dos tratamentos para todos os tempos de colheita variou de 5,22% (Tratamento 19%) a 6,41% (Tratamento 52%) e não foram diferentes estatisticamente ( $P>0,05$ ).



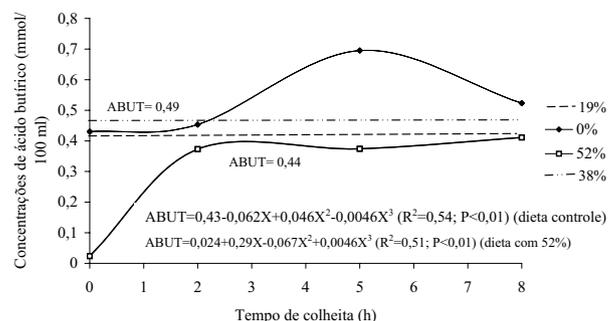
**FIGURA 4.** Concentração de ácido acético em função do tempo de colheita do líquido ruminal.



**FIGURA 5.** Concentração de ácido propiônico em função do tempo de colheita do líquido ruminal.

Para as concentrações dos ácidos acético, propiônico e butírico somente foi encontrada significância estatística ( $P<0,05$ ) e coeficientes de

determinação superiores a 45% quando foi feita a relação entre as concentrações desses ácidos e os tempos de colheita do líquido ruminal dentro dos tratamentos. Assim, para os ácidos acético, propiônico e butírico, encontraram-se as equações a seguir, representadas nas Figuras 4, 5 e 6, em que, AACET = concentração de ácido acético em milimoles / 100 mL de líquido ruminal e X = tempo de colheita do líquido ruminal (horas) e ABUT = concentração de ácido butírico em milimoles / 100 mL de líquido ruminal e X = tempo de colheita do líquido ruminal (horas); APROP = concentração de ácido propiônico em milimoles / 100 mL de líquido ruminal e X = tempo de colheita do líquido ruminal (horas).



**FIGURA 6.** Concentração de ácido butírico em função do tempo de colheita do líquido ruminal.

Conforme as equações, resolvendo  $dy/dx=0$ , encontraram-se para a dieta-controle as maiores produções dos ácidos acético e butírico em torno das seis horas pós-prandial. No tratamento 19%, a produção de ácido propiônico foi maior às oito horas pós-prandial e no tratamento 52% a maior produção de ácido butírico ocorreu entre 7,9 e 9,42 horas pós-prandial.

## CONCLUSÕES

A inclusão do coproduto de caju promoveu a redução dos níveis de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal e não representou riscos para diminuições acentuadas do pH ruminal, mesmo

incluído em altas concentrações (52% do total). A proporção molar dos AGVs no líquido ruminal nas dietas com coproduto de caju foi típica de dietas ricas em volumosos. A relação acetato:propionato não foi afetada pela inclusão do coproduto de caju. Sobretudo diante da baixa disponibilidade de substratos nitrogenados das dietas experimentais, a inclusão de até 19 % do coproduto de caju em dietas para ovinos em terminação é a mais indicada.

## REFERÊNCIAS

- ANNISON, E. F.; LENG, R. A.; LINDSAY, D. B.; WHITE, R. R. The metabolism of acetic acid, propionic acid and butyric acid in sheep. **Australia Biochemical Journal**, Department of Biochemistry and Nutrition, University of New England, Armidale, NSW, 1963. 248 p.
- FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O. **Sistema de carboidratos e proteínas “líquidos” para a avaliação da nutrição de rebanhos e excreção de nutrientes**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. 202 p.
- FRANCE, J.; SIDDON, R.C. Volatile fatty acid production. In: FORBES, J. M.; FRANCE, J. **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cambridge: Cambridge University, 1993. p.107-121.
- HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. **The rumen microbial ecosystem**. 1. ed. London: Blackie Academic and Professional, 1997. 340 p.
- HOLANDA, J.S.; FURUSHO, I. F.; LIMA, G.F.C.; NOBRE, F. V. Perspectivas de uso do pedúnculo de caju na alimentação animal. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE RUMINANTES, 6., 1996, Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 1996. p.155-161.
- HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbes**. London: Academic Press, 1966. 533 p.
- LINDBERG, J.E. Estimation of rumen degradability of feed proteins with the in sacco technique and various *in vitro* methods: a review. **Acta Agriculturae Scandinavica**, suppl. 25, p. 65-97, 1985.
- MEHREZ, A.Z.; ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rate of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**, v. 38, n. 3, p. 437-443, 1977.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of sheep**. New York: National Academy Press, 1985. 99 p.
- RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.
- ROGERIO, M.C.P. **Valor nutritivo de subprodutos de frutas para ovinos**. 2005. 318 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal, Nutrição Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 265 p.
- SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. **Fundamentos da nutrição de ruminantes**. Piracicaba, Livrocere, 1979. 380 p.
- SISTEMA de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- VAN HOUTERT, M.F.J. The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 43, n. 3/4, p.189-225, 1993.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2<sup>nd</sup> edition. USA: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- WALLACE, R.J.; COTTA, M.A. Metabolism of nitrogen-containing compounds. In: HOBSON, P.N. **The rumen microbial ecosystem**. New York: Elsevier, 1988. p. 217-249.

---

Protocolado em: 20 jun. 2008. Aceito em: 10 nov. 2008.