

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**RESÍDUO DA EXTRAÇÃO DA POLPA DE ACEROLA E
UMBU NA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS**

Pedro Henrique Soares Mazza

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
2018**

RESÍDUO DA EXTRAÇÃO DA POLPA DE ACEROLA E UMBU NA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS

Pedro Henrique Soares Mazza

Zootecnista

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016

Dissertação apresentado ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Soraya Maria Palma Luz Jaeger

Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Lopes Oliveira

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

M477r	<p>Mazza, Pedro Henrique Soares. Resíduo da extração da polpa de acerola e umbu na alimentação de ovinos / Pedro Henrique Soares Mazza._ Cruz das Almas, BA, 2018. 80f.; il.</p> <p>Orientadora: Soraya Maria Palma Luz Jaeger. Coorientador: Ronaldo Lopes Oliveira.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.</p> <p>1.Nutrição animal – Ruminantes. 2.Nutrição animal – Digestibilidade. 3.Alimentação e rações – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 636.20852</p>
-------	--

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).
Os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**RESÍDUO DA EXTRAÇÃO DA POLPA DE ACEROLA E UMBU
NA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
Pedro Henrique Soares Mazza

Aprovada em 31 de julho de 2018

**Prof^a. Dr^a. Soraya Maria Palma Luz Jaeger
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Orientadora**

**Prof^a. Dr^a. Adriana Regina Bagaldo
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Examinadora Interna**

**Prof Dr. Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro
Universidade Federal da Bahia
Examinador Externo**

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação primeiramente a minha família, por terem lutado comigo nesta jornada e pelos sacrifícios feitos, sem vocês tudo isso não seria possível.

Dedico também aos meus amigos de sempre e aos novos que me apoiaram durante o experimento e as análises laboratoriais, sem as risadas e as conversas eu não teria conseguido seguir em frente.

E dedico este trabalho também aos meus orientadores, pela oportunidade cedida e pela confiança depositada em mim, com vocês estou aprendendo cada vez mais a me apaixonar pela pesquisa e pela Zootecnia.

RESÍDUO DA EXTRAÇÃO DA POLPA DE ACEROLA E UMBU NA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS

RESUMO: Objetivou-se com o presente estudo avaliar os efeitos da inclusão de até 32% dos resíduos da extração da polpa da acerola e do umbu desidratados na dieta completa sobre o consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo e parâmetros ruminais de ovinos mestiços. Os resíduos de acerola e umbu foram provenientes da indústria de polpa de frutas congelada da região metropolitana de Feira de Santana, Bahia. Os resíduos foram desidratados ao sol e durante este processo foram avaliadas a curva de desidratação nas condições climáticas locais. Foram conduzidos dois experimentos separadamente para testar os níveis de inclusão de 0; 8; 16; 24 e 32% dos resíduos com base na matéria seca da dieta total. Para a avaliação do consumo, digestibilidade, balanço de Nitrogênio e comportamento ingestivo foram utilizados 25 ovinos distribuídos num delineamento inteiramente casualizado com duração de 21 dias, com 14 dias de adaptação e 7 de coleta de sobras, fezes, urina e 1 dia para observação do comportamento ingestivo. Para avaliação do pH ruminal e da população total de protozoários foram utilizados 5 ovinos canulados no rumen distribuídos em quadrado latino 5X5 com duração de 75 dias divididos em períodos com duração de 15 dias cada, sendo 14 dias para adaptação e 1 dia para coleta do líquido ruminal. Foram analisados o pH ruminal imediatamente antes e 2, 4 e 6h após o fornecimento da alimentação e contabilizado a população de protozoários no horário de 4h após a alimentação. Foram necessárias para a desidratação ao sol do resíduo de acerola 20h, já para o resíduo de umbu, 41h. Os resultados obtidos para a avaliação do valor nutritivo dos dois resíduos foram semelhantes. Em ambos os casos a inclusão de até 32% dos resíduos na dieta não alterou o consumo de MS e a proporção de nutrientes efetivamente consumidos acompanhou a proporção dos nutrientes ofertados, não havendo rejeição das dietas com os resíduos. No entanto as digestibilidade da MS, CFN e FDN reduziu linearmente em ambos os experimentos, assim como o NDT. A inclusão dos resíduos também estimulou a ruminação e aumentou o pH do líquido ruminal de 6,25 para 6,67 no experimento com acerola e de 6,25 para 6,61 para o umbu. Estudos utilizando este alimento como fonte de fibra e avaliando o ganho de peso são mais recomendados, já que a inclusão deste resíduo na dieta completa em detrimento do milho, trocando CNF por FDN reduziu a quantidade de nutrientes digestíveis totais, o que pode afetar negativamente o desempenho animal.

Palavras Chave: Cinética Ruminal; Parâmetros Ruminais; Valor Nutricional

RESIDUE OF THE EXTRACTION OF ACEROLA AND UMBU PULP ON FEEDING SHEEP

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effects of the inclusion of dehydrated acerola and umbu pulp residues up to 32% in the complete diet on intake, digestibility, ingestive behavior and ruminal parameters of mestizo sheep. The residues of acerola and umbu came from the frozen fruit pulp industry of the metropolitan region of Feira de Santana, Bahia. The residuals were dehydrated in the sun and during this process the dehydration curve was evaluated in the local climatic conditions. Two experiments were conducted separately to test inclusion levels of 0; 8; 16; 24 and 32% of the residues based on the dry matter of the total diet. For the evaluation of the consumption, digestibility, Nitrogen balance and ingestive behavior, 25 sheep were used in a completely randomized design with a duration of 21 days, with 14 days of adaptation and 7 days of collection of leftovers, urine and 1 day for observation of the ingestive behavior. To evaluate the ruminal pH and the total population of protozoa, 5 cannulated sheep in the rumen were distributed in 5X5 Latin square with duration of 75 days divided in periods of 15 days each, being 14 days for adaptation and 1 day for collection of the liquid ruminal. Ruminal pH was analyzed immediately before and 2, 4 and 6h after feeding and counted the protozoan population at 4h post-feeding. It was necessary for the dehydration in the sun of the acerola residue 20h, already for the residue of umbu, 41h. The results obtained to evaluate the nutritional value of the two residues were similar. In both cases the inclusion of up to 32% of the residues in the diet did not alter the DM intake and the proportion of nutrients actually consumed followed the proportion of the nutrients offered, and there was no rejection of the diets with the residues. However the digestibility of MS, CFN and NDF reduced linearly in both experiments, as did NDT. The inclusion of the residues also stimulated rumination and increased ruminal liquid pH from 6.25 to 6.67 in the acerola experiment and from 6.25 to 6.61 in the umbu. Studies using this food as a source of fiber and evaluating the weight gain are more recommended, since the inclusion of this residue in the complete diet in detriment of the corn, changing CNF by NDF reduced the amount of total digestible nutrients, which can negatively affect the animal performance.

Palavras Chave: Ruminal Kinetics; Ruminal Parameters; Nutritional value

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. HIPÓTESE.....	3
3. OBJETIVO	4
3.1.Objetivo geral	4
3.2.Objetivos específicos	4
4. REVISÃO DE LITERATURA	5
4.1.Fruticultura	5
4.2.Resíduo de acerola (<i>Malpighia emarginata</i> DC).....	6
4.3.Resíduo de Umbu (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam)	10
CAPÍTULO 1 – ARTIGO 1 “Consumo, digestibilidade e fermentação ruminal em ovinos alimentados com resíduo da extração da polpa da acerola (<i>Malpighia emarginata</i> DC)”	12
CAPÍTULO 2 – ARTIGO 1 “Consumo, digestibilidade e fermentação ruminal em ovinos alimentados com resíduo da extração da polpa do umbu (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam)”	36
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

A procura por alimentos que possam substituir os ingredientes convencionais das misturas concentradas utilizadas na alimentação de ruminantes tem como principal objetivo reduzir os custos da suplementação dietética, que no Brasil é baseada em milho e soja, cujos preços sofrem grande influência sazonal, além de estarem associados às variações de balança comercial e cotação internacional.

A fruticultura brasileira apresenta destaque no mercado mundial, ocupando o terceiro lugar em produção, perdendo apenas para a China e a Índia, e é um dos setores que mais produzem resíduos agroindustriais com potencial utilização na alimentação animal a baixo custo (KIST *et al*, 2018).

Na Região Nordeste do Brasil, frutas nativas e exóticas, a exemplo do umbu e da acerola, que são perecíveis, têm produção restrita à primavera e o verão, com necessidade de beneficiamento imediato, e conseqüente geração de grande volume de resíduos que podem ser aproveitados como alimento alternativo para ruminantes.

Dentre os resíduos provenientes do beneficiamento do umbu e da acerola, destacam-se os originários da produção de polpa congelada, cujo descarte inadequado pode ter impacto ambiental, além de comprometer a gestão sustentável das indústrias de processamento. Alguns destes resíduos já são utilizados, na prática, por parte dos pecuaristas, sem nenhum processo de beneficiamento, conservação ou controle de qualidade nutricional, fazendo parte das dietas estabelecidas de forma empírica.

Apesar do emprego de resíduos da fruticultura já ser uma realidade na pecuária do Nordeste, é necessário o conhecimento aprofundado das características nutricionais e das formas de conservação eficientes destes resíduos, para que a sua utilização possa ser feita de forma criteriosa por parte dos produtores de ruminantes.

Os resíduos de acerola e umbu por serem compostos principalmente por caroços, podendo ser fonte de FDN para os ruminantes, têm potencial de serem utilizados como alimento alternativo para a alimentação de ruminantes. Com isso objetivou-se com este trabalho determinar o melhor nível de inclusão dos

resíduos de acerola e umbu na mistura concentrada das dietas de ovinos de corte.

2. HIPÓTESE

Os resíduos provenientes da extração das polpas das frutas acerola e umbu podem ser incluídos nas misturas concentradas das dietas de ovinos em até 32% da dieta total sem comprometer a função ruminal, o consumo e a digestibilidade dos nutrientes.

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo geral

Determinar o melhor nível de inclusão dos resíduos de acerola e umbu na mistura concentrada das dietas totais de ovinos de corte.

3.2. Objetivos específicos

- Determinar as características nutricionais dos resíduos e avaliar a curva de desidratação nas condições climáticas locais;
- Avaliar o consumo e a digestibilidade dos nutrientes das dietas;
- Avaliar o comportamento ingestivo dos animais submetidos às dietas;
- Determinar os efeitos das dietas no pH do líquido ruminal;
- Quantificar a população de protozoários no líquido ruminal;

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Fruticultura

O Brasil é o terceiro maior país produtor de frutas do mundo, atrás somente da China e da Índia. A produção brasileira em 2016 foi de cerca de 44,8 milhões de toneladas de frutas frescas. Já para 2017 a estimativa é que o setor tenha produzido 43,5 milhões de toneladas de alimentos e que o segmento continue sendo um dos destaques do agronegócio brasileiro, além de empregar cerca de cinco milhões de pessoas, 16% do total de vagas do agronegócio (KIST *et al.*, 2018).

Apesar de ser um dos maiores produtores mundiais de frutas, em relação às exportações, o Brasil é o 23º no ranking global. A fruticultura nordestina enviou para o exterior quase 600 mil toneladas de frutas em 2017, de um total de 878,4 mil toneladas. Dos estados da região nordestinos, os maiores envios foram de Rio Grande do Norte, com 236,5 mil toneladas e da Bahia, com 134,1 mil toneladas (KIST *et al.*, 2018).

No cenário nacional, a Bahia é um dos estados que mais se destaca na fruticultura com uma produção de 4,3 milhões de toneladas, atrás somente do estado de São Paulo (CARVALHO *et al.*, 2017). A Bahia registou em 2016 uma área colhida de 308,9 mil hectares gerando 4,062 bilhões de reais (KIST *et al.*, 2018).

Para o estado da Bahia a fruticultura é uma das atividades agrícolas que mais geram empregos e renda, promovendo o desenvolvimento em algumas regiões baianas, especialmente nos perímetros irrigados do Semiárido (CARVALHO *et al.*, 2017).

A agroindústria da fruticultura também é a responsável pela produção de toneladas de resíduos orgânicos, principalmente o setor de produção de polpa de frutas congeladas e de sucos. Com a crescente preocupação com questões ligadas ao meio ambiente em todo o mundo, é necessária uma utilização mais eficaz dos recursos disponíveis e uma gestão mais eficiente dos resíduos produzidos por todos os segmentos econômicos (SOUSA e CORREIA, 2010).

Deve-se ressaltar que existe uma distinção importante entre os termos subprodutos e resíduos. O primeiro refere-se a materiais de valor agregado que

podem ser reutilizados, enquanto o último não tem valor e deve ser descartado. Apesar desta importante diferenciação, algumas das unidades de produção agroindustrial no Brasil descartam os subprodutos produzidos, porque desconhecem estratégias de reutilização adequadas ou simplesmente os consideram como resíduo (SOUSA e CORREIA, 2010).

Na indústria de alimentos, o termo "resíduos" é usado para descrever algumas partes das matérias-primas não utilizadas ou rejeitadas durante o processamento do produto principal. No caso das indústrias de polpa de frutas, o resíduo diz respeito ao "bagaço" (resíduo de fruta) obtido durante o processamento de extração da polpa da fruta (MATIAS *et al.*, 2005).

Cerca de 90% dos resíduos agroindustriais produzidos no Brasil, que poderiam ser aproveitados como ingredientes na produção de alimentos destinados à produção animal, são descartados de forma indiscriminada, mesmo possuindo teores significativos de compostos bioativos e de fibras (FREITAS *et al.*, 2015).

Um dos entraves para a utilização do resíduo de frutas na alimentação animal é a forma de conservação para posterior fornecimento, pois estes apresentam elevado teor de água na sua composição. A água, que é um dos principais componentes dos alimentos, tem influência direta e decisiva sobre a qualidade e a durabilidade dos alimentos por exercer influência sobre muitas mudanças físico-químicas e biológicas. A remoção deste componente ou a diminuição ao seu acesso impede o desenvolvimento de microrganismos, sendo assim uma forma de conservar os alimentos (LENART, 1996).

Alguns estudos têm sido desenvolvidos sobre o valor nutricional de resíduos da agroindústria de polpa de frutas com o objetivo de que estes possam ser utilizados na alimentação animal adequadamente de maneira à reaproveitá-los e diminuir o impacto ambiental provocado pela produção de polpa de frutas (VIEIRA *et al.*, 2009; MAIA *et al.*, 2015; NUNES *et al.*, 2017).

4.2. Resíduo de acerola (*Malpighia emarginata* DC)

A acerola (*Malpighia emarginata* DC), que também é chamada de "cereja de Barbados", "cerejeira das Índias Ocidentais", é nativa da América Central e é cultivada em todos os trópicos e em áreas subtropicais como a Flórida, Israel e

Austrália. Acerola pode ser encontrada no sul do Texas, através do México e América Central e também foi introduzida em áreas subtropicais em todo o mundo, como partes da Ásia, Índia e América do Sul. Algumas das maiores plantações estão no Brasil, particularmente na região Norte e Nordeste, sendo o país, o maior produtor de acerola do mundo (MOHAMMED 2011).

O cultivo da acerola é feito em escala comercial com destaque para os países de Porto Rico, Jamaica, Brasil e nos EUA, na ilha do Havaí. O maior diferencial da agroindústria brasileira está em relação a capacidade de aproveitamento industrial, com plantios comerciais em todos os estados, mas principalmente na região Nordeste, que é a maior produtora devido as suas condições de solo e clima, correspondendo a 70% da produção nacional, seguida do Sudeste com aproximadamente 15% (FURLANETO e NASSER, 2015)

A acerola é uma conhecida fonte de vitamina C e tornou-se popular como um alimento funcional entre os consumidores. Além da vitamina C, a acerola contém outros constituintes, tais como os compostos fenólicos, que a qualificam como alimento funcional, com potencial de utilização na indústria de alimentos, quer seja na forma de suplementos nutricionais, ou como aditivo para aumentar o valor nutricional de outros produtos (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Segundo Sousa *et al.* (2011) o resíduo de acerola, mesmo sem a polpa, se destaca quanto aos constituintes antioxidantes sendo fonte potencial de carotenóides, fenólicos totais e vitamina C.

O processamento da fruta acerola para a produção de suco tem rendimento médio da produção de resíduo de 13,3% do total processado e é constituído em sua maioria pela semente, polpa macerada e frutos refugados. A aceroleira pode produzir de três a quatro safras por ano, com capacidade de chegar até seis safras, dependendo do sistema de produção, o que torna a oferta de resíduos constante durante todo o ano (ALMEIDA *et. al.*, 2014).

O resíduo de acerola tem sido usado na alimentação animal principalmente como aditivo em silagens com intuito de elevar os teores de matéria seca (GONÇALVES *et. al.*, 2004; FERREIRA *et al.*, 2010; MAIA *et al.*, 2015).

Para a alimentação de ruminantes, a literatura cita algumas restrições em relação à utilização do resíduo de acerola. Segundo Lousada Junior *et al.* (2005), o resíduo de acerola, quando fornecido a ovinos, resultou em menor consumo

de matéria seca (1,4% do peso vivo), sendo esse fato justificado pelo alto teor de lignina (20,1%), uma vez que o resíduo é composto basicamente de sementes, material naturalmente lignificado. Porém neste trabalho os autores forneceram o resíduo como única fonte de alimento para os animais, não analisando o efeito do resíduo junto com outros ingredientes.

Em relação aos componentes nutricionais, em média, são encontrados no resíduo de acerola 23,16% de matéria seca quando *in natura* e de 83,4 a 90,4% quando desidratado. Para os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e lignina podem ser observados na Tabela 1.

TABELA 1. Composição bromatológica, com base na matéria seca (g.kg⁻¹), do resíduo da extração da polpa de acerola encontrados na literatura.

Item	LOUSADA JR. <i>et al.</i> , 2005	PEREIRA <i>et al.</i> , 2010	FERREIRA <i>et al.</i> , 2010	MAIA <i>et al.</i> , 2015	MENEZES <i>et al.</i> , 2017
MS	851,0	972,5	834,0	904,8	165,8
MO	973,0	938,2	-	962,5	970,7
PB	105,0	90,6	110,0	84,2	102,2
FDN	719,0	706,0	735,0	733,7	349,8
Lignina	201,0	-	265,0	221,9	96,7

Silva *et al.*, (2014) avaliando o valor nutritivo de diferentes resíduos agroindustriais com potencial para alimentação de animais ruminantes encontraram para o resíduo de acerola, 49,01% de digestibilidade *in vitro* da matéria seca; 25,10% de digestibilidade *in vitro* da FDN e 51,84% de nutrientes digestíveis totais.

Nos frutos de acerola são encontrados diversos fitoquímicos, dentre eles os ácidos málico, cítrico e tartárico (BELWAL *et al.*, 2018) e possuem também fenólicos, carotenóides, antocianinas e aminoácidos, principalmente, asparagina, alanina, prolina, ácido aspártico, serina e ácido γ -aminobutírico (HANAMURA *et al.*, 2008). Alguns destes compostos também são encontrados no resíduo da extração da polpa. Caetano *et al.* (2009) e Sousa *et al.* (2011) analisando extratos dos resíduos agroindustriais de acerola encontraram compostos fenólicos com capacidade antioxidante. Rezende *et al.* (2017) utilizando extração por ultrassom encontraram como principais compostos bioativos carotenóides, antocianinas, fenólicos, flavonóides e ácido ascórbico que também apresentaram maior atividade antioxidante *in vitro*.

Nos últimos anos, há um interesse crescente no papel da acerola como alimento nutracêutico ou funcional, o que resultou num aumento do valor de mercado desta fruta. Belwal *et al.* (2018) em revisão dos estudos científicos sobre os constituintes químicos bioativos e os efeitos benéficos à saúde dos extratos de acerola e compostos isolados, listaram os compostos fenólicos encontrados em trabalhos recentes sobre resíduo de acerola (TABELA 2).

TABELA 2. Principais compostos fenólicos do resíduo de acerola relatados.

Nome	Referências
Derivados do ácido benzóico	
Ácido gálico	Marques <i>et al.</i> , 2016; Righetto <i>et al.</i> , 2005
Ácido siríngico	Marques <i>et al.</i> , 2016; Righetto <i>et al.</i> , 2005
Derivados de fenilpropanóides	
Ácido p-cumárico	Marques <i>et al.</i> , 2016; Bataglion <i>et al.</i> , 2015; Hanamura <i>et al.</i> , 2008; Righetto <i>et al.</i> , 2005
Ácido clorogénico	Marques <i>et al.</i> , 2016; Hanamura <i>et al.</i> , 2008; Mezdri <i>et al.</i> , 2008.
Flavonoides	
Catequina	Marques <i>et al.</i> , 2016; Righetto <i>et al.</i> , 2005
Galato de epigalacatequina	Marques <i>et al.</i> , 2016; Mezdri <i>et al.</i> , 2008
Epigallocatechin gallate	Marques <i>et al.</i> , 2016; Mezdri <i>et al.</i> , 2008
Quercetina	Marques <i>et al.</i> , 2016; Bataglion <i>et al.</i> , 2015

Adaptado de Belwal *et al.* (2018).

Em relação a inibição enzimática, Marques *et al.* (2016) utilizando ensaios *in vitro*, com e sem simulador de fluído gástrico, constataram que em ambos os casos os compostos fenólicos do resíduo de acerola inibem as enzimas α -amilase, o que pode reduzir a digestão de amido; e α -glicosidase, que pode promover o prolongamento do esvaziamento gástrico e promover a saciedade e perda de peso em humanos.

Os estudos utilizando o resíduo da extração da polpa de acerola como fonte de compostos antioxidantes para alimentação humana, sendo eles transformados em farinhas e agregados a alimentos processados ou microencapsulados são constantes (REZENDE *et al.*, 2018; STORCK *et al.*, 2015; ABUD e NARAIN, 2009). Porém são poucos os trabalhos voltados para a utilização deste resíduo na alimentação de ruminantes.

4.3. Resíduo de Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam)

Outro resíduo que tem sido estudado, porém em menor quantidade, sendo escassos os trabalhos disponíveis, é o de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam), uma fruta nativa do semiárido do Nordeste brasileiro, considerada um produto de extração vegetal não cultivado.

As estatísticas oficiais da produção brasileira registraram valores de 8,39 mil toneladas de frutos produzidos em 2016 (IBGE, 2016). A colheita do umbu é uma renda adicional para as famílias rurais do semiárido brasileiro, no período da colheita. No entanto, estima-se que apenas cerca de 20% dos frutos são colhidos e são reportados na estatística. A maior parte da produção é perdida devido à queda natural dos frutos que amadurecem na planta, à dificuldade de atingir plantas localizadas longe das comunidades, aos danos causados pelo manejo e ao rápido amadurecimento pós-colheita (LIMA *et al.*, 2018).

No caso do umbuzeiro, a participação das comunidades rurais é indispensável na colheita, o que leva a oferta de mercado e geração de renda para pequenos agricultores. A geração de renda desses frutos é concentrada de janeiro a março, que é o período de colheita (CAVALCANTI *et al.*, 2006).

O fruto é composto de casca amarelo-esverdeada e polpa branco-esverdeada, mole, succulenta e de sabor agridoce agradável, rica em vitamina C e sais minerais. Seus frutos são constituídos, em média, por 22% de casca, 68% de polpa e 10% de caroço, sendo o seu resíduo composto na sua maioria por casca e caroço (FOLEGATTI *et al.*, 2003).

Em relação à composição bromatológica, Pereira *et al.* (2008) encontraram para este resíduo 42,9% de matéria seca; 5,0% de proteína bruta e 88% de FDN, sendo 5,6% de lignina e para a degradabilidade da matéria seca no tempo de fermentação *in vitro* de 48h foi de 14,3%.

Estudos revelam que compostos presentes na polpa ou até mesmo em resíduos do umbu, como: ácido ascórbico, compostos fenólicos e carotenoides, apresentam potencial antioxidante. Os fitoquímicos existentes na composição destes frutos agem retardando a velocidade da reação de oxidação e podem ser vistos como ingredientes promissores para a extração de compostos bioativos, com possibilidade de aplicação em alimentos como antioxidante natural (SILVA *et al.*, 2014)

Costa *et al.* (2015) também relataram que o resíduo da extração da polpa de umbu contém compostos fenólicos e seus extratos hidroetanólicos (TABELA 3) que apresentam capacidade antioxidante. Desta forma o resíduo de umbu pode ser considerado uma fonte de antioxidante natural.

TABELA 3. Teor de fitoquímicos bioativos dos resíduos de umbu (COSTA *et al.*, 2015).

Fitoquímicos bioativos	Extrato ¹
Fenólicos totais ²	776,00 ± 3,38
Flavonoides totais ³	52,00 ± 0,45
Proantocianidinas ⁴	0,15 ± 0,04
Taninos hidrolisáveis ⁵	0,40 ± 0,28
Carotenoides totais ⁶	11,90 ± 6,86

¹ Valores médios ± desvio padrão; ² mg de ácido gálico.100g⁻¹; ³mg de quercetina. 100g⁻¹; ⁴ mg de catequina. 100g-1; ⁵ mg de ácido gálico.100g-1; ⁶ µg de β-caroteno g-1;

Os estudos realizados até o presente momento com umbu são ainda insuficientes para contribuir para um uso comercial mais racional que agregue valor à fruta e seus derivados. Ainda há a necessidade de várias iniciativas antes que essas metas sejam alcançadas. Estes incluem o detalhamento da composição química da fruta, destacando o conteúdo de compostos com valor nutricional e ou que protegem a saúde do consumidor (LIMA *et al.*, 2018).

CAPÍTULO 1 – ARTIGO 1 “Consumo, digestibilidade e fermentação ruminal em ovinos alimentados com resíduo da extração da polpa da acerola (*Malpighia emarginata* DC)”

Artigo a ser submetido ao Periódico Semina: Ciências Agrárias, Qualis B2 na Área Zootecnia/Recursos Pesqueiros.

Consumo, digestibilidade e fermentação ruminal de ovinos alimentados com resíduo da extração da polpa da acerola (*Malpighia emarginata* DC)”

Pedro Henrique Soares Mazza*; Soraya Maria Palma Luz Jaeger; Ronaldo Lopes Oliveira

*E-mail: pedromazza@outlook.com

RESUMO: Objetivou-se com o presente estudo avaliar os efeitos da inclusão de até 32% do resíduo da extração da polpa da acerola desidratado na dieta completa sobre o consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo e parâmetros ruminais de ovinos mestiços. O resíduo de acerola foi proveniente da indústria de polpa de frutas e foi desidratada ao sol, sendo avaliada a curva de desidratação nas condições locais. Foram conduzidos dois experimentos para testar os níveis de inclusão de 0; 8; 16; 24 e 32% na dieta total. Para a avaliação do consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio e comportamento ingestivo foram utilizados 25 ovinos distribuídos num delineamento inteiramente casualizado com duração de 21 dias. Para avaliação do pH ruminal e da população total de protozoários foram utilizados 5 ovinos fistulados distribuídos em quadrado latino 5X5 com duração de 75 dias divididos. Foram analisados o pH ruminal imediatamente antes e 2, 4 e 6h após o fornecimento da alimentação e contabilizado a população de protozoários 4h após a alimentação. O consumo de MS, MO, PB; digestibilidade da PB, população de protozoários não alteraram com a inclusão do resíduo de acerola. A digestibilidade da MS, MO, FDN, CNF e NDT reduziram linearmente. A inclusão de até 32% do resíduo aumentou linearmente a duração média dos episódios de alimentação e ruminação e o pH

ruminal. O resíduo de acerola pode ser fonte de antioxidantes para os ruminantes, porém quando incluído na dieta completa prejudica a digestibilidade dos nutrientes.

Palavras-chave: alimento alternativo, pH ruminal, Nutrientes Digestíveis Totais

Introdução

A agroindústria da fruticultura é responsável pela produção de toneladas de resíduos orgânicos, principalmente o setor de produção de polpa de frutas congeladas e de sucos. Com a crescente preocupação com questões ligadas ao meio ambiente em todo o mundo, é necessária uma utilização mais eficaz dos recursos disponíveis e uma gestão mais eficiente dos resíduos produzidos por todos os segmentos econômicos (SOUSA e CORREIA, 2010).

Cerca de 90% dos resíduos agroindustriais produzidos no Brasil, que poderiam ser aproveitados como ingredientes na produção de alimentos destinados à produção animal, são descartados indiscriminadamente, mesmo possuindo teores significativos de compostos bioativos e de fibras (FREITAS *et al.*, 2015).

A acerola (*Malpighia emarginata* DC) é uma conhecida fonte de vitamina C, e tornou-se popular como um alimento funcional entre os consumidores. Alguns destes compostos também são encontrados no resíduo da extração da polpa. Caetano *et al.* (2009) e Sousa *et al.* (2011) analisando extratos dos resíduos agroindustriais de acerola encontraram compostos fenólicos com capacidade antioxidante.

O resíduo de acerola tem sido usado na alimentação animal principalmente como aditivo em silagens com intuito de elevar os teores de matéria seca (GONÇALVES *et al.*, 2004; FERREIRA *et al.*, 2010; MAIA *et al.*, 2015).

Porém são escassos os trabalhos que utilizam o resíduo de acerola na dieta completa para a alimentação de ruminantes. Lousada Junior *et al.* (2005), em experimento utilizando resíduos de frutas na alimentação de ovinos, encontraram para o resíduo de acerola o menor consumo de matéria seca (1,4% do peso vivo), sendo esse fato justificado pelo alto teor de lignina (201,0 g.kg⁻¹), uma vez que o resíduo é composto basicamente de sementes, material naturalmente lignificado. Porém neste trabalho os autores forneceram o resíduo

como única fonte de alimento para os animais, não analisando o efeito do resíduo junto com outros ingredientes.

Devido a escarcas de trabalhos que utilizam o resíduo de acerola na dieta completa para ruminantes, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão de até 32% do resíduo de acerola desidratado na dieta completa sobre o consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo e parâmetros ruminais de ovinos.

Material e métodos

O presente estudo foi conduzido após a submissão e avaliação do projeto de pesquisa à Comissão de Ética no Uso de Animais da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia registrado com o número 18/2016, de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

Local

O ensaio experimental foi conduzido no aprisco da fazenda Experimental da Universidade Federal da Bahia, localizada no distrito de Mercês no município de São Gonçalo dos Campos, Bahia, Brasil de outubro de 2016 a fevereiro de 2017. A região de São Gonçalo dos Campos possui, segundo classificação de Köppen e Geiger, clima Aw com temperatura média de 23,2 °C e pluviosidade média anual de 1079 mm.

Avaliação do processo de desidratação do resíduo

O resíduo de acerola utilizado foi proveniente de doação da agroindústria de polpa de frutas localizada no município de Feira de Santana, Bahia, sendo este adquirido de um lote único em outubro de 2016.

Logo após a chegada do material para o processo de desidratação ao sol, foi coletada amostras representativas para determinação na matéria seca inicial. Posteriormente, o resíduo foi espalhado sobre lonas plásticas em terreno plano e exposto ao sol em camada única e uniforme de 4 cm, ficando exposto das 8:00h até às 18:00h, sendo coberto por lona plástica durante alterações

climáticas e a noite. O revolvimento do resíduo foi feito três vezes ao dia (8, 12 e 15h) manualmente para que a desidratação fosse homogênea.

Durante o processo de desidratação foi observado a temperatura ambiente (com termohigrômetro digital) e avaliada em três pontos distintos de forma aleatória a temperatura interna do resíduo (com termômetro de álcool) e coletada 100g do material para determinação da MS a cada 1h, no primeiro dia, e posteriormente a cada 2h. O processo de desidratação foi interrompido quando o material alcançou teor de matéria seca superior a 80%, para que fosse possível a moagem no triturador forrageiro.

Os dados coletados foram plotados utilizando o Microsoft Excel 2010® para compor o gráfico com os dados climatológicos, temperatura do resíduo e teor de matéria seca do resíduo, obtendo assim a curva de desidratação nas condições climáticas locais.

Dietas

As dietas experimentais foram formuladas com base na exigência de ovinos machos em crescimento para ganho médio diário de 200g do NRC (2007). As dietas completas tiveram proporção de 40% de volumoso e 60% de concentrado composto de milho moído, farelo de soja, sal mineral e resíduo de polpa de acerola desidratado e moído (TABELA 1).

TABELA 1. Composição química dos ingredientes em g.kg⁻¹ utilizados para compor a dieta completa.

Fração analisada	Ingredientes			
	Acerola	Milho moído	Farelo de soja	Tifton-85
Matéria Seca	895,6	884,5	910,2	890,2
Matéria mineral	37,8	14,7	64,1	67,1
Proteína bruta	96,2	71,4	507,2	51,2
Extrato etéreo	16,9	36,9	6,5	7,7
FDN ^{CP}	529,7	102,7	107,2	767,6
PIDN ²	122,7	217,5	105,2	328,6
PIDA ³	61,4	110,5	60,5	68,7
Carboidratos não fibrosos	319,4	774,4	293,2	106,0
Celulose	290,1	22,2	59,8	258,5
Hemicelulose	147,1	68,1	53,9	433,9
Lignina	92,5	12,6	13,4	45,4
NDT ⁴	639,0	910,7	828,4	595,0

^{CP} Corrigido para cinzas e proteína; ²proteína insolúvel em detergente neutro com base na proteína bruta; ³ proteína insolúvel em detergente ácido com base na proteína bruta; ⁴estimado conforme NRC (2001)

O resíduo de acerola desidratado e moído (3 mm) foi incluído com base da matéria seca da dieta total nos níveis de 0; 8; 16; 24 e 32% (TABELA 2). O volumoso utilizado foi feno de Tifton-85 (*Cynodon sp*) moído em partícula de aproximadamente 5cm.

TABELA 2. Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais utilizadas na alimentação de ovinos alimentados com resíduos da extração da polpa da acerola.

Item	Níveis de inclusão do resíduo de acerola				
	0%	8%	16%	24%	32%
Milho	37,5	30,0	22,5	14,5	7,0
Farelo de soja	21,0	20,5	20,0	20,0	19,5
Acerola	0,0	8,0	16,0	24,0	32,0
Feno	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Sal mineral	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Composição química da dieta (g.kg ⁻¹)					
Matéria seca	893,9	894,7	895,5	896,3	897,1
Matéria mineral	60,8	62,4	64,0	65,8	67,4
Proteína bruta	148,2	148,2	148,1	150,1	150,0
Extrato etéreo	18,3	16,8	15,4	13,8	12,4
Fibra em detergente neutro ¹	372,8	406,9	440,9	475,1	509,1
Carboidratos não fibrosos	394,4	360,4	326,4	290,0	256,0

¹corrigido para cinzas e proteína.

Os ovinos receberam alimentação duas vezes ao dia, às 8:00h e 15:00h, os ajustes de consumo foram feitos por meio de pesagem diária das sobras de

forma a garantir entre 10% e 20% de sobras. O fornecimento de água foi *ad libitum*.

Os teores de NDT descritos na Tabela 2 foram calculados conforme as fórmulas de estimativas de digestibilidade de cada fração analítica (NRC, 2001):

$$\text{CNFD} = 0,98(\% \text{CNF})$$

$$\text{PBD} = \% \text{PB} \times [1 - (0,4 \times \text{PIDA}/\text{PB})]$$

$$\text{EED} = \% \text{EE} - 1$$

$$\text{FDND} = 0,75 \times (\% \text{FDNp} - \% \text{Lignina}) \times [1 - (\% \text{Lignina}/\% \text{FDNp})^{0,667}] - 7$$

Em que: CNFD = carboidratos não-fibrosos digestíveis; PBD= Proteína bruta digestível; EED=Extrato etéreo digestível; FDND= fibra em detergente neutro digestível; FDNp= Fibra em detergente neutro corrigida para proteína.

Após a estimativa das frações analíticas digestíveis, foi estimado o NDT conforme a seguinte equação:

$$\text{NDT} = \text{PBD} + (2,25 \times \text{EED}) + \text{FDND} + \text{CNFD}$$

Em que: NDT= Nutrientes digestíveis totais, estimados conforme NRC (2001).

Consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio

Para a determinação do consumo, digestibilidade *in vivo* e balanço de Nitrogênio foram utilizados 25 ovinos machos não-castrados, com média de 9 meses de idade e peso inicial médio de 35,10±4,96 kg. Os ovinos foram distribuídos num arranjo inteiramente casualizado (5 tratamentos com 5 repetições). Os animais foram alojados, individualmente, em gaiolas metabólicas providas de bebedouros, comedouros e compartimentos para coleta total de fezes e urina. O experimento teve duração total de 21 dias, sendo 14 dias de adaptação dos animais ao ambiente, manejo e dietas e 7 dias para coleta de amostras de sobras, fezes e urina.

Para determinar a digestibilidade dos nutrientes as fezes foram quantificadas e coletadas (coleta total em gaiolas) durante 7 dias, assim como as sobras para determinação do consumo e digestibilidade dos nutrientes. O consumo dos nutrientes foi obtido pela diferença entre o total de cada nutriente ofertado na dieta e o total de cada nutriente contido nas sobras e expressos em gramas por dia (g.dia⁻¹).

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente foi utilizada a equação: $CD = \{ [(g \text{ do nutriente ou fração analítica ingerida} - g \text{ do nutriente ou fração analítica excretada nas fezes}) / (g \text{ do nutriente ou fração analítica ingerida}) \times 100\}$. A estimativa de consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) foi obtida a partir da diferença entre consumido e o recuperado nas fezes de cada nutriente, com base na matéria seca, conforme a equação de Sniffen *et al.* (1992) pela equação: $CNDT \text{ (kg)} = (PB \text{ digestível}) + (2,25 * EE \text{ digestível}) + (CNF \text{ digestível}) + (FDN \text{ digestível})$.

Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos a partir da seguinte equação:

$$NDT \text{ (\%)} = (\text{Consumo de NDT} / \text{Consumo de MS}) \times 100.$$

A composição química do alimento efetivamente consumido foi obtida por meio da divisão do consumo de cada nutriente pelo consumo de MS e o quociente foi então multiplicado por 100.

As amostras dos alimentos utilizados para compor as dietas experimentais, as sobras e as fezes foram secas em estufa de circulação forçada de ar, a 55°C, durante 72 horas. Posteriormente, todos os alimentos foram processados em moinho de facas tipo Wiley, utilizando-se peneira com crivos de 1 mm e analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS) foi realizada segundo método 967.03 (AOAC, 1990), da matéria mineral (MM) pelo método 942.05 (AOAC, 1990), da proteína bruta (PB) pelo método 981.10 (AOAC, 1990), extrato etéreo (EE) pelo método 920.29 (AOAC, 1990).

Para as análises para a determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) utilizou-se metodologia de Van Soest *et al.* (1991) com modificações propostas por Senger *et al.* (2008). O teor de FDN foi corrigido para cinzas e proteína e, para tal, o resíduo da fervura em detergente neutro foi incinerado em mufla a 600° C por 4 horas, e a correção para proteína foi efetuada descontando-se o teor de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN). A lignina foi determinada conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), a partir do tratamento do resíduo de FDA com ácido sulfúrico a 72%.

Os carboidratos não-fibrosos (CNF) dos ingredientes foram calculados de acordo com Mertens (1997), considerando no cálculo o valor de FND corrigido para cinzas e proteína. O teor de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN)

e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram obtidos segundo recomendações de Licitra *et al.* (1996).

As coletas de urina total foram realizadas diariamente, do 15º ao 21º dia do período experimental, utilizando-se recipiente contendo 50 mL de uma solução de ácido sulfúrico a 20%. Ao término de cada período de 24 horas de coleta, foi verificada o pH da urina e retirada uma alíquota de 10% do volume diário. As amostras foram constituídas e mantidas em pH abaixo de três para evitar a destruição bacteriana dos metabólitos presentes na urina e, logo após, foram armazenadas em frascos plásticos a -20°C, as quais foram destinadas à quantificação das concentrações urinárias de nitrogênio total. Uma alíquota de 10 mL da urina a qual foi adicionada em frasco com 40 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 0,036 N para posteriores análises de ácido úrico e ureia, foram armazenadas em frascos plásticos a -10°C para análises posteriores. O balanço de nitrogênio, expresso em quantidades diárias de compostos nitrogenados, foi calculado pela equação: N retido (g.dia⁻¹) = N ingerido (g.dia⁻¹) - N fecal (g.dia⁻¹) - N urinário (g.dia⁻¹).

Comportamento ingestivo

Ao final do período de coleta da digestibilidade, no 21º dia experimental foi realizada observação de cada animal, individualmente, durante período de 24h em intervalos de cinco minutos, segundo metodologia proposta por Johnson & Combs (1991). Foram registrados o número das mastigações (movimentos merísticos) e o número de bolos ruminados por dia. Adicionalmente, também foram contabilizados o tempo dispendido e o número de mastigações realizadas em cada bolo ruminal, por animal. A eficiência de ingestão (EI), eficiência de ruminação (ER), o tempo total de mastigação (TTM, h/dia), assim como a soma do tempo de ingestão e ruminação (TI e TR) foram determinados segundo Burger *et al.* (2000). Os resultados dos parâmetros comportamentais avaliados foram obtidos utilizando-se as seguintes equações:

$$\text{NBR} = \text{TR}/\text{NM};$$

$$\text{NR} = \text{NBR} \times \text{NM};$$

$$\text{EIMS} = \text{CMS}/\text{TI};$$

$$\text{EIFDN} = \text{CFDN}/\text{TI}$$

$$\text{ERMS} = \text{CMS}/\text{TR};$$

$$\text{ERFDN} = \text{CFDN}/\text{TR}$$

$$\text{TTM} = \text{TI} + \text{TR},$$

Onde NBR = número de bolos ruminais; NM = número de mastigações por dia; EIMS = Eficiência de ingestão da MS (g de MS ingerida/h); EIFDN = Eficiência de ingestão da FDN (g de FDN ingerida/h); CMS (g) = consumo de MS, CFDN (g) = consumo de FDN; ERMS = Eficiência de ruminação da MS (g de MS ruminada/h); ERFDN = eficiência de ruminação da FDN (g de FDN ruminada/h), TTM = tempo total de mastigação (h/dia).

Parâmetros ruminais

Foram utilizados 5 ovinos Santa Inês, com idade aproximada de 12 meses, adultos, não-castrados, com aproximadamente $40 \pm 3,70$ kg de peso corporal, fistulados e canulados no rúmen, distribuídos em um quadrado latino 5X5 (5 tratamentos e 5 períodos). Os animais foram alojados individualmente em baias com piso suspenso de madeira ripada, providas de bebedouros e comedouros.

O experimento com os ovinos fistulados teve duração de 75 dias divididos em 5 períodos, com 15 dias cada. Cada período foi dividido em 14 dias de adaptação às dietas e 1 dia de coleta de líquido ruminal. Os animais receberam alimento duas vezes ao dia (8:00h e 15:00h), a oferta foi feita de forma a garantir entre 10 % e 20% de sobras. O fornecimento de água foi ad libitum. As dietas utilizadas foram as mesmas formuladas para os experimentos de digestibilidade.

No 15º dia de cada período experimental, amostras de líquido ruminal (250 mL) foram manualmente coletadas imediatamente antes e 2, 4 e 6 horas após o fornecimento da alimentação. As análises de pH foram feitas imediatamente após as coletas, utilizando-se potenciômetro digital.

Parte do total de líquido ruminal coletado, 50 mL, foi misturado (1:1, v/v) com uma solução de 50% de formalina para contagem de protozoários de acordo com o método descrito por D'Agosto e Carneiro (1999).

Análises estatísticas

Os valores obtidos foram submetidos ao teste de normalidade das variáveis através da análise dos resíduos. Quando atendidos o pressuposto da normalidade os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e teste

de regressão (com 5% de significância) com a utilização do pacote ExpDes no software R i386 3.3.1®.

As análises estatísticas para os parâmetros de consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo e balanço de nitrogênio foram conduzidas seguindo um delineamento inteiramente casualizado, com cinco níveis de inclusão do resíduo (0, 8, 16, 24 e 32%) e cinco repetições, segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + e_{ij};$$

Onde, Y_{ij} = valor observado; μ = média geral; S_i = efeito dos níveis de inclusão do resíduo, e e_{ij} = efeito do erro experimental nas parcelas.

Para os parâmetros de pH e contagem de protozoários, as análises foram conduzidas seguindo o delineamento em quadrado latino de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = M + L_i + C_j + T_{k(ij)} + e_{ijk} ,$$

Onde, Y_{ijk} = valor observado na unidade experimental que recebeu o tratamento k (na linha i e coluna j); M = efeito da média geral; L_i = efeito do linha i (animal); C_j = efeito do coluna j (período); $T_{k(ij)}$ = efeito do tratamento k aplicado na linha i e coluna j (níveis de inclusão do resíduo, 0, 8, 16, 24, 32%); e_{ijk} = erro aleatório (resíduo).

Uma abordagem multivariada também foi adotada para melhor esclarecer o efeito dos 5 tratamentos dietéticos, utilizando um conjunto de dados obtidos a partir dos dois experimentos realizados. Os dados foram analisados por meio de Análise de Componentes Principais (ACP), a qual consiste essencialmente em transformar as n -variáveis originais em um novo conjunto de variáveis, sendo combinações lineares, cuja principal característica, além da ortogonalidade, é que são obtidas em ordem decrescente de máxima variância. As variáveis foram padronizadas segundo a Equação 1:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s}$$

Em que z é o valor padronizado de x , \bar{x} é a media da característica, e s é o respectivo desvio padrão.

Em um conjunto de dados com p variáveis, o vetor aleatório $x' = [x_1, x_2, \dots, x_p]$ que tem matriz de correlação R com os pares autovalor-autovetor (λ_i, e_i) , para $i = 1, 2, \dots, p$, em que $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ (RENCHEER, 2002). O i -ésimo componente principal é dado pela Equação 2.

$$PC_i = e_i^t x = e_{i1}x_1 + e_{i2}x_2 + \dots + e_{ip}x_p$$

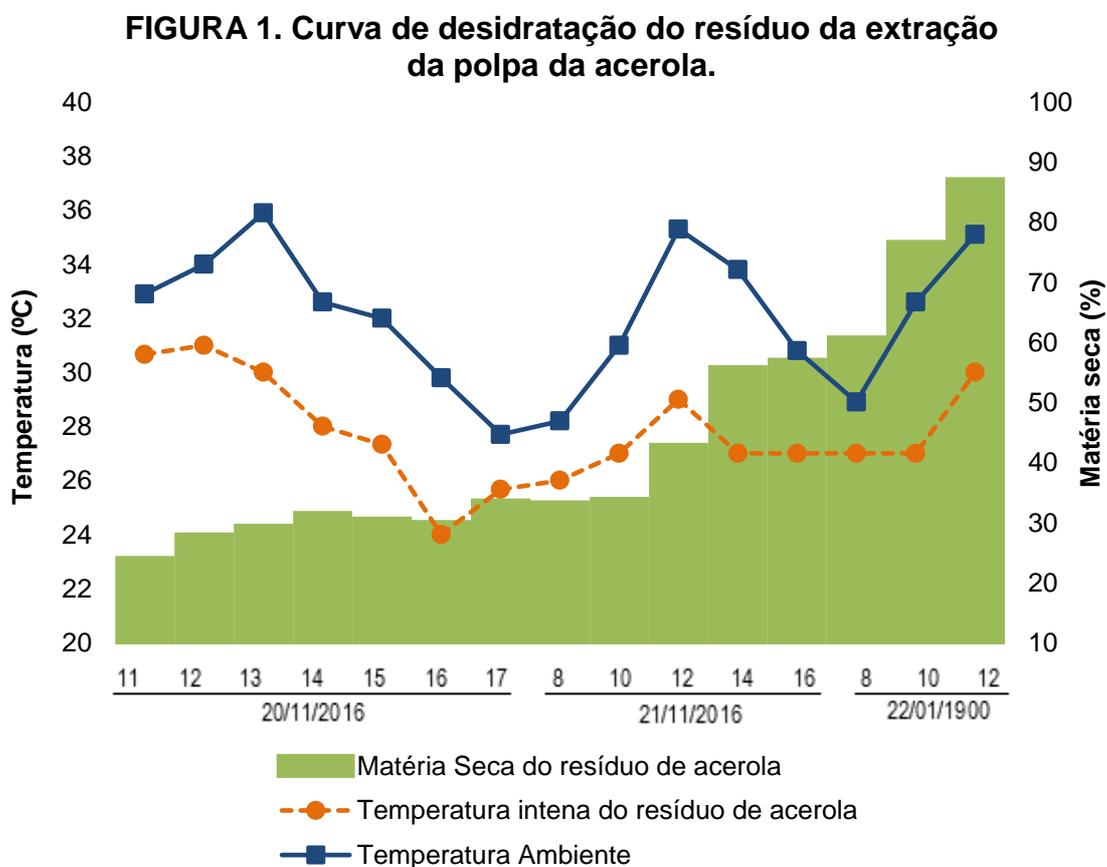
Em que e_{ip} é o p -ésimo autovetor e x é o p -ésimo valor da variável original.

A matriz de correlação entre todas as variáveis foi avaliada, fez-se avaliação da multicolinearidade entre as características para avaliar a dependência linear entre as variáveis, que pode redundar em matrizes singulares ou mal condicionadas. As análises dos dados foram conduzidas por meio dos pacotes estatísticos R Core Team (2018) ®.

Resultados

Avaliação do processo de desidratação do resíduo

Para a desidratação do resíduo da extração da polpa da acerola foram necessárias 20 horas de exposição ao sol e às condições climáticas locais. Ao início do processo de desidratação o resíduo apresentava 21,29% de matéria seca e ao final do processamento apresentou 85,58% (FIGURA 1).



A maior temperatura interna do resíduo observada foi de 31,0°C às 12h do primeiro dia de processamento (20/11/2016) e a menor foi de 24,0°C às 16h também do primeiro dia, tendo média de 27,78°C.

Consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio

Os níveis de inclusão do resíduo de acerola na dieta não influenciaram o consumo de matéria seca em kg.dia⁻¹, nem em relação ao peso corporal (%PC) dos ovinos. A inclusão de até 32% de resíduo no concentrado também não causou efeito sobre a ingestão de matéria orgânica e de proteína bruta. Já para a ingestão de FDN_{cp} em kg.dia⁻¹ e em relação ao peso corporal, houve aumento linear à medida que o teor de acerola na dieta aumentou. O consumo de carboidratos não fibrosos e extrato etéreo em kg.dia⁻¹ apresentaram redução linear com o aumento dos níveis de inclusão do resíduo (TABELA 4).

TABELA 4. Consumo média diário de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) de ovinos alimentados com rações contendo resíduo da extração de polpa da acerola (RA).

Item	Níveis de resíduo de acerola (%MS)					EPM ¹	P-valor	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrático
	Consumo (g.dia ⁻¹)							
MS	1405,99	1340,79	1162,35	1129,95	1196,19	41,27	0,164	0,260
MO	1218,33	1184,88	1087,29	1052,13	1111,56	39,69	0,694	0,720
PB	236,42	218,24	205,46	209,03	219,62	7,27	0,735	0,840
FDN ^{cp}	331,54	443,53	454,28	484,41	540,69	22,73	0,002	0,582
EE	27,40	23,72	20,60	18,25	17,30	1,01	0,002	0,320
CNF	598,91	505,95	431,60	375,48	345,42	23,96	0,001	0,305
NDT	1069,75	982,01	843,65	770,28	772,76	34,44	<0,001	0,250
	Consumo (%PC)							
MS	3,50	3,44	3,43	3,37	3,44	0,07	0,990	0,830
FDN ^{cp}	1,04	1,24	1,27	1,34	1,52	0,04	0,003	0,911

¹Erro padrão da média; ^{cp}: corrigido para cinzas e proteína.

O consumo de nutrientes digestíveis reduziu linearmente com a inclusão de até 32% do resíduo de acerola. Os nutrientes efetivamente consumidos pelos animais (Tabela 5) sofreram influência da inclusão do resíduo de acerola nas dietas e demonstram que não houve seleção do volumoso em detrimento ao concentrado, o que pode ser observado pela não diferença na proteína bruta efetivamente consumida e pelo efeito que os outros nutrientes sofreram acompanhando a oferta destes nas dietas.

TABELA 5. Composição da dieta efetivamente consumida por ovinos alimentados com rações contendo resíduo da extração de polpa da acerola (RA).

Item	Níveis de resíduo de acerola (%MS)					EPM ¹	P-valor	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrático
MO	93,92	93,88	93,55	93,10	92,92	0,09	0,536	0,558
PB	18,35	17,24	17,67	18,59	18,39	0,17	0,261	0,312
FDN	26,89	34,72	36,91	39,49	44,16	1,23	<0,001	0,076
EE	2,13	1,88	1,78	1,63	1,44	0,05	<0,001	0,066
CNF	46,47	39,98	37,15	33,36	28,90	1,24	<0,001	0,128

¹Erro padrão da média

A inclusão do resíduo de acerola também exerceu influencia em relação à digestibilidade dos nutrientes (TABELA 6). As digestibilidade de todos os nutrientes reduziram de forma linear com a inclusão de até 32% do resíduo de acerola na dieta completa, com exceção da digestibilidade aparente da proteína bruta, que não sofreu influência dos níveis testados.

TABELA 6. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) de dietas consumidas por ovinos alimentados com rações contendo resíduo da extração de polpa da acerola (RA).

Item	Níveis de Resíduo de acerola (%MS)					EPM ¹	P-valor	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrático
MS	75,65	74,39	70,95	68,23	64,87	1,08	<0,001	0,525
MO	77,55	75,40	70,05	69,34	65,99	1,08	<0,001	0,707
PB	80,36	79,85	77,37	79,65	79,12	0,52	0,543	0,367
FDN ^{cp}	65,54	64,54	62,90	60,09	58,63	0,78	<0,001	0,759
EE	81,34	77,73	71,66	70,76	67,13	1,58	<0,001	0,604
CNF	86,99	86,21	84,66	81,65	78,76	1,46	<0,001	0,406
NDT	63,58	61,99	57,90	53,07	52,48	1,04	<0,001	0,738

¹Erro padrão da média; ^{cp}: corrigido para cinzas e proteína.

A inclusão do resíduo de acerola até 32% não afetou o balanço nitrogenado dos ovinos, o que resultou na igualdade da quantidade de nitrogênio retido e excretado na urina (TABELA 7).

TABELA 7. Balanço de nitrogênio em ovinos submetidos a dietas com níveis de inclusão de da extração de polpa da acerola (RA).

Item	Níveis de Resíduo de acerola (%MS)					EPM ¹	P-valor	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrático
Nitrogênio (g.dia ⁻¹)								
Ingerido	37,83	34,92	32,87	33,45	35,14	1,16	0,435	0,258
Fecal	7,53	7,01	7,52	6,94	7,30	0,35	0,849	0,833
Urinário	15,34	13,99	14,26	14,91	16,77	0,48	0,357	0,116
Retido	14,95	13,92	11,10	11,60	10,58	0,78	0,063	0,617

¹Erro padrão da média

Comportamento ingestivo

O comportamento ingestivo dos ovinos submetidos às dietas sofreu influência dos níveis de inclusão do resíduo de acerola. O tempo de ingestão aumentou linearmente a medida que o teor do resíduo aumentava na dieta. Já o tempo de ruminação aumentou até a inclusão de 25,24% de resíduo, reduzindo posteriormente. O tempo de ócio teve comportamento antagônico ao do tempo de ruminação, tendo o menor valor também para o nível de 25,24% de inclusão (TABELA 8).

TABELA 8. Tempo despendido (min) para ruminação, ingestão e ócio de ovinos alimentados com níveis de inclusão de resíduo da extração de polpa da acerola (RA).

Item	Níveis de resíduo de acerola (%MS)					EPM ¹	P-valor	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrático
Ingestão	166	209	254	244	252	10,69	0,004	0,111
Ruminação	344	496	516	563	554	21,58	<0,001	0,036
Ócio	930	735	670	633	634	27,67	<0,001	0,009

¹Erro padrão da média.

Não houve influência da inclusão do resíduo de acerola sobre o número de episódios de visitas ao cocho, ruminação e ócio nem para o tempo médio de duração dos episódios de ruminação. No entanto, o tempo médio de permanência do animal no cocho aumentou linearmente com a inclusão do resíduo até 32%, provocando a redução, também de forma linear, do tempo médio dos episódios de ócio (TABELA 9).

TABELA 9. Número de períodos de ingestão, ruminação e ócio e duração média de cada evento de ovinos alimentados com níveis de inclusão de resíduo da extração de polpa da acerola (RA)

Item	Níveis de resíduo de acerola (%MS)					EPM ¹	P-valor	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrático
Número de eventos/dia								
Visita ao cocho	15,60	16,60	16,80	13,40	17,40	0,78	0,944	0,723
Ruminação	26,60	32,00	32,00	29,00	30,00	1,19	0,615	0,207
Ócio	37,40	41,80	39,00	35,00	40,60	1,31	0,966	0,915
Duração média dos eventos (min)								
Visita ao cocho	10,84	13,08	15,64	16,86	16,03	0,90	0,002	0,129
Ruminação	14,01	15,78	16,24	20,55	19,18	1,39	0,084	0,831
Ócio	25,70	17,88	17,19	18,73	15,60	0,99	0,002	0,079

¹Erro padrão da média

A eficiência de ingestão de matéria seca reduziu de forma linear com a inclusão de até 32% de resíduo de acerola na dieta, o que não ocorreu com a eficiência de ingestão de FDN, que foi igual para todos os tratamentos. Já para

a eficiência de ruminação de matéria seca e de FDN houve efeito da inclusão do resíduo de forma quadrática para ambos. A eficiência de ruminação da matéria seca foi menor para a inclusão de 23,05% de resíduo de acerola. Para a eficiência de ruminação da FDN o menor valor foi para a inclusão de 18,55% de resíduo de acerola (TABELA 10).

TABELA 10. Eficiência de ingestão e ruminação da matéria seca e fibra em detergente neutro e número de mastigações meréricas de ovinos alimentados com níveis de inclusão de resíduo da extração de polpa da acerola (RA).

Item	Níveis de resíduo de acerola (%MS)					EPM ¹	P-valor	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrático
Eficiência de ingestão (g.h ⁻¹)								
MS	467,68	377,44	279,63	281,89	305,29	21,75	<0,001	0,089
FDN	127,05	129,43	103,62	111,96	135,07	6,66	0,977	0,200
Eficiência de ruminação (g.h ⁻¹)								
MS	237,12	153,07	135,28	120,60	131,63	11,53	<0,001	0,013
FDN	64,59	57,00	46,50	51,53	57,98	2,72	0,173	0,002
Mastigações meréricas								
g de MS/bolo	2,91	2,18	2,07	1,91	1,95	0,12	<0,001	0,084
Nº de bolo/dia	371,02	581,37	565,54	631,93	644,66	20,69	<0,001	0,049

¹Erro padrão da média

Para os parâmetros relacionados às mastigações meréricas, a inclusão do resíduo de acerola até 32% reduziu a quantidade de gramas de matéria seca por bolo ruminado de forma linear. Já em relação ao número de bolos ruminados por dia, a inclusão do resíduo afetou de forma quadrática esta variável, tendo para o nível de 26,92% de inclusão do resíduo o maior número de bolos/dia.

Parâmetros ruminais

A inclusão do resíduo de acerola até 32% aumentou o pH ruminal dos animais e não alterou quantitativamente a população de protozoários no líquido ruminal. Não houve interação entre os tempos de coleta do líquido ruminal para análise do pH e os níveis de inclusão do resíduo (TABELA 11).

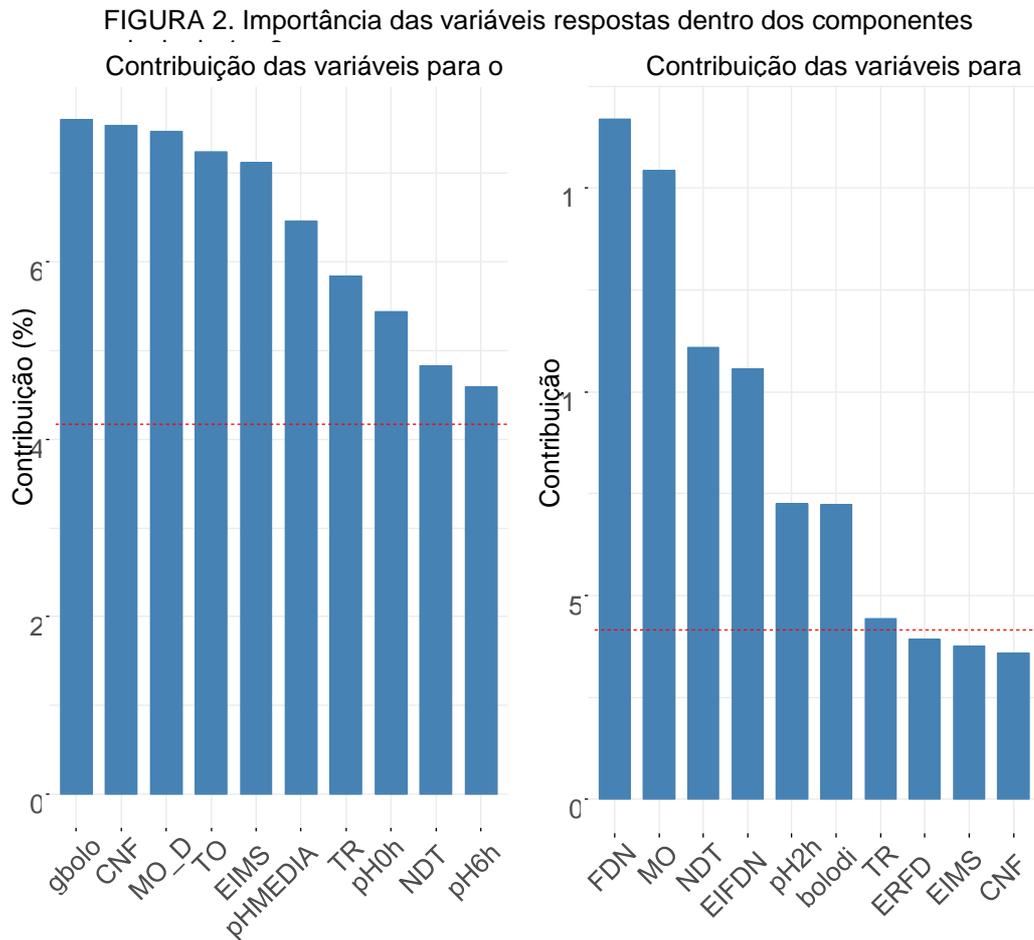
TABELA 11. pH do líquido ruminal e população de protozoários de ovinos alimentados com níveis de inclusão de resíduo da extração de polpa da acerola (RA).

Ítem	Níveis de Resíduo de acerola					EPM	P-valor		
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrática	
pH	6,25	6,36	6,40	6,52	6,67	0,035	0,016	0,929	
pH/hora ¹	0h	6,46	6,70	6,74	6,68	6,98	0,066	0,011	0,995
	2h	6,15	6,25	6,32	6,49	6,55	0,057	0,009	0,780
	4h	6,07	6,20	6,23	6,39	6,53	0,062	0,012	0,975
	6h	6,33	6,29	6,29	6,50	6,61	0,057	0,080	0,315
	Protozoários ²	4,59	4,32	3,06	2,54	2,15	0,412	0,373	0,796

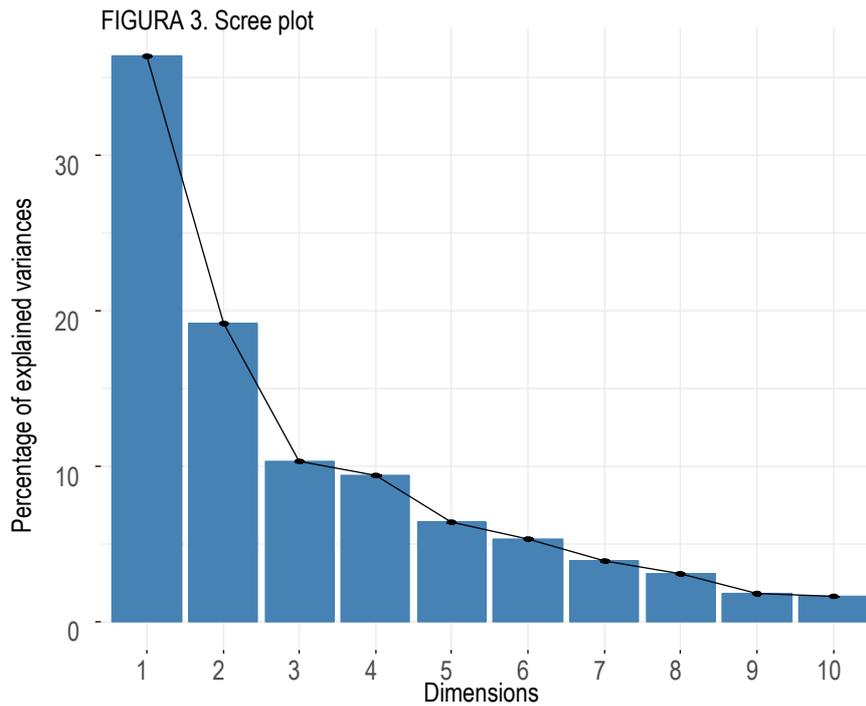
¹não houve interação entre o tempo de coleta e os níveis testados (P=0,867); ² contagem de protozoários x10⁵.mL⁻¹ de líquido ruminal

Análise multivariada

Com base nos resultados obtidos para os componentes principais (CP) (FIGURA 2), os dois primeiros CPs foram responsáveis por 56% da variação total, em que o CP1 foi responsável por 36,4 % e o segundo, CP2, por e 19,2% da variação dos dados.



Na interpretação dos resultados, optou-se por utilizar os dois primeiros componentes principais, levando-se em consideração o diagnóstico gráfico *scree plot* (FIGURA 3). Portanto, apenas o primeiro componente principal resume efetivamente a variância amostral total e pode ser utilizado para o estudo da relação entre as características de comportamento, consumo e digestibilidade.



As variáveis utilizadas foram escolhidas por possuírem correlações inferiores a $|1|$, o que poderia interferir negativamente nas análises de componentes principais, devido a problemas de multicolinearidade. (TABELA 12).

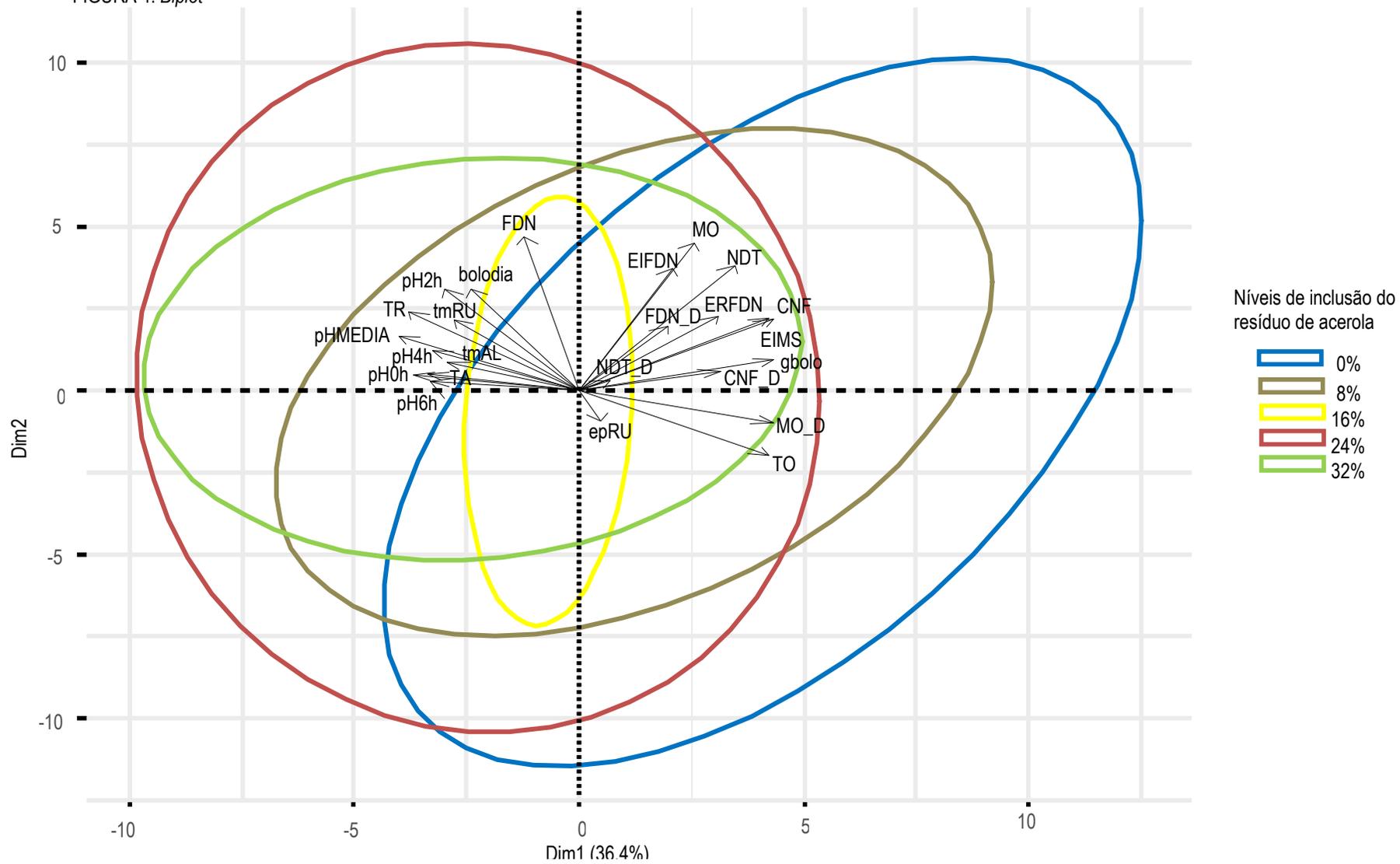
TABELA 12. Variáveis e suas siglas que foram utilizadas na análise dos componentes principais.

Sigla	Variável
bolodia	Número de bolos ruminados por dia
CNF	Consumo de CNF
CNF_D	Digestibilidade da CNF
EIFDN	Eficiência de ingestão de FDN
EIMS	Eficiência de ingestão de MS
epRU	Episódio de ruminação
ERFDN	Consumo de ERFDN
FDN	Consumo de FDN
FDN_D	Digestibilidade da FDN
gbolo	Gramas de MS por bolo ruminado
MO	Consumo de MO
MO_D	Digestibilidade da MO
NDT	Consumo de NDT
NDT_D	Nutrientes digestíveis totais
pH0h	pH do líquido ruminal antes da alimentação
pH2h	pH do líquido ruminal 2h após a alimentação
pH4h	pH do líquido ruminal 4h após a alimentação
pH6h	pH do líquido ruminal 6h após a alimentação
pHMEDIA	Média do pH do líquido ruminal
TA	Tempo dispendido para alimentação
tmAL	Tempo médio de permanência no cocho
tmRU	Tempo médio dos episódios de ruminação
TO	Tempo dispendido para ócio
TR	Tempo dispendido para ruminação

As variáveis utilizadas foram escolhidas por possuírem correlações inferiores a 1, o que poderia interferir negativamente nas análises de componentes principais, devido a problemas de multicolinearidade.

A redução do número de vinte e quatro variáveis para apenas dois componentes principais facilita o entendimento do efeito dos níveis de inclusão de acerola testados sobre as características, que pode ser verificado pelo tamanho das elipses e as variáveis que estão contidas. Além disto, é possível analisar a correlação das variáveis nas duas dimensões analisadas levando em consideração via análise gráfica do *biplot* (FIGURA 4), onde o comprimento das setas relacionada a cada característica é proporcional à sua importância e o ângulo entre uma determinada seta e cada eixo de ordenação representa o seu grau de correlação com o eixo.

FIGURA 4. Biplot



Discussão

O processo de desidratação ao sol dos resíduos não provocou superaquecimento ao ponto de alcançar a temperatura necessária para que ocorresse a reação de Maillard, o que poderia alterar a qualidade do alimento. A reação de Maillard ou glicação consiste na condensação do grupo carbonila do açúcar redutor juntamente com o grupamento amino livre (aminoácidos, peptídeos ou proteínas) e ocorre através do ataque nucleofílico do par de elétrons do nitrogênio do grupo amino. Desta forma ocorre a complexação da proteína com o carboidrato formando um composto indisponível. Esta reação pode ser afetada por diversos fatores, entre eles a temperatura. A velocidade desta reação é lenta em temperaturas baixas, porém é praticamente duplicada a cada aumento de 10°C entre 40°C e 70°C (FRANCISQUINI *et al.*, 2017).

Durante o processo de desidratação o resíduo de acerola foi revolvidos três vezes ao dia, com intuito de potencializar a desidratação. Este processo, além das condições climáticas locais, impediu que o material fermentasse pela ação de microrganismos deletérios e provocasse a elevação da temperatura interna dos resíduos, o que pode ser verificado pela não elevação da temperatura interna em relação a ambiente acima de 2°C (JOBIM *et al.*, 2007).

O resíduo de acerola foi incluído em níveis em relação à matéria seca da dieta total. Na formulação este resíduo substitui principalmente o milho na composição das rações. Desta forma a medida que aumentavam os níveis de inclusão do resíduo na dieta, aumentava-se também os níveis de FDN e diminuía os níveis de CNF. Como o consumo de matéria seca não foi afetado, o consumo de FDN aumentou proporcionalmente com os níveis de inclusão do resíduo, o que, por efeito de correlação, diminuiu o consumo de CNF, já que também houve redução deste nutriente na dieta.

Na formulação das dietas o farelo de soja continuou sendo a principal fonte de PB ofertada aos animais. Foi observado que na dieta efetivamente consumida, a quantidade de PB consumida foi superior a ofertada, demonstrando que em todos os tratamentos os animais não deixaram de consumir a mistura concentrada. Na composição da dieta efetivamente consumida também foi observado que o consumo de FDN, EE e CNF apresentaram os mesmos comportamentos do consumo diário em grama por dia.

A não influência da inclusão do resíduo de acerola na dieta no consumo da proteína bruta também resultou na não influência no balanço de nitrogênio dos ovinos. Como o farelo de soja foi a principal fonte de PB na dieta, todos os animais tiveram acesso ao mesmo perfil proteico, o que resultou na igualdade da quantidade de nitrogênio ingerido, excretado nas fezes e na urina e conseqüentemente na mesma quantidade de nitrogênio retido.

Os animais ruminantes conseguem alterar as taxas de excreção de compostos nitrogenados na urina e nas fezes em função da quantidade de nitrogênio ingerido, desta forma os animais que consomem menos nitrogênio também podem excretar menos nitrogênio como estratégia para conseguir o máximo aproveitamento da dieta consumida (Van Soest, 1994; Marini *et al.*, 2004). Porém como as quantidades de nitrogênio consumido e excretado foram as mesmas, isso não foi observado no presente estudo.

Com exceção do coeficiente de digestibilidade da PB, as digestibilidades de todos os outros nutrientes reduziram de forma linear com a inclusão de até 32% do resíduo de acerola. A conseqüente queda da digestibilidade dos nutrientes e redução do consumo de CNF e EE resultaram também na redução linear do consumo de NDT.

A redução da digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos causada pela inclusão do resíduo de acerola até 32% pode ser causada pela ação dos compostos fenólicos presentes no resíduo de acerola. Segundo Marques *et al.* (2016) o resíduo de acerola possui compostos fenólicos que agem de forma inibitória sobre as enzimas α -amilase e α -glicosidase em humanos, o que reduz a digestão do amido e promover o esvaziamento gástrico.

Animais confinados podem dispender em torno de uma hora consumindo alimentos ricos em energia, ou seis horas ou mais, para fontes com baixo teor de energia e alto em FDN (SILVA e NEUMANN, 2012). Da mesma forma, o tempo despendido em ruminação é influenciado pela natureza da dieta e, provavelmente, é proporcional ao teor de parede celular dos volumosos. Segundo Van Soest (1994) quanto maior a participação de alimentos volumosos na dieta, maior será o tempo despendido com ruminação. O que corrobora com os resultados encontrados neste trabalho, aumento linear do consumo de FDN e conseqüente aumento linear do tempo de alimentação e de ruminação.

O maior tempo dispendido para alimentação não implica no maior consumo de MS, mas sim na maior permanência do animal no cocho, o que pode ser observado com o aumento linear do tempo de duração dos episódios de visita ao cocho dos animais com a inclusão de até 32% do resíduo de acerola. Outra variável que demonstra este efeito é a redução linear da eficiência dos ovinos em ingerir matéria seca.

Os valores encontrados para o pH ruminal estão dentro da faixa de normalidade descrita por Dirksen (1993) que é entre 5,5 e 7,4, podendo variar ao longo do dia, de acordo com o alimento administrado e com o intervalo de tempo da última alimentação, fato este que foi observado no presente estudo.

O resíduo de acerola, segundo Rezende *et al.* (2017) possui compostos fenólicos, flavonóides e outros compostos antioxidantes, que podem inibir o crescimento de protozoários (FREITAS *et al.*, 2017). Porém este efeito não foi observado com a inclusão de até 32% do resíduo de acerola de forma quantitativa na população de protozoários. Outro fator que pode ter contribuído para a manutenção da população de protozoários foi a não redução do pH ruminal, que segundo Dayani *et al.* (2007) pode diminuir a quantidade de protozoários quando atinge baixos valores .

Yesilbag *et al.* (2016) trabalhando com óleo essencial de junípero como fonte de antioxidantes para caprinos não encontrou alterações na população total de protozoários, mas encontrou diferenças nas populações de diferentes gêneros. Assim sendo, os antioxidantes presentes no resíduo de acerola podem ter alterado a população de protozoários de forma qualitativa, alterando as proporções das espécies, o que deve ser estudado em estudos futuros.

Os níveis de inclusão do resíduo de acerola é um fator quantitativo, que requer regressão para estimar-se equações que expliquem os efeitos significativos quando a ANOVA indica diferença entre os níveis testados. Porém quando observamos a análise multivariada é possível verificar que para as variáveis referentes ao consumo e digestibilidade os níveis de 0 e 8% de inclusão do resíduo são semelhantes, pois a elipse do tratamento 8% está contida na elipse do tratamento testemunha, com ambas englobando estas variáveis, o que demonstrando que a inclusão de 8% de resíduo não influenciou estes parâmetros.

A maior parte das elipses dos tratamentos 0 e 8% estão nos mesmos quadrantes do gráfico, o que representa que ambas são correlacionadas positivamente. Desta forma, levando em consideração o tamanho dos vetores das variáveis, as elipses dos tratamentos e as correlações entre eles, é possível concluir que a inclusão de 8% do resíduo de acerola não alterou os parâmetros do consumo e digestibilidade, porém aumentou o pH do líquido ruminal. Dietas contendo 60% de concentrado podem provocar problemas metabólicos como acidose ou timpanismo, pois a fermentação de grandes quantidades de substratos prontamente fermentáveis pode levar a mudanças drásticas nas condições ruminais, como a queda do pH (Lettat *et al.*, 2010).

A elevação do pH do líquido ruminal foi promovido devido ao aumento do consumo de FDN que resultou em maior tempo dispendido para a atividade de ruminação, maior tempo de duração dos episódios de ruminação e maior quantidade de bolos ruminados. Observando também os vetores da FIGURA X podemos verificar também que quanto menor a digestibilidade da fibra e eficiência de ingestão e ruminação da FDN, menos o consumo de NDT e MO, e conseqüentemente, menor também será o consumo NDT da dieta.

Na análise dos resultados dos componentes principais, apenas o primeiro componente principal resume efetivamente a variância amostral total e pode ser utilizado para o estudo da relação entre as características de comportamento, consumo e digestibilidade.

O CP1 é caracterizado pelas variáveis gbolo, CNF, MO_D, TO, sendo as variáveis mais importantes, e pode ser usado para distinguir os níveis de inclusão do resíduo de acerola. Uma associação pode ser observada entre essas variáveis, sendo fortemente correlacionados positivamente entre si. Já o CP2 é caracterizado pelas variáveis FDN, MO, NDT, EIFDN.

Conclusão

A inclusão do resíduo de acerola até 32% reduz a digestibilidade dos nutrientes, aumenta o pH ruminal e estimula a ruminação quando incluído na mistura concentrada. Estudos utilizando este alimento como fonte de fibra e avaliando o ganho de peso são mais recomendados, já que a inclusão deste resíduo na dieta completa em detrimento do milho, trocando CNF por FDN reduziu a quantidade de nutrientes digestíveis totais, o que pode afetar negativamente o desempenho animal.

CAPÍTULO 2 – ARTIGO 1 “Consumo, digestibilidade e fermentação ruminal em ovinos alimentados com resíduo da extração da polpa do umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam)”

Artigo a ser submetido ao Periódico Semina: Ciências Agrárias, Qualis B2 na Área Zootecnia/Recursos Pesqueiros.

Consumo, digestibilidade e fermentação ruminal de ovinos alimentados com resíduo da extração da polpa do umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam)

Pedro Henrique Soares Mazza*; Soraya Maria Palma Luz Jaeger; Ronaldo Lopes Oliveira

E-mail: pedromazza@outlook.com

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar a inclusão de até 32% do resíduo da extração da polpa do umbu desidratado na dieta completa sobre o consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo e parâmetros ruminiais de ovinos. O resíduo de umbu foi proveniente da indústria de polpa de frutas e foi desidratada ao sol, sendo avaliada a curva de desidratação nas condições locais. Foram testados os níveis de inclusão de 0; 8; 16; 24 e 32% na dieta total. Para a avaliação do consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio e comportamento ingestivo foram utilizados 25 ovinos distribuídos num delineamento inteiramente casualizado com duração de 21 dias. Para avaliação do pH ruminal e da população total de protozoários foram utilizados 5 ovinos fistulados distribuídos em quadrado latino 5X5 com duração de 75 dias (5 períodos de 15 dias). Foram analisados o pH ruminal imediatamente antes e 2, 4 e 6h após o fornecimento da alimentação e contabilizado a população de protozoários 4h após a alimentação. O consumo de MS, MO, PB e NDT e digestibilidade da PB e EE, população de protozoários não alteraram com a inclusão do resíduo de umbu. A digestibilidade da MS, MO, FDN, CNF e NDT e população de protozoários reduziram linearmente. A inclusão de até 32% do resíduo aumentou linearmente a eficiência de ingestão e ruminação de FDN

e o pH ruminal. O resíduo de umbu pode ser fonte de antioxidantes e FDN para os ruminantes, porém quando incluído na mistura concentrada da dieta completa prejudica a digestibilidade dos nutrientes.

Palavras-chave: alimento alternativo, pH ruminal, Nutrientes Digestíveis Totais

Introdução

A polpa do umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam) ou até mesmo os resíduos provenientes da extração da polpa do fruto possuem compostos como: ácido ascórbico, compostos fenólicos e carotenoides, apresentam potencial antioxidante. Os fitoquímicos existentes na composição destes frutos agem retardando a velocidade da reação de oxidação e podem ser vistos como ingredientes promissores para a extração de compostos bioativos, com possibilidade de aplicação em alimentos como antioxidante natural (SILVA *et al.*, 2014).

O umbu é uma fruta nativa da região nordeste do Brasil. Por ser uma fruta considerada um produto de extração vegetal não cultivado, a sua extração contribui significativamente como renda adicional para as famílias rurais do semiárido brasileiro (LIMA *et al.*, 2018).

O fruto é composto de casca amarelo-esverdeada e polpa branco-esverdeada, mole, succulenta e de sabor agridoce agradável, rica em vitamina C e sais minerais. Seus frutos são constituídos, em média, por 22% de casca, 68% de polpa e 10% de caroço, sendo o seu resíduo composto na sua maioria por casca e caroço (FOLEGATTI *et al.*, 2003).

Os estudos realizados até o presente momento com umbu são escassos. São necessários mais estudos que investiguem detalhadamente a composição química desta fruta, destacando o conteúdo de compostos com valor nutricional e ou que protegem a saúde do consumidor (LIMA *et al.*, 2018).

Devido a escarcas de trabalhos que utilizam o resíduo de umbu na dieta completa para ruminantes, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão de até 32% do resíduo de umbu desidratado na dieta completa sobre o consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo e parâmetros ruminais de ovinos mestiços.

Material e métodos

O presente estudo foi conduzido após a submissão e avaliação do projeto de pesquisa à Comissão de Ética no Uso de Animais da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia registrado com o número 18/2016, de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

Local

ensaio experimental foi conduzido no aprisco da fazenda Experimental da Universidade Federal da Bahia, localizada no distrito de Mercês no município de São Gonçalo dos Campos, Bahia, Brasil de outubro de 2016 a fevereiro de 2017. A região de São Gonçalo dos Campos possui, segundo classificação de Köppen e Geiger, clima Aw com temperatura média de 23,2 °C e pluviosidade média anual de 1079 mm.

Avaliação do processo de desidratação do resíduo

O resíduo de umbu utilizado foi proveniente de doação da agroindústria de polpa de frutas localizada no município de Feira de Santana, Bahia, sendo este adquirido na forma única em outubro de 2016.

Logo após a chegada do material para o processo de desidratação ao sol, foi coletada amostras representativas para determinação na matéria seca inicial. Posteriormente o resíduo foi espalhado sobre lonas plásticas em terreno plano e exposto ao sol em camada única e uniforme de 4 cm, ficando exposto das 8:00h até as 18:00h, sendo coberto por lona plástica durante alterações climáticas e a noite. O revolvimento do resíduo foi feito três vezes ao dia manualmente para que a desidratação fosse homogenia.

Durante o processo de desidratação foi observado a temperatura ambiente (com termohigrômetro digital) e avaliada em três pontos distintos de forma aleatória a temperatura interna do resíduo (com termômetro de álcool) e coletada 100g do material para determinação da MS a cada 1h, no primeiro dia, e posteriormente a cada 2h. O processo de desidratação foi interrompido quando o material alcançou teor de matéria seca superior a 80%, para que fosse possível a moagem no triturador forrageiro.

Os dados coletados foram plotados utilizando o Microsoft Excel 2010® para compor o gráfico com os dados climatológicos, temperatura do resíduo e teor de matéria seca do resíduo, obtendo assim a curva de desidratação nas condições climáticas locais.

Dietas

As dietas experimentais foram formuladas com base na exigência de ovinos machos em crescimento para ganho médio diário de 200g do NRC (2007). As dietas completas tiveram proporção de 40% de volumoso e 60% de concentrado composto de milho moído, farelo de soja, sal mineral e resíduo de polpa de umbu seco e moído (TABELA 1).

TABELA 31 Composição química dos ingredientes em g.kg⁻¹ utilizados para compor a dieta completa contendo resíduo da extração de polpa de Umbu.

Item	Ingredientes			
	Umbu	Milho	Farelo de soja	Feno
Matéria seca	904,0	891,3	895,3	867,5
Matéria mineral	34,1	9,9	68,9	82,3
Proteína bruta	46,5	77,6	480,9	52,7
Extrato etéreo	17,4	35,1	28,7	9,0
Fibra em detergente neutro ¹	596,4	115,1	107,2	767,6
PIDN ²	281,8	222,8	119,2	452,4
PIDA ³	135,2	101,8	42,7	95,6
Carboidratos não fibrosos	305,5	762,2	314,3	88,4
Celulose	354,0	11,8	38,7	258,5
Hemicelulose	211,0	91,1	55,1	462,4
Lignina	31,6	12,2	13,4	46,7

¹corrigido para cinzas e proteína; ²proteína insolúvel em detergente neutro com base na proteína bruta; ³ proteína insolúvel em detergente ácido com base na proteína bruta.

O resíduo de umbu desidratado e moído (3 mm) foi incluído com base da matéria seca da dieta total nos níveis de 0; 8; 16; 24 e 32% (TABELA 2). O volumoso utilizado foi feno de Tifton-85 (*Cynodon sp*) moído em partícula de aproximadamente 5cm. Os ovinos receberam alimentação duas vezes ao dia, às 8:00h e 15:00h, os ajustes de consumo foram feitos por meio de pesagem diária das sobras de forma a garantir entre 10% e 20% de sobras. O fornecimento de água foi *ad libitum*.

TABELA 2. Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais utilizadas na alimentação de ovinos alimentados com resíduos da extração da polpa de umbu.

Ítem	Níveis de inclusão do resíduo de Umbu				
	0%	8%	16%	24%	32%
Minho	37,5	29,0	20,5	12,0	3,5
Farelo de soja	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0
Umbu	0,0	8,0	16,0	24,0	32,0
Feno	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Sal mineral	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Composição química da dieta (g.kg ⁻¹)					
Matéria seca	893,9	894,7	895,5	896,3	897,1
Matéria orgânica	66,1	68,3	70,6	72,8	75,0
Proteína bruta	151,2	150,7	150,2	149,8	149,3
Extrato etéreo	22,8	21,3	19,9	18,4	17,0
Fibra em detergente neutro ¹	372,7	411,2	449,6	488,1	526,6
Carboidratos não fibrosos	387,2	348,4	309,7	270,9	232,1

¹corrigido para cinzas e proteína.

Os teores de NDT descritos na Tabela 2 foram calculados conforme as fórmulas de estimativas de digestibilidade de cada fração analítica (NRC, 2001):

$$\text{CNFD} = 0,98(\% \text{CNF})$$

$$\text{PBD} = \% \text{PB} \times [1 - (0,4 \times \text{PIDA}/\text{PB})]$$

$$\text{EED} = \% \text{EE} - 1$$

$$\text{FDND} = 0,75 \times (\% \text{FDNp} - \% \text{Lignina}) \times [1 - (\% \text{Lignina}/\% \text{FDNp})^{0,667}] - 7$$

Em que: CNFD = carboidratos não-fibrosos digestíveis; PBD= Proteína bruta digestível; EED=Extrato etéreo digestível; FDND= fibra em detergente neutro digestível; FDNp= Fibra em detergente neutro corrigida para proteína.

Após a estimativa das frações analíticas digestíveis, foi estimado o NDT conforme a seguinte equação:

$$\text{NDT} = \text{PBD} + (2,25 \times \text{EED}) + \text{FDND} + \text{CNFD}$$

Em que: NDT= Nutrientes digestíveis totais, estimados conforme NRC (2001).

Consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio

Para a determinação do consumo, digestibilidade in vivo e balanço de nitrogênio foram utilizados 25 ovinos machos não-castrados, com média de seis meses de idade e peso inicial médio de 40,82±4,17 kg. Os ovinos foram distribuídos num arranjo inteiramente casualizado (5 tratamentos com 5

repetições). Os animais foram alojados, individualmente, em gaiolas metabólicas providas de bebedouros, comedouros e compartimentos para coleta total de fezes e urina. O experimento teve duração total de 21 dias, sendo 14 dias de adaptação dos animais ao ambiente, manejo e dietas e 7 dias para coleta de amostras de sobras, fezes e urina.

Para determinar a digestibilidade dos nutrientes as fezes foram quantificadas e coletadas (coleta total em gaiolas) durante sete dias, assim como as sobras para determinação do consumo e digestibilidade dos nutrientes. O consumo dos nutrientes foi obtido pela diferença entre o total de cada nutriente ofertado na dieta e o total de cada nutriente contido nas sobras e expressos em gramas por dia ($\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}$).

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente foi utilizada a equação: $\text{CD} = [(\text{g do nutriente ou fração analítica ingerida} - \text{g do nutriente ou fração analítica excretada nas fezes}) / (\text{g do nutriente ou fração analítica ingerida})] \times 100$. A estimativa de consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) foi obtida a partir da diferença entre consumido e o recuperado nas fezes de cada nutriente, com base na matéria seca, conforme a equação de Sniffen *et al.* (1992) pela equação: $\text{CNDT (kg)} = (\text{PB digestível}) + (2,25 \cdot \text{EE digestível}) + (\text{CNF digestível}) + (\text{FDN digestível})$.

Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos a partir da seguinte equação:

$$\text{NDT (\%)} = (\text{Consumo de NDT} / \text{Consumo de MS}) \times 100.$$

A composição química do alimento efetivamente consumido foi obtida por meio da divisão do consumo de cada nutriente pelo consumo de MS e o quociente foi então multiplicado por 100.

As amostras dos alimentos utilizados para compor as dietas experimentais, as sobras e as fezes foram secas em estufa de circulação forçada de ar, a 55°C , durante 72 horas. Posteriormente, todos os alimentos foram processados em moinho de facas tipo Wiley, utilizando-se peneira com crivos de 1 mm e analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS) foi realizada segundo método 967.03 (AOAC, 1990), da matéria mineral (MM) pelo método 942.05 (AOAC, 1990), da proteína bruta (PB) pelo método 981.10 (AOAC, 1990), extrato etéreo (EE) pelo método 920.29 (AOAC, 1990).

Para as análises para a determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) utilizou-se metodologia de Van Soest *et al.* (1991) com modificações propostas por Senger *et al.* (2008). O teor de FDN foi corrigido para cinzas e proteína e, para tal, o resíduo da fervura em detergente neutro foi incinerado em mufla a 600° C por 4 horas, e a correção para proteína foi efetuada descontando-se o teor de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN). A lignina foi determinada conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), a partir do tratamento do resíduo de FDA com ácido sulfúrico a 72%.

Os carboidratos não-fibrosos (CNF) dos ingredientes foram calculados de acordo com Mertens (1997), considerando no cálculo o valor de FND corrigido para cinzas e proteína. O teor de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram obtidos segundo recomendações de Licitra *et al.* (1996).

As coletas de urina total foram realizadas diariamente, do 15° ao 21° dia do período experimental, utilizando-se recipiente contendo 50 mL de uma solução de ácido sulfúrico a 20%. Ao término de cada período de 24 horas de coleta, foi verificada o pH da urina e retirada uma alíquota de 10% do volume diário. As amostras foram constituídas mantidas em pH abaixo de três para evitar a destruição bacteriana dos metabólitos presentes na urina e, logo após, foram armazenadas em frascos plásticos a -20°C, as quais foram destinadas à quantificação das concentrações urinárias de nitrogênio total. Uma alíquota de 10 mL da urina a qual foi adicionada em frasco com 40 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 0,036 N para posteriores análises de ácido úrico e ureia, foram armazenadas em frascos plásticos a -10°C para análises posteriores. O balanço de nitrogênio, expresso em quantidades diárias de compostos nitrogenados, foi calculado pela equação: $N \text{ retido (g.dia}^{-1}) = N \text{ ingerido (g.dia}^{-1}) - N \text{ fecal (g.dia}^{-1}) - N \text{ urinário (g.dia}^{-1})$.

Comportamento ingestivo

Ao final do período de coleta da digestibilidade, no 21° dia experimental foi realizada observação de cada animal, individualmente, durante período de 24h em intervalos de cinco minutos, segundo metodologia proposta por Johnson & Combs (1991). Foram registrados o número das mastigações (movimentos

merícos) e o número de bolos ruminados por dia. Adicionalmente, também foram contabilizados o tempo dispendido e o número de mastigações realizadas em cada bolo ruminal, por animal. A eficiência de ingestão (EI), eficiência de ruminação (ER), o tempo total de mastigação (TTM, h/dia), assim como a soma do tempo de ingestão e ruminação (TI e TR) foram determinados segundo Burger *et al.* (2000). Os resultados dos parâmetros comportamentais avaliados foram obtidos utilizando-se as seguintes equações:

$$\text{NBR} = \text{TR}/\text{NM};$$

$$\text{NR} = \text{NBR} \times \text{NM};$$

$$\text{EIMS} = \text{CMS}/\text{TI};$$

$$\text{EIFDN} = \text{CFDN}/\text{TI} \quad \text{ERMS} = \text{CMS}/\text{TR};$$

$$\text{ERFDN} = \text{CFDN}/\text{TR} \quad \text{TTM} = \text{TI} + \text{TR},$$

Onde NBR = número de bolos ruminais; NM = número de mastigações por dia; EIMS = Eficiência de ingestão da MS (g de MS ingerida/h); EIFDN = Eficiência de ingestão da FDN (g de FDN ingerida/h); CMS (g) = consumo de MS, CFDN (g) = consumo de FDN; ERMS = Eficiência de ruminação da MS (g de MS ruminada/h); ERFDN = eficiência de ruminação da FDN (g de FDN ruminada/h), TTM = tempo total de mastigação (h/dia).

Parâmetros ruminais

Foram utilizados 5 ovinos Santa Inês, com idade aproximada de 12 meses, adultos, não-castrados, com aproximadamente $40 \pm 3,70$ kg de peso corporal, fistulados e canulados no rúmen, distribuídos em um quadrado latino 5X5 (5 tratamentos e 5 períodos). Os animais foram alojados individualmente em baias com piso suspenso de madeira ripada, providas de bebedouros e comedouros.

O experimento com os ovinos fistulados teve duração de 75 dias divididos em 5 períodos, com 15 dias cada. Cada período foi dividido em 14 dias de adaptação às dietas e 1 dia de coleta de líquido ruminal. Os animais receberam alimento duas vezes ao dia (8:00h e 15:00h), a oferta foi feita de forma a garantir entre 10 % e 20% de sobras. O fornecimento de água foi ad libitum. As dietas utilizadas foram as mesmas formuladas para os experimentos de digestibilidade.

No 15º dia de cada período experimental, amostras de líquido ruminal (250 mL) foram manualmente coletadas imediatamente antes e 2, 4 e 6 horas após o

fornecimento da alimentação. As análises de pH foram feitas imediatamente após as coletas, utilizando-se potenciômetro digital.

Parte do total de líquido ruminal coletado, 50 mL, foi misturado (1:1, v/v) com uma solução de 50% de formalina para contagem de protozoários de acordo com o método descrito por D'Agosto e Carneiro (1999).

Análises estatísticas

Os valores obtidos foram submetidos ao teste de normalidade das variáveis através da análise dos resíduos. Quando atendidos o pressuposto da normalidade os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e teste de regressão (com 5% de significância) com a utilização do pacote ExpDes no software R i386 3.3.1®.

As análises estatísticas para os parâmetros de consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo e balanço de nitrogênio foram conduzidas seguindo um delineamento inteiramente casualizado, com cinco níveis de inclusão do resíduo (0, 8, 16, 24 e 32%) e cinco repetições, segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + s_i + e_{ij};$$

Onde, Y_{ij} = valor observado; μ = média geral; s_i = efeito dos níveis de inclusão do resíduo, e e_{ij} = efeito do erro experimental nas parcelas.

Para os parâmetros de pH e contagem de protozoários, as análises foram conduzidas seguindo o delineamento em quadrado latino de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = m + l_i + c_j + tk(ij) + e_{ijk} ,$$

Onde, Y_{ijk} = valor observado na unidade experimental que recebeu o tratamento k (na linha i e coluna j); m = efeito da média geral; l_i = efeito do linha i (animal); c_j = efeito do coluna j (período); $tk(ij)$ = efeito do tratamento k aplicado na linha i e coluna j (níveis de inclusão do resíduo, 0, 8, 16, 24, 32%); e_{ijk} = erro aleatório (resíduo).

Uma abordagem multivariada também foi adotada para melhor esclarecer o efeito dos 5 tratamentos dietéticos, utilizando um conjunto de dados obtidos a partir dos dois experimentos realizados. Os dados foram analisados por meio de Análise de Componentes Principais (ACP), a qual consiste essencialmente em transformar as n-variáveis originais em um novo conjunto de variáveis, sendo combinações lineares, cuja principal característica, além da ortogonalidade, é

que são obtidas em ordem decrescente de máxima variância. As variáveis foram padronizadas segundo a Equação 1:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s}$$

Em que z é o valor padronizado de x , \bar{x} é a média da característica, e s é o respectivo desvio padrão.

Em um conjunto de dados com p variáveis, o vetor aleatório $x' = [x_1, x_2, \dots, x_p]$ que tem matriz de correlação R com os pares autovalor-autovetor (λ_i, e_i) , para $i = 1, 2, \dots, p$, em que $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ (RENCHEER, 2002). O i -ésimo componente principal é dado pela Equação 2

$$PC_i = e_i^t x = e_{i1}x_1 + e_{i2}x_2 + \dots + e_{ip}x_p$$

Em que e_{ip} é o p -ésimo autovetor e x é o p -ésimo valor da variável original.

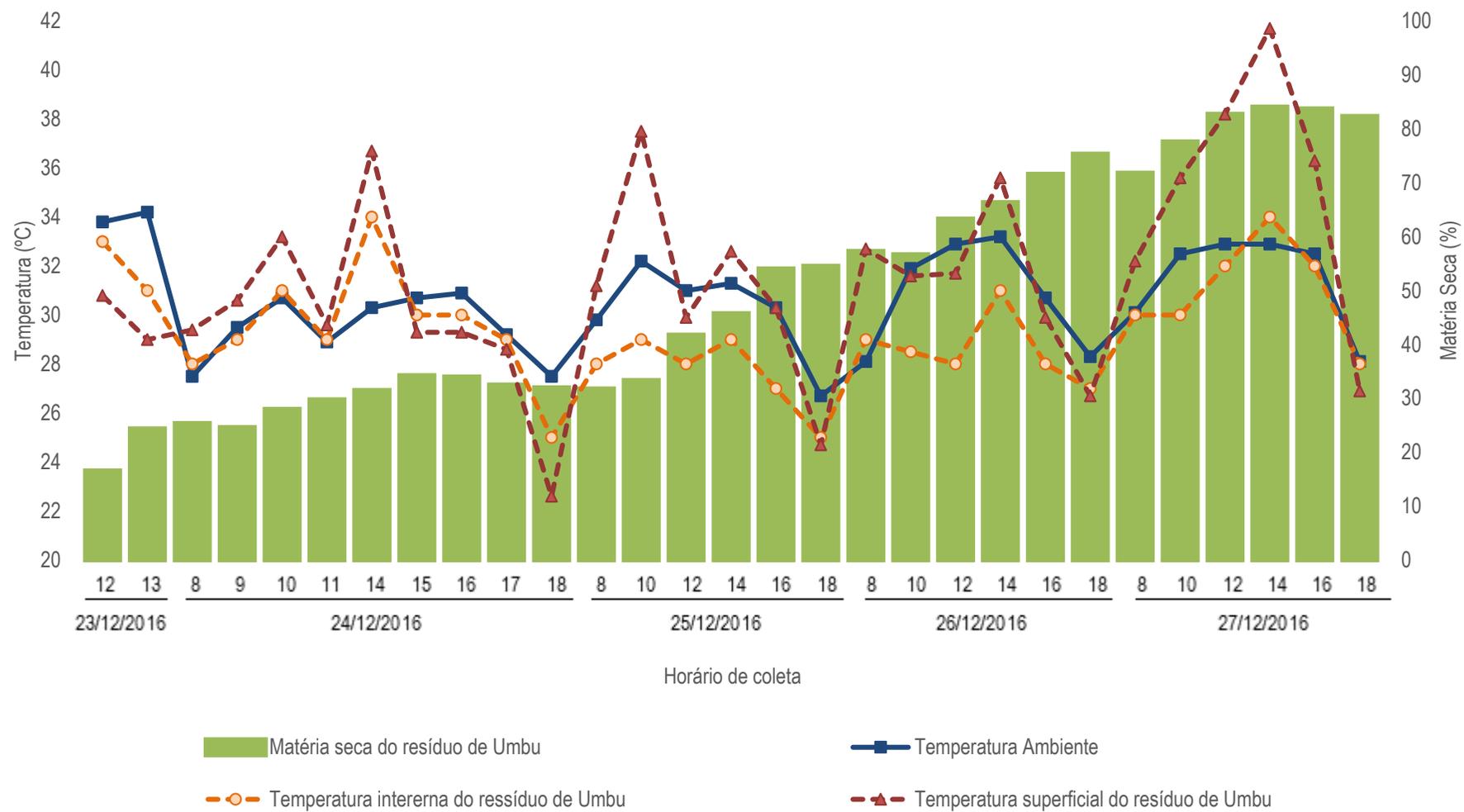
A matriz de correlação entre todas as variáveis foi avaliada, fez-se avaliação da multicolinearidade entre as características para avaliar a dependência linear entre as variáveis, que pode redundar em matrizes singulares ou mal condicionadas. As análises dos dados foram conduzidas por meio dos pacotes estatísticos R Core Team (2018) ®.

Resultados

Avaliação do processo de desidratação do resíduo

Para a desidratação do resíduo da extração da polpa do umbu foram necessárias 41 horas de exposição ao sol e às condições climáticas locais distribuídos em quatro dias corridos. Ao início do processo de desidratação o resíduo apresentou 14,98% de matéria seca e ao final, apresentou o teor de 80,79% de matéria seca (FIGURA 1).

FIGURA 1. Parâmetros ambientais e temperatura do resíduo da extração da polpa de umbu.



Para a temperatura superficial do resíduo, o maior valor encontrado foi o de 41,70°C às 14h do quarto dia de processamento (27/12/2016) e a menor foi o de 22,60°C às 18h do segundo dia de processamento (24/12/2016), com média de 31,53°C. Já para a temperatura interna do resíduo, a maior temperatura foi 34,00°C às 14h do segundo dia de processamento (24/12/2016) e a menor, 25,00°C as 18h do mesmo dia, com média de 29,40°C (FIGURA 1).

Consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio

A inclusão do resíduo da extração da polpa do umbu na dieta total de ovinos até 32% não alterou os consumos de matéria seca em kg.dia⁻¹ e nem em relação ao peso corporal. Os níveis testados também não alteraram o consumo de matéria orgânica, de proteína bruta e de NDT. Contudo, os consumos de extrato etéreo e de carboidratos não fibrosos reduziram linearmente (TABELA 3).

TABELA 3. Consumo média diário de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) de ovinos alimentados com rações contendo resíduo da extração de polpa de UMBU (RU).

Ítem	Níveis de Resíduo de Umbu (%MS)					EPM ¹	P-valor	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrático
	Consumo (g.dia ⁻¹)							
MS	1504,05	1436,49	1359,53	1449,84	1299,75	50,08	0,722	0,854
MO	1404,10	1337,60	1260,38	1338,89	1196,31	55,04	0,733	0,754
PB	244,19	230,99	223,61	240,77	200,75	9,10	0,623	0,654
FDN ^{cp}	388,37	540,74	552,30	640,59	647,42	30,85	0,004	0,346
EE	38,94	36,88	30,87	31,23	26,33	1,40	0,002	0,915
CNF	625,69	559,63	454,17	426,67	295,10	27,52	<0,001	0,717
NDT	1158,86	1109,89	966,92	970,72	943,11	50,83	0,125	0,600
	Consumo (%PC)							
MS	3,56	3,37	3,47	3,37	3,21	0,09	0,544	0,853
FDN ^{cp}	1,18	1,27	1,41	1,56	1,59	0,04	<0,001	0,679

¹Erro padrão da média; ^{cp} Corrigido para cinzas e proteína.

Os nutrientes efetivamente consumidos pelos animais (Tabela 4) sofreram influência da inclusão do resíduo de umbu nas dietas e demonstram que não houve seleção do volumoso em detrimento ao concentrado, o que pode ser observado pela semelhança entre os tratamentos na proporção de proteína bruta efetivamente consumida. O consumo efetivo de FDN sofreu efeito linear crescente com a inclusão do resíduo na dieta, acompanhando a quantidade de FDN ofertado na dieta, bem como o consumo efetivo de EE e CNF que reduziram linearmente.

TABELA 4. Composição da dieta efetivamente consumida por ovinos alimentados com rações contendo resíduo da extração de polpa de Umbu.

Ítem	Níveis de Resíduo de Umbu (%MS)					EPM ¹	P-valor	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrático
MO	93,37	93,13	92,71	92,31	92,07	0,11	0,388	0,966
PB	16,56	16,07	16,43	16,63	15,38	0,18	0,143	0,244
FDN	31,65	37,66	40,62	44,09	49,85	1,28	<0,001	0,777
EE	2,70	2,45	2,27	2,15	2,04	0,05	<0,001	0,069
CNF	42,54	37,02	33,42	29,46	24,82	1,26	<0,001	0,380

¹Erro padrão da média

A inclusão do resíduo de Umbu também alterou a digestibilidade dos nutrientes (TABELA 5). Houve redução linear da digestibilidade da MS, MO, FDN e CNF. A quantidade de Nutrientes digestíveis totais em função do consumo de matéria seca também reduziu linearmente com a inclusão do resíduo. O coeficiente de digestibilidade da PB e do EE não sofreram influência da inclusão de até 32% do resíduo de umbu.

TABELA 5. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) de dietas consumidas por ovinos alimentados com rações contendo resíduo da extração de polpa do Umbu.

Item	Níveis de Resíduo de Umbu (%MS)					EPM ¹	P-valor	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrática
MS	78,68	73,52	73,25	70,71	68,28	2,06	0,001	0,678
MO	78,20	75,11	74,53	69,51	69,58	1,89	0,004	0,694
PB	79,86	76,84	77,67	74,53	75,62	1,15	0,875	0,628
FDN ^{cp}	72,58	68,48	68,32	66,92	66,81	2,06	0,001	0,862
EE	70,83	72,31	71,16	70,87	71,07	1,83	0,904	0,895
CNF	83,93	82,80	79,45	75,66	75,04	2,50	<0,001	0,607
NDT	68,50	61,97	54,79	54,79	52,45	1,53	<0,001	0,063

¹Erro padrão da média; ^{cp} Corrigido para cinzas e proteína.

A inclusão do resíduo de umbu até 32% não afetou o balanço nitrogenado dos ovinos, o que resultou na igualdade da quantidade de nitrogênio retido e excretado na urina (TABELA 6).

TABELA 6. Balanço de nitrogênio em ovinos submetidos a dietas com níveis de inclusão de da extração de polpa do Umbu.

Item	Níveis de Resíduo de Umbu (%MS)					EPM ¹	Valor-P	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrático
Nitrogênio (g.dia-1)								
Ingerido	31,81	36,96	35,78	38,52	32,12	1,58	0,852	0,175
Fezes	7,43	8,58	7,87	9,34	7,45	0,32	0,713	0,145
Urina	13,89	15,54	18,33	21,24	16,59	0,72	0,116	0,070
Retido	13,00	12,84	9,58	7,94	8,08	1,09	0,105	0,284

¹Erro padrão da média.

Comportamento ingestivo

O comportamento ingestivo dos ovinos submetidos às dietas sofreu influência dos níveis de inclusão do resíduo de Umbu. Os tempos de ingestão e de ócio apresentaram comportamento linear crescente a medida que o nível de inclusão aumentava. O tempo dispendido pelos animais para a ruminação também sofreu influência com a inclusão do resíduo, apresentando comportamento quadrático, tendo o maior valor para o nível de inclusão de 19,59% (TABELA 7).

TABELA 7. Tempo dispendido (min) para ruminação, ingestão e ócio de ovinos alimentados com níveis de inclusão de resíduo da extração de polpa da Umbu.

Item	Níveis de resíduo de Umbu (%MS)					EPM ¹	P-valor	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrático
Tempo dispendido (min)								
Ingestão	191	177	212	258	236	9,42	0,007	0,716
Ruminação	366	448	512	466	464	16,66	0,026	0,003
Ócio	883	815	716	716	740	21,06	0,006	0,072

¹Erro padrão da média.

Não houve influência da inclusão do resíduo de umbu sobre o número de episódios de visitas ao chocho e ócio nem para o tempo médio de duração dos episódios de ócio. O número de episódios de ruminação sofreu efeito quadrático em relação à inclusão do resíduo de umbu, apresentado o maior valor para a inclusão de 15,24% de resíduo, bem como a duração média dos episódios de ruminação, que tiveram a maior duração para a inclusão de 18,39% de resíduo.

O tempo de permanência do animal no cocho aumentou linearmente com a inclusão de até 32% do RU.

No entanto, o tempo médio de permanência do animal no cocho aumentou linearmente com a inclusão do resíduo até 32%, provocando a redução, também de forma linear, do tempo médio dos episódios de ócio (TABELA 8).

TABELA 8. Número de períodos de ingestão, ruminação e ócio e duração média de cada evento de ovinos alimentados com níveis de inclusão de resíduo da extração de polpa do Umbu (RU).

Item	Níveis de resíduo de Umbu (%MS)					EPM ¹	P-valor	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrático
Número de eventos/dia								
Visita ao cocho	14,20	13,40	15,60	16,20	13,40	0,86	0,853	0,467
Ruminação	24,50	32,60	29,67	26,60	27,67	1,08	0,866	0,026
Ócio	38,00	41,60	36,20	36,80	41,00	1,08	0,876	0,432
Duração média dos eventos (min)								
Visita ao cocho	12,06	13,93	18,14	19,19	20,16	0,94	0,003	0,582
Ruminação	13,90	13,78	21,35	17,57	15,33	0,82	0,546	0,008
Ócio	23,71	19,70	20,78	19,68	18,41	0,88	0,103	0,658

¹Erro padrão da média

A única variável referente a eficiência de ingestão e ruminação que permaneceu igual com a inclusão do resíduo de Umbu foi a eficiência de ruminação de MS. A eficiência de ingestão de MS reduziu linearmente com a inclusão do RU até 32%, bem como a quantidade em gramas de MS ruminada por bolo. Já as eficiências de ingestão e ruminação de FDN aumentaram de forma linear com a inclusão de até 32% do RU, assim como o número de bolos ruminados pelos ovinos por dia (TABELA 9).

TABELA 9 Eficiência de ingestão e ruminação da matéria seca e fibra em detergente neutro e número de mastigações meréricas de ovinos alimentados com níveis de inclusão de resíduo da extração de polpa do Umbu (RU)

Item	Níveis de resíduo de Umbu (%MS)					EPM ¹	P-valor	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrático
Eficiência de ingestão (g.h ⁻¹)								
MS	403,38	453,25	343,77	305,97	314,70	22,50	0,005	0,928
FDN	111,57	160,44	140,64	164,63	178,66	8,78	0,005	0,702
Eficiência de ruminação (g.h ⁻¹)								
MS	195,57	193,29	159,21	185,42	173,02	6,65	0,270	0,478
FDN	57,80	71,32	69,43	82,82	103,33	3,43	<0,001	0,273
Mastigações meréricas								
g de MS/bolo	2,77	2,38	2,41	2,16	2,11	0,10	<0,001	0,084
Nº de bolo/dia	429,22	612,90	570,60	669,11	624,19	23,73	0,003	0,532

¹Erro padrão da média

Parâmetros ruminais

A inclusão do resíduo de Umbu até 32% aumentou o pH ruminal dos animais e reduziu quantitativamente a população de protozoários no líquido ruminal, ambos de forma linear. Não houve interação entre os tempos de coleta do líquido ruminal para análise do pH e os níveis de inclusão do resíduo, porém quando verificado o pH do líquido ruminal por horário de coleta, todos aumentaram também de forma linear. (TABELA 10).

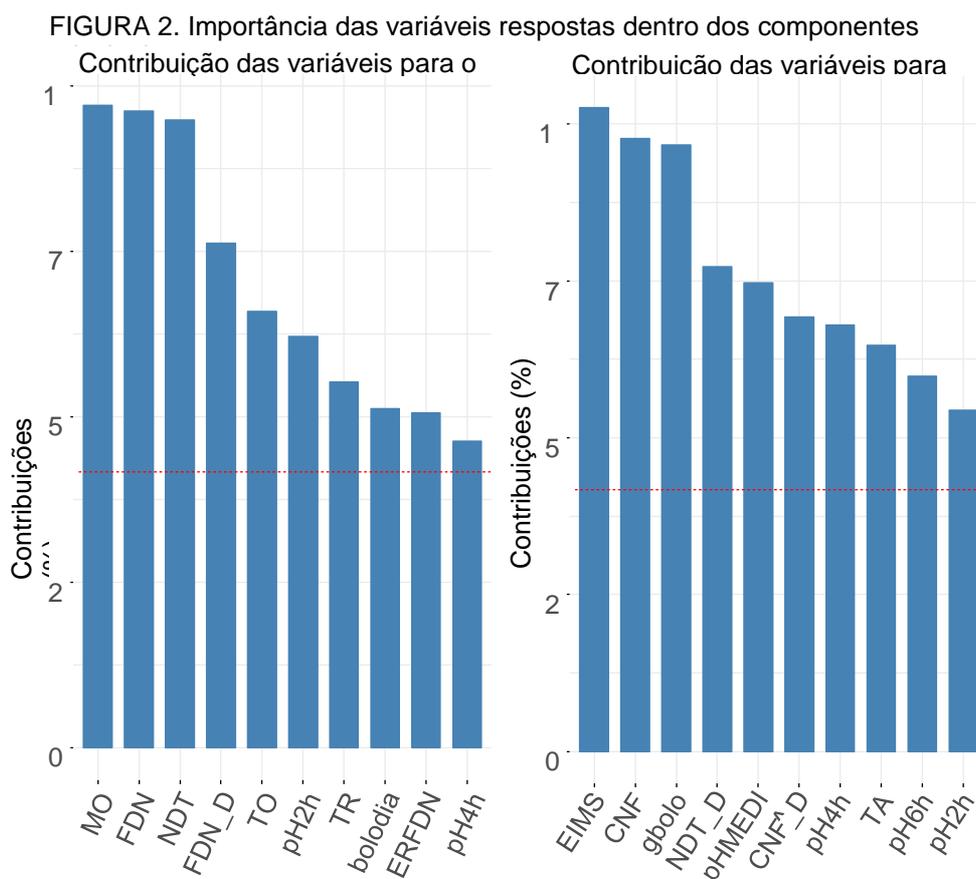
TABELA Y8. pH do líquido ruminal e população de protozoários de ovinos alimentados com níveis de inclusão de resíduo da extração de polpa do Umbu (RU).

Ítem	Níveis de Resíduo de Umbu					EPM ³	P-valor	
	0	8	16	24	32		Linear	Quadrática
pH	6,25	6,30	6,48	6,59	6,61	0,035	0,017	0,756
pH/hora ¹								
0h	6,46	6,47	6,75	6,87	6,77	0,079	0,018	0,390
2h	6,15	6,33	6,43	6,57	6,58	0,060	0,005	0,448
4h	6,07	6,20	6,41	6,47	6,54	0,064	0,005	0,518
6h	6,33	6,19	6,33	6,44	6,56	0,062	0,039	0,225
Prot. ²	4,59	5,17	5,05	3,17	2,08	0,407	0,005	0,068

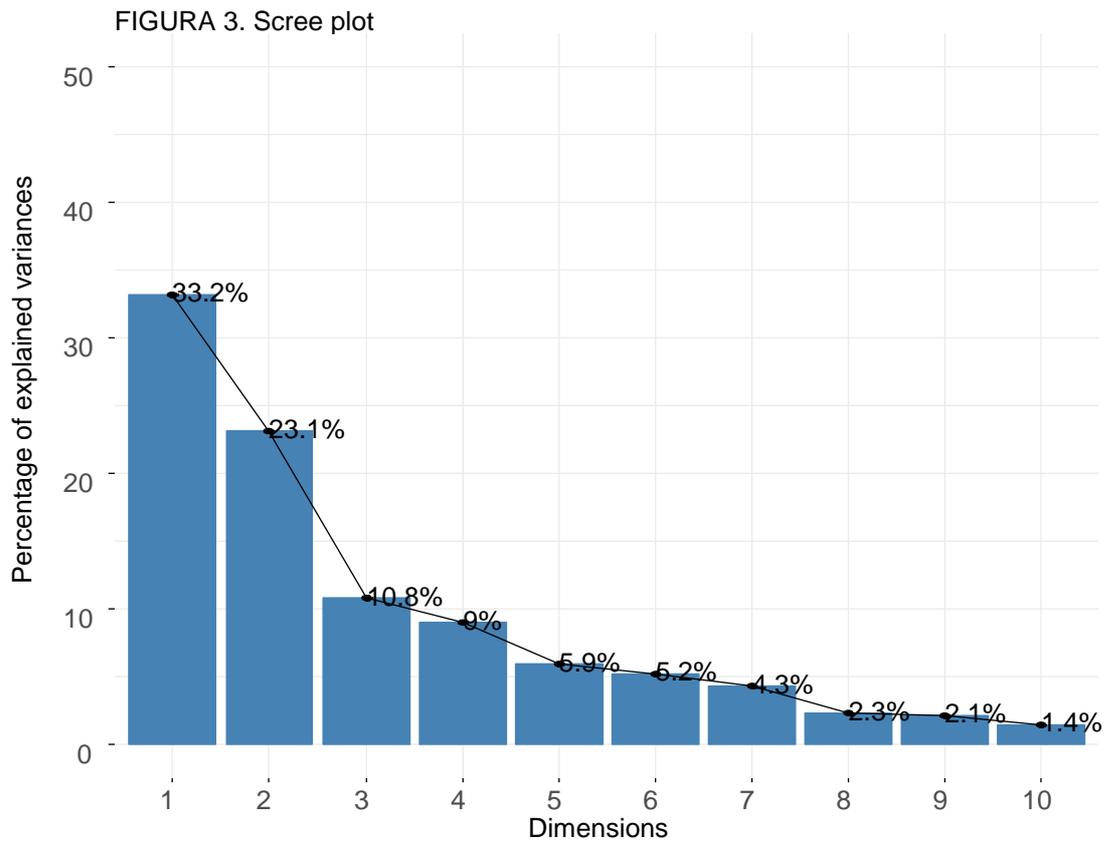
¹não houve interação entre o tempo de coleta e os níveis testados (P=0,8273); ² contagem de protozoários x10⁵ por mL de líquido ruminal; ³Erro padrão da média.

Análise multivariada

Com base nos resultados obtidos para os componentes principais (CP) (FIGURA 2), os dois primeiros CPs foram responsáveis por 56% da variação total, em que o CP1 foi responsável por 33,2 % e o segundo, CP2, por e 23,1% da variação dos dados.



Na interpretação dos resultados, optou-se por utilizar os dois primeiros componentes principais, levando-se em consideração o diagnóstico gráfico *scree plot* (FIGURA 3). Portanto, apenas o primeiro componente principal resume efetivamente a variância amostral total e pode ser utilizado para o estudo da relação entre as características de comportamento, consumo e digestibilidade.



As variáveis utilizadas foram escolhidas correlações inferiores a 1, o que poderia interferir negativamente nas análises de componentes principais, devido a problemas de multicolinearidade (TABELA 12).

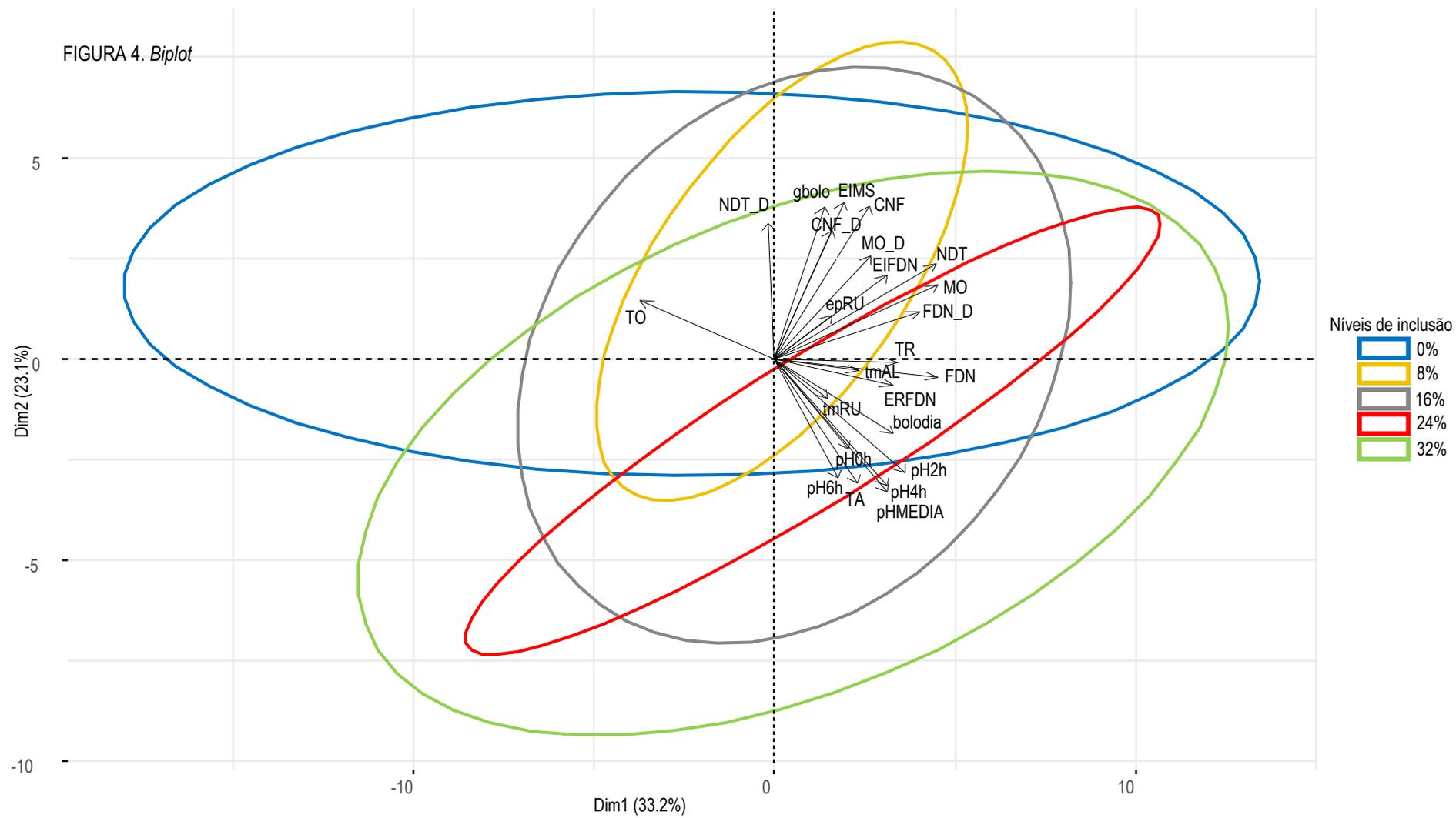
TABELA 12. Variáveis e suas siglas que foram utilizadas na análise dos componentes principais.

Sigla	Variável
bolodia	Número de bolos ruminados por dia
CNF	Consumo de CNF
CNF_D	Digestibilidade da CNF
EIFDN	Eficiência de ingestão de FDN
EIMS	Eficiência de ingestão de MS
epRU	Episódio de ruminação
ERFDN	Consumo de ERFDN
FDN	Consumo de FDN
FDN_D	Digestibilidade da FDN
gbolo	Gramas de MS por bolo ruminado
MO	Consumo de MO
MO_D	Digestibilidade da MO
NDT	Consumo de NDT
NDT_D	Nutrientes digestíveis totais
pH0h	pH do líquido ruminal antes da alimentação
pH2h	pH do líquido ruminal 2h após a alimentação
pH4h	pH do líquido ruminal 4h após a alimentação
pH6h	pH do líquido ruminal 6h após a alimentação
pHMEDIA	Média do pH do líquido ruminal
TA	Tempo dispendido para alimentação
tmAL	Tempo médio de permanência no cocho
tmRU	Tempo médio dos episódios de ruminação
TO	Tempo dispendido para ócio
TR	Tempo dispendido para ruminação

As variáveis utilizadas foram escolhidas por possuírem correlações inferiores a 1, o que poderia interferir negativamente nas análises de componentes principais, devido a problemas de multicolinearidade.

A redução do número de vinte e quatro variáveis para apenas dois componentes principais facilita o entendimento do efeito dos níveis de inclusão de umbu testados sobre as características, que pode ser verificado pelo tamanho das elipses e as variáveis que estão contidas. Além disto, é possível analisar a correlação das variáveis nas duas dimensões analisadas levando em consideração via análise gráfica do *biplot* (FIGURA 4), onde o comprimento das setas relacionada a cada característica é proporcional à sua importância e o ângulo entre uma determinada seta e cada eixo de ordenação representa o seu grau de correlação com o eixo.

FIGURA 4. Biplot



Discussão

O processo de desidratação ao sol do resíduo de umbu foi eficiente em desidratar o material, alcançando teor de matéria seca superior a 80%, e impediu que o material fermentasse. As condições climáticas locais e o revolvimento do resíduo durante o processo impediram que microrganismos deletérios que realizam fermentação aeróbia agissem e provocassem a elevação da temperatura interna do material. Esta eficiência pôde ser verificada pela não elevação da temperatura interna em relação a ambiente acima de 2°C (JOBIM *et al.*, 2007).

A temperatura superficial do resíduo de umbu, na maioria dos pontos analisados, foi superior à temperatura interna, o que pode ser explicado devido a quantidade de radiação solar que a camada superior recebeu. A diferença das temperaturas superficiais e internas é menor nos momentos iniciais e finais do dia, devido a menor incidência solar, como pode ser observado na FIGURA 1.

O único momento em que a temperatura interna do resíduo superou em 2°C a temperatura ambiente foi às 14h do primeiro dia de secagem, onde a temperatura ambiente era 30,3°C, a interna 34,0°C e a superficial 36,7°C. Esta elevação não permaneceu ao decorrer do tempo e pode ser explicada devido a elevada temperatura superficial do resíduo provocada pela incidência solar.

Em nenhum instante do processamento do resíduo a temperatura interna ou superficial superou 40°C, o que poderia provocar a aceleração da reação de Maillard. A velocidade desta reação é lenta em temperaturas baixas, porém é praticamente duplicada a cada aumento de 10°C entre 40°C e 70°C. A reação de Maillard ou glicação consiste na condensação do grupo carbonila do açúcar redutor juntamente com o grupamento amino livre (FRANCISQUINI *et al.*, 2017), o que poderia reduzir a digestibilidade do resíduo de umbu.

Na formulação das dietas o resíduo de umbu foi incluído com base na matéria seca da dieta total, porém acabou substituindo em maior quantidade o milho na composição das rações. Não houve seleção do concentrado em detrimento do volumoso, o que pode ser observado pela igualdade na proporção de PB efetivamente consumida e do consumo de MS. Devido a isto, o consumo de FDN, EE e CNF em g.dia⁻¹ e efetivamente consumido, acompanharam a disponibilidade destes nutrientes na dieta ofertada.

Segundo Morand-Fehr (1981), os pequenos ruminantes são hábeis em selecionar os alimentos, escolhendo as partes mais tenras e palatáveis da dieta, rejeitando a parte mais fibrosa. A quantidade de nutrientes efetivamente consumido comparada à proporção dos nutrientes ofertados pode indicar se os animais consumiram em maior quantidade o concentrado ou o volumoso.

No entanto deve-se ressaltar que o valor nutritivo da dieta efetivamente consumida pelos animais na maioria das vezes é superior ao da dieta ofertada (TAVARES *et al.*, 2005), tendo que ser avaliada as discrepâncias entre os valores. Como no presente estudo a quantidade dos nutrientes efetivamente consumidos acompanharam a quantidade de nutrientes ofertados (TABELA 13), podemos inferir que não houve seleção do feno em detrimento do concentrado.

TABELA 13. Comparação entre a proporção de nutrientes ofertados (of) com a proporção de nutrientes efetivamente consumidos (ec) para proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE) e carboidratos não fibrosos (CNF).

Item	Níveis de Resíduo de Umbu (%MS)				
	0	8	16	24	32
PBec	16,56	16,07	16,43	16,63	15,38
PBof	15,12	15,07	15,02	14,98	14,93
FDNof	37,27	41,12	44,96	48,81	52,66
FDNec	31,65	37,66	40,62	44,09	49,85
EEof	2,28	2,13	1,99	1,84	1,70
EEec	2,7	2,45	2,27	2,15	2,04
CNFof	38,72	34,84	30,97	27,09	23,21
CNFec	42,54	37,02	33,42	29,46	24,82

Como consumo de PB não foi alterado pela inclusão do resíduo e como o farelo de soja foi utilizado como a principal fonte de PB nas rações, disponibilizando o mesmo perfil proteico, não houve diferença no balanço de nitrogênio dos animais, resultando na igualdade dos parâmetros analisados.

Com exceção do coeficiente de digestibilidade da PB e do EE, as digestibilidades de todos os outros nutrientes reduziram de forma linear com a inclusão de até 32% do resíduo de umbu. A consequente queda da digestibilidade dos nutrientes e redução do consumo de CNF e EE, fontes energéticas, resultaram também na redução linear do consumo de NDT.

O resíduo de umbu apresentou na sua composição bromatológica uma maior quantidade de celulose do que hemicelulose (354,0 g.kg⁻¹ e 211,0 g.kg⁻¹ respectivamente), e dentre os ingredientes do concentrado, apresentou o maior valor para lignina (31,6 g.kg⁻¹), fatores estes que afetam negativamente a

digestibilidade da fibra. Com isso o maior consumo de FDN proveniente do resíduo de umbu resultou na redução da digestibilidade de MS, MO e FDNcp.

Segundo Van Soest (1994) quanto maior a participação de alimentos volumosos na dieta, maior será o tempo despendido com ruminção. Contudo no presente estudo a inclusão do resíduo de umbu só aumentou o tempo dispendido para ruminção até a inclusão de 19,59%, decaindo em níveis superiores. Em contraponto o número de bolos ruminados por dia e eficiência de ruminção da FDN aumentaram linearmente com a inclusão de até 32% do resíduo.

O maior tempo dispendido para alimentação não implica no maior consumo de MS, mas sim na maior permanência do animal no cocho, o que pode ser observado com o aumento linear do tempo de duração dos episódios de visita ao cocho dos animais com a inclusão de até 32% do resíduo de umbu. Outra variável que demonstra este efeito é a redução linear da eficiência dos ovinos em ingerir matéria seca.

Os valores encontrados para o pH ruminal dos animais que receberam as dietas com a inclusão de até 32% do resíduo de umbu estão dentro da faixa de normalidade que é entre 5,5 e 7,4, podendo variar ao longo do dia, de acordo com o alimento administrado e com o intervalo de tempo da última alimentação, fato este que foi observado no presente estudo (DIRKSEN 1993).

A redução da população de protozoários pode ser justificada devido à elevação do teor de FDN na dieta resultante da redução do amido e de bactérias livres no fluido ruminal, que são as principais fontes de alimentos para estes microrganismos. A redução de bactérias livres no fluido ruminal ocorre devido ao fato da maioria delas estarem aderidas às fibras em sítios de aderência (LIMA *et al.*, 2012).

Os compostos fenólicos com ação antioxidante presentes no resíduo de umbu também podem afetar negativamente a população de protozoários ruminais. Porém os estudos analisando a quantidade de protozoários variam muito, não sendo unânime os efeitos que compostos fenólicos, como os taninos, sobre a fisiologia destes microrganismos, o que é atribuído à natureza heterogênea do tanino e um grau variável de polimerização que exerce diferentes atividades biológicas (BARUAH *et al.*, 2018).

A inclusão do resíduo de umbu proporcionou o aumento do pH ruminal, principalmente devido à queda da digestibilidade da MO (correlação de -0,67) e devido ao tempo de ruminação (correlação de 0,44) e à maior quantidade de bolos ruminados por dia (correlação de 0,54). Ambos foram causados pela maior ingestão de FDN proveniente do resíduo de umbu, que por apresentar menor digestibilidade que o

Os níveis de inclusão do resíduo de umbu é um fator quantitativo, que requer regressão para estimar-se equações que expliquem os efeitos significativos quando a ANOVA indica diferença entre os níveis testados. Porém quando observamos a análise multivariada é possível verificar que para as variáveis referentes ao consumo, digestibilidade e comportamento ingestivo os níveis de 0 e 8% de inclusão do resíduo são semelhantes, pois a elipse do tratamento 8% está contida na elipse do tratamento testemunha, com ambas englobando estas variáveis, o que demonstrando que a inclusão de 8% do resíduo não influenciou estes parâmetros.

A maior parte das elipses dos tratamentos 0 e 8% estão nos mesmos quadrantes do gráfico, o que representa que ambas são correlacionadas positivamente. Desta forma, levando em consideração o tamanho dos vetores das variáveis, as elipses dos tratamentos e as correlações entre eles, é possível concluir que a inclusão de 8% do resíduo de umbu não alterou os parâmetros do consumo e digestibilidade, porém aumentou o pH do líquido ruminal. Dietas contendo 60% de concentrado podem provocar problemas metabólicos como acidose ou timpanismo, pois a fermentação de grandes quantidades de substratos prontamente fermentáveis pode levar a mudanças drásticas nas condições ruminais, como a queda do pH (Lettat *et al.*, 2010).

A elevação do pH do líquido ruminal foi promovido devido ao aumento do consumo de FDN que resultou em maior tempo dispendido para a atividade de ruminação, maior tempo de duração dos episódios de ruminação e maior quantidade de bolos ruminados. Observando também os vetores da FIGURA X podemos verificar também que quanto menor a digestibilidade da fibra e eficiência de ingestão e ruminação da FDN, menos o

Conclusão

A inclusão do resíduo de umbu até 32% reduz a digestibilidade dos nutrientes, estimula a ruminação, aumenta o pH ruminal e promove a defaunação quantitativa de protozoários quando incluído na mistura concentrada. Estudos utilizando este alimento como fonte de fibra e avaliando o ganho de peso são mais recomendados, já que a inclusão deste resíduo na dieta completa em detrimento do milho, trocando CNF por FDN reduziu a quantidade de nutrientes digestíveis totais, o que pode afetar negativamente o desempenho animal.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resíduos de acerola e umbu *in natura* precisam ser processados para poderem ser utilizados na alimentação, principalmente devido a estes resíduos serem compostos principalmente de caroços. A desidratação ao sol é uma alternativa barata e eficiente, porém é dependente das condições climáticas locais e necessita de mão de obra para ser realizada, principalmente quando são desidratadas grandes quantidades de resíduo.

Devido ao alto teor de humidade dos resíduos o rendimento após a desidratação é baixo. Para a realização dos dois experimentos foram processadas 2 toneladas de resíduo de acerola úmido, resultando em aproximadamente 400 kg de material desidratado e moído, já de umbu foram desidratadas toneladas, resultando em aproximadamente 500kg de material desidratado e moído. Este baixo rendimento dificulta a realização de experimento que envolvam a avaliação de desempenho, devido a necessidade de grandes quantidades de alimentos.

Os dois resíduos trabalhados são considerados fontes de antioxidantes, porém a ação destes compostos provenientes do umbu e da acerola ainda são pouco estudados em relação a inserção destes ingredientes na alimentação animal. No entanto devido ao apelo ecológico, estes ingredientes vêm sendo testados como fonte de fibra e antioxidantes na alimentação humana, principalmente a acerola.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOUN, K.; STUMPF, F.; MARTENS, H. 2007. Urea transport across the rumen epithelium is electrically silent and modulated by changes in pH. **Journal of Physiology and Biochemistry**. Vol. 63: p. 33.

ALLEN, M. S. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forage by ruminants. **Journal of Animal Science**. Vol.74: p.3063–3075.

ALLEN, M.S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. v.83. p.1598-1624.

ALMEIDA, J. S.; SANTOS NETO, L. D.; PAIVA K. S. L.; ZAIDEN, R.T.; SILVEIRA NETO, O. J.; BUENO, C. P. 2014. Use of by-products of fruit in animal feed. **Evista Eletrônica Nutritime**. Art. 248. V. 11. N.03. p. 3430 -3443.

ALUWONG, T.; KOBO, P. I.; ABDULLAHI, A. 2010. Volatile fatty acids production in ruminants and the role of monocarboxylate transporters: A review. **African Journal of Biotechnology**. Vol 9: Nº. 38: p. 6229–6232.

AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). 1990. **Official methods of analysis**. 15 ed., Washington.

ASCHENBACH, J.R.; BILK, S.; TADESSE, G.; STUMPF, F.; GÄBEL, G. 2009. Bicarbonate-dependent and bicarbonate-independent mechanisms contribute to nondiffusive apical uptake of acetate in the ruminal epithelium of sheep. **American Journal of Physiology. Gastrointest. Liver Physiol**. Vol. 296: p. 1098–G1107.

ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. 1990. **Official methods of analysis**. Washington. Ed.12.p1094.

BANNINK, A.; KOGUT, J.; DIJKSTRA, K.; FRANCE, J.; KEBREAB, E.; VAN VUUREN A. M.; TAMMINGA, S. 2006. Estimation of the stoichiometry of volatile fatty acid production in the rumen of lactating cows. **Journal of Theoretical Biology**. Vol. 238: Issue 1, p. 36-51.

BARUAH, L.; MALIK, P. K.; KOLTE, A. P.; DHALI, A.; BHATTA R. 2018. Methane mitigation potential of phyto-sources from Northeast India and their effect on rumen fermentation characteristics and protozoa in vitro. **Veterinary World**. V. 11(6). p. 809-818.

BELWALA, T.; DEVKOTAB, H. P.; HASSAND, H. A.; AHLUWALIAF, S.; RAMADANG, M. F.; MOCANH, A.; ATANASOV, A. G. 2018. Phytopharmacology of Acerola (Malpighia spp.) and its potential as functional food. **Trends in Food Science & Technology**. V.74. p. 99-106.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. 2011. **Nutrição de ruminantes**. 2 edição, Funep, Joticabal.

BÜRGER, P. J., PEREIRA, J. C., QUEIROZ, A. C., SILVA, J. F. C., VALADARES FILHO, S. C., CECON, P. R. AND CASALI, A. D. P., 2000. Ingestive behavior in Holstein calves fed diets with different concentrate levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29, 236–242.

CAETANO, A. C. S.; MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; MACIEL, M. I.S.; ARAÚJO, C. R. 2009. **Brazilian journal of food technology**. Campinas. v. 12, n. 2, p. 155-160.

CARVALHO *et al.* 2017. **Anuário brasileiro da fruticultura 2017**. Editora Gazeta Santa Cruz, Santa Cruz do Sul.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L.T. L. 2006. Colheita e comercialização de frutos de imbuzeiro pelos agricultores da região Semiárida do Nordeste. **Revista de Política Agrícola**. Vol. 15. p 81-88.

COLEMAN, S.W., EVANS, B.C., HORN, G.W., 1984. Some factors influencing estimates of digesta turnover rate using markers. **Jornal Animal Scienc.** 58, 979-986.

COSTA, F. I. B.; PORFIRIO, M. C. P.; OLIVEIRA, J. B.; SANTANA, G. A.; LAGE, R. S.; SILVA, M. V. 2015. Avaliação fitoquímica e screening da capacidade antioxidante de resíduos de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Vol.17 n.4: p.341-348.

D'AGOSTO, M.; CARNEIRO, M. E. 1999. Evaluation of lugol solution used for counting rumen ciliates. **Revista brasileira de Zoologia**. V.16. n.3.

DAYANI, O.; GHORBANI, G.R.; ALIKHANI, M.; RAHMANI, H.R.; MIR, P.S. 2007. Effects of dietary whole cottonseed and crude protein level on rumen protozoal population and fermentation parameters. **Small Ruminant Research** V.69. p.36–45.

DETMANN, E.; GIONBELLI, M. P.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C.; RENNÓ, L. N. 2016. Considerações sobre métodos de pesquisa com ruminantes em pastejo. **Nutritime Revista Eletrônica**. Viçosa. Vol.13: n.3: p.4711-4731.

DIJKSTRA, J.; ELLIS, J. L.; KEBREAB, E.; STRATHE, A. B.; LÓPEZ, S.; FRANCE, J.; BANNINK, A. 2012. Ruminant pH regulation and nutritional consequences of low pH. **Animal Feed Science and Technology**. Vol. 172: p. 22–33.

DIRKSEN G., 1993. **Sistema digestivo**. In Rosenberger: Exame clínico dos bovinos (ed. G Dirksen, HD Grunder, M Stöber), pp. 166–169. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

ELLIS, J. L.; DIJKSTRA, J.; KEBREAB, E.; BANNINK, A.; ODONGO, N. E.; McBRIDE, B. W.; FRANCE, J. 2008. Aspects of rumen microbiology central to mechanistic modelling of methane production in cattle. **Journal of Agricultural Science**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, Vol. 146: p. 213–233.

ERDMAN, R.A. 1988. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow: a review. **Jurnal of Dairy Science**. Vol.71: p. 3246–3266.

FERREIRA, A. C. H.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M.; LOPES, F. C. F.; LÔBO, R. N. B. 2010. Intake and digestibility of elephant grass silages with the different levels of acerola industry by-product. **Revista Ciência Agrônômica**. Vol. 41, n. 4: p. 693-701.

FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; MACHADO, S. S.; ROCHA, A. S.; LIMA, R. R. 2003. Aproveitamento industrial do umbu: processamento de geléia e compota. **Ciência e Agrotecnologia**., Lavras. Vol.27, n.6: p.1308-1314.

FORBES, J. M. Voluntary feed intake. In: FORBES, J. M., FRANCE, J. 1993. **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cambridge: University Press, p.479-494.

FRANCISQUINI, J. A.; MARTINS, E.; SILVA, P. H. F.; SCHUCK, P; PERRONE, I. T.; CARVALHO, A. F. C. 2017. Reação De Maillard: **Uma Revisão**. **Revista Institucional Laticínios Cândido Tostes**. Juiz De Fora. V. 72. N. 1. P. 48-57.7

FREITAS, E. C.; SILVA, M. V.; SILVA, A. C. M. 2015. Coprodutos da agroindústria processadora de polpa de fruta congelada *Fragaria sp* como fonte de alimento funcional. **C&D-Revista Eletrônica da Fainor**, Vitória da Conquista, Vol.8, n.2: p.108-113.

FURLANETO, F. P. B; NASSER, M. D. 2015. Panorama da cultura da acerola no estado de são Paulo. **Pesquisa & Tecnologia**. Vol. 12, n. 1.

GONÇALVES, J. S; NEIVA, J. N. M; VIEIRA, N. F; OLIVEIRA FILHO, G. S. E RAIMUNDO LÔBO, N. B. 2004. Valor nutritivo de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*) com adição de diferentes níveis dos subprodutos do processamento de acerola (*Malpighia glabra L.*) e de goiaba (*Psidium guajava L.*). **Revista Ciência Agrônômica**. v.35. n.1. p.131 – 137

HANAMURA, T.; UCHIDA, E.; AOKI, H. 2008. Skin-lightening effect of a polyphenol extract from Acerola (*Malpighia emarginata DC.*) fruit on UV-induced pigmentation. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**. V. 72 (12). p. 3211–3218.

HOOK, S.E., STEELE, M.A., NORTHWOOD, K.S., DIJKSTRA, J., FRANCE, J., WRIGHT, A.-D.G., MCBRIDE, B.W. 2011. Impact of subacute ruminal acidosis (SARA) adaptation and recovery on the density and diversity of bacteria in the rumen of dairy cows. **FEMS Microbiology Ecology**. Vol. 78: p. 275–284.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. vol. 29. IBGE, Rio de Janeiro, 56 pp

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, A.R. Schmidt, P. 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-119

JOHNSON, T. R. AND COMBS, D. K., 1991. Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary polyethylene glycol on dry matter intake of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 74, 933–944.

KIST, B.B.; CARVALHO, C.; TREICHEL, M.; SANTOS, C. E. 2018. **Anuário brasileiro da fruticultura 2018**. Editora Gazeta Santa Cruz, Santa Cruz do Sul.

KOHN, R.A., DUNLAP, T.F. 1998. Calculation of the buffering capacity of bicarbonate in the rumen and *in vitro*. **Journal of Animal Science**. Vol. 76: p. 1702–1709.

LENART, ANDRZEJ. 1996. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application drying **Technology**, Vol. 14(2): p. 391-413

LETTAT, A., P. NOZIERE, M. SILBERBERG, D. P. MORGAVI, C. BERGER, AND C. MARTIN. 2010. Experimental feed induction of ruminal lactic, propionic, or butyric acidosis in sheep. **Journal of animal Science**. V. 88. p. 3041–3046

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Vol. 57, n. 4: p. 347-358.

LIMA, M. A. C.; SILVA, S. M.; OLIVEIRA, V. R. 2018. Umbu - *Spondias tuberosa*. **Exotic Fruits Reference Guide**. p. 427-433.

LOUSADA JUNIOR, J. E.; NEIVA, J. M. N.; RODRIGUEZ, N. M.; PIMENTEL, J. C. M.; LÔBO, R. N. B. 2005. Consumo e Digestibilidade de Subprodutos do Processamento de Frutas em Ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Vol.34, n.2: p. 659-669.

MACKIE, R.I., GILCHRIST, F.M.C., ROBBERTS, A.M., HANNAH, P.E., SCHWARTZ, H.M. 1978. Microbiological and chemical changes in the rumen during the stepwise adaptation of sheep to high-concentrate diets. **The Journal of Agricultural Science**. Vol. 90: p. 241–254.

MAIA, I. S. A. S.; BRAGA, A. P.; GERRA, D. G. F.; LIMA JÚNIOR, D. M. 2015. Valor nutritivo de silagens de capim elefante com níveis crescentes de resíduo da agroindústria da acerola. **Acta Veterinaria Brasilica**, Vol.9, n.2: p.190-194.

MARINI J.C., KLEIN J.D., SANDS J.M., VAN AMBURGH, M.E. Effect of nitrogen intake on nitrogen recycling and urea transporter abundance in lambs. **Journal of Animal Science**, 82:1157–1164, 2004.

MATIAS, M. F. O.; OLIVEIRA, E. L.; GERTRUDES, E.; MAGALHÃES, M. M. A. 2005. Use of Fibres Obtained from the Cashew (*Anacardium occidentale*, L) and Guava (*Psidium guajava*) Fruits for Enrichment of Food Products. **Brazilian Archives of Biology and Technology** Vol.48, Special: p.143-150.

MENEZES, O. C.; BAGALDO, A. R.; CORREIA, B. R.; CARVALHO, V. M. D.; MAZZA, P. H. S.; SILVA, F. L.; ALVES, I. S.; HORA, D. I. C. 2017. Composição bromatológica e degradabilidade de resíduos da acerola resultantes do processamento de sucos e polpas de frutas. In: **Zootec 2017 – XXVII Congresso brasileiro de Zootecnia**, Anais... Santos, SP – Brasil.

MERTENS, D. R. 1994. Regulation of forage intake. In: **Forage Quality, Evaluation, and Utilization**, G. C. Fahey, Jr, M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser, ed., American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison, WI, 1994. p. 450– 493.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.80, p.1463-1481, 1997.

MERTENS, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal Animal Science**, Vol. 64: p. 1548-1558.

MERTENS, D.R. 1996. Methods in modelling feeding behaviour and intake in herbivores. **Ann Zootech.**, Vol. 45: p. 153-164.

MERTENS, D.R. 2001. Physical effective NDF and its use in formulating dairy rations, In: **Simpósio Internacional Em Bovinos De Leite**.

MOHAMMED, M. Acerola (*Malpighia emarginata* DC. 2011. **Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits** p. 27-47, 48e

MORAND-FEHR, P. Caracteristiques du comportement alimentare et la digestion dès caprins. **Synposium International – Nutrition et Systemes d’Alimentation de la chevre**. Tours, ITOVIC – INRA, 1981. 544p.

NATEL, A. S.; SIQUEIRA, E. R.; ALMEIDA, M. T. C.; MARTINS, M. F.; ROCHA, M. K. R. 2012. Níveis de FDN na dieta de ovelhas Bergamácia em lactação: Digestibilidade dos nutrientes. **Anais...** Pato Branco, PR.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 2001. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press: p. 381.

NOLLER, C. H.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; QUEIROZ, D. S. 1996. Exigências nutricionais de animais em pastejo. In.: **13º Simpósio sobre Manejo da Pastagem**, Piracicaba, 1996. Anais... ESALQ/USP, p. 319.

NUNES, N. S.; LINS, A. D. F.; GOMES, J. P.; SILVA, W. P.; SILVA, F. B. 2017. Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos abacaxi. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia-PB, Vol. 1, n. 1: p. 41-46.

OLIVEIRA, L. S.; MOURA, C. F. H.; BRITO, E. S.; MAMEDE, R. V. S.; MIRANDA, M. R. A. 2012. Antioxidant Metabolism during Fruit Development of Different Acerola (*Malpighia emarginata* D.C) Clones. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.**, Vol. 60 (32): p. 7957–7964.

PALMONARI, A., STEVENSON, D.M., MERTENS, D.R., CRUYWAGEN, C.W., WEIMER, P.J. 2010. pH dynamics and bacterial community composition in the rumen of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. Vol. 93: p. 279–287.

PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, P. G.; DUARTE, L. S. MIZUBUTI, I. Y.; ARAÚJO, G. G. L.; CARNEIRO, M. S. S.; REGADAS FILHO, J. G. L.; MAIA, I. S. G. 2010. Determination of the proteins and carbohydrates fractions and estimative of the energy value of forages and by-products in Brazilian Northeast. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 31, n. 4, p. 1079-1094.

PEREIRA, L. G. R. D.; C. BARREIROS, OLIVEIRA, L. S.; FERREIRA, A. L.; MAURÍCIO, R. M. J.; AZEVEDO, A. G.; FIGUEIREDO, M. P.; SOUSA, L. F.; CRUZ, P. G. 2008. Chemical composition and ruminal fermentation kinetics of fruit by-products in south Bahia - Brazil Disponível em <<http://www.lrrd.org/lrrd20/1/ribe20001.htm#Livestock>> **Research for Rural Development** Vol. 20.

POPPI, D. P., FRANCE, J. AND MCLENNAN, S. R. 2000. Intake, passage and digestibility. In **Feeding Systems and Feed Evaluation Models** 1st ed. (pp. 35-52) Wallingford, UK: CAB.

REIS, L. F.; MINERVINO, A. H. H.; ARAÚJO, C. A. S. C.; SOUSA, R. S.; OLIVEIRA, F. L. C.; RODRIGUES, F. A. M. L.; MEIRA JÚNIOR, E. B. S.; BARRÊTO JÚNIOR, R. A.; MORI, C. S.; ORTOLANI, E. L. 2014. Comparison of Rumen Fluid pH by Continuous Telemetry System and Bench pH Meter in Sheep with Different Ranges of Ruminal Ph. **Hindawi Publishing Corporation Scientific World Journal**.

REZENDE, Y. R. R.; NOGUEIRA, J. P.; NARAIN, N. 2018. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization. **Food Chemistry**. V. 254. p. 281-291.

REZENDE, Y.R.R.S.; NOGUEIRA, J.P.; NARAIN, N. 2017. Comparison and optimization of conventional and ultrasound assisted extraction for bioactive compounds and antioxidante activity from agro-industrial acerola (*Malpighia emarginata* DC) residue. **LWT - Food Science and Technology**. V. 85 (Parte A). p. 158-169.

RUSSELL, J.B., WILSON, D.B. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? **Journal of Dairy Science**. Vol. 79: p. 1503–1509.

SEIFFERT, N.F. 1990 Leguminosas para Pastagens no Brasil Central. Campo Grande: **EMBRAPACNPGC**, p. 131.

SENGER, C.C.D, *et al.* Evaluation of autoclave procedures for fiber analysis in forage and concentrate feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*, v.146, p.169-174, 2008.

SILVA, A. M.; OLIVEIRA, R. L.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; BEZERRA, L. R.; CARVALHO, S. T.; ABRE, C. L.; LEÃO, A. G. 2014. Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação de ruminantes. **Comunicata Scientiae** Vol. 5: p. 370-379.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. 2006. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos** 3. ed. Viçosa, MG: UFV: p. 235.

SILVA, F.F., SÁ, J.F.; SCHIO, A. R. *et al.* 2009. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Vol.38: p. 371-389.

SILVA, M. R. H.; NEUMANN, M. 2012. Fibra efetiva e fibra fisicamente efetiva: conceitos e importância na nutrição de ruminantes. **FAZU em Revista, Uberaba**, Vol.9: p. 69-84.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets. II Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

SOUSA, B. A. A. & CORREIA, R. T. P. 2010. Biotechnological Reuse of Fruit Residues as a Rational Strategy for Agro-industrial Resources. **Journal of Technology Management & Innovation**. Innov. Vol.5, Issue 2.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; LIMA, A. 2011. Total phenolics and in vitro antioxidant capacity of tropical fruit pulp wastes. **Brazilian journal of food technology**. Campinas, v. 14, n. 3, p. 202-210.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. J. M.; LIMA, A. 2011. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, Vol. 35, n. 3: p. 554-559.

STORCK, C. R.; BASSO, C.; FAVARIN, F. R.; RODRIGUES, A. C. 2015. Microbiological quality and composition of flour from fruit juice production **Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. 1983. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Current Contents/Journal of the British Grassland Society*. Vol. 18: p.104-111.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**. Vol. 74, n. 10: p.3583-3597.

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

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. 1985. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca: Cornell University. p.202.

VIEIRA, P. A. F.; QUEIROZ, J. H.; VIEIRA, B. C.; MENDES, F. Q.; BARBOSA, A. A.; MULLER, E. S.; SANT'ANA, R. C. O.; MORAES, G. H. K. 2009. Caracterização química do resíduo do processamento agroindustrial da manga (*Mangifera indica* L.) Var. UBÁ **Alimentos e Nutrição**, Araraquara Vol.20, n.4: p. 617-623.

WALDO, D. R. AND JORGENSEN. N. A. 1981. Forages for high animal production: Nutritional factors and effects of conservation. **Journal of Dairy Science**. Vol. 64: p.1207.

WEIMER, P.J. 1996. Why don't ruminal bacteria digest cellulose faster. **Journal of Dairy Science**. Vol. 79: p. 1496–1500.

YAN, T.; FROST, J. P.; KEADY, T. W.; AGNEW, R. E.; MAYNE, C.S. 2007. Prediction of nitrogen excretion in feces and urine of beef cattle offered diets containing grass silage. **Journal of Animal Science**. Vol. 85, n. 8: p. 1982-1989.

YESILBAG, D.; BIRICIK, H.; CETIN, I.; KARA, C.; MERAL, Y.; CENGIZ, S. S.; ORMAN, A.; UDUM, D. 2016. Effects of juniper essential oil on growth performance, some rumen protozoa, rumen fermentation and antioxidant blood enzyme parameters of growing Saanen kids. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. V. 101(5). p. 67-76.

YESILBAG, D.; BIRICIK, H.; CETIN, I.; KARA, C.; MERAL, Y.; CENGIZ, S. S.; ORMAN, A.; UDUM, D. 2016. Effects of juniper essential oil on growth performance, some rumen protozoa, rumen fermentation and antioxidant blood enzyme parameters of growing Saanen kids. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. V. 101(5). p. 67-76.