

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA  
Colegiado dos Cursos de Pós-Graduação**

**SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA E INDICADORES  
EXTERNOS DE DIGESTIBILIDADE APARENTE EM  
CAPRINOS**

**SALETE ALVES DE MORAES**

**BELO HORIZONTE  
ESCOLA DE VETERINÁRIA - UFMG  
2007**

**Salete Alves de Moraes**

**Subprodutos da Agroindústria e Indicadores Externos de  
Digestibilidade Aparente em Caprinos**

**Tese apresentada à Escola de  
Veterinária da Universidade  
Federal de Minas Gerais,  
como requisito parcial para  
obtenção do grau de Doutor  
(a) em Ciência Animal.**

**Área: Nutrição Animal**

**Orientadora: Eloísa de Oliveira Simões Saliba**

**Co-orientação: Norberto Mário Rodriguez**

**Belo Horizonte  
UFMG – Escola de Veterinária  
2007**

## REVOLUTION

Lenon/Mcartney

*“You say you want a revolution Well you know We all want to change the world  
You tell me that it's evolution Well you know We all want to change the world  
But when you talk about destruction  
Don't you know you can count me out Don't you know it's gonna be*

*Alright Alright Alright*

*You say you got a real solution Well you know We'd all love to see the plan  
You ask me for a contribution Well you know We're all doing what we can  
But if you want money for people with minds that hate All I can tell you is brother you  
have to wait Don't you know it's gonna be*

*Alright Alright Alright*

*You say you'll change the constitution Well you know We'd all love to change your head  
You tell me it's the institution Well you know You'd better free your mind instead  
But if you go carrying pictures of Chairman Mao You ain't going to make it with anyone  
anyhow Don't you know it's gonna be*

*Alright Alright Alright”*

*“A paz dos animais é tão admirável que não dá pra levar a humanidade a sério  
Invejo os bichos, invejo os bichos que no mundo não procuram nexo  
Vivem em paz sem ganância ou capricho e só brigam por comida e sexo”*

*Barão Vermelho*

*À Ana Laura de Moraes Lins significado puro de amizade.  
Onde quer que esteja, saiba que para nós você nunca saiu do nosso lado.*

## AGRADECIMENTOS

À Lourdes Moraes, Luciana Moraes e Rita Moraes, mulheres de fibra e minha família.

À Daniele Moraes Electo de Paiva, Tio Saulo e Tia Elza, sinônimo de família, meu sincero agradecimento por me sentir acolhida.

Aos cunhados Josibel Laurindo e Marcílio Moreira por serem pessoas especiais.

À Guaraciaba Santana e toda sua família, pela acolhida, pela amizade, pelo apoio, intermináveis papos e pelo carinho.

À Universidade Federal de Minas Gerais pelo apoio irrestrito na obtenção do título de doutorado.

Ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, pelo papel que exerceu na minha formação profissional e pessoal.

À Universidade Federal do Ceará por tornar possível a realização desse trabalho.

À FAPEMIG (Fundação de Apoio à Pesquisa de Minas Gerais) pela concessão da bolsa e o constante auxílio em financiamentos de nossos projetos.

Ao PROCAD (Programa Nacional de Coordenação Acadêmica), pelo custeio dos ensaios experimentais.

Ao Prof. da UFTO José Neuman Miranda Neiva, referência pessoal de pesquisador, ser humano e amigo.

À Profa. Eloísa de Oliveira Simões Saliba pela orientação, ensinamentos e amizade.

Ao Prof. Norberto de Mário Rodriguez pelos exemplos, auxílio e ensinamentos.

Ao Prof. Iran Borges, pela experiência de vida passada e o exemplo de dedicação, auxílio nas horas acadêmicas, extensivo à sua família Neuzinha Borges e Rodrigo Borges.

Aos Profs. Lúcio C. Gonçalves e Márcio M. Ladeira por contribuírem de forma irrestrita na conclusão do trabalho.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia da EV-UFMG com os quais tive contato e que de alguma forma me auxiliaram na conclusão desse trabalho.

Ao amigo e Prof. Warley Efrem, grande pesquisador e amigo que não me abandonou nas horas de dúvidas.

Ao “Laboratório”: Toninho, Kely, “Margot”, Marcos, Mateus e Carlos pelo apoio, café, carinho e companhia nas horas das análises.

Ao “Laboratório” da UFC, na pessoa de Helena que fazia o impossível para a realização do nosso trabalho.

Aos vigilantes da Escola de Veterinária que me protegeram nas horas em que foi preciso.

Às “meninas da Pós-Graduação”, em especial à Nilda pelos avisos, paciência colaboração, amizade, sempre sorrindo ao nos atender.

À Eva Sarmiento e Rossana Herculano, minhas irmãzinhas lá no Ceará pelo apoio, aconchego e carinho que recebi em época de experimento.

À Sr. Aroldo Aquino e família por sempre estarem torcendo por mim.

À Janaína Januário e Patrícia Pimentel com muito carinho, por tornar a caminhada menos cansativa.

À querida amiga Virgínia Lanzetta, para mim um exemplo de persistência e coragem.

À Yuri Benevides, Leonília, Paula Almeida e Maria Paula Fialho, pelo apoio irrestrito, carinho, companheirismo, momentos de cozinha, risadas, sentirei falta.

À Juliana Cordeiro, Mariana Magalhães, Claudinha, Jú Colodo pelo sentimento de fraternidade ao longo desse tempo.

Aos amigos Jorge André e Juliano pelo carinho. Torço por vocês.

Aos meus amigos-irmãos baianos Guilherme Rocha Moreira e Luciano Fernandes pelo carinho pela atenção e por me fazer sentir em casa.

Aos meus estagiários da UFC Patrícia Rosa, Diana Meireles, Abner Girão e Liandro Beserra pela valiosa ajuda nos ensaios experimentais.

Ao meu estagiário, amigo e “filho acadêmico” Daniel Ragoneti de Moraes, pessoa ímpar a quem eu desejo juízo e todo o sucesso merecido.

Ao campinho da Escola de Veterinária que agüentou nossas lamentações ou comemorou junto conosco as nossas chopadas.

À todos os meus amigos da Universidade Federal de Viçosa que até hoje me acompanham e mesmo de “longe” sempre torceram por mim.

À André Guimarães Silva pela ajuda na condução do experimento em Fortaleza.

Ao Danilo Bastos pelo bom humor nas horas tensas dos trabalhos computadorizados.

Aos amigos Gilberto Macedo, Mário “Kiko” Henrique, Wilson,

Às amigas Elizângela, Bárbara, Andresa, Carol, Michele Carmo, Sílvia Passos e Wandréa pela amizade.

A todos aqueles que não couberam nesse espaço, mas têm espaço irrestrito e incondicional na minha mente.

---

## SUMÁRIO

---

CAPÍTULO I INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1- Subprodutos da Agroindústria para pequenos ruminantes	
2.1.2- <i>Subprodutos de Caju (Anacardium occidentale) na alimentação de ruminantes</i>	
2.1.3- <i>Subprodutos do beneficiamento do Urucum (Bixa orellana L.) na alimentação de ruminantes</i>	
2.2- Necessidades energéticas e protéicas para caprinos	
2.3- Substâncias Indicadoras do Consumo e Digestibilidade em Animais	
2.3.1- <i>Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE®)</i>	
2.3.2 <i>Óxido Crômico</i>	
2.4- Avaliação de Indicadores em ensaios de Digestibilidade	
CAPÍTULO III – Consumo e Digestibilidade dos Nutrientes em Caprinos Alimentados com Dietas Contendo Subprodutos de Urucum ( <i>Bixa orellana L.</i> )	14
CAPÍTULO IV – Consumo e Digestibilidade dos Nutrientes em Caprinos Alimentados com Dietas Contendo Subprodutos de Caju ( <i>Anacardium occidentale L.</i> )	21
CAPÍTULO V – Consumo e Digestibilidade dos Nutrientes em Caprinos Alimentados com Dietas Contendo Farelo da Castanha de Caju ( <i>Anacardium occidentale L.</i> )	28
CAPÍTULO VI – Avaliação de Diferentes Métodos de Estimativa da Produção Fecal.	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

---

---

**LISTA DE TABELAS**

---

**CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA.....3**

Tabela 1. *Composição química do bagaço de caju de acordo com literatura revisada.....4*

**CAPÍTULO III-Consumo e Digestibilidade dos Nutrientes de Dietas Contendo Subprodutos de Urucum (Bixa orellana L.) em Caprinos.....14**

Tabela 2 - *Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), lignina (LIG) matéria mineral (MM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF), energia bruta (EB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) do feno de tifton e do subproduto de urucum.....15*

Tabela 3 - *Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), lignina (LIG), matéria mineral (MM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF), energia bruta (EB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) obtidos para as dietas experimentais.....16*

Tabela 4 - *Consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), energia metabolizável (EM), energia digestível (ED), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), médias, equações de regressão e coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e variação (CV%), em função dos níveis de inclusão de subproduto de urucum nas dietas.....17*

Tabela 5 - *Digestibilidades aparentes totais da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), médias, equações de regressão e coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e variação (CV%) para as, em função das inclusões de subproduto de urucum.....19*

Tabela 6 - *Consumos de Energia Bruta (CEB), Digestível (CED) e Metabolizável (CEM); Digestibilidade Aparente da Energia Bruta (DEB), Balanço Energético (BEB), Energia Bruta retida (EB ret), Energia Bruta Fecal (EBF) e Urinária (EBU), em função do nível de inclusão de subproduto de urucum.....19*

Tabela 7 - *Consumos de Nitrogênio (CN), Balanço Nitrogenado (BN), Nitrogênio Fecal (NF) e Nitrogênio Urinário (NU), em função do nível de inclusão de subproduto de urucum.....20*

**CAPÍTULO IV – Consumo e Digestibilidade Aparente dos Nutrientes em Caprinos Alimentados com Dietas Contendo Bagaço de Caju Desidratado (Anacardium occidentale L.).....21**

Tabela 8- *Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), lignina (LIG), matéria mineral (MM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF), energia bruta (EB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) do feno de tifton e do bagaço de caju desidratado.....22*

Tabela 9 - *Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e energia bruta (EB) obtidos para as dietas experimentais.....23*

Tabela 10 - *Consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), energia metabolizável (EM), energia digestível (ED), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), médias, equações de regressão e coeficientes de determinação (r<sup>2</sup>) e variação (CV%), em função dos níveis de inclusão de subproduto de caju nas dietas.....*24

Tabela 11 - *Médias, equações de regressão e coeficientes de determinação (r<sup>2</sup>) e variação (CV%) para as digestibilidades aparentes totais da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), em função das inclusões de subproduto de caju.....*25

Tabela 12 - *Consumos de Energia Bruta (CEB), Digestível (CED) e Metabolizável (CEM); Digestibilidade Aparente da Energia Bruta (DEB), Balanço Energético (BEB), Energia Bruta retida (EB ret), Energia Bruta Fecal (EBF) e Urinária (EBU), em função do nível de inclusão de subproduto de caju.....*26

Tabela 13 - *Consumos de Nitrogênio (CN), Balanço Nitrogenado (BN), Nitrogênio Fecal (NF) e Nitrogênio Urinário, em função do nível de inclusão de subproduto de caju.....*27

## **CAPÍTULO V – Consumo e Digestibilidade Aparente dos Nutrientes em Caprinos Alimentados com Dietas Contendo Farelo da Castanha de Caju (*Anacardium occidentale* L.).....**28

Tabela 14 - *Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), lignina (LIG), matéria mineral (MM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF), energia bruta (EB) e nutrientes digestíveis totais (NDT), do feno de tifton e do farelo da castanha de caju.....*29

Tabela 15 - *Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), lignina (LIG), matéria mineral (MM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF), energia bruta (EB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) obtidos para as dietas experimentais.....*30

Tabela 16 - *Consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo, energia bruta (EB), energia metabolizável (EM), energia digestível (ED), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), médias, equações de regressão e coeficientes de determinação (r<sup>2</sup>) e variação (CV%) para os em função dos níveis de inclusão de farelo da castanha de caju nas dietas.....*31

Tabela 17 - *Digestibilidades aparentes totais da matéria seca (DAMS), matéria orgânica (DAMO), proteína bruta (DAPB), extrato etéreo (DAEE), energia bruta (DAEB), fibra em detergente neutro (DAFDN) e fibra em detergente ácido (DAFDA), médias, equações de regressão e coeficientes de determinação (r<sup>2</sup>) e variação (CV%) em função das inclusões do farelo da castanha de caju.....*32

Tabela 18 - *Consumos de Energia Bruta (CEB), Digestível (CED) e Metabolizável (CEM); Digestibilidade Aparente da Energia Bruta (DEB), Balanço Energético (BEB), Energia Bruta retida (EB ret), Energia Bruta Fecal (EBF) e Urinária (EBU), em função do nível de inclusão do farelo da castanha de caju.....*33

Tabela 19 - *Consumos de Nitrogênio (CN), Balanço Nitrogenado (BN), Nitrogênio Fecal (NF) e Nitrogênio Urinário, em função do nível de inclusão do farelo da castanha.....*34



**CAPÍTULO VI - Validação do LIPE® como Indicador Externo de Estimativa da Produção fecal e Digestibilidade em Caprinos alimentados com Subprodutos da Agroindústria.....35**

Tabela 20 - *Produção fecal (g/d) obtida pelo método de Coleta total e estimada pelos indicadores LIPE® e Óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) utilizando subproduto do urucum e respectivos coeficientes de variação (CV) da produção fecal.....38*

Tabela 21 - *Médias de digestibilidade aparente dos nutrientes, (%) calculadas pela Coleta total e estimadas pelos indicadores LIPE® e Óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) utilizando subproduto do urucum.....38*

Tabela 22 - *Produção fecal (g/d) obtida pelo método de Coleta total e estimada pelos indicadores LIPE® e Óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) utilizando bagaço de caju e respectivos coeficientes de variação (CV) da produção fecal.....39*

Tabela 23 - *Médias de digestibilidade aparente dos nutrientes, (%) calculadas pela Coleta total e estimadas pelos indicadores Óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e LIPE® utilizando bagaço de caju desidratado.....39*

Tabela 24 - *Produção fecal (g/d) obtida pelo método de Coleta total e estimada pelos indicadores LIPE® e Óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) utilizando farelo da castanha.....39*

Tabela 25 - *Médias de digestibilidade aparente dos nutrientes, (%) calculadas pela Coleta total e estimadas pelos indicadores Óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e LIPE® utilizando farelo da castanha de caju.....40*

Tabela 26 - *Taxas de recuperação fecal dos indicadores Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e LIPE® em relação ao método de coleta total.....40*

---

**LISTA DE FIGURAS**

---

**CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA.....3**

Figura 1. *Fluxograma básico do beneficiamento da castanha de Caju.....6*

---

## RESUMO

Foram avaliados os consumos e a digestibilidade dos nutrientes, balanços energético e nitrogenado e diferentes métodos de estimativa de produção fecal em caprinos em três experimentos, utilizando subprodutos da agroindústria e como volumoso o feno de tifton 85 (*Cynodon sp.*). Doze caprinos machos castrados SRD, com peso vivo médio de 18 kg foram distribuídos num delineamento inteiramente casualizado com quatro níveis de inclusão de subprodutos e repetições. Os subprodutos utilizados foram resíduos de semente de urucum, bagaço de caju desidratado e farelo da castanha de caju em níveis de inclusão de 18, 36, 46 e 72% e 10, 15, 20 e 25%, respectivamente. Os subprodutos foram obtidos de indústrias beneficiadoras de semente de urucum e de suco de frutas na região Nordeste, no estado do Ceará. Cada experimento constou de um período de 19 dias, sendo quatorze dias de adaptação e cinco dias de coleta de alimento fornecido, sobras, fezes e urina. A estimativa da produção fecal foi realizada utilizando-se a coleta total de fezes e os indicadores óxido crômico e Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE®), como indicadores externos para comparação e validação, respectivamente. Os consumos de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) aumentaram linearmente com o incremento do subproduto de urucum nas dietas, entretanto, as digestibilidades aparentes de EB, fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) apresentaram decréscimo linear. O incremento de subproduto de urucum proporcionou balanços energéticos positivos, sem diferença significativa entre os níveis de inclusão, acontecendo da mesma forma para os balanços nitrogenados, porém, ocasionando uma diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre o menor (18%) e o maior nível de inclusão (72%), na retenção de nitrogênio, com valores médios de 33,36 e 35,72%, respectivamente. A inclusão do subproduto de caju ocasionou aumento linear de todos os nutrientes avaliados. Entretanto, provocou decréscimo linear nas digestibilidades aparentes da FDN e FDA e decréscimo quadrático na digestibilidade aparente da proteína bruta com inclusão do bagaço de caju desidratado. Os balanços energéticos foram positivos em todos os níveis de inclusão de subproduto de caju (531,41 a 1256,31kcal para 18 e 72%, respectivamente), porém, o balanço nitrogenado e retenção de nitrogênio em 18% de inclusão foram negativos (-0,44 e -7,27 respectivamente). A inclusão do farelo da castanha de caju nas dietas aumentou significativamente o consumo de extrato etéreo (0,98 unidades percentuais a cada 1% de adição de farelo de castanha) e diminuiu os consumos de FDN e FDA das dietas. As digestibilidades da PB e do EE aumentaram linearmente com a inclusão do farelo da castanha, a cada unidade percentual de inclusão, 1,15 e 0,22 unidades de aumento nas digestibilidades foram encontradas, respectivamente. Os balanços energéticos e nitrogenados foram positivos, mas não diferiram significativamente com o incremento do farelo da castanha, alcançando valores médios de 1629,83kcal e 5,98g, respectivamente. O indicador LIPE® foi válido para estimar a produção em fecal e a digestibilidade dos nutrientes em caprinos em todos os ensaios onde foi utilizado, se assemelhando ao método de coleta total. O óxido crômico quando utilizado nos ensaios da avaliação do urucum e do bagaço de caju desidratado também não apresentou diferença significativa com o método de coleta total, apesar de se mostrar diferente no ensaio de avaliação do farelo de castanha de caju, superestimando as digestibilidades aparentes do ensaio.

Palavras – chave: Caju, Farelo de castanha, LIPE®, Óxido crômico, Resíduos agroindustriais, Urucum

## ABSTRACT

The nutrients intakes and digestibilities, energetic and nitrogen balance were evaluated and different methods of goat fecal product estimate in three assays, using agroindustry by-products and hay of tifton 85 (*Cynodon sp.*) as roughage. Twelve goat castrated males SRD, average alive weight of 18 kg had been distributed in a design entirely randomized with four levels of inclusion of by-products and six repetitions. The by-products had been residues of anatto seeds (*Bixa orellana L.*), dehydrated cashew bagasse (*Anacardium occidentale*) and cashew nut meal in levels of inclusion of 18, 36, 46 and 72% and 10, 15, 20 and 25%, respectively. The by-products had been gotten of industries processing of anatto seeds and fruit juice in the Northeast region, in the state of Ceará. Each experiment consisted of a period of 19 days, being fourteen days of adaptation and five days of collection of supplied food, refusal, excrements and piss. The estimate of the fecal production was carried through using excrement total collects and the external markers chromic oxide and Purificated Enriched Lignin (LIPE®), as external marker for comparison and validation, respectively. The dry matter intake (DMI), organic matter (OMI), crude protein (CPI) and gross energy (GEI) had increased linearly with the increment of the by-product of anatto in the diets, however, the EB apparent digestibilities, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (FDA) decreased linearly. The anatto by-product increment provided positive energy balance, without significant difference between the levels inclusions happening in the same way for the balance nitrogen, however, causing a significant difference ( $P < 0,05$ ) between the minor (18%) and the biggest level of inclusion (72%), in the nitrogen retention, with average values of 33,36 and 35,72%, respectively. The inclusion of the cashew by-product provided linear increase of all the nutrients evaluated. However, linear decrease was happened in apparent digestibilities of the NDF and ADF and quadratic decrease in the crude protein apparent digestibility with inclusion of the dehydrated cashew bagasse. The balance energetic was positive in all levels of cashew by-product inclusion (531.41 the 1256,31kcal for 18 and 72%, respectively), however, the nitrogen balance and nitrogen retention in 18% de inclusion was negative (-0,44 and -7,27 respectively). The meal cashew nut inclusion in diets increased the intake etereo extract significantly (0,98 percents units to each 1% of addition of meal cashew nut) and diminished the NDF and ADF intakes of diets. The CP and EE digestibilities were increased linearly with the inclusion of the meal cashew nut to each percents unit of inclusion, 1,15 and 0,22 units of increase in digestibilities had been found, respectively. The energy and nitrogen balance had been positive, but they had not significantly differed with the increment from the bran from the chestnut, reaching average values of 1629,83 kcal and 5,98 g, respectively. External marker LIPE® was valid to estimate fecal production and nutrients digestibility in goats at all the assays where it was used, if being similar to the method of total collection. The chromic oxide when used in the assays of the evaluation of anatto and the cashew bagasse dehydrated also it did not present significant difference with the method of total collection, although to reveal different in the assay of evaluation of the cashew nut meal, overestimating the apparent digestibilities of the assay.

Keywords: Agroindustriais Residues, Anatto, Cashew, Cashew nut meal, LIPE®, Oxide chromic

## CAPÍTULO I. Introdução Geral

A estacionalidade da produção de forragens, característica de regiões tropicais afeta particularmente a região Nordeste, com um agravante de que, na grande maioria da sua extensão apresenta algumas limitações mais acirradas, como adversidades climáticas, físicas ou até mesmo, problemas de difusão tecnológica. Esses fatos normalmente geram entraves relacionados ao fornecimento de alimentos para animais em períodos críticos do ano. Com o crescente aumento da fruticultura irrigada, e um conseqüente avanço na indústria de processamento de frutas, a utilização dos resíduos gerados por esse segmento na alimentação de animais ruminantes pode ser uma excelente alternativa para contornar os problemas gerados pela falta de alimentos.

Atualmente, por questões econômicas e até mesmo ecológicas, a preocupação com o destino final de subprodutos da agroindústria, tem se tornado uma constante entre pesquisadores de várias áreas da ciência principalmente em se tratando de nutrição animal, já que é uma alternativa valiosa de substituição de matérias-primas mais nobres e mais caras. Antes de ser uma ótima alternativa para a minimização dos custos no segmento agrícola, a utilização de subprodutos tanto de indústrias alimentícias quanto da própria agricultura, tem muito a acrescentar como fator de ordem ecológica, criando um destino final útil para esses resíduos.

A busca de métodos para a estimativa do valor nutricional tem sido alvo de inúmeras pesquisas nacionais e internacionais na nutrição de ruminantes, uma vez que os ensaios com animais são caros, laboriosos e relativamente longos. Entretanto, os métodos *in vivo* continuam a ser importantes, uma vez, que são referência, tanto na avaliação de alimentos, como na validação dos métodos de estimativa. A determinação da digestibilidade tem sido o principal objetivo da experimentação *in vivo*, uma vez que esta variável quantifica a disponibilidade dos nutrientes dos alimentos no trato gastrointestinal dos animais, envolvendo

mensurações de consumo e da excreção fecal. Considerando o elevado consumo de alimentos pelos ruminantes e a proporcional elevada excreção fecal, a coleta total de fezes por determinado período de tempo torna-se impraticável, o que levou à utilização de indicadores para a estimativa da excreção fecal e da digestibilidade.

Normalmente, a digestibilidade de uma forragem é a diferença entre as quantidades consumidas e as excretadas nas fezes, e envolve a medição de consumo e a excreção total das fezes. A digestibilidade aparente da forragem ou do alimento pode, ser estimada, usando um indicador interno, ou incorporando um indicador externo na dieta numa concentração conhecida, efetuando-se a coleta de fezes quando um equilíbrio for estabelecido (steady-state). A vantagem do uso de indicadores em estudos de digestibilidade é que a coleta total das fezes é substituída por uma amostragem aleatória que minimiza os custos e o trabalho, especialmente em estudos com grandes animais. Para se conhecer a confiabilidade de um indicador é necessário que sejam feitos ensaios de digestibilidade comparando os resultados obtidos pelo indicador com aqueles obtidos pela coleta total de fezes.

Várias substâncias já foram estudadas e sugeridas como indicadores fecais, sendo o óxido crômico, um indicador externo, amplamente empregado em estudos com várias espécies de animais. O óxido crômico apresenta como vantagem não ser tão caro, se incorporar facilmente às dietas e ser analisado com relativa facilidade. No entanto, possui também algumas limitações como baixa recuperação fecal, e variação diurna de sua excreção nas fezes, o que pode ser contornado com a sua administração duas vezes ao dia.

Os intra-indicadores, uma nova classe de indicadores está sendo proposta, de acordo com esta nova denominação, não se designam substâncias únicas, mas, grupamentos constituintes de substâncias que podem ser utilizadas como indicadores, tendo em vista que atendem as regras de um indicador característico. Uma lignina com grupamentos fenólicos, não encontrados normalmente no composto *in natura* foi enriquecida originando um

hidroxifenilpropano modificado, denominado LIPE®. A Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE®) é o hidroxifenilpropano modificado e enriquecido. É um indicador externo de digestibilidade e consumo desenvolvido especialmente para pesquisas.

A Lignina Purificada e Enriquecida foi inicialmente utilizada em estudo de consumo e digestibilidade comparada à coleta total de fezes em coelhos, entretanto sua utilização e validação em várias outras espécies animais também já têm sido estudadas inclusive ruminantes de grande e pequeno porte.

Embora seja extensa a utilização de indicadores para a estimação da excreção fecal e da digestibilidade das dietas, poucos estudos têm verificado a acurácia de tais estimativas, o que torna necessário, a comparação da coleta total com as estimativas.

O caprino, como um animal ruminante pastejador selecionador, é capaz de digerir fibras e substâncias lenhosas como gramíneas folhas e até mesmo pequenos ramos encontrados em seu habitat natural, além de ser mais eficiente em converter diferentes tipos de alimento em relação a bovinos e ovinos. Caprinos aceitam uma grande variedade de alimentos na sua dieta o que proporciona a esse animal a oportunidade de selecionar benéfica, mas não absolutamente necessária, e ainda a diversidade de consumirem vários alimentos que não são palatáveis à ovinos ou bovinos.

Vários pesquisadores vêm avaliando o valor nutritivo de subprodutos da agroindústria, em grandes ou pequenos

ruminantes através de parâmetros como, consumo e digestibilidade de nutrientes, desempenho animal e/ou inclusão de subprodutos como aditivos para processos de conservação de forragens como ensilagens. Subprodutos como bagaços e cascas de frutas, resíduos de indústrias beneficiadoras de oleaginosas, restos de culturas, etc. vêm sendo testados e avaliados para conhecimento do valor nutritivo e ou padronização dessas substâncias capacitando sua utilização na alimentação animal.

Entretanto ainda pela pouca quantidade de resultados, existe uma necessidade de intensificação de pesquisas para aumentar e fundamentar a utilização desses subprodutos, além da padronização dessas matérias-primas na alimentação de ruminantes.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o consumo, a digestibilidade de nutrientes, o balanço energético e nitrogenado, assim como diferentes métodos de estimativa de produção fecal com indicadores e validar o indicador Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE®), em dietas contendo subprodutos de agroindústria em diferentes níveis de inclusão. Para tanto, estão apresentados aqui os Capítulos 2, 3, 4 e 5, cujos conteúdos vão estudar respectivamente os consumos, as digestibilidades dos nutrientes e os balanços energéticos e protéicos do resíduo agroindustrial do urucum (*Bixa orellana* L.), do bagaço de Caju desidratado (*Anacardium occidentale* L.), do farelo da castanha de Caju, e a Validação do LIPE® como indicador externo para estimativa da digestibilidade em Caprinos.

## CAPÍTULO II

### Revisão de Literatura

#### 2.1 – Subprodutos da Agroindústria para Pequenos Ruminantes

##### 2.1.2- Subprodutos de Caju (*Anacardium occidentale*) na alimentação de ruminantes

O cajueiro, denominado *Anacardium occidentale*, pertence ao gênero *Anacardium* da família *Anacardiaceae*. Esta família compreende cerca de 60 a 70 gêneros e 400 a 600 espécies. Das 21 espécies de cajueiro identificadas, apenas três não são encontradas no Brasil. Uma é encontrada na Malásia e as outras duas na Amazônia venezuelana e colombiana. O fruto propriamente dito é duro e oleaginoso, mais conhecido como castanha-de-caju, consumido assado e geralmente salgado.

O que entendemos popularmente como "caju" se constitui de duas partes: a fruta propriamente dita, que é a castanha; e seu pedúnculo floral, pseudofruto geralmente confundido com o fruto. Este é constituído por um pedúnculo piriforme, amarelo, rosado ou vermelho, geralmente carnoso, suculento e rico em vitamina C e ferro, comestível, de onde se preparam sucos, mel, doces, passas e cajuína, uma bebida sem álcool.

A cultura do caju está distribuída em vários estados, mas somente nos últimos anos passou a ser encarada como fonte de renda nas regiões Nordeste e Norte do País, em face da crescente comercialização de seus principais produtos: a amêndoa da castanha de caju (ACC) e o LCC (líquido da castanha de caju).

A produção brasileira de caju está concentrada na região Nordeste, situando-se em 160 mil toneladas anuais, responsáveis por exportações de cerca de US\$ 150 milhões, que resultam dos negócios com a ACC e o LCC, principalmente, para os EUA - maior importador e consumidor mundial (em torno de 70% do consumo

mundial), Canadá (10%) e Europa (11 %). O Ceará é o maior produtor nacional com uma produção entre 75 a 80 mil toneladas em, 325 mil hectares de área plantada, o que faz com que o agronegócio do caju represente cerca de 50% do seu Produto Interno Bruto - PIB. Em seguida aparece o Piauí aproximadamente 32 mil toneladas em 142 mil hectares e o Rio Grande do Norte com 26 mil toneladas, nos seus 110 mil hectares de área cultivada. (PEE/CAMEX, 2000; IBGE, 2000).

De acordo com Holanda *et al.* (1996), a produção de pedúnculos chega a mais de um milhão de toneladas/ano, ressaltando que esta produção se concentra na estação seca do ano, período caracterizado pela menor disponibilidade de forragem tanto em quantidade quanto qualidade.

O aproveitamento industrial do caju é realizado principalmente na região Nordeste do país. Esse aproveitamento visa, basicamente, o beneficiamento da castanha e, em menor escala o aproveitamento do pedúnculo. Mesmo considerando o aproveitamento do pedúnculo sob a forma de sucos, doces, geléias, néctares, farinhas e fermentados, só 15% da produção do pedúnculo é utilizada. Uma das causas para esse baixo aproveitamento está relacionada ao tempo de deterioração do pedúnculo, que ocasiona excessivas perdas no campo e na indústria (Campos, 2003).

A alta perecibilidade, juntamente com a falta de facilidade na armazenagem durante os meses de pico do processamento industrial, contribui para esta perda física. Lima (1988), afirmou que mais de 90% da produção do pedúnculo é deixada no campo após a retirada da castanha, apresentando,

assim um grande potencial para utilização em rações.

O pedúnculo impróprio para comercialização ou mesmo o bagaço são utilizados de diversas maneiras como matéria-prima para dietas de pequenos ruminantes. Apesar de o produto apresentar, altos teores de umidade e fibra, fatores antinutricionais como taninos, ou até mesmo baixos valores nutricionais como é o caso do bagaço (Awolumate, 1983), o conhecimento mais refinado desse ingrediente é tão importante para a determinação dos níveis, formas e condições de sua utilização, na formulação

da dieta animal quanto à importância do seu aproveitamento.

Os subprodutos do caju mais utilizados na alimentação animal são, o farelo da castanha e o farelo da polpa de caju, obtidos a partir da industrialização da amêndoa e industrialização do pedúnculo do caju na extração de sucos, respectivamente, (Barbosa *et al.*, 1989). A falta de padronização nas formas de obtenção de subprodutos da agroindústria ocasiona variação nos valores bromatológicos dessas matérias primas. A tabela abaixo apresenta composições bromatológicas de acordo com a literatura revisada:

Tabela 1 - Composição química do bagaço de caju de acordo com literatura revisada

Fonte	MS	PB	FDN	FDA	Hcel	Lig	NIDN	NIDA
Sanhá <i>et al.</i> (2000)	88,9	-	55,9	28,4	27,5	8,2		
Vasconcelos <i>et al.</i> (2002)*	29,2	14,4	70,1	54,5	8,6			
Leite <i>et al.</i> (2004)	90,1	19,7	58,4	36,7	21,7	12,5	-	-
Ferreira <i>et al.</i> (2004)*	25,4	14,2	65,5	47,0	18,5	22,5		
Ferreira (2005)	86,0	18,2	72,2	56,5	15,6	35,5	51,2	16,7
Rogério (2005)	89,1	14,0	79,2	68,6	10,6	37,7		
Dantas Filho <i>et al.</i> (2007)	91,52	16,05	62,64	26,79	35,85	-	-	-

\*Não sofreram desidratação para uso

O bagaço de caju também vem sendo utilizado como aditivos na ensilagem de gramíneas ou mesmo com alimentos exclusivos, na forma de silagens ou desidratados e inserido na dieta de animais ruminantes.

Ferreira *et al.* (2002) avaliando a adição de 0, 12, 24, 36 e 48% de bagaço de caju na ensilagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*), observaram aumento nos teores de proteína bruta à medida que aumentaram o nível de adição, sendo os maiores valores nos níveis de adição 36 e 48%. Observaram ainda, melhora nas características fermentativas da silagem, concluindo que a adição do subproduto proporcionou melhora nos valores bromatológicos da silagem adicionada com o bagaço de caju.

A castanha é o fruto verdadeiro e possui uma amêndoa de alto valor nutritivo, já o pseudofruto, bastante utilizado em indústrias de sucos, além de fabricação de doces, bebidas, etc. possui em média 85% de umidade, cujo produto após a extração do suco (bagaço) pode ser utilizado na alimentação animal. A castanha é a parte do caju de maior valor comercial, enquanto o pedúnculo *in natura* é comercializado em pequena escala (10 a 15% do total) e é altamente perecível.

A produção mundial de amêndoa de castanha de caju ACC se dá no chamado Terceiro Mundo, destacando-se como principais produtores a Índia, Brasil, Nigéria, Tanzânia, Guiné Bissau, Vietnam, Tailândia e Indonésia. Nesse *agribusiness* internacional, a Índia e o Brasil respondem por aproximadamente 90% do

processamento e da exportação da castanha industrializada. A Índia, que sistematicamente importa castanha da África, de modo a alargar sua escala de processamento industrial e comercialização, exporta, anualmente, entre 65 e 75 mil toneladas de ACC. O Brasil, por sua vez, que também vem importando castanhas de caju da África, exporta entre 30 e 35 mil toneladas. Não obstante esse quadro pode ser modificado em função da entrada dos novos concorrentes asiáticos, que, em face ao baixo custo do fator trabalho e da usual prática da política de subsídios diretos à produção, representam um risco à hegemonia desses países e podem impor um esforço concentrado para o rápido aumento da competitividade. (FAO, 1999; PEE/CAMEX, 2000).

A comercialização de 90 % da amêndoa da castanha de caju brasileira dirige-se para o exterior. Os Estados Unidos importam em média 80 %, os Países Baixos 6 % e o Canadá 4 %. Este fato é perfeitamente admissível, por este alimento ser considerado de luxo e, como tal, ter demanda por países de elevada renda "per capita". O consumo mundial em escala da amêndoa de castanha de caju ocorre em países de elevada renda, representando negócios anuais em torno de US\$ 500 milhões, onde a demanda por este produto é crescente. Crisóstomo *et al* (1995) evidenciam que, no período de 1989 a 1994, as importações do Reino Unido, Alemanha e Holanda cresceram 148%. Em 1994, esses países representaram 26% do mercado mundial de amêndoa de castanha de caju, constituindo-se, portanto, em alvo

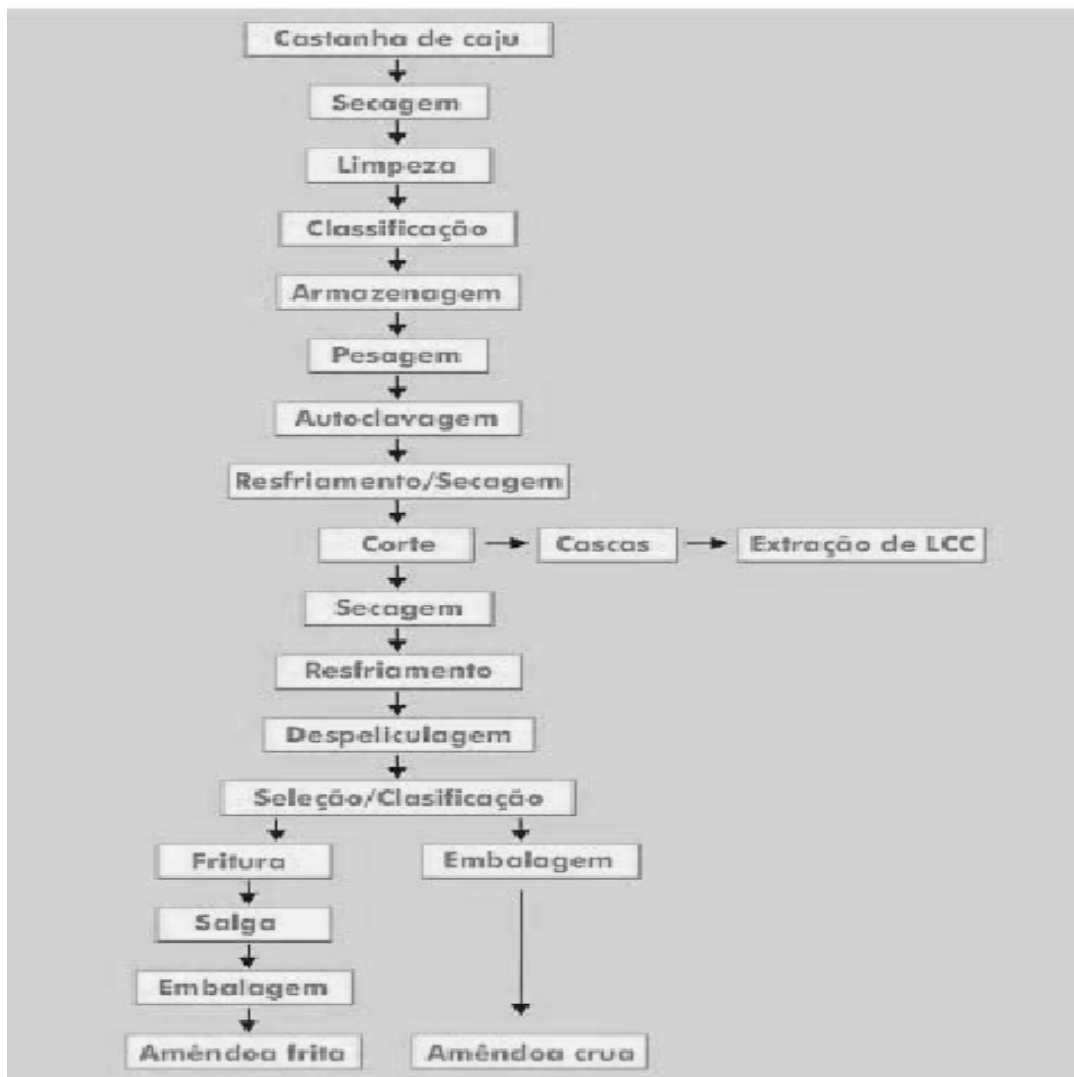
estratégico para qualquer política de ampliação de mercado. Os países asiáticos, do mesmo modo, têm ocupado espaço crescente no mercado consumidor internacional dessa amêndoa.

O Ceará destaca-se como o principal estado produtor do Nordeste. Com 668,1 hectares de área colhida de castanha em 2003, na região, 205,3 hectares foram provenientes deste estado (Agrianual, 2004). Algumas medidas têm sido implantadas, pelo produtor, para o melhor aproveitamento da castanha e do pedúnculo do caju, dentre estas medidas, destaca-se a otimização do beneficiamento da castanha em pequena escala. No entanto, as amêndoas de castanha de caju processadas possuem alto teor de gordura e baixo teor de umidade, características que fazem com que estes produtos sejam susceptíveis ao ganho de umidade, com conseqüente possibilidade de perda de textura e degradação microbiológica, e à oxidação.

A castanha é a parte do caju de maior valor comercial, enquanto que o pedúnculo é comercializado em pequena escala, entre 10 a 15% do total produzido, sendo altamente perecível (Vasconcelos *et al.*, 2002). Na figura 1 pode ser observado o fluxograma do beneficiamento da castanha na indústria da coleta até a comercialização. O farelo da castanha de caju, oriundo das castanhas impróprias para o consumo humano, vem sendo utilizado para formulação de ração animal, não possuindo, entretanto, dados comprovando a sua eficiência na melhoria da produtividade animal.



Figura 1. Fluxograma básico do beneficiamento da castanha de Caju



Fonte: EMBRAPA Agroindústria Tropical [www.ceinfo.cnpat.embrapa.br](http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br)

Manoel *et al.* (2003) ao estudarem a degradabilidade da matéria seca do farelo da castanha de caju além de outros alimentos, encontraram a partir dos valores de a (fração solúvel) e b (fração insolúvel potencialmente degradada), que o farelo da castanha de caju pode ser classificado como concentrado, apresentando os valores desses parâmetros analisados, semelhantes aos da soja extrusada.

Fornecendo feno de capim elefante numa relação 70:30 volumoso:concentrado,

Rodrigues *et al.* (2002), utilizaram concentrados isoprotéicos contendo, 0, 12, 24 e 36% de farelo da castanha de caju para ovinos em confinamento. Esses autores encontraram diminuição nos consumos de matéria seca e proteína bruta tanto em g/dia quanto em g/UTM ao adicionarem farelo da castanha de caju nos concentrados, o consumo de PB em g/animal/dia, a cada 1% de inclusão de FCC na ração concentrada, foi reduzido em 1,08 gramas.

### 2.1.3- Subprodutos do Beneficiamento do Urucum (*Bixa orellana* L.) na alimentação de ruminantes

A *Bixa orellana* L. (urucum) pertence à família botânica Bixaceae. Internacionalmente conhecida como *annatto*, é uma espécie nativa do Brasil e de outras regiões tropicais do planeta (Costa, 2005). O uso de aditivos com a intenção de tornar os alimentos visualmente mais atraentes, seja na indústria alimentícia ou no uso doméstico cotidiano, é bastante comum. O corante extraído do pericarpo das sementes de urucum (*Bixa orellana* L.), um arbusto nativo do Brasil e de outras regiões tropicais do planeta, recebe a denominação internacional de “*annatto*” (Fernandes, 1999). O *annatto* (anato) é uma mistura de pigmentos de coloração amarelo-alaranjada em consequência da presença de vários carotenóides, com predominância absoluta de um atípico, conhecido como bixina. No Brasil, além do amplo emprego na indústria, a preparação comercial contendo 0,20-0,25% de bixina é conhecida como colorau, componente indissociável de inúmeros pratos da culinária brasileira. Este é produzido a partir das sementes de urucum, previamente aquecidas a 70 °C em óleo vegetal, seguido de abrasão com fubá ou farinha de mandioca ou pela mistura destas com urucum em pó, obtido por extração com solventes.

O resíduo agroindustrial da semente de urucum é o subproduto da extração agroindustrial da bixina, corante natural largamente utilizado pela indústria alimentícia. O aumento da escala de extração agroindustrial da bixina resulta em 94 a 98% de sobras, que atualmente são descartadas pela indústria. Este resíduo, já caracterizado quimicamente, vem sendo testado nutricionalmente de diversas maneiras para utilização na dieta animal. Tal resíduo, um subproduto de baixo custo, é descartado pela indústria em quantidades de aproximadamente 2600 t ao ano (Pimentel, 1995).

Gonçalves *et al.* (2006), avaliaram a inclusão do subproduto de urucum em silagens de capim elefante em níveis de 0, 10, 15 e 20%, e obtiveram resultados satisfatórios quanto a composição bromatológica do produto obtido. Estes autores conseguiram redução de 0,64 e 0,81 unidades percentuais, nos níveis de FDN e FDA respectivamente, para cada 1% de adição do subproduto. Observaram ainda, elevações nos teores de PB de, 0,26 unidades percentuais, a cada 1% de adição do subproduto de urucum nas silagens.

Dessa maneira, Teles *et al.*, (2005) fornecendo silagem de capim elefante com adição de 0, 4, 8 e 16% de subproduto do urucum para ovinos encontraram consumos de matéria seca em g/dia e em %PV de 421,84 e 2,22, respectivamente. Estes autores encontraram ainda um efeito quadrático no consumo de proteína bruta da dieta variando de 30,11g/animal/dia para o nível 0% e 72,27 g/animal/dia para o nível de 16% de subproduto de urucum.

Atualmente o número de trabalhos sobre a utilização desse resíduo do beneficiamento do urucum é insatisfatório para que se obtenham afirmações de recomendações da sua utilização. Segundo Utiyama *et al.* (2002), este subproduto apresenta 14,7% de proteína bruta (PB), 12,5 a 14,4% de fibra bruta (FB), 36,8% de fibra em detergente neutro (FDN) e 20,2% de fibra em detergente ácido (FDA). Tonani (1995) afirmou que pela composição bromatológica, este subproduto se assemelha ao farelo de trigo, podendo ser considerado um alimento concentrado, uma vez que o conteúdo de fibra bruta é inferior a 18%.

Trabalhando com Bovinos, Tonani (1995), não encontrou efeitos significativos para digestibilidade dos nutrientes, desempenho e conversão alimentar com 26% de inclusão do resíduo do beneficiamento de urucum na dieta.

Em trabalho com ovinos recebendo feno de tifton 85 e subproduto de urucum em níveis crescentes de inclusão (0, 20, 40, 60 e 80), Clementino *et al.*, (2006), encontraram aumentos lineares tanto no consumo quanto na digestibilidade da matéria seca das dietas fornecidas, conseguindo valores de 7,6g e 0,20%, respectivamente para cada unidade percentual de inclusão do subproduto.

Em se tratando de animais monogástricos, também são encontrados trabalhos utilizando o resíduo agroindustrial do urucum. Nesse contexto, Silva *et al.*, (2005), ao avaliarem o efeito

da inclusão do resíduo de urucum na ração para frangos de corte, concluíram que o resíduo pode ser incluído em até 9,9% em ração para frangos de corte de 1 a 47 dias de idade.

Wurts e Torreblanca (1983) analisaram alguns fatores antinutricionais no resíduo da semente do urucum e encontraram que a presença de antitripsina, hemaglutininas, glicosídeos cianogênicos e alcalóides não foi constatada. Apenas pequenas quantidades de saponinas (438µg/g), que possivelmente não restringe o uso do resíduo na alimentação animal

## 2.2- Necessidades Energéticas e protéicas para caprinos

Caprinos se adaptam muito bem em condições ambientais menos favoráveis e prevalecem principalmente em regiões mais áridas, são ainda capazes de obter dieta adequada até mesmo quando a forragem é escassa. Em comparação com outras espécies de ruminantes, existe pouca informação na literatura em relação aos requerimentos nutricionais de caprinos. Na ausência de evidências experimentais, a maioria das recomendações nutricionais ou energéticas de caprinos tem sido derivada de outras espécies como bovinos ou ovinos. Entretanto, estas extrapolações podem ser equivocadas já que é sabido que o caprino desenvolveu aspectos fisiológicos específicos em comparação com as espécies citadas. Mesmo em edições atualizadas (2006) do NRC, fatores de ajustes são sugeridos, entretanto com banco de dados ainda com número reduzido de estudos (Sahlu, 2004).

Apesar de algumas semelhanças com os ovinos e bovinos, os caprinos apresentam diferenças marcantes (hábitos alimentares, composição do leite e carcaça, exigências nutricionais) que justificam um tratamento diferenciado para seu correto manejo e alimentação (Morand-Fehr, 1991)

O caprino seleciona intensamente o alimento a ser ingerido, mostrando-se extremamente hábil nessa atividade,

escolhendo as partes mais tenras e palatáveis da planta, rejeitando a parte mais fibrosa. Em razão disto o valor nutritivo da parcela de alimento ingerida pelo animal normalmente é superior ao valor nutritivo do alimento disponível, sendo a diferença entre o disponível e o ingerido tanto maior quanto menor a qualidade do alimento. Vários artigos demonstram que determinados resíduos de culturas podem substituir alimentos concentrados em dietas de caprinos sem redução nos índices de desempenho e geralmente com melhores resultados econômicos (Meffeja *et al.*, 2000; Morales *et al.*, 2000; Malau-Aduli *et al.*, 2003).

Na nutrição animal especificamente o maior interesse em estudos de balanços nutricionais em animais é sobre a presença do nutriente, do alimento e o produto absorvido a partir deles quando da sua transformação, quer seja proteína, energia, vitaminas, etc... Tais nutrientes ou substâncias, graças ao metabolismo animal, são transformados e ou depositados na forma de produtos como leite, ovos, lã, carne, dentre outros, ou em calor e atividade física do animal. A utilização eficiente de recursos disponíveis requer um profundo conhecimento de comportamento alimentar, processos metabólicos e digestivos, valor nutritivo dos alimentos e

dos requerimentos de nutrientes ou energéticos.

A disponibilidade de energia é um grande fator limitante nos sistemas de produção animal. Os estudos de balanço energético têm servido muitos propósitos, entre eles o de avaliar os valores nutricionais dos alimentos e a determinação de requerimentos do animal e as eficiências de conversão dos alimentos (Van Soest, 1994). A eficiência da utilização de energia bruta nos ruminantes está determinada por complexas inter-relações entre as características físicas e químicas do alimento, processos digestivos no trato gastrointestinal e as atividades metabólicas associadas com manutenção e crescimento (Flor, 2003).

Segundo o NRC (2006), a energia é definida como o potencial para trabalhar e pode ser medida somente na transformação de uma forma para outra. Matérias-primas contêm variáveis quantidades de energia que fornecem combustível para o corpo através do consumo e da transformação dentro do organismo do animal durante os processos metabólicos. Os requerimentos energéticos variam entre e dentro de animais e depende de muitos fatores incluindo: espécie, idade, sexo, clima, estágio fisiológico de produção e quantidade de atividade do animal.

A energia bruta (EB) representa o conteúdo total de energia de uma matéria-prima ou dieta e é determinada pela oxidação de uma amostra da matéria-prima numa bomba calorimétrica. De acordo com o NRC (2006), o teor de EB dos alimentos depende das concentrações de carboidratos, proteína e gordura contidos nos alimentos, com valores médios de produção de calor para carboidratos de 3,7 (glicose) a 4,2 (amido), 5,6 e 9,4 kcal/g para proteína e gordura, respectivamente.

Em contrapartida, a diminuição do aporte energético dietético pode influenciar negativamente a utilização da proteína dietética (Van Soest, 1994). Rodriguez (1995), ressalta a importância da energia fermentável disponível aos microorganismos ruminantes para a utilização dos esqueletos de carbono

advindos dos carboidratos dietéticos utilizados na síntese de proteína microbiana, incrementando a importância da razão energia/proteína no metabolismo digestivo.

A fermentação de carboidratos aumenta a quantidade de nitrogênio microbiano que será formado. Dessa forma, a utilização ótima de nitrogênio pode envolver retenção preferencial de carboidratos digestíveis no rúmen para fermentação e escape seletivo da proteína verdadeira e os requerimentos microbianos serão atendidos pelo NPN da dieta e a reciclagem de uréia (Van Soest, 1994).

Ainda segundo Van Soest (1994), dietas pobres em carboidratos solúveis e ricas em materiais lignocelulósicos como palhas ou alguns subprodutos limitam o uso do nitrogênio não protéico (NPN), por causa da baixa disponibilidade energética e a taxa lenta de digestão do carboidrato que é disponível. Levando-se em consideração tal afirmação, Arieli (1989) sugere que a formulação de dietas para ruminantes requer especial atenção dos nutricionistas quanto ao aproveitamento das fontes nitrogenadas de uma dieta tanto no rúmen quanto no intestino.

O requerimento do consumo de proteína degradável em caprinos não tem sido tão estudado quanto se deveria. Possivelmente estes animais possam reciclar mais nitrogênio que outras espécies ruminantes (Silanikove, 2000).

A capacidade dos ruminantes para sintetizar proteína microbiana no rúmen a partir de fontes não protéicas bem como de fontes proteínadas da dieta torna o metabolismo de nitrogênio e da proteína complexo. A meta da busca das necessidades protéicas dos ruminantes é otimizar as contribuições tanto da proteína microbiana quanto da dieta, que escapa da degradação ruminal para o suprimento de aminoácidos disponíveis para absorção (NRC, 2006).

Geralmente, em consumos baixos de proteína ou quando volumosos de baixa qualidade são fornecidos, os ruminantes tendem a apresentar baixas concentrações sanguíneas de uréia, baixa excreção urinária de uréia e um aumento de sua transferência para o trato

gastrointestinal. De acordo com Van Soest (1994), altos níveis de N urinário indicam altos consumos de nitrogênio inorgânico

ou proteína de rápida digestão ruminal, resultando altas produções de amônia acima das necessidades microbianas.

## 2.4- Avaliação de Indicadores em ensaios de Digestibilidade

O processo de coleta total de fezes em ensaios para avaliação do consumo e digestibilidade de nutrientes, assim como comportamento de trânsito digestivo, ou ainda, a incapacidade de uma mensuração direta em animais em pastejo, têm sido ajudados pela utilização de substâncias indicadoras. Essas substâncias podem estar presentes como componentes indigeríveis da dieta ou substâncias indigeríveis que atendendo alguns requisitos podem ser utilizadas para os propósitos citados.

A substância sugerida como indicador, deve possuir alguns atributos que a tornam apta para sua utilização. Um bom indicador fecal deve apresentar as seguintes propriedades: ser inerte e atóxico; preferencialmente de ocorrência natural no alimento; totalmente indigerível e inabsorvível; não apresentar função fisiológica; poder ser processado com o alimento; misturar-se bem ao alimento e permanecer uniformemente distribuído na digesta; não influenciar ou ser influenciado por secreções intestinais, absorção, motilidade e a população microbiana intestinal; possuir método específico e sensível de determinação. Nenhum indicador consegue atender a todos os critérios e ser considerado ideal, mas o grau tolerável de erros difere de acordo com a variável a ser medida. (Owens e Hanson, 1992).

O princípio que rege a utilização dos indicadores fecais baseia-se no fato de que à medida que o alimento transita pelo trato gastrointestinal, a concentração do indicador aumenta progressivamente pela remoção de constituintes dos alimentos digeridos e absorvidos. O aumento na concentração é proporcional a digestibilidade e, portanto, esta última pode ser calculada a partir das concentrações do indicador no alimento e nas fezes.

Um amplo número de substâncias tem sido avaliado como indicador para

estudar a função digestiva nos ruminantes. O indicador pode ser interno, aquele que ocorre naturalmente no alimento ou externo quando ele é adicionado na dieta ou administrado ao animal.

Indicadores externos e internos têm sido usados atualmente na experimentação com ruminantes. Os resultados bastante variáveis, entretanto, podem ser devidos a falta de padronização das metodologias e das análises de determinação, tipo da dieta empregada no ensaio, ou ainda inadequação do indicador ao propósito pretendido.

Um indicador interno é uma substância que está presente na forragem ou no alimento consumido pelo animal. Indicadores internos têm a vantagem de serem baratos e convenientes e ainda podem ser particularmente úteis na experimentação com animais domésticos ou silvestres que são difíceis de dosar com indicadores externos. Embora muitos indicadores internos pareçam promissores, poucos têm ganhado aceitação, principalmente porque o indicador pode sofrer alterações no processo digestivo e chegar às fezes de forma diferente da que foi consumido (Marais, 2000).

Dos indicadores internos, os alcanos têm a maior aplicação para estimar a digestibilidade da matéria orgânica e a seleção de espécies de forragens para animais em pastejo. Entretanto, recentemente, a porção fibrosa indigerível vem sendo utilizada como indicador interno. Os métodos de incubação utilizados são *in situ* e *in vitro* e as frações que têm demonstrado potencialidade como indicador são fibras em detergente neutro (FDNi) e ácido (FDAi) indigeríveis.

Piaggio *et al.* (1991), avaliando os indicadores internos FDAi e lignina em detergente ácido (LDAi), observaram que a percentagem de recuperação fecal da FDAi e LDAi foi 92,9 e 101,9%, respectivamente. Entretanto, a recuperação da FDAi diferiu,

enquanto o mesmo não ocorreu com a LDAi. Tal diferença foi atribuída pelos autores à variação associada à digestão *in situ*.

Detmann (2001) avaliou os indicadores internos FDAi, FDNi e matéria seca indigerível (MSi) e encontrou que apenas FDNi e MSi constituíram a melhor alternativa para a determinação indireta da digestibilidade da dieta e do consumo de matéria seca, enquanto os valores obtidos pela FDAi apresentaram comportamento variável e superior aos valores obtidos pelos outros indicadores.

Alguns indicadores internos como a lignina, podem ser parcialmente metabolizáveis e às vezes não serem adequados. Há ainda a falta de padronização dos procedimentos analíticos, é o que acontece com a Fibra insolúvel em detergentes ácido ou neutro. Na prática, resultados variáveis estão sendo obtidos, pois além dos procedimentos utilizados, as frações lignocelulósicas variam de acordo com o tipo ou a idade da forragem utilizada. Recuperações fecais de FDAi *in vitro* de 0,46 e 0,99 e de FDAi incubadas em celulase de 0,47 a 0,97 foram obtidas utilizando *fescue* imatura e leucena, respectivamente, indicando que as frações FDAi devem ser usadas com precaução como indicadores em forragens imaturas.

A maior limitação do uso de indicadores internos em ensaios metabólicos é a sua recuperação variável nas fezes. Já alguns indicadores externos, não se comportam como as partículas do alimento, e quando aderidos a sua porção fibrosa, podem alterar algumas características químicas e físicas, como a gravidade específica e inclusive, essa é uma das suas limitações (Rodriguez *et al*, 2006).

Indicadores externos são substâncias indigeríveis que são adicionadas ou ligadas ao alimento ou a digesta. Esses indicadores normalmente são administrados pela boca, através de fístulas ou ainda por meio de dispositivos de liberação controlada no trato digestivo do animal. Esses dispositivos têm a vantagem de não ter que repetir diariamente a dosagem do indicador ou ainda o uso contínuo das bolsas coletoras que interfere com o comportamento animal, embora problemas associados a esses dispositivos resultem em falta de consistência de dados da produção fecal (Buntinx *et al.*, 1992). Dentre os indicadores externos o sesquióxido de cromo, tem sido o mais amplamente empregado.

Recentemente, uma nova classe de indicadores foi proposta, os intra-indicadores. De acordo com esta nova denominação, não se designam substâncias únicas, mas, grupamentos constituintes de substâncias que podem ser utilizadas como indicadores, tendo em vista que atendem as regras de um indicador característico (Saliba, 2005).

Em pesquisas utilizando a lignina isolada da palha de milho, Saliba *et al.* (1999) propuseram a utilização de grupamentos químicos, como a metoxila, unidades guaiacílicas, hidroxilas fenólicas e grupamentos da molécula da lignina, determinados por espectroscopia no infravermelho, como uma nova classe de substâncias índice, os *intra-indicadores*. Estes, não se designam substâncias únicas, mas sim grupamentos constituintes de substâncias que atendem as características requeridas para os indicadores.

## 2.3- Substâncias Indicadoras do Consumo e Digestibilidade em Animais

### 2.3.1- Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE®)

Nos últimos anos, muitas pesquisas relacionadas ao estudo da composição químico-estrutural e das propriedades físico-químicas da lignina foram realizadas,

em função, principalmente, do interesse da indústria de papel (Vasconcellos, 2004). Saliba *et al* (2003) purificaram e enriqueceram uma lignina com

grupamentos químicos não comumente encontrados no composto *in natura*, originando um hidroxifenilpropano modificado e enriquecido, denominado LIPE®.

A LIPE® é um indicador de digestibilidade e consumo desenvolvido especialmente para pesquisas. Saliba *et al.* (1999) verificaram que a lignina modificada e purificada, apresentava propriedades físico-químicas bastante estáveis e uma grande consistência estrutural, mostrando-se inalterada no trajeto pelo trato gastrointestinal dos animais e sendo totalmente recuperada nas fezes, possibilitando assim sua utilização como indicador externo de digestibilidade.

Saliba *et al.* (2004) utilizando a Ressonância Nuclear Magnética, produtos de oxidação com o nitrobenzeno e microscopia eletrônica de varredura demonstraram que este indicador é indigerível, inabsorvível, mostrando-se inalterado no trajeto pelo trato gastrointestinal dos animais, podendo ser totalmente recuperado nas fezes. Adicionalmente, o LIPE® é especificamente analisado em espectroscopia no infravermelho, método sensível, barato e que não destrói a amostra.

O LIPE® foi inicialmente utilizado em estudo de consumo e digestibilidade comparados à coleta total em coelhos. As estimativas de produção fecal e digestibilidade revelaram a eficiência da LIPE® como indicador externo, não apresentando diferenças estatísticas em relação à coleta total (Rodríguez, *et al.*,

2006). Além disso, apresentou as vantagens de um curto período de adaptação e ser de baixo custo. Em seguida, o LIPE® foi comparado com a coleta total em experimentos com ovinos (Saliba *et al.*, 2003). Os resultados obtidos pela técnica *in vivo* foram estatisticamente semelhantes aos encontrados pelo LIPE® (63,23% e 64,78% de digestibilidade e 365,39 e 383,07 g/dia para produção fecal, respectivamente).

O indicador externo LIPE® já foi testado e validado com sucesso em várias espécies: coelhos (Saliba *et al.*, 2003; Pereira *et al.*, 2004), ovinos (Saliba *et al.*, 2003), suínos (Saliba *et al.*, 2003; Saliba *et al.*, 2004b), aves (Vasconcelos *et al.*, 2006) e eqüinos (Lanzetta *et al.*, 2006).

Oliveira *et al.* (2005) compararam o LIPE® e o óxido crômico usando animais fistulados no esôfago, nas estimativas de excreção fecal e consumo voluntário de bovinos Nelore em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, comparando ainda diferentes períodos de adaptação para os dois indicadores, (três e sete dias). O consumo estimado de matéria seca foi de 2,12; 2,09; 2,16 e 2,10 (%) do peso vivo para os tratamentos com óxido crômico ou LIPE® para três ou sete dias, respectivamente, não se observando diferenças estatísticas entre os mesmos ( $P>0,05$ ). Quanto aos períodos de adaptação, três dias foram suficientes para estabilizar a concentração dos indicadores nas fezes dos animais. O LIPE® foi capaz de estimar com sucesso a excreção fecal e o consumo de bovinos de corte criados a pasto.

### 2.3.2 Óxido Crômico

O sesquióxido de cromo ( $Cr_2O_3$ ) é um dos vários compostos de cromo com características de indicador inerte e se apresenta como o indicador externo mais freqüentemente utilizado nos experimentos (Kotb & Luckey, 1972). É normalmente usado como indicador de fase sólida intestinal, sob a forma radioativa ou não. Existe muita divergência nos resultados

alcançados com este indicador. Alguns autores (Faichney, 1972; Lima *et al.*, 1980), relatam que este permite estimativas de coeficientes de digestibilidade semelhantes àqueles obtidos por coleta total de fezes. Entretanto, resultados menos satisfatórios foram observados subsequentemente por outros autores (Prigge *et al.*, 1981).

O óxido crômico é uma substância praticamente insolúvel em água, álcool e acetona, mas ligeiramente solúvel em álcalis podendo ser administrado através de cápsulas de gelatina, impregnados em papel, na forma de pellets ou impregnado na dieta.

O  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  pode ser quantificado por dois métodos. A determinação colorimétrica é mais simples, mas a interferência de pigmentos presentes nos alimentos e nas fezes sobre a leitura da absorbância pode limitar a precisão do método (Kozloski *et al*, 2006). A espectrofotometria de absorção atômica (EAA) é mais precisa, porém mais complexa e mais cara (Saha e Gilbreath, 1991).

As desvantagens do uso do óxido crômico como substância índice são listadas por diversos autores (Saha e Gilbreath, 1991; Owens e Hanson, 1992; Jagger *et al*, 1992; Kozloski *et al*, 2006;) sendo as mais

comumente citadas, propriedades carcinogênicas, oxidação de gorduras insaturadas da dieta, influência negativa sobre o consumo voluntário de alimentos pelos animais, possibilidade do óxido crômico alterar a digestibilidade dos minerais da dieta, inconstância na eliminação fecal, variações na consistência das fezes, taxas de recuperação variáveis dependendo da composição do alimento e das variações metodológicas das análises.

Cuddeford e Hughes (1990), afirmaram que a excreção fecal diária do óxido crômico não é constante, o que pode acarretar erros nas estimativas da digestibilidade aparente dos nutrientes. Owens e Hanson (1992) relatam que devido a uma grande e descontrolada variação na concentração fecal diária do óxido crômico, o indicador deve ser fornecido pelo menos duas vezes ao dia para minimizar tais entraves.



## CAPÍTULO III – Consumo e Digestibilidade dos Nutrientes de Dietas Contendo Subprodutos de Urucum (*Bixa orellana* L.) em Caprinos

### 1- Introdução

A preocupação crescente com a alteração dos aspectos climáticos no mundo tem aumentado o número de pesquisas em torno de alternativas alimentares para animais. Levando-se em conta a capacidade do ruminante, diferente de animais monogástricos, de aproveitar alimentos fibrosos ou de baixa qualidade, como subprodutos, ocorre um aumento dos estudos de avaliação de tais alimentos quanto a sua possibilidade de utilização, assim como determinação de seu valor nutricional.

Substâncias advindas do processo industrial de obtenção de produtos agrícolas ou alimentos geram questionamentos quanto a seu destino final. Tais substâncias podem ser desperdiçadas, ou ainda se transformarem em poluentes na natureza, já que a sua quantidade sem utilização é significativa.

O resíduo da semente de urucum é o subproduto da extração agroindustrial da bixina, corante natural largamente utilizado pela indústria alimentícia. O aumento da escala de extração agroindustrial da bixina resulta em 94 a 98% de sobras, que atualmente são descartadas pela indústria. Este resíduo, já caracterizado quimicamente, vem sendo testado de diversas maneiras para utilização na dieta animal. Tal resíduo, um subproduto de baixo custo, é descartado pela indústria em quantidades de aproximadamente 2.600 t ao ano (Pimentel, 1995).

Atualmente o número de trabalhos sobre a utilização do resíduo do beneficiamento do urucum é insatisfatório para que se obtenham afirmações de recomendações da sua utilização. Segundo Utiyama *et al.* (2002), este subproduto apresenta 14,7% de proteína bruta (PB), 36,8% de fibra em detergente neutro (FDN) e 20,2% de fibra em detergente ácido (FDA).

Tonani (1995) afirmou que pela composição bromatológica, este subproduto se assemelha ao farelo de trigo, podendo ser considerado um alimento concentrado, uma vez que o conteúdo de fibra bruta é inferior a 18%.

O número limitado de estudos comparativos entre caprinos e outros ruminantes não têm mostrado diferenças de digestibilidade entre ruminantes domésticos para a maioria das matérias-primas. Entretanto, com volumosos pobres em proteína ou muito fibrosos, caprinos foram superiores a outros ruminantes na sua capacidade de digerir matéria orgânica, proteína bruta e particularmente, fibras (Louca, 1983).

Esse trabalho tem como objetivo avaliar o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes, assim como os balanços energético e protéico de dietas contendo diferentes inclusões de subproduto da indústria do urucum, em experimento com caprinos.

### 2. Material e métodos

O experimento foi conduzido nas dependências do Núcleo de Pesquisas em Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, no campus do Pici em Fortaleza, no período de outubro a dezembro de 2004. A cidade de Fortaleza está situada na zona litorânea, a 15,49m de altitude, 30° 43' 02'' de latitude sul e 38° 32' 35'' de longitude oeste. A precipitação média anual é de 1378,3 mm e a umidade relativa do ar fica em torno de 78%.

Os alimentos utilizados consistiram de feno de tifton 85, originado do estado do Rio Grande do Norte e resíduo de semente de urucum originado da indústria beneficiadora do urucum, localizada em Sobral-CE. O subproduto do urucum era caracterizado pelo produto resultante da extração da polpa que envolve a semente,

onde se localiza o pigmento comercializável, ou seja, composto de sementes e restos da polpa desidratada. Foram estudados quatro níveis de inclusão do subproduto do urucum (18; 36; 46 e 72%), com base na matéria natural.

Foram utilizados doze caprinos SRD (sem raça definida), machos, castrados com peso vivo médio de 18,0 kg distribuídos num delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições, perfazendo vinte e quatro observações. Os animais, previamente vermifugados, foram mantidos em gaiolas metabólicas individuais, com comedouros e água e sal mineral à vontade. Para coleta, foram utilizados recipientes plásticos colocados estrategicamente embaixo das gaiolas com peneira, de forma que

funcionavam como separadores entre as fezes produzidas e a urina. Nos recipientes de coleta de urina, foram colocados 10mL de ácido clorídrico 1:1 para evitar perdas por volatilização do material. O volume total era então pesado, medido e 20% deste total, era recolhido para posteriores análises. A coleta total de fezes procedia da mesma forma de amostragem sendo coletados apenas 10% no caso das fezes. Ambas as amostras foram acondicionadas em congelador.

O período experimental foi de 19 dias, sendo 14 dias de adaptação às dietas e cinco dias de coletas. A composição bromatológica dos alimentos utilizados é apresentada na tabela 2. Os teores médios dos nutrientes obtidos para as dietas experimentais se encontram na tabela 3.

Tabela 2 - Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), lignina (LIG), matéria mineral (MM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF), energia bruta (EB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) do feno de tifton e do subproduto de urucum

Nutrientes	Subproduto Urucum	Feno
MS	87,35	90,52
MO <sup>1</sup>	94,95	93,16
PB <sup>1</sup>	14,78	7,12
EE <sup>1</sup>	2,26	1,25
FDN <sup>1</sup>	49,71	79,39
FDA <sup>1</sup>	29,94	52,05
HCEL <sup>1</sup>	19,77	27,34
LIG <sup>1</sup>	1,94	4,58
MM	5,05	6,84
NIDN <sup>1</sup>	0,63	0,62
NIDA <sup>1</sup>	0,29	0,24
CT	78,11	84,66
CNF	28,4	5,27
EB <sup>2</sup>	3910,77	3706,26
NDT <sup>est3</sup>	72,66	61,51

<sup>1</sup>- Base na matéria seca <sup>2</sup>(kcal); <sup>3</sup>-%, estimado segundo Cappel (2001)

Os teores de MS, MO, FDN, FDA, LIG, MM e EE foram determinados conforme procedimentos descritos por AOAC (1995) e Silva e Queiroz (2002), sendo que a proteína bruta (PB) foi obtida pela multiplicação do teor de N pelo fator 6,25. Os carboidratos totais (CT) dos

alimentos fornecidos foram calculados de acordo com Sniffen *et al.* (1992), em que  $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ . Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos pela diferença entre CT e FDN. Para a estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT) dos alimentos

isoladamente foram utilizadas equações propostas por Cappelle *et al.* (2001) para

alimentos volumosos:  $NDT = 10,43 + 0,8019 \times DMS$  ( $r^2=0,89$ ;  $P<0,01$ ).

Tabela 3 - Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), lignina (LIG), matéria mineral (MM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF), energia bruta (EB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) obtidos para as dietas experimentais

Itens	Inclusão de subproduto de urucum			
	18,0	36,0	46,0	72,0
MS	89,95	89,38	89,06	88,24
MO <sup>1</sup>	93,48	93,80	93,98	94,45
PB <sup>1</sup>	8,50	9,88	10,64	12,64
EE <sup>1</sup>	1,43	1,61	1,71	1,98
FDN <sup>1</sup>	74,05	68,71	65,74	58,02
FDA <sup>1</sup>	48,07	44,09	41,88	36,13
HCEL <sup>1</sup>	25,98	24,61	23,86	21,89
LIG <sup>1</sup>	4,10	3,63	3,37	2,68
NIDN <sup>1</sup>	1,04	0,95	0,90	0,77
NIDA <sup>1</sup>	0,22	0,24	0,25	0,27
CT <sup>1</sup>	83,48	82,30	81,65	79,94
CNF <sup>1</sup>	9,43	13,60	15,91	21,92
EB <sup>1,2</sup>	3873,86	3837,15	3816,70	3763,53
NDT <sup>est3</sup>	63,52	65,52	66,64	69,54

<sup>1</sup>base da MS; <sup>2</sup>kcal; <sup>3</sup>%, estimado segundo Cappelle (2001)

O consumo foi medido por meio de pesagem do ofertado e das sobras, efetuando-se ainda, amostragem dos alimentos fornecidos e das sobras, por tratamento e por animal. As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas. Posteriormente, estas amostras, além das amostras de fezes, foram homogeneizadas e pré-secas em estufa sob ventilação forçada a 55°C, moídas em peneira de 1 mm e armazenadas para posteriores análises.

A análise de Energia Bruta, das amostras de fornecido, sobras, fezes e urina foi determinada por meio de calorímetro adiabático, tipo PARR 2081. As amostras de urina foram previamente desidratadas em copos descartáveis para possibilitar sua combustão, e os valores encontrados foram subtraídos do valor da Energia Bruta dos recipientes plásticos vazios determinados anteriormente. Utilizando-se a técnica

direta de determinação de energia com bomba calorimétrica, calculou-se o valor de ED (energia digestível) e EM (energia metabolizável). Para o cálculo de EM utilizou-se a fórmula de Blaxter e Clapperton (1965), na qual a ED é igual à EB ingerida menos a EB excretada nas fezes, e a EM é igual a ED menos a EB da urina mais os gases. A produção de metano foi estimada pela seguinte equação:  $Cm = 0,67 + 0,062D$ , onde Cm = produção de metano em Kcal/100Kcal de energia consumida e D = digestibilidade aparente da EB do alimento.

Foram também calculados N ingerido (N fornecido – N das sobras), balanço de nitrogênio (N) (N ingerido – N perdido nas fezes e na urina) e percentagem de N retido em relação ao ingerido. O balanço energético (E) foi calculado da mesma maneira, (EB fornecido – EB das sobras) e

percentagem de EB retida nas fezes em relação ao ingerido.

Os dados de consumo e digestibilidade, além dos dados de balanços energéticos e nitrogenados, foram submetidos a análises de variância e regressão, em função da inclusão do subproduto na dieta (18, 36, 46 e 72%), utilizando-se o programa SAEG versão 8.0. Os modelos foram selecionados utilizando-se como critério o nível de significância dos coeficientes de regressão pelo teste “t” até 10%, o coeficiente de determinação e o conhecimento do fenômeno biológico estudado:

$$Y_{ij} = \mu + H_j + e_{ij}; \text{ onde,}$$

$Y_{ij}$  = valor referente à observação da repetição i no tratamento j;

$\mu$  = média geral

$H_j$  = efeito do tratamento j (nível de inclusão)

$e_{ij}$  = erro aleatório associado à observação

As médias foram comparadas utilizando-se o teste SNK, em nível de 5% de probabilidade.

### 3. Resultados e discussão

O consumo médio diário dos nutrientes, energia bruta e as respectivas equações de regressão e coeficientes de variação encontram-se na tabela 3.

O consumo de MS (CMS), expresso em g/dia foi afetado significativamente ( $P < 0,05$ ) pelo nível de inclusão do subproduto do urucum na dieta, aumentando linearmente à medida que o subproduto foi adicionado.

Tabela 4 - Consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), energia metabolizável (EM), energia digestível (ED), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), médias, equações de regressão e coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e variação (CV%), em função dos níveis de inclusão de subproduto de urucum nas dietas

Itens	Inclusão (%)				Equações de regressão	$r^2$	CV%
	18,0	36,0	46,0	72,0			
Consumos (g/dia)							
MS	567,10b	672,17ab	667,87ab	786,57a	$Y = 506,07 + 3,89x^*$	35,75	16,35
MO	529,93b	630,60ab	628,08ab	742,96a	$Y = 470,16 + 3,78^*$	37,50	16,30
PB	50,98c	71,47b	76,08b	102,94a	$Y = 34,77 + 0,94x^{**}$	76,8	14,47
FDN	414,91	448,55	425,56	446,79	$Y = 433,95$		17,94
FDA	324,71	348,03	321,63	306,21	$Y = 325,15$		19,00
EB <sup>1</sup>	2202,3b	2579,1ab	2546,1ab	2955,58a	$Y = 1999,72 + 13,28x^*$	30,35	16,52
EM <sup>1</sup>	1364,9	1514,0	1487,6	1586,0	$Y = 1488,15$		21,58
ED <sup>1</sup>	1430,9	1592,7	1562,6	1685,4	$Y = 1567,9$		20,52
Consumo (g/UTM)							
MS	66,16b	76,94ab	75,82ab	88,90a	$Y = 76,96$		15,95
PB	5,95c	8,20b	8,64b	11,63a	$Y = 4,17 + 0,10x^{**}$	78,45	14,41
EB	256,93	295,21	289,05	334,06	$Y = 293,81$		16,10
EM	159,61	171,88	166,81	169,03	$Y = 170,78$		23,13
ED	167,27	180,78	175,15	180,34	$Y = 179,91$		22,10
Consumos (%PV)							
MS	3,24b	3,74ab	3,67ab	4,30a	$Y = 2,93 + 1,88x^*$	29,51	16,45
FDN	2,37	2,49	2,34	2,45	$Y = 2,41$		17,71

<sup>1</sup>kcal; Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ); \*Significativo a 5% de probabilidade; \*\*Significativo a 1% de probabilidade

Quando expresso em %PV e em g/UTM os resultados acompanharam a mesma tendência de aumento linear do CMS expresso em g/dia. O maior nível de

inclusão diferiu do menor nível ( $P < 0,05$ ) apresentando valores de 567,1 a 786,6; 66,2 a 88,9 em g/dia e g/UTM, para os níveis de 18 e 72%, respectivamente. Os dados de

análises bromatológicas do resíduo de urucum são ainda, superiores aos do feno de tifton, fato que pode colaborar com o aumento do CMS.

Os valores de CMS encontrados neste estudo superam as recomendações do NRC (2006), que supõe níveis de 2,94%PV e 526,0g/dia de CMS para a categoria dos animais utilizados neste experimento. Clementino *et al.*(2005) fornecendo o resíduo de urucum para ovinos nos níveis de 20, 40, 60 e 80% de inclusão, encontraram que o consumo de matéria seca aumentou linearmente ( $P<0,05$ ) com a adição do subproduto da semente do urucum sendo que para cada 1% de inclusão do subproduto á dieta observou-se um acréscimo de 7,6 g no consumo expresso por g/ animal/dia.

De acordo com Forbes (1995) e Van Soest (1994), dietas pobres em nitrogênio estão associadas com redução de consumo. Essa depressão no consumo está associada com concentrações de PB abaixo de 7%, que causam efeitos adversos no consumo. Entretanto neste trabalho, todas as dietas (tabela 2) supriram o requerimento supracitado.

O consumo de MO (CMO) acompanhando o CMS, apresentou aumento linear, apresentando valores de 529,93 e 742,96 g/dia para os níveis de 18 e 72% de inclusão, respectivamente.

O consumo de PB foi altamente significativo ( $P<0,01$ ), demonstrando que o valor superior de 14,78% de PB do subproduto ajudou o maior nível de inclusão a alcançar valor médio de CPB de 102,94g/dia. O NRC (2006) preconiza que 49,8g/dia é o suficiente para atender animais nas condições dos utilizados neste estudo. Este consumo expresso em g/UTM, se comportou da mesma forma apresentando 11,63g/UTM, em conformidade e até superior ao preconizado pelo NRC (2006) que é de 5,7g/UTM.

Correia *et al.* (2006) utilizaram o subproduto de abacaxi desidratado para caprinos nas inclusões 0; 12,2; 24,4 e 36,97% no concentrado e valor médio de 12,8%PB nas dietas. Estes autores encontraram um valor médio de 7,37, um pouco abaixo do encontrado neste trabalho.

O consumo de FDN (CFDN), expresso em g/dia e %PV, não foi

influenciado pelos diferentes níveis de inclusão do resíduo de urucum nas dietas, registrando-se valores médios de 433,95 e 2,41, respectivamente. Por outro lado, Clementino *et al.*, (2006) encontraram aumento linear do CFDN quando utilizaram o resíduo de urucum para ovinos nos níveis 0, 20, 40, 60 e 80% de inclusão, apesar das dietas apresentarem diminuição dos níveis de FDN com o incremento do resíduo de urucum. Estes autores encontraram aumento de 1,41 unidades no CFDN a cada incremento de unidade percentual do subproduto de urucum às dietas

Da mesma forma, o consumo de FDA (CFDA), expresso em g/dia, não apresentou diferença significativa em relação ao incremento de resíduo de urucum às dietas, sendo observado valor médio de 325,15. É provável que apesar do aumento linear do CMS, o fato das dietas apresentarem diminuição dos níveis tanto de FDN quanto de FDA (tabela 2) tenha colaborado para os resultados encontrados.

Com relação aos consumos de energia, apenas o consumo de EB (CEB) foi afetado significativamente pela inclusão do subproduto. Contudo, os consumos de Energia metabolizável e Energia digestível, mesmo expressos em UTM, não diferiram estatisticamente apresentando valores de 1488,1 e 1567,9 kcal/dia; e 170,78 e 179,91 kcal/UTM, respectivamente.

O CEB aumentou linearmente com a inclusão do subproduto do urucum na dieta. Um resultado esperado, acompanhando o CMS que apresentou aumento linear, no maior nível de inclusão do subproduto (72%), o CEB apresentou valor médio de 2955,58 kcal. Apesar dos valores dos alimentos fornecidos apresentarem valores similares, o feno de tifton apresentou uma leve superioridade. Quando expresso em unidades de tamanho metabólico, não diferiu significativamente, apresentando valor médio de 293,81kcal/UTM.

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, bem como as equações de regressão e os coeficientes de determinação e variação, encontram-se na Tabela 4.

As digestibilidades da FDN (DFDN), FDA (DFDA) e EB (DEB), diminuíram com a inclusão do subproduto de urucum às dietas. Foram observados valores de 73,41 e

68,44% de DFDN para os níveis 18 e 72% de inclusão. Quanto às porções fibrosas, Van Soest (1994) postula que, a depressão da digestibilidade é uma função da competição entre digestão e passagem, e tem o maior efeito nas frações de digestão mais lenta da parede celular. A depressão de digestibilidade é diretamente relacionada

à lignificação e a taxa de digestão. Os alimentos empregados apresentaram valores semelhantes de FDN com o aumento linear de CMS e um aumento considerável de CNF na dieta com a inclusão do urucum, a taxa de passagem tende a aumentar, e a digestibilidade das frações fibrosas pode ter sido comprometida.

Tabela 5. Digestibilidades aparentes totais da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), médias, equações de regressão e coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e variação (CV%) para as, em função das inclusões de subproduto de urucum

Itens	Inclusão				Equações de regressão	$r^2$	CV%
	18,0	36,0	46,0	72,0			
DAMS	74,68	74,69	72,36	74,74	$\hat{y} = 74,12$		5,06
DAMO	68,32	70,51	70,25	72,72	$\hat{y} = 70,45$		7,00
DAPB	73,44	77,28	72,94	74,89	$\hat{y} = 74,64$		6,69
DAEB	80,92a	79,22ab	76,99b	78,27ab	$\hat{y} = 81,16 - 0,057x^*$	28,4	4,27
DAFDN	73,41a	71,91a	67,52b	68,44b	$\hat{y} = 75,21 - 0,12x^{**}$	26,0	6,21
DAFDA	72,77a	69,59a	63,82b	60,53b	$\hat{y} = 77,48 - 0,27x^{**}$	50,0	7,98

<sup>1</sup>kcal; Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ); \*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"; \*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t".

O decréscimo na DEB pode ter acontecido pelo mesmo motivo das frações fibrosas, já que o CEB apresentou um aumento linear significativo e acompanhou o CMS. Entretanto, apesar de acontecer um reflexo negativo na digestibilidade da fibra,

o balanço energético foi positivo. Os balanços energéticos e nitrogenados, assim como as retenções de EB e nitrogênio (N), além das perdas energéticas e nitrogenadas como fezes ou urina estão apresentados nas tabelas 5 e 6, respectivamente.

Tabela 6. Consumos de Energia Bruta (CEB), Digestível (CED) e Metabolizável (CEM); Digestibilidade Aparente da Energia Bruta (DEB), Balanço Energético (BEB), Energia Bruta retida (EB ret), Energia Bruta Fecal (EBF) e Urinária (EBU), em função do nível de inclusão de subproduto de urucum

Parâmetros	Nível de inclusão (%)				CV (%)
	18	36	46	72	
CEB <sup>1</sup>	2202,3b	2579,1ab	2546,1ab	2955,58a	16,52
CED <sup>1</sup>	1430,9	1592,7	1562,6	1685,4	20,52
CEM <sup>1</sup>	1364,9	1514,0	1487,6	1586,0	21,58
DEB <sup>2</sup>	74,15a	68,74ab	70,38ab	63,92b	9,03
BEB <sup>1</sup>	1370,15	1518,95	1492,67	1590,65	21,52
EBret <sup>2</sup>	61,61	58,56	60,12	53,88	15,09
EBF <sup>1</sup>	771,39a	986,47ab	983,55ab	1270,22b	34,68
EBU <sup>1</sup>	60,75a	73,71ab	69,90ab	94,73b	39,35

<sup>1</sup>- kcal; <sup>2</sup>-%; Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste SNK ( $P < 0,05$ )

O balanço energético assim como para o CEM e CED não apresentaram diferença estatística sendo positivos em todos os níveis de inclusão de subproduto.

Preconizado pelo NRC (2006), os requerimentos de EM para animais nas mesmas condições que os animais desse estudo são de 940 kcal/dia. Portanto, os

valores encontrados foram satisfatórios ficando acima dessas recomendações.

Quanto aos balanços nitrogenados em função do nível de inclusão do subproduto, ocorreu significância entre as dietas, apesar de todos os níveis apresentarem balanço nitrogenado positivo.

Tabela 7. Consumos de Nitrogênio (CN), Balanço Nitrogenado (BN), Nitrogênio Fecal (NF) e Nitrogênio Urinário (NU), em função do nível de inclusão de subproduto de urucum

Parâmetros	Nível de inclusão (%)				CV (%)
	18	36	46	72	
CN <sup>1</sup>	8,16c	11,44b	12,77b	16,47a	14,47
NF <sup>1</sup>	2,50b	3,38b	3,87b	5,98a	27,57
NU <sup>1</sup>	2,66b	3,39ab	3,84ab	4,63a	25,05
BN	3,00b	4,67ab	4,46ab	5,86a	39,35
Nret <sup>2</sup>	33,36b	40,22ab	37,24ab	35,72a	35,00

<sup>1</sup>- g/dia; <sup>2</sup>- %; Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste SNK (P<0,05)

Seguindo a tendência do CPB, o balanço nitrogenado apresentou um aumento linear com a inclusão do subproduto. No nível 72% de inclusão, apresentou o maior valor. Levando-se em consideração que o valor protéico do subproduto superou o do feno de tifton, o CPB apresentou aumento e o balanço energético foi satisfatório, observou-se uma relação equilibrada entre o aporte energético e o protéico das dietas em relação à inclusão do subproduto avaliado.

Lallo (1996), trabalhando com caprinos machos, castrados, com peso e idade semelhantes aos avaliados neste estudo (19,9 ± 2,8 kg), fornecendo subprodutos locais (farelo de arroz, bagaço de cana, subproduto de mandioca), avaliou

dietas isocalóricas com níveis nitrogenados crescentes (51, 76, 91, 108 e 127g PB/kgMS). Este autor encontrou aumento do N urinário e do N retido, com aumento dos níveis de proteína bruta na dieta. Entretanto, quando utilizou dietas isonitrogenadas e níveis energéticos crescentes (7, 11, 12 e 14 MJED/kgMS), encontrou diminuição do N urinário e mais baixas retenções de N nas dietas com menores teores energéticos.

Van Soest (1994), afirma que dietas pobres em carboidratos solúveis e ricas em material lignificado como é o caso de muitos subprodutos ou palhas, limitam o nitrogênio não protéico por causa do baixo conteúdo energético e a baixa taxa de digestão do carboidrato disponível.

#### 4 – Conclusões

O subproduto de urucum mostrou potencial como alimento para pequenos ruminantes principalmente em face de valores bromatológicos satisfatórios, além

de aumento de consumo quando incluído em dietas para caprinos, se constituindo como alternativa em épocas de escassez de alimentos para ruminantes, sendo observada, no entanto, a necessidade de suplementação.

## **CAPÍTULO IV – Consumo e Digestibilidade Aparente dos Nutrientes em Caprinos Alimentados com Dietas Contendo Bagaço de Caju Desidratado (*Anacardium occidentale* L.)**

### **1. Introdução**

Atualmente, por questões econômicas e até mesmo ecológicas, a preocupação com o destino final de subprodutos da agroindústria tem se tornado uma constante entre pesquisadores de várias áreas da ciência principalmente em se tratando de nutrição animal, já que é alternativa valiosa de substituição de matérias-primas mais nobres e mais caras.

Antes de ser uma ótima alternativa para a minimização dos custos no segmento agrícola, a utilização de subprodutos tanto de indústrias alimentícias quanto da própria agricultura, tem muito a acrescentar como fator de ordem ecológica, criando um destino final útil para esses resíduos.

No Ceará, o caju (*Anacardium occidentale*) é a principal fruta produzida, o que garante ao estado o destaque de principal produtor no Brasil. Na industrialização do pseudofruto do caju para produção de sucos são gerados aproximadamente de 40% de subproduto (bagaço do pseudofruto do caju). A busca pela utilização mais adequada desse resíduo da agroindústria é de extrema importância, levando-se em consideração a escassez de alimentos para alimentação animal e a procura por um destino final adequado.

Os subprodutos principais do caju, com uso na alimentação animal são o farelo da castanha de caju, o pedúnculo desidratado e o bagaço oriundo da indústria de suco. Holanda *et al.* (1996) encontraram valores médios de 69,5; 8,61 e 75%, respectivamente, para matéria seca, proteína

bruta e nutrientes digestíveis totais do bagaço de caju desidratado.

No Brasil e em outros países, a pecuária caprina e ovina é baseada principalmente em pastagens, constituídas, em sua maioria, pela vegetação nativa ou de gramíneas. Na grande maioria dos sistemas de produção a utilização de diferentes alternativas de alimentos para suprir as deficiências das pastagens é muito comum. Entre essas alternativas, destacam-se os grãos de cereais, que deveriam ser destinados à alimentação de populações carentes. Por outro lado, o setor primário gera toneladas de subprodutos que poderiam ser transformados em produtos (carne, leite, pele e lã) pelos caprinos ou ovinos (Araújo e Alves, 2005).

A safra de caju concentra-se na época das secas, quando o valor nutritivo das pastagens está em declínio e as condições de disponibilidade de forragens não é tão elevada, somando-se a elevação de custos de matéria prima de rações concentradas normalmente utilizadas em dietas de ruminantes. Somente avaliando o valor nutritivo, ou ainda, o nível de utilização desse subproduto, tão abundante na época em que o requerimento de alimentos alternativos é mais necessário, pode-se indicar sua larga utilização.

Foi objetivo deste trabalho, avaliar o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes, assim como os balanços energético e protéico de dietas contendo diferentes inclusões de subproduto da indústria do caju em experimento com caprinos.

### **2. Material e métodos**

O experimento foi conduzido nas dependências do Núcleo de Pesquisas em Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do

Ceará, no campus do Pici em Fortaleza, no período de agosto a outubro de 2004. A cidade de Fortaleza está situada na zona litorânea, a 15,49m de altitude, 30° 43' 02'' de latitude sul e 38° 32' 35'' de longitude oeste. A precipitação média anual é de



1378,3 mm e a umidade relativa do ar fica em torno de 78%.

Os alimentos utilizados consistiram de feno de tifton 85, originado do estado do Rio Grande do Norte e subproduto agroindustrial de caju desidratado, obtido pela da Empresa Mossoró Agroindustrial S.A. (MAISA), localizada em Mossoró-RN. O subproduto era composto basicamente pelo bagaço do pseudofruto do caju após a extração do suco, desidratado ao sol e logo após, moído em moinho de martelo a 5mm. Foram estudados quatro níveis de inclusão do bagaço de caju desidratado (18; 36; 46 e 72%), com base na matéria natural.

Foram utilizados doze caprinos SRD (sem raça definida), machos, castrados com peso vivo médio de 18,2 kg distribuídos num delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições, perfazendo vinte e quatro observações. Os animais, previamente vermifugados, foram mantidos em gaiolas metabólicas individuais, com comedouros e

água e sal mineral à vontade. Para coleta, foram utilizados recipientes plásticos colocados estrategicamente embaixo das gaiolas com peneira, de forma que funcionavam como separadores entre as fezes produzidas e a urina. Nos recipientes de coleta de urina, foram colocados 10mL de ácido clorídrico 1:1 para evitar perdas por volatilização do material. O volume total era então pesado, medido e 20% deste total, era recolhido para posteriores análises. A coleta total de fezes procedia da mesma forma de amostragem sendo coletados apenas 10% no caso das fezes. Ambas as amostras foram acondicionadas em congelador.

O período experimental foi de 19 dias, sendo 14 dias de adaptação às dietas e cinco dias de coletas. A composição bromatológica dos alimentos utilizados está apresentada na tabela 8. Os teores médios dos nutrientes obtidos para as dietas experimentais encontram-se na tabela 9.

Tabela 8 - Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), lignina (LIG), matéria mineral (MM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF), energia bruta (EB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) do feno de tifton e do bagaço de caju desidratado

Nutrientes	Subproduto Caju	Feno
MS	88,71	90,06
MO <sup>1</sup>	93,69	94,26
PB <sup>1</sup>	14,38	7,12
EE <sup>1</sup>	2,67	1,42
FDN <sup>1</sup>	70,7	79,4
FDA <sup>1</sup>	44,67	45,81
HCEL <sup>1</sup>	26,03	33,59
LIG <sup>1</sup>	17,69	4,94
MM	6,31	7,35
NIDN <sup>1</sup>	1,67	0,61
NIDA <sup>1</sup>	0,89	0,21
CT	76,64	84,15
CNF	5,94	4,75
EB <sup>1,2</sup>	3908,67	3955,97
NDT <sup>est3</sup>	60,17	70,51

<sup>1</sup> base da MS; <sup>2</sup> kcal; <sup>3</sup> %, estimado segundo Cappele (2001)

Os teores de MS, MO, FDN, FDA e EE foram determinados conforme procedimentos descritos por AOAC (1995)

e Silva e Queiroz (2002), sendo que a proteína bruta (PB) foi obtida pela multiplicação do teor de N pelo fator 6,25.

Os carboidratos totais (CT) dos alimentos fornecidos foram calculados de acordo com Sniffen *et al.* (1992), em que  $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ . Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos pela diferença entre CT e FDN.

Para a estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT) dos alimentos isoladamente foram utilizadas equações propostas por Cappelle *et al.* (2001) para alimentos volumosos:  $NDT = 10,43 + 0,8019 \times DMS$  ( $r^2=0,89$ ;  $P<0,01$ ).

Tabela 9 - Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e energia bruta (EB) obtidos para as dietas experimentais

Itens	Inclusão de subproduto de caju			
	18,0	36,0	46,0	72,0
MS	89,92	89,57	89,44	89,09
MO <sup>1</sup>	94,16	94,05	94,00	93,85
PB <sup>1</sup>	8,43	9,73	10,46	12,35
EE <sup>1</sup>	1,65	1,87	2,00	2,32
FDN <sup>1</sup>	77,83	76,27	75,40	73,14
FDA <sup>1</sup>	45,60	45,40	45,29	44,99
HCEL <sup>1</sup>	32,23	30,87	30,11	28,15
LIG <sup>1</sup>	7,24	9,53	10,81	14,12
MM <sup>1</sup>	7,16	6,98	6,87	6,60
NIDN <sup>1</sup>	0,80	0,99	1,10	1,37
NIDA <sup>1</sup>	0,33	0,45	0,52	0,70
CT <sup>1</sup>	82,80	81,45	80,70	78,74
CNF <sup>1</sup>	4,96	5,18	5,30	5,61
EB <sup>1,2</sup>	3947,46	3938,94	3934,21	3921,91
NDT <sup>est 1,3</sup>	68,65	66,79	65,75	63,07

<sup>1</sup> base da MS; <sup>2</sup> kcal; <sup>3</sup> %, estimado segundo Capelle (2001)

O consumo foi medido por meio de pesagem do ofertado e das sobras, efetuando-se ainda, amostragem dos alimentos fornecidos e das sobras, por tratamento e por animal. As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas. Posteriormente, estas amostras, além das amostras de fezes, foram homogeneizadas e pré-secas em estufa sob ventilação forçada a 55°C, moídas em peneira de 1mm e armazenadas para posteriores análises.

A análise de Energia Bruta, das amostras de fornecido, sobras, fezes e urina foi determinada por meio de calorímetro adiabático, tipo PARR 2081. As amostras de urina foram previamente desidratadas em copos descartáveis para possibilitar sua combustão, e os valores encontrados foram subtraídos do valor de Energia Bruta dos recipientes plásticos vazios determinados anteriormente. Utilizando-se a técnica direta de determinação de energia com bomba calorimétrica, calculou-se o valor de

ED (energia digestível) e EM (energia metabolizável).

Para o cálculo de EM utilizou-se a fórmula de Blaxter e Clapperton (1965), na qual a ED é igual a EB ingerida menos a EB excretada nas fezes, e a EM é igual a ED menos a EB da urina mais os gases. A produção de metano foi estimada pela seguinte equação:  $C_m = 0,67 + 0,062D$ , onde  $C_m$  = produção de metano em Kcal/100Kcal de energia consumida e  $D$  = digestibilidade aparente da EB do alimento.

Foram também calculados o balanço de nitrogênio (N) (N ingerido – N perdido nas fezes e na urina), N ingerido (N fornecido – N das sobras) e percentagem de N retido em relação ao ingerido. O balanço energético (E) foi calculado da mesma maneira, (EB fornecido – EB das sobras) e percentagem de EB retida nas fezes em relação ao ingerido.

Os dados de consumo e digestibilidade, além dos dados de balanços energéticos e nitrogenados, foram submetidos a análises de variância e

regressão, em função da inclusão do subproduto na dieta (18, 36, 46 e 72%), utilizando-se o programa SAEG versão 8.0. Os modelos foram selecionados utilizando-se como critério o nível de significância dos coeficientes de regressão pelo teste “t” até 10%, o coeficiente de determinação e o conhecimento do fenômeno biológico estudado:

$$Y_{ij} = \mu + H_j + e_{ij}; \text{ onde,}$$

$Y_{ij}$  = valor referente à observação da repetição i no tratamento j;

$\mu$  = média geral

$H_j$  = efeito do tratamento j (nível de inclusão)

$e_{ij}$  = erro aleatório associado à observação

As médias foram comparadas utilizando-se o teste SNK, em nível de 5% de probabilidade.

### 3. Resultados e discussão

O consumo médio diário dos nutrientes e as respectivas equações de regressão e coeficientes de variação encontram-se na tabela 10.

O consumo de matéria seca (CMS) aumentou linearmente com a adição do bagaço de caju às dietas. O nível de

inclusão 72% promoveu CMS de 595,19; 68,59 e 3,34 g/dia, g/UTM e %PV, respectivamente. Somente nesse nível as recomendações do NRC (2006), que propõe níveis de 2,94%PV e 526,0g/dia de CMS para a categoria dos animais utilizados neste experimento, são atendidas, o que não ocorre com as demais inclusões desse subproduto, que apresentam valores abaixo do requerimento sugerido.

Tabela 10 - Consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), energia metabolizável (EM), energia digestível (ED), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), médias, equações de regressão e coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e variação (CV%), em função dos níveis de inclusão de subproduto de caju nas dietas

Itens	Inclusão (%)				Equações de regressão	$r^2$	CV%
	18,0	36,0	46,0	72,0			
Consumos (g/dia)							
MS	251,02b	483,12a	472,87a	595,19a	$Y=193,05+6,02x^{**}$	37,17	34,78
MO	232,79b	448,63a	440,21a	556,45a	$Y=177,05+5,67x^{**}$	37,84	34,72
PB	20,69c	48,08b	48,60b	73,35a	$Y=17,05+0,94x^{**}$	54,13	35,67
EB	983,94c	1895,62b	1858,65b	2348,80a	$Y=403,81+8,93x^{**}$	29,5	37,89
EM	527,49b	1061,83a	1079,62a	1252,18a	$\hat{Y}=436,45+12,75x^{**}$	28,26	41,41
ED	601,44b	1118,22a	1133,83a	1313,15a	$\hat{Y}=507,16+12,52x^{**}$	24,95	38,29
FDN	199,19b	382,37a	374,49a	470,04a	$\hat{Y}=153,89+4,74x^{**}$	36,86	34,82
FDA	135,00b	274,95a	276,34a	373,97a	$\hat{Y}=105,56+2,49x^{**}$	29,40	34,47
Consumo (g/UTM)							
MS	28,84b	53,74a	54,18a	68,59a	$\hat{Y}=21,27 + 0,70x^{**}$	40,92	33,23
EB	57,76c	92,42b	91,58b	116,93a	$\hat{Y}=44,94+1,04x^{**}$	30,08	36,71
EM	60,74c	118,02ab	124,03ab	144,39a	-	-	40,43
ED	69,15c	124,44ab	130,18ab	151,42a	-	-	37,25
PB	2,38c	5,35b	5,57b	8,45a	$\hat{Y}=17,7+0,11x^{**}$	59,6	-
Consumos (%PV)							
MS	1,40b	2,59a	2,63a	3,34a	$\hat{Y}=1,02+0,03x^{**}$	-	32,93
FDN	1,11b	2,05a	2,08a	2,64a	$\hat{Y}=0,81+0,03x^{**}$	-	32,96

Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste SNK ( $P<0,05$ ); \*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t”; \*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”.

O CMS expresso em %PV e g/UTM se comportaram de maneira semelhante aos encontrados em g/dia. Foram encontrados valores de 1,40 a 3,34%PV e 28,84 a 68,59g/UTM para os níveis de 18 e 72% de adição de bagaço de caju às dietas, respectivamente.

Lousada Jr. *et al.* (2005), forneceram como dieta exclusiva, subprodutos de maracujá, abacaxi e melão, que possuem características bromatológicas semelhantes ao subproduto avaliado neste trabalho, a ovinos castrados com PV médio de 34,5kg e observaram CMS %PV de 3,5; 2,7 e 3,5%PV, para os subprodutos estudados, respectivamente.

O consumo de PB (CPB) aumentou linearmente com a inclusão do bagaço de caju às dietas. O NRC (2006) preconiza que o CPB de 49,8g/dia é o suficiente para atender animais caprinos semelhantes aos utilizados neste estudo. Com relação ao CPB, o nível 72% de inclusão superou o requerimento sugerido pelo NRC (2006), no entanto, os níveis intermediários se aproximam do requerimento (48,08 e 48,6g/dia), com exceção do menor nível de inclusão (18%) que alcançou valor médio de 20,69 g PB/dia, bem abaixo ao sugerido. Provavelmente esse CPB possa ter interferido nos baixos valores encontrados ainda para CMS, já que, de acordo com Van Soest (1994), dietas pobres em nitrogênio estão associadas com redução de consumo. Essa depressão no consumo está associada com concentrações de PB abaixo de 7%, que causam efeitos adversos no consumo. Apesar de todas as dietas apresentarem valores de fornecimento de PB acima de

7% de PB, o CMS em 18% de inclusão foi tão baixo a ponto de ficar aquém do recomendado.

O consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) aumentou com a inclusão do bagaço de caju desidratado, no entanto, os valores não apresentaram diferenças a partir de 36% de inclusão. Foram encontrados valores de 199,19 a 440,04g FDN/dia para 18 e 72% de inclusão, respectivamente. Esses valores estão de acordo com os teores médios de FDN das dietas que foram bem semelhantes entre si e com o aumento do CMS. Teores elevados de FDN na dieta normalmente limitam o CMS mas resultam em consumos mais altos de FDN, como neste estudo onde a inclusão do bagaço de caju resultou em maior CFDN.

Dantas Filho *et al.* (2007) avaliando diferentes níveis de polpa de caju desidratada em dietas de ovinos encontraram CFDN variando de 576,35 a 812,28 g/animal/dia, de 1,64 a 2,58% do PV e de 40,05 a 61,25 g/UTM. E ainda, quando compararam o consumo de FDN em g/animal/dia, %PV e g/UTM da dieta controle (0%) ao da dieta com 40% de polpa de caju, observaram, respectivamente, aumentos de 40,9; 57,3 e 52,9% no consumo, indicando que as dietas com maior teor de polpa de caju propiciaram maiores consumos de FDN, segundo a tendência do percentual de fibra das dietas.

A digestibilidade aparente dos nutrientes e as respectivas equações de regressão e coeficientes de variação encontram-se na tabela 11.

Tabela 11 - Médias, equações de regressão e coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e variação (CV%) para as digestibilidades aparentes totais da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), em função das inclusões de subproduto de caju

Itens	Inclusão				Equações de regressão	$r^2$	CV%
	18,0	36,0	46,0	72,0			
DAMS	66,78ab	67,58ab	68,86a	61,87b	$\hat{Y} = 62,06$		10,38
DAMO	68,18a	68,93a	69,32a	62,40b	$\hat{Y} = 63,16$		9,97
DAPB	58,34a	62,81a	66,99a	47,42b	$\hat{Y} = 40,98 + 1,24x - 1,6x^2$ **	30,61	20,00
DAEB	68,08a	67,03a	67,78a	60,61b	$\hat{Y} = 65,92$		10,15
DAFDN	69,61a	68,14a	69,19a	60,95b	$\hat{Y} = 73,92 - 0,16x$ *	20,01	9,30
DAFDA	59,35a	57,13a	55,83a	46,59b	$\hat{Y} = 65,33 - 0,25x$ **	26,50	15,11

Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste SNK ( $P < 0,05$ )

\*, \*\*, Significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

A digestibilidade aparente da MS (DAMS), não apresentou significância frente à inclusão do subproduto de caju, apresentando valores médios de 66,78 a 61,87% para 18 e 72% de adição do bagaço de caju às dietas, respectivamente. Valores altos, levando-se em conta dietas utilizando materiais com alto teor de fibra, como é o caso dos subprodutos da indústria de suco de frutas. Considerando que o CMS foi estatisticamente semelhante nos demais níveis de inclusão, exceto 18%, possivelmente a digestibilidade não tenha sido alterada pelo consumo.

A digestibilidade da proteína bruta (DAPB) apresentou efeito quadrático aumentando nos níveis intermediários e diminuindo no maior nível de inclusão do subproduto. Entretanto esse nível também não diferiu do nível 18% de inclusão. Esse comportamento em relação a DAPB é suportado tanto pelos valores de CMS encontrados para o maior nível de inclusão de bagaço de caju na dieta, quanto nos valores de material lignificado apresentados nessa dieta (tabela 9).

A inclusão de 0, 18, 37 e 56% de bagaço de caju desidratado a uma dieta básica composta de feno de capim elefante, milho e farelo de soja para ovinos, proporcionou o mesmo comportamento quadrático decrescente em relação a DAPB, encontrado por Rogério (2005). Esse autor

relatou resultados da ordem de 0,90 unidades percentuais na diminuição da DAPB à cada unidade de inclusão de bagaço de caju às dietas.

A presença de ligninas eleva as concentrações de Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido (NIDA), parâmetro, que pode refletir em baixa disponibilidade da proteína aos microrganismos ruminais.

A digestibilidade da FDN diferiu significativamente apenas no nível 72% de inclusão, onde apresentou o menor valor de digestibilidade aparente (58,18%). Haja vista o CMS desse nível de inclusão (595,19g), ser numericamente superior, possivelmente, pode ter afetado sua digestibilidade. Em dietas com alto conteúdo de FDN, Thiago (1989) observou que a suplementação com proteína e energia aumentou as taxas de digestão e passagem e o consumo como resultado da melhora na atividade das bactérias celulolíticas no rúmen, promovendo aumento na digestibilidade da PB, FDN, MS e MO. A diminuição da DAFDN possivelmente introduziu implicações na DAPB.

Os parâmetros avaliados para composição dos balanços energéticos e nitrogenados, assim como as retenções de EB e nitrogênio (N), além das perdas energéticas e nitrogenadas como fezes ou urina estão apresentados nas tabelas 12 e 13, respectivamente.

Tabela 12. Consumos de Energia Bruta (CEB), Digestível (CED) e Metabolizável (CEM); Digestibilidade Aparente da Energia Bruta (DEB), Balanço Energético (BEB), Energia Bruta retida (EB ret), Energia Bruta Fecal (EBF) e Urinária (EBU), em função do nível de inclusão de subproduto de caju

Parâmetros	Nível de inclusão (%)				CV (%)
	18	36	46	72	
CEB <sup>1</sup>	983,94b	1895,62ab	1858,65ab	2348,80a	35,67
CED <sup>1</sup>	601,44b	1118,22ab	1133,83ab	1313,15a	38,29
CEM <sup>1</sup>	527,49b	10,6183ab	1079,62ab	1252,18a	41,41
DEB <sup>2</sup>	68,08a	67,03a	67,78a	60,61b	10,15
BEB <sup>1</sup>	531,91	1066,12ab	1084,11ab	1256,31a	41,24
EBret <sup>2</sup>	51,22	54,97	58,80	53,19	16,49
EBF <sup>1</sup>	382,49	777,40	724,82	1035,65	44,1
EBU <sup>1</sup>	69,53	52,10	49,72	56,84	—

<sup>1</sup>kcal; <sup>2</sup>%; Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste SNK (P<0,05)

O maior balanço energético foi alcançado quando 72% do subproduto foram incluídos na dieta, todavia, esse não

foi diferente significativamente dos níveis intermediários sendo maior apenas que o nível 18% de inclusão. É oportuno ressaltar,

que os balanços foram positivos com exceção de 18% de inclusão que não conseguiu suprir a necessidade energética recomendada para os animais empregados no ensaio (940kcal/d), de acordo com o NRC (2006). Rogério (2005) encontrou balanços bem maiores (2160; 3310; 2230; 430kcal) que os encontrados neste trabalho, quando incluiu o subproduto de caju em substituição ao feno de capim elefante nos níveis 0, 19, 38 e 52%, em dietas de ovinos. Porém, o autor também utilizou outras fontes como fubá de milho e farelo de soja, com valores nutricionais mais nobres que o subproduto utilizado. Quando incluiu 52%

do subproduto, encontrou um valor bem aquém dos demais (430kcal), e menor também que valor mínimo de inclusão neste estudo (18%).

Com relação ao balanço nitrogenado, foi encontrado um balanço negativo para o nível de inclusão 18%, e também valores negativos para a retenção de nitrogênio. Como os balanços energéticos apresentados foram todos positivos, supõe-se que tenha ocorrido, além do baixo CPB desse tratamento (20,69g/dia), aporte energético insuficiente nesse nível de inclusão para aproveitamento das fontes protéicas dietéticas, já que foi o menor encontrado.

Tabela 13 - Consumos de Nitrogênio (CN), Balanço Nitrogenado (BN), Nitrogênio Fecal (NF) e Nitrogênio Urinário, em função do nível de inclusão de subproduto de caju

Parâmetros	Nível de inclusão (%)				CV (%)
	18	36	46	72	
CN <sup>1</sup>	3,31c	7,69ab	7,78b	11,74a	35,67
BN	-0,44b	2,55a	3,02a	3,28a	-
Nret <sup>2</sup>	-7,27b	4,35a	6,15a	4,34a	-
NF <sup>1</sup>	1,60	3,57	3,16	6,92	39,68
NU <sup>1</sup>	2,15	1,57	1,59	1,54	23,95

<sup>1</sup>- g/dia; <sup>2</sup>- %; Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste SNK (P<0,05)

Quando se observam as perdas fecais de nitrogênio, a necessidade de aporte energético fica ainda mais contundente, já que mostra menor perda significativa para 18% de inclusão onde o balanço nitrogenado foi negativo. De acordo com

Reynolds e Huntington, (1988), o aumento de carboidratos solúveis na dieta faz com que a reciclagem de uréia no rúmen também se eleve. Portanto, a suplementação de fontes energéticas significativamente aumenta captura de nitrogênio no rúmen.

#### 4. Conclusões

O incremento do subproduto de caju nas dietas, propiciou aumento de consumo de nutrientes, melhora nos balanços energéticos e nitrogenados de caprinos, se comportando até como um volumoso de melhor qualidade que o feno de tifton oferecido. Mesmo com ocorrência de balanço nitrogenado negativo no menor

nível de inclusão, com o incremento do subproduto na dieta, os resultados encontrados foram positivos. Contudo, existem ressalvas com relação à queda nas digestibilidades aparentes da porção fibrosa e da proteína bruta. Observando necessidade de suplementação e o nível de produção pretendido, seu pode ser recomendado como alternativa de alimento durante as épocas em que ocorre escassez de forragens de boa qualidade.

## **CAPÍTULO V – Consumo e Digestibilidade Aparente dos Nutrientes em Caprinos Alimentados com Dietas Contendo Farelo da Castanha de Caju (*Anacardium occidentale* L.)**

### **1. Introdução**

A capacidade do animal caprino em se adaptar a uma ampla variedade de vegetação e condições climáticas mais adversas, faz essa espécie se diferenciar com produções eficientes onde outras não produzem com a mesma eficácia.

A região Nordeste, onde a caprinocultura é muito difundida, apresenta ainda baixos índices de produtividade animal, pois em algumas microrregiões economicamente importantes, ocorrem adversidades climáticas e até difusão tecnológica ou assistência técnica ineficiente. A escassez de alimentos em épocas de estacionalidade de produção e alimentos é um dos fatores responsáveis por parte dos problemas de baixa produtividade animal. A utilização de alguns subprodutos oriundos de indústrias locais ou mesmo da agricultura é alternativa explícita para amenizar tais entraves.

O farelo da castanha de caju (FCC), oriundo das castanhas impróprias para o consumo humano vem sendo utilizado para formulação de dietas para ruminantes, não possuindo, entretanto dados comprovando a sua eficiência na melhoria da produtividade animal.

No Ceará, a agroindústria do caju ocupa lugar de destaque no contexto econômico e social, sendo o Estado

responsável por mais da metade da safra nacional. Segundo a Embrapa (1991), o farelo da castanha de caju (FCC) apresenta 93,27% de matéria seca (MS), 22,15% de proteína bruta (PB), 35,97% de extrato etéreo (EE), 6,24% de fibra bruta (FB) e 3,09% de matéria mineral. O farelo da castanha de caju pode ser considerado por alguns autores como concentrado por apresentar valores de degradabilidade ruminal bem semelhantes aos do farelo de soja.

Nos últimos anos tem aumentado o número de trabalhos científicos demonstrando a viabilidade do uso de gorduras e óleos na formulação de dietas para ruminantes, podendo assim, elevar a densidade calórica das mesmas, possibilitando o uso de maiores quantidades de volumosos de baixo custo. Apresentando valores em torno de 40% de extrato etéreo e 23% de proteína bruta, o farelo da castanha de caju é alternativa para incrementar dietas, aumentando valores protéicos e energéticos em dietas de ruminantes, quando matérias primas como farelo de soja, com características semelhantes, possuem custo mais elevado.

Foi objetivo deste trabalho, avaliar o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes, assim como os balanços energético e protéico de dietas contendo diferentes inclusões de farelo da castanha de caju em experimento com caprinos.

### **2. Material e métodos**

Os experimentos foram conduzidos nas dependências do Núcleo de Pesquisas em Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, no campus do Pici em Fortaleza, no

período de dezembro de 2004 a fevereiro de 2005. . A cidade de Fortaleza está situada na zona litorânea, a 15,49m de altitude, 30° 43' 02'' de latitude sul e 38° 32' 35'' de longitude oeste. A precipitação média anual é de 1378,3 mm e a umidade relativa do ar fica em torno de 78%.

Os alimentos utilizados consistiram de feno de tifton 85, originado do estado do

Rio Grande do Norte e farelo da castanha de caju (FCC), de indústria beneficiadora em Fortaleza.

O farelo utilizado nesse experimento tinha origem nas castanhas descartadas em virtude da classificação da indústria beneficiadora e consideradas impróprias para consumo humano. As castanhas eram moídas em peneira de 5mm e o farelo resultante armazenados em sacos de náilon. Foram estudados quatro níveis de inclusão do FCC (10; 15; 20 e 25%), com base na matéria natural.

Foram utilizados doze caprinos SRD (sem raça definida), machos, castrados com peso vivo médio de 17,2 kg distribuídos num delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições, perfazendo vinte e quatro observações. Os animais, previamente vermifugados, foram mantidos em gaiolas metabólicas individuais, com comedouros e água e sal mineral à vontade. Para coleta,

foram utilizados recipientes plásticos colocados estrategicamente embaixo das gaiolas com peneira, de forma que funcionavam como separadores entre as fezes produzidas e a urina. Nos recipientes de coleta de urina, foram colocados 10mL de ácido clorídrico 1:1 para evitar perdas por volatilização do material. O volume total era então pesado, medido e 20% deste total, era recolhido para posteriores análises. A coleta total de fezes procedia da mesma forma de amostragem sendo coletados apenas 10% no caso das fezes. Ambas as amostras foram acondicionadas em congelador.

O período experimental foi de 19 dias, sendo 14 dias de adaptação às dietas e cinco dias de coletas. A composição bromatológica dos alimentos utilizados é apresentada na tabela 14. Os teores médios dos nutrientes obtidos para as dietas experimentais se encontram na tabela 15.

Tabela 14 - Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), lignina (LIG), matéria mineral (MM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF), energia bruta (EB) e nutrientes digestíveis totais (NDT), do feno de tifton e do farelo da castanha de caju

Nutrientes	FCC	Feno
MS	94,04	90,52
MO <sup>1</sup>	69,85	93,16
PB <sup>1</sup>	25,16	7,08
EE <sup>1</sup>	41,2	1,4
FDN <sup>1</sup>	21,42	79,39
FDA <sup>1</sup>	5,82	56,64
HCEL <sup>1</sup>	15,6	22,75
LIG <sup>1</sup>	2,03	4,94
MM	3,15	6,84
NIDN <sup>1</sup>	2,21	0,6
NIDA <sup>1</sup>	0,24	0,22
CT	30,49	84,68
CNF	9,07	5,29
EB <sup>2</sup>	6198,48	3910,77
NDT <sup>est3</sup>	82,76	63,42

<sup>1</sup> Base na matéria seca <sup>2</sup>(kcal); <sup>3</sup>-%, estimado segundo Cappele (2001)

Os teores de MS, MO, FDN, FDA, LIG, MM e EE foram determinados conforme procedimentos descritos por AOAC (1995) e Silva e Queiroz (2002),

sendo que a proteína bruta (PB) foi obtida pela multiplicação do teor de N pelo fator 6,25. Os carboidratos totais (CT) dos alimentos fornecidos foram calculados de



acordo com Sniffen *et al.* (1992), em que  $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ . Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos pela diferença entre CT e FDN. Para a estimativa dos nutrientes

digestíveis totais (NDT) dos alimentos isoladamente foram utilizadas equações propostas por Cappelle *et al.* (2001) para alimentos concentrados:  $NDT = 9,6134 + 0,8294 \times DMS$  ( $r^2=0,98$ ;  $P<0,01$ ).

Tabela 15 - Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), lignina (LIG), matéria mineral (MM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF), energia bruta (EB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) obtidos para as dietas experimentais

Itens	Inclusão do FCC			
	10,0	15,0	20,0	25,0
MS	90,87	91,05	91,22	91,40
MO <sup>1</sup>	93,53	93,71	93,90	94,08
PB <sup>1</sup>	8,89	9,79	10,70	11,60
EE <sup>1</sup>	5,38	7,37	9,36	11,35
FDN <sup>1</sup>	73,59	70,69	67,80	64,90
FDA <sup>1</sup>	51,56	49,02	46,48	43,94
HCEL <sup>1</sup>	22,04	21,68	21,32	20,96
LIG <sup>1</sup>	4,65	4,50	4,36	4,21
MM <sup>1</sup>	6,47	6,29	6,10	5,92
NIDN <sup>1</sup>	0,76	0,84	0,92	1,00
NIDA <sup>1</sup>	0,22	0,22	0,22	0,23
CT <sup>1</sup>	79,26	76,55	73,84	71,13
CNF <sup>1</sup>	5,67	5,86	6,05	6,24
EB <sup>1,2</sup>	4139,54	4253,93	4368,32	4482,70
NDT <sup>est3</sup>	65,35	66,32	67,29	68,26

<sup>1</sup>- Base na matéria seca <sup>2</sup>(kcal); <sup>3</sup>-%, estimado segundo Cappelle (2001)

O consumo foi medido por meio de pesagem do ofertado e das sobras, efetuando-se ainda, amostragem dos alimentos fornecidos e das sobras, por tratamento e por animal. As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas. Posteriormente, estas amostras, além das amostras de fezes, foram homogeneizadas e pré-secas em estufa sob ventilação forçada a 55°C, moídas em peneira de 1 mm e armazenadas para posteriores análises.

A análise de Energia Bruta, das amostras de fornecido, sobras, fezes e urina foi determinada por meio de calorímetro adiabático, tipo PARR 2081. As amostras de urina foram previamente desidratadas em copos descartáveis para possibilitar sua combustão, e os valores encontrados foram subtraídos do valor da Energia Bruta dos recipientes plásticos vazios determinados

anteriormente. Utilizando-se a técnica direta de determinação de energia com bomba calorimétrica, calculou-se o valor de ED (energia digestível) e EM (energia metabolizável). Para o cálculo de EM utilizou-se a fórmula de Blaxter e Clapperton (1965), na qual a ED é igual a EB ingerida menos a EB excretada nas fezes, e a EM é igual a ED menos a EB da urina mais os gases. A produção de metano foi estimada pela seguinte equação:  $Cm = 0,67 + 0,062D$ , onde Cm = produção de metano em Kcal/100Kcal de energia consumida e D = digestibilidade aparente da EB do alimento.

Foram também calculados N ingerido (N fornecido – N das sobras), balanço de nitrogênio (N) (N ingerido – N perdido nas fezes e na urina) e percentagem de N retido em relação ao ingerido. O balanço energético (E) foi calculado da mesma

maneira, (EB fornecido – EB das sobras) e percentagem de EB retida nas fezes em relação ao ingerido.

Os dados de consumo e digestibilidade, além dos dados de balanços energéticos e nitrogenados, foram submetidos a análises de variância e regressão, em função da inclusão do subproduto na dieta (18, 36, 46 e 72%), utilizando-se o programa SAEG versão 8.0. Os modelos foram selecionados utilizando-se como critério o nível de significância dos coeficientes de regressão pelo teste “t” até 10%, o coeficiente de determinação e o

conhecimento do fenômeno biológico estudado:

$$Y_{ij} = \mu + H_j + e_{ij}; \text{ onde,}$$

$Y_{ij}$  = valor referente à observação da repetição i no tratamento j;

$\mu$  = média geral

$H_j$  = efeito do tratamento j (nível de inclusão)

$e_{ij}$  = erro aleatório associado à observação

As médias foram comparadas utilizando-se o teste SNK, em nível de 5% de probabilidade.

### 3. Resultados e discussão

O consumo médio diário dos nutrientes e as respectivas equações de

regressão e coeficientes de variação encontram-se na tabela 16.

Tabela 16 - Consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo, energia bruta (EB), energia metabolizável (EM), energia digestível (ED), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), médias, equações de regressão e coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e variação (CV%) para os em função dos níveis de inclusão de farelo da castanha de caju nas dietas

Itens	Inclusão (%)				Equações de regressão	$r^2$	CV%
	10,0	15,0	20,0	25,0			
Consumos (g/dia)							
MS	546,11	445,05	507,36	429,06	$\hat{Y} = 481,89$		22,97
MO <sup>1</sup>	514,95	420,84	480,57	408,29	$\hat{Y} = 456,16$		22,94
PB <sup>1</sup>	64,30	61,05	67,61	68,79	$\hat{Y} = 65,44$		22,41
EE <sup>1</sup>	32,74b	35,73ab	42,63a	46,83a	$\hat{Y}=22,28+0,98x^{**}$	29,3	23,58
EB <sup>1,2</sup>	2497,33	2126,10	2453,35	2198,30	$\hat{Y} = 2318,77$		22,08
EM <sup>1,2</sup>	1714,11	1481,60	1737,63	1563,71	$\hat{Y} = 1624,26$		26,45
ED <sup>1</sup>	1770,43	1553,67	1803,66	1663,01	$\hat{Y} = 1697,69$		25,37
FDN	346,83 <sup>a</sup>	257,81ab	287,35ab	209,86b	$\hat{Y}=408,93 - 7,63x^{**}$	27,0	25,98
FDA	173,81 <sup>a</sup>	123,90ab	143,07ab	99,70b	$\hat{Y}=206,23-4,06x^{**}$	24,8	29,70
Consumo (g/UTM)							
MS	63,21	54,00	60,92	51,34	$\hat{Y}=57,37$		19,09
EB <sup>1,2</sup>	289,20	258,12	294,48	263,28	$\hat{Y}=276,27$		18,58
EM <sup>1,2</sup>	197,92	178,88	208,78	187,23	$\hat{Y}=193,20$		22,59
ED <sup>1,2</sup>	204,62	187,62	216,64	199,11	$\hat{Y}=201,99$		21,47
PB <sup>1</sup>	7,46	7,44	8,10	8,26	$\hat{Y}=7,81$		20,06
Consumos (%PV)							
MS	3,08	2,68	3,01	2,53	$\hat{Y}=2,83$		
FDN <sup>1</sup>	1,95 <sup>a</sup>	1,55ab	1,70ab	1,23b	$\hat{Y}=2,31- 0,04x^{**}$	32,13	20,22

<sup>1</sup> kcal/dia ; Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste SNK (P<0,05); <sup>\*\*</sup>Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”.

O consumo de MS, mesmo expresso em g/dia, %PV ou g/UTM não foi afetado significativamente pelo nível de inclusão. Entretanto, os valores alcançados estão de acordo com requerimentos preconizados

pelo NRC (2006) que sugerem valores de CMS de 526g/d ou 2,94%PV, citando apenas que os níveis de inclusão 25 e 15% não alcançaram os requerimentos (2,53 e 2,68 %PV), mas atenderam a 86,05%

91,15% dos requerimentos, respectivamente.

O consumo de PB (CPB), expresso tanto em g/dia quanto em g/UTM, também não apresentou diferença significativa sendo encontrados valor médio de 65,44g/dia de PB, apesar das dietas apresentarem teores crescentes deste nutriente. Acredita-se que ocorreu seleção do alimento por parte dos animais que receberam níveis maiores de FCC, já que as análises visuais das sobras confirmam essas suspeitas. Porém, o CPB recomendado pelo NRC (2006) foi atendido em todos os níveis de inclusão de FCC estudados.

Por outro lado foi encontrada diferença significativa para consumo de EE (CEE), haja vista que as dietas fornecidas apresentaram teores crescentes desse nutriente (tabela 15). Um comportamento linear crescente acrescentou 0,98 unidades ao CEE, a cada unidade percentual da inclusão do FCC às dietas.

Fornecendo diferentes inclusões de farelo da castanha de caju (0; 12; 24 e 36%) no concentrado para ovinos, Rodrigues *et al.* (2003) também observaram aumento linear do CEE. Esses autores encontraram consumos de EE variando entre 25,5 e 65 g/animal/dia; 0,10 e 0,27% do PV e 2,26 e 6,01 g/UTM e o comportamento linear crescente propiciou aumentos de 1,09 g/dia; 0,004%PV e 0,109g/UTM para cada 1% de inclusão de FCC.

O consumo de FDN (CFDN), expresso em g/dia e %PV diminuiu significativamente com a inclusão do FCC às dietas. Esse resultado pode ser explicado

pelo baixo teor de FDN da castanha em relação ao do feno de tifton. O estudo de regressão apresentou decréscimos no CFDN de 7,63 unidades a cada 1% de adição do FCC às dietas.

O consumo de FDA (CFDA) se comportou de forma semelhante ao CFDN, apresentando decréscimo linear com a inclusão do FCC às dietas, provavelmente pelos mesmos motivos acima mencionados para CFDN. O CFDA decresceu 4,06 unidades a cada 1% de inclusão do FCC às dietas.

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, bem como as equações de regressão e os coeficientes de determinação e variação, encontram-se na Tabela 17.

A digestibilidade da proteína bruta foi afetada significativamente pela inclusão do FCC. Ocorreu um aumento linear da DPB e o maior nível de inclusão se diferenciou dos demais, apresentando o valor de 85,57% de digestibilidade. A cada 1% de adição de FCC ocorreu um aumento de 0,43 unidades percentuais de digestibilidade aparente da proteína bruta. Palmquist e Conrad (1978) utilizando dietas ricas em gordura, observaram tendência de aumento na digestibilidade aparente da proteína bruta, entretanto, sem afetar seu balanço nitrogenado.

Com relação ao extrato etéreo, os dados apresentados sugerem um aumento na digestibilidade aparente deste nutriente. De acordo com a equação de regressão, ocorre um aumento linear de 0,22 unidades a cada 1% de inclusão de FCC às dietas.

Tabela 17 - Digestibilidades aparentes totais da matéria seca (DAMS), matéria orgânica (DAMO), proteína bruta (DAPB), extrato etéreo (DAEE), energia bruta (DAEB), fibra em detergente neutro (DAFDN) e fibra em detergente ácido (DAFDA), médias, equações de regressão e coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e variação (CV%) em função das inclusões do farelo da castanha de caju

Itens	Inclusão (%)				Equações de regressão	R <sup>2</sup>	CV%
	10,0	15,0	20,0	25,0			
DAMS	67,17	68,80	68,80	71,06	$\hat{Y} = 70,88$		7,27
DAMO	68,32	70,51	70,25	72,72	$\hat{Y} = 72,28$		7,00
DAPB	45,16c	53,70b	53,21b	64,53a	$\hat{Y} = 34,0 + 1,15x^{**}$	27,5	4,53
DAEE	87,37ab	86,50b	90,01a	89,88a	$\hat{Y} = 84,57 + 0,22x^*$		5,33
DAEB	77,45	78,62	79,86	80,19	$\hat{Y} = 80,33$		4,84
DAFDN	61,90a	62,40a	59,82ab	58,74b	$\hat{Y} = 64,94 - 0,24x^*$		9,90
DAFDA	46,92a	46,34a	44,11a	39,35b	$\hat{Y} = 52,9 - 0,5x^{**}$		17,72

Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste SNK (P<0,05); \*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"; \*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t".

Num experimento conduzido na Nigéria utilizando subprodutos locais, como suplementos para caprinos a pasto, Malau-Aduli *et al.* (2003) comparou suplementação tradicional e restos de culturas (cascas de feijão, soja e amendoim e caroço de algodão). Os grupos foram suplementados com concentrados tradicionais a base de milho e soja e outros dois grupos recebiam concentrados com inclusão de subprodutos como cascas e farelos de amendoim, milho e feijão caupi (*Cow pea*), com 1 e 2 %PV de suplementação, comparados a uma dieta controle sem suplementação. Em suma, estes autores encontraram que ambas as suplementações, quer com uso dos subprodutos ou tradicional, melhoraram os consumos de nutrientes e as digestibilidades. Quando não utilizaram suplementação, os valores de digestibilidade aparente da MS, PB, FDN e FDA apresentaram valores de 56,4; 48,4; 60,1 e 48,3, respectivamente. Com suplementação contendo subprodutos em pelo menos 1%PV, estes valores se elevaram para 62,5; 69,5; 62,1 e 43,9, respectivamente para os nutrientes citados acima. Os valores das digestibilidades aparentes encontradas por Malau-Aduli *et al.* (2003), estão ainda abaixo aos

encontrados neste estudo, para os nutrientes citados.

Entretanto, neste estudo as inclusões de FCC ocasionaram decréscimos lineares tanto na DAFDN quanto da DAFDA. Foram encontrados decréscimos de 0,24 e 0,5 unidades percentuais das digestibilidades à cada 1% da inclusão do FCC.

Esses resultados estão de acordo com Jenkins (1993) quando afirma que os lipídeos adicionados às dietas de ruminantes podem interromper a fermentação no rúmen, causando redução da digestibilidade das fontes energéticas não lipídicas.

McAllan *et al.* (1983) pesquisando efeitos de óleos livres e protegidos sobre a digestão dos carboidratos da dieta, demonstraram que houve redução significativa da digestibilidade da FDN quando óleos livres ou protegidos foram adicionados à dieta, sendo que o efeito foi menor para óleos protegidos.

Os parâmetros avaliados para composição dos balanços energéticos e nitrogenados, assim como as retenções de EB e nitrogênio (N), além das perdas energéticas e nitrogenadas como fezes ou urina, estão apresentados nas tabelas 18 e 19, respectivamente.

Tabela 18 - Consumos de Energia Bruta (CEB), Digestível (CED) e Metabolizável (CEM); Digestibilidade Aparente da Energia Bruta (DEB), Balanço Energético (BEB), Energia Bruta retida (EB ret), Energia Bruta Fecal (EBF) e Urinária (EBU), em função do nível de inclusão do farelo da castanha de caju

Parâmetros	Nível de inclusão (%)				CV (%)
	10	15	20	25	
CEB <sup>1</sup>	2497,33	2126,10	2453,35	2198,30	22,08
CED <sup>1</sup>	1770,43	1553,67	1803,66	1663,01	25,37
CEM <sup>1</sup>	1714,11	1481,60	1737,63	1563,71	26,45
DEB <sup>2</sup>	77,45	78,62	79,86	80,19	4,84
BEB <sup>1</sup>	1719,58	1487,14	1743,25	1569,35	26,37
EBret <sup>2</sup>	68,09	69,22	71,02	71,36	8,25
EBF <sup>1</sup>	726,90a	572,43b	649,68ab	535,30b	25,15
EBU <sup>1</sup>	50,85b	66,53ab	60,41ab	91,60 <sup>a</sup>	36,78

<sup>1</sup>- kcal; <sup>2</sup>- %; Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste SNK (P<0,05)

Todos os balanços energéticos apresentados foram positivos e apesar de não apresentar diferença significativa, são

observadas maiores perdas urinárias de energia no maior nível de inclusão de FCC.

Tabela 19 - Consumos de Nitrogênio (CN), Balanço Nitrogenado (BN), Nitrogênio Fecal (NF) e Nitrogênio Urinário, em função do nível de inclusão do farelo da castanha

Parâmetros	Nível de inclusão (%)				CV (%)
	10	15	20	25	
CN <sup>1</sup>	10,29	9,77	10,82	11,01	22,10
BN	6,06	5,57	6,60	5,70	28,14
Nret <sup>2</sup>	57,56	56,36	60,88	53,03	13,76
NF <sup>1</sup>	1,96	1,81	1,77	1,50	26,27
NU <sup>1</sup>	2,27	2,39	2,45	3,51	38,57

<sup>1</sup>- g/dia; <sup>2</sup>- %

Em dois experimentos, Lallo (1996), forneceu dietas isocalóricas com níveis diferentes de proteína (51, 76, 91, 108 e 127g de PB/kg de MS) e dietas isonitrogenadas com níveis diferentes de energia (7, 11, 12 e 14 MJ de ED/kg de MS), ambas contendo subprodutos de agroindústria, e como único volumoso, foi utilizado bagaço de cana picado para caprinos machos castrados. Este autor encontrou aumento dos níveis de NU e N retido com a dieta isocalórica. Todavia, quando as dietas eram isonitrogenadas, o

NU diminuiu ( $P < 0,01$ ) com a diminuição do incremento calórico. As dietas com níveis energéticos mais baixos apresentaram menores retenções de nitrogênio.

Neste estudo, todos os balanços nitrogenados foram positivos e não ocorreram diferenças significativas entre as diferentes inclusões de subproduto para esses parâmetros, apesar da digestibilidade da proteína bruta apresentar aumento linear com o incremento do FCC.

#### 4 – Conclusões

A inclusão de até 25% de FCC oriundo das castanhas impróprias para consumo humano, não promoveu maiores alterações no consumo e digestibilidade de nutrientes em caprinos, exceto quando diminuiu o consumo de FDN em

percentagem do peso vivo. Por outro lado o incremento do farelo da castanha promoveu um aumento linear na digestibilidade da PB. Experimentos com maiores níveis de inclusão devem ser testados para saber qual o limite de utilização deste subproduto.

# **CAPÍTULO VI - Validação do LIPE® como Indicador Externo de Estimativa da Produção fecal e Digestibilidade em Caprinos alimentados com Subprodutos da Agroindústria**

## **1. Introdução**

A indústria agrícola impulsionada por índices cada vez maiores do crescimento da produção animal busca estratégias rápidas para responder as principais questões relacionadas a nutrição adequada e que proporcione um retorno para esse mercado. Embasadas na avaliação do valor nutricional dos alimentos, as pesquisas na área de nutrição de ruminantes estão empenhadas em suprir as questões geradas por esse mercado e busca alternativas para simplificar e acelerar os resultados.

A estimativa dos valores da digestibilidade do alimento utilizado é sem dúvidas um dos principais parâmetros para determinação do valor nutritivo de determinada matéria-prima. Normalmente, a digestibilidade de um alimento é a diferença entre as quantidades consumidas e as excretadas nas fezes, e envolve a medição de consumo e a excreção total das fezes.

O aparecimento de substâncias que podem substituir o processo da coleta total de fezes tem incentivado o estudo dessas substâncias a fim de promover o seu uso com confiabilidade. O uso de indicadores em experimentos de digestibilidade representa uma peça chave no avanço do entendimento do processo digestivo, sendo

útil no desenvolvimento de conceitos e elucidando os fatores relacionados ao alimento e ao animal.

A vantagem do uso de indicadores em estudos de digestibilidade é que a coleta total das fezes é substituída por uma amostragem aleatória que minimiza os custos e o trabalho, especialmente em estudos com grandes animais.

Para se conhecer a confiabilidade de um indicador é necessário que sejam feitos ensaios de digestibilidade comparando os resultados obtidos pelo indicador com aqueles obtidos pela coleta total de fezes. Embora seja extensa a utilização de indicadores para a estimação da excreção fecal e da digestibilidade das dietas, poucos estudos têm verificado a acurácia de tais estimativas, o que torna necessário, a comparação da coleta total com as estimativas.

O objetivo desse trabalho foi comparar estimativas de produção fecal em caprinos por metodologia direta (coleta total de fezes) e metodologia indireta, utilizando os indicadores externos, óxido crômico e LIPE®, assim como validar o LIPE® para ensaios metabólicos na espécie caprina.

## **2. Material e métodos**

Os experimentos foram conduzidos nas dependências do Núcleo de Pesquisas em Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, no campus do Pici em Fortaleza, no período de agosto de 2004 a fevereiro de

2005. A cidade de Fortaleza está situada na zona litorânea, a 15,49m de altitude, 30° 43' 02'' de latitude sul e 38° 32' 35'' de longitude oeste. A precipitação média anual é de 1378,3 mm e a umidade relativa do ar fica em torno de 78%.

Os alimentos utilizados consistiram de feno de tifton 85, originado do estado do Rio Grande do Norte, resíduo de semente de urucum, bagaço de caju desidratado e farelo da castanha de caju, originado da indústria beneficiadora de castanha em Fortaleza-CE. Esses alimentos estão caracterizados para utilização nos capítulos anteriores 2 3 e 4, respectivamente.

Foram utilizados doze caprinos SRD, machos, castrados com peso vivo médio de 17,2kg, distribuídos num delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições, perfazendo vinte e quatro observações. Os animais, previamente vermifugados, foram mantidos em gaiolas metabólicas individuais, com comedouros e água, sal mineral à vontade. Para coleta, foram utilizados recipientes plásticos colocados estrategicamente embaixo das gaiolas de forma que funcionavam como separadores entre as fezes produzidas e a urina. Nos recipientes de coleta de urina, foram colocados 10mL de ácido clorídrico 1:1 para evitar perdas por volatilização do material. O volume total era então pesado, medido e 20% deste total, era recolhido para posteriores análises. A coleta total de fezes procedia da mesma forma, e ambas as amostras foram acondicionadas em freezer.

O período experimental foi de 19 dias, sendo 14 dias de adaptação às dietas e cinco dias de coletas.

A composição bromatológica dos alimentos utilizados está apresentada nas tabelas anteriormente apresentadas referentes aos subprodutos urucum caju e castanha (Cap. 2; 3 e 4), o mesmo é válido para os teores médios dos nutrientes obtidos para as dietas experimentais.

O consumo foi medido por meio de pesagem do ofertado e das sobras, efetuando-se ainda, amostragem dos alimentos fornecidos e das sobras, por tratamento e por animal. As amostras

coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas para posteriores análises.

Para estimativa da excreção fecal, além do método de coleta total foram utilizados os indicadores externos, óxido crômico e a Lignina Purificada e Enriquecida (LIPE®).

Os teores de MS, MO, FDN, FDA e EE foram determinados conforme procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002), sendo que a proteína bruta (PB) foi obtida pela multiplicação do N pelo fator 6,25. O teor de cromo nas amostras de fezes foi determinado, segundo técnica descrita por Williams *et al.* (1962), usando-se espectrofotômetro de absorção atômica.

Os dados de consumo e digestibilidade, além dos dados de produção fecal, foram submetidos a análises de variância e regressão, em função da inclusão do subproduto na dieta (18, 36, 46 e 72% para urucum e caju; 10, 15, 20 e 25% para castanha) e da produção fecal em função do método de estimativa (coleta total, LIPE® ou óxido crômico), utilizando-se o programa SAEG versão 8.0. Os modelos foram selecionados utilizando-se como critério a significância.

O LIPE® foi administrada em cápsulas de 0,10g, fornecida uma vez por dia a cada animal durante cinco dias, a contar um dia de adaptação e quatro dias dentro do período de coletas, e o óxido crômico foi administrado duas vezes ao dia na dosagem de 1g/administração via oral aos animais por meio de pedaço de mangueira funcionando como sonda.

O indicador LIPE® foi analisado pelo aparelho de Espectroscopia no Infravermelho, segundo Saliba (1998) e Saliba (2001). Para cálculos de Produção Fecal utilizou-se a fórmula segundo Saliba (2005):

$$PF = \frac{\text{Quantidade do LIPE}^{\circledast} \text{ fornecido (g)}}{\text{MS } 105^{\circ}\text{C}} \times 100$$

Onde: PF- Produção Fecal

Ai – Relação Logarítmica das intensidades de absorção das bandas dos

comprimentos de onda a  $1050\text{cm}^{-1}$  /  $1650\text{cm}^{-1}$

O Ai é calculado através da fórmula:

$$A = \log I_0/I$$

Onde:  $I_0$  -> intensidade  
 $I$  - < intensidade

Foram calculadas ainda, as taxas de recuperação do indicador segundo a fórmula de Vasconcelos (2004):

$$\text{Taxa de recuperação} = \frac{\text{PF indicador}}{\text{PF coleta}} \times 100$$

total

Onde: PF= Produção Fecal

Amostras de fezes (0,1 g), pré-secas e moídas, foram enviadas ao Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas (ICEX) da UFMG para estimativas da produção fecal, pelo LIPE<sup>®</sup>, através de espectrômetro de infravermelho com transformada de Fourier segundo Saliba (2005b).

O óxido crômico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) nas amostras de fezes e calculado por meio da fórmula:

$$\text{Cr ingerido (g/dia)} = \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ administrado (g/dia)} * \text{pureza (\%)}$$

A produção fecal por meio da fórmula:

$$\text{PFCr (g MS/dia)} = \text{Cr ingerido(g/dia)} / (\% \text{Cr amostra}/100)/(\% \text{MS } 105^\circ\text{C}/100)$$

A partir dos dados de produção fecal obtidos pelo método da colheita total e daqueles calculados mediante o método dos indicadores, obtiveram-se as taxas de

recuperação do  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  e do LIPE<sup>®</sup>. No cálculo da taxa de recuperação, considerou-se a produção fecal obtida pela coleta total com uma recuperação de 100%:

$$\text{TR} = (\text{PF pelo método indireto} / \text{PF pelo método direto}) * 100$$

## 2. Resultados e discussão

As estimativas de produção fecal em g/dia de MS e as médias das estimativas de digestibilidade aparente (%) calculadas através da coleta total e dos indicadores externos óxido crômico e LIPE<sup>®</sup>, de acordo com os subprodutos utilizados (urucum, caju e castanha), encontram-se nas tabelas a seguir (20 a 25), respectivamente.

No ensaio utilizando subproduto de urucum não ocorreram diferenças significativas quanto ao método utilizado para estimativa de produção fecal. Os valores apresentados para o método de coleta total, LIPE<sup>®</sup> e óxido crômico foram respectivamente 173,82; 175,5 e 167,42 g/dia de MS.



Tabela 20 - Produção fecal (g/d) obtida pelo método de Coleta total e estimada pelos indicadores LIPE® e Óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) utilizando subproduto do urucum e respectivos coeficientes de variação (CV) da produção fecal

<i>Método</i>	<i>Produção Fecal (g/dia)</i>
Total	173,82a
LIPE®	175,50a
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	167,42a
CV(%)	10,5

Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste SNK (P<0,05);

O mesmo comportamento foi observado quando as digestibilidades aparentes dos nutrientes foram calculadas e estimadas utilizando o método de coleta total e os indicadores LIPE® e óxido crômico no ensaio de avaliação do

subproduto de urucum, ou seja as digestibilidades não apresentaram diferenças significativas em relação ao método de coleta total.

Tabela 21 - Médias de digestibilidade aparente dos nutrientes, (%) calculadas pela Coleta total e estimadas pelos indicadores LIPE® e Óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) utilizando subproduto do urucum

<i>Nutriente</i>	<i>Estimativa da Digestibilidade (%)</i>		
	Total	LIPE	Cromo
MS	74,12a	73,88a	74,85a
MO	74,86a	74,63a	75,57a
PB	74,64a	74,41a	75,26a
EB	78,7a	79,36a	78,49a
FDN	70,12a	69,83a	71,02a
FDA	66,40a	66,04a	67,52a

Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste SNK (P<0,05)

Marcondes *et al* (2006) também utilizaram óxido crômico e LIPE® como indicadores e não observaram diferenças estatísticas significativas para estimativas da produção fecal em novilhas por três ou cinco dias de coleta, tanto para o óxido crômico, quanto para o LIPE®. Foi possível conferir, a partir dos dados de produção fecal por colheita total e por emprego dos indicadores, que esses autores obtiveram recuperação total do LIPE® e do cromo, para três ou cinco dias de coleta.

Saliba *et al* (2003) compararam as produções fecais estimadas pelo LIPE® e obtidas por colheitas totais para ovinos, coelhos e suínos. Esses autores obtiveram resultados equivalentes entre os métodos, e

taxas de recuperação de 94,6% e 102,6% para suínos e 97,9 e 99,3 % para coelhos, ambos submetidos a duas dietas distintas, e 95,9% para ovinos alimentados com feno de Tifton 85.

Na avaliação do bagaço de caju desidratado utilizando os indicadores LIPE® e óxido crômico em comparação ao método de coleta total também não foram observadas diferenças significativas quanto a estimativa de produção fecal. Os valores encontrados ficaram bem próximos aos obtidos pela coleta total de fezes. As produções fecais estimadas pelo LIPE® e o óxido crômico foram 144,97 e 143,3g/dia de fezes em base da matéria seca, respectivamente.

Tabela 22 - Produção fecal (g/d) obtida pelo método de Coleta total e estimada pelos indicadores LIPE® e Óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) utilizando bagaço de caju e respectivos coeficientes de variação (CV) da produção fecal

Método	Produção Fecal (g/dia)
Total	146,46a
LIPE®	144,97a
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	143,31a
CV(%)	9,2

Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste SNK (P<0,05)

O ensaio de avaliação do bagaço de caju desidratado apresentou, portanto, o mesmo comportamento que o ensaio de avaliação do urucum, quando as digestibilidades aparentes dos nutrientes

foram calculadas e estimadas utilizando o método de coleta total e os indicadores LIPE® e óxido crômico, ou seja não foram diferentes significativamente em relação ao método de coleta total.

Tabela 23 - Médias de digestibilidade aparente dos nutrientes, (%) calculadas pela Coleta total e estimadas pelos indicadores Óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e LIPE® utilizando bagaço de caju desidratado

Nutriente	Estimativa da Digestibilidade (%)		
	Total	LIPE	Cromo
MS	66,27a	66,70a	66,43a
MO	67,23a	67,65a	67,37a
PB	46,63a	46,45a	49,18a
EB	65,92a	66,35a	66,05a
FDN	60,38a	60,27a	62,21a
FDA	45,81a	45,67a	48,28a

Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste SNK (P<0,05)

Lanzetta *et al* (2006) também verificaram eficiência do LIPE® como indicador de digestibilidade para equinos. Entretanto, quando utilizou o óxido crômico, obtiveram taxa de recuperação do cromo (83%). Esses autores compararam os coeficientes de digestibilidade aparente de

dieta completa, e apesar de não explicitar valores de produção de matéria seca fecal, discutem que os resultados de digestibilidade refletiram diretamente as produções fecais estimadas pelos indicadores, portanto, apenas o LIPE® apresentou-se satisfatório.

Tabela 24 - Produção fecal (g/d) obtida pelo método de Coleta total e estimada pelos indicadores LIPE® e Óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) utilizando farelo da castanha de caju

Método	Produção Fecal (g/dia de MS)
Total	148,68a
LIPE®	150,76a
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	116,69b
CV(%)	26,9

Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste SNK (P<0,05)

A produção fecal estimada pelos indicadores LIPE® e óxido crômico na avaliação do farelo de castanha de caju apresentou diferença significativa em

relação ao método de coleta total. Os valores encontrados para coleta total, LIPE® e óxido crômico foram respectivamente 148,68; 150,76 e 116,69 g/dia de MS.

Tabela 25 – Médias de digestibilidade aparente dos nutrientes, (%) calculadas pela Coleta total e estimadas pelos indicadores Óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e LIPE® utilizando farelo da castanha de caju

Nutriente	Estimativa da Digestibilidade (%)		
	Total	LIPE	Cromo
MS	70,45a	69,79b	76,62a
MO	68,96a	68,26b	75,42a
PB	54,15b	52,81b	63,87a
EB	79,03b	78,55b	83,42a
FDN	60,71b	59,85b	68,70a
FDA	36,15b	34,51b	48,85a

Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste SNK (P<0,05)

Possivelmente, erros advindos de etapas analíticas, ou mesmo da sua variação de excreção, podem ser atribuídos aos resultados encontrados pelo óxido crômico no ensaio de avaliação do farelo de castanha.

As digestibilidades calculadas pela coleta total das fezes e as estimadas pelo uso dos indicadores, seguiram então a mesma tendência, para todos os nutrientes. Foram superestimados pelo indicador óxido crômico e quando estimados através do LIPE® apresentaram resultados semelhantes aos obtidos pela coleta total das fezes.

A digestibilidade é uma função linear da concentração fecal. Uma equação é obtida pela plotagem da digestibilidade *versus* o conteúdo fecal, processo esse aplicado para qualquer constituinte fecal,

metabólico, etc. A precisão em estimar a digestibilidade é diminuída pela variabilidade em medidas dos indicadores, mas tais variações não criam uma tendência em aumentar ou diminuir os valores, uma vez que o problema existente é de recuperação (Van Soest, 1994).

As taxas de recuperação fecal dos indicadores em relação ao método direto de coleta total encontram-se na tabela 26. Essas taxas foram calculadas a partir dos valores de produção fecal, obtidos através do uso de indicadores óxido crômico e LIPE® e do método de coleta total de fezes. Os valores encontrados pelos indicadores externos foram então comparados com o valor obtido através do método de coleta total, que foi considerada como 100% de recuperação.

Tabela 26 - Taxas de recuperação fecal dos indicadores Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e LIPE® em relação ao método de coleta total

Subproduto utilizado	TR Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	TR LIPE® (%)
Urucum	96,32	100,95
Caju	97,85	98,98
Castanha	78,48	101,4

De acordo com os resultados apresentados, as menores taxas de recuperação ocorreram no ensaio de avaliação do farelo de castanha, quando o óxido crômico apresentou 78,48% de recuperação em comparação ao método de coleta total. Mas quando esse indicador foi utilizado nos estudos que avaliaram os subprodutos de urucum e bagaço de caju desidratado apresentou recuperação bem

próxima ao método de coleta total, sendo observados valores de 96,32 e 97,85% de recuperação, respectivamente.

Entretanto, o LIPE® em todos os ensaios onde esse indicador foi utilizado apresentou recuperações fecais bem próximas do método de coleta total, sendo encontrados valores de 100,95; 98,98 e 101,4% de recuperação, para os

subprodutos de urucum, bagaço de caju e farelo de castanha, respectivamente.

Curran *et al.* (1967), em nota sobre a utilização do óxido crômico como indicador na estimativa da produção fecal, afirmaram que uma das causas da baixa recuperação fecal do Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, pode ser o método analítico de dosagem. A técnica de absorção atômica (EAA) descrita por Williams *et al.* (1962) ainda é objeto de dúvidas, já que sua determinação costuma apresentar variações.

O Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pode ser quantificado por dois métodos. A determinação colorimétrica é mais simples, mas a interferência de pigmentos presentes nos alimentos e nas fezes sobre a leitura da absorbância pode limitar a precisão do método (Kozloski *et al.*, 1998).

Quanto às dietas utilizadas, não ocorreu interação significativa (P<0,05) em relação a taxa de recuperação dos

indicadores. Entretanto, Pereira *et al.* (2004) utilizaram o indicador LIPE® para estimar a produção fecal total e a digestibilidade da matéria seca aparente em coelhos em crescimento, avaliando a inclusão crescente de polpa cítrica (0, 8, 16, 24 e 32 %). Foi observada uma interação entre os tratamentos e método utilizado (LIPE®). Aumentado os níveis de inclusão de PC, houve aumento na diferença entre os valores de produção fecal e do coeficiente de digestibilidade da matéria seca em relação aos valores obtidos pela colheita total. Estes autores concluíram que o LIPE® foi eficiente como indicador externo, no entanto, quando houve aumento dos níveis de inclusão (16, 24 e 32 %), a produção fecal foi superestimada e a digestibilidade da matéria seca foi subestimada, não sendo recomendado seu uso nestas condições.

#### 4- Conclusões

O indicador LIPE® não apresentou em nenhum momento diferença significativa em relação ao método de coleta total, tanto na produção fecal, quanto na estimativa da digestibilidade aparente de nutrientes, quando caprinos alimentados com subprodutos da agroindústria foram utilizados. O óxido crômico se comportou

de maneira semelhantes em dois dos três ensaios executados que utilizaram esses indicadores.

Salvo sendo observados alguns aspectos inerentes a sua utilização ou método de determinação, o óxido crômico pode ser utilizado como indicador para estimativa da produção fecal e o indicador LIPE® é válido para utilização com indicador externo de produção fecal e digestibilidade em caprinos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. FNP-2004
- ARAÚJO, G.G.L.; ALVES, M.J. Uso de Subprodutos na Alimentação de Caprinos e Ovinos. In: I Simpósio de Caprinos e ovinos da UFMG- Escola de Veterinária, 2 a 5 de novembro de 2005, Belo Horizonte, 2005.
- ARIELI, A.; BRUCKENTAL, I.; SMOLER, E. Prediction of duodenal nitrogen supply from degradation of organic and nitrogenous matter in situ. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 72, n. 10, p. 2532-2539, Oct. 1989.
- AWOLUMATE, E.O. Chemical composition and potential uses of processing wastes from some Nigerian cash crops. *Turrialba*, v.33, n.4, p.281-386, 1983.
- BARBOSA, H. P. ; FIALHO, E. T. ; COELHO, L. S. S. ; FREITAS, A. R. . Composicao Quimica e Energetica e Proteina Digestivel de Alguns Alimentos Para Suinos. *BOLETIM DA INDUSTRIA ANIMAL*, v. 46, n. 1, p. 99-112, 1989.
- BLAXTER, K.L; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Br. J. Nutr.*, v.19, p.511-522. 1965.
- BUNTINX, S. E., K. R. POND, D. S. FISHER, and J. C. BURNS. 1992. Evaluation of the Captec chrome controlled-release device for the estimation of fecal output by grazing sheep. *J. Anim. Sci.* 70:2243.
- CAMPOS, A.R.N. *Enriquecimento protéico do bagaço do pedúnculo de caju (Anarcadium occidentale L.) por fermentação semi-sólida*. Campina Grande, Paraíba, 2003, 87p. (Dissertação) - Universidade Federal de Campina Grande.
- CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.V.; SILVA, J.F.C. et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.
- CLEMENTINO, R. H. ; NEIVA, J. N. M. ; CAVALCANTE, M. A. B. ; CANDIDO, M. J. D. ; TELES, M. M. . Consumo de nutrientes em função da inclusão de subproduto de urucum (*Bixa orellana* L.) em dietas para ovinos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006, João Pessoa. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.
- CORREIA, M.X.C.; COSTA, R.G.; SILVA, J.H.V.; CARVALHO, F.F.R.; MEDEIROS, A.N. Utilização de resíduo agroindustrial de abacaxi desidratado em dietas para caprinos em crescimento: digestibilidade e desempenho *R. Bras. Zootec.*, v.35, n.4, p.1822-1828, 2006.
- COSTA, C. L. S. da; CHAVES, M. H.. Extraction of pigments from seeds of *Bixa orellana* L.: an alternative for experimental courses in organic chemistry. *Quím. Nova.*, São Paulo, v. 28, n. 1, 2005.
- CRISÓSTOMO, João R. et al. Avanços tecnológicos e desafios atuais do agronegócio caju no Nordeste do Brasil. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1991. 36 p.
- CUDDEFORD, D.; HUGHES, D. A comparison between chromium-mordanted hay and acid-insoluble ash to determine apparent digestibility of a chaffed, molassed hay/straw mixture. *Equine Veterinary Journal*, v.22, p.122-125, 1990.
- CURRAN, M.K.; LEADER, J.D.; WESTON, E.W. A note on the use of chromic oxide incorporated in a feed to estimate faecal output in ruminants. *Animal Production*, v.9, p.561-564, 1967.
- DANTAS FILHO, Laí Alves, LOPES, João Batista, VASCONCELOS, Vânia Rodrigues *et al.* Inclusão de polpa de caju desidratada na alimentação de ovinos: desempenho, digestibilidade e balanço de nitrogênio. *R. Bras. Zootec.*, Jan./Feb. 2007, vol.36, no.1, p.147-154.

- FAICHNEY, G.J. An assessment of chromic oxide as an indigestible marker for digestion studies in sheep. *Journal of Agricultural Science*, v.79, p.493-499, 1972.
- FERNANDES, A. C. S.; ALMEIDA, C. A.; ALBANO, F.; LARANJA, G. A. T.; FELZENSZWALB, I.; LAGE, C. L. S.; de SÁ, C. C. N. F.; MOURA, A. S.; KOVARY, K.; *J. Nutr. Biochem.* 2002,13, 411; ARAÚJO, J. A.; *Química de alimentos: teoria e prática*, 2ª. ed., Ed. UFV: Viçosa, 1999.
- FERREIRA, A.C.H Valor Nutritivo de silagens à base de Capim elefante com níveis crescentes de subprodutos agroindustriais de abacaxi, acerola e caju. Belo Horizonte-MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 157p Tese (Doutorado em Ciência Animal) – UFMG, 2005.
- FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Valor nutritivo das silagens de capim-elefante com diferentes níveis de subprodutos da indústria do suco de caju. *Rev. Bras. de Zoot.*, v.33, p.1380-1385, 2004.
- FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Consumo voluntário das silagens de capim elefante com diferentes níveis de subprodutos da indústria do suco de caju. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. Anais... Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. 1 CD.
- FORBES, J. M. *Voluntary food intake and diet selection by farms animals*. Cambridge: CAB International, 1995.
- GONÇALVES, J. DE S. ; NEIVA, J. N. M. ; CANDIDO, M. J. D. ; POMPEU, R. C. F. F. ; MOURA, B. C. ; LÔBO, R. N. B. . Composição bromatológica e características fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. Roxo contendo níveis crescentes do subproduto da semente do urucum (*Bixa orellana* L.). *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, p. 228-234, 2006.
- HOLANDA, J.S.; FURUSHO, I.F.; LIMA, G.F.C. et al. Perspectivas de uso do pedúnculo de caju na alimentação animal. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE RUMINANTES, 6., 1996, Natal. Anais... Natal: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 1996. p.155-161.
- JAGGER, S.; WISEMAN, J.; COLE, D. J. A.; CRAIGON, J. Evaluation of inert markers for the determination of ileal and fecal apparent digestibility values in the pig. *Br. J. Nutr.* 68:729. 1992.
- JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, v.76, p.3851-3863, 1993.
- KOTB, A.R.; LUCKEY, T.D. Markers in nutrition. *Nutr. Abstr. Rev.*, v.42, p.813-845, 1972.
- KOZLOSKI, G. V. ; PERES NETTO, D. ; OLIVEIRA, L.; MAIXNER, A R.; LEITE, D.T. ; MACCARI, M.; BRONDANI, I. L.; SANCHEZ, L. M. B.; QUADROS, F. L. F. . Uso de óxido de cromo como indicador da excreção fecal de bovinos em pastejo: variação das estimativas em função do horário de amostragem. *Ciência Rural*, v. 36, p. 599-603, 2006.
- LALLO, C.H.O. Feed intake and nitrogen utilisation by growing goats fed by-product based diets of different protein and energy levels. *Small Ruminant Research* 22 (1996) 193-204.
- LANZETTA, V, A, S; RESENDE, A. S. C.; SALIBA, E. O. S.; Lana, A.M.Q; SAMPAIO, Ivan Barbosa Machado; RODRIGUEZ, Norberto Mário; MOSS, P, B ; ANDRADE, M.G. Comparação entre coleta total, óxido crômico e LIPE, na determinação da digestibilidade dos nutrientes, em eqüinos(1). In: 43 Reunião Anual da SBZ, 2006, João Pessoa. Anais da 43a. Reunião Anual da SBZ. João Pessoa, Paraíba: SBZ, 2006. v. 1. p. 1-3.
- LEITE, E. R. ; BARROS, N.N. ; CAVALCANTE, A.C.R. ; BOMFIM, M.A.D. . Terminação de ovinos com a

- utilização do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.) e feno de leucena (*Leucaena leucocephala* L.). In: XLI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004, Campo Grande, MS. Anais da XLI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Campo Grande, MS : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. v. 1.
- LIMA, M.A., VIANA, J.A.C., RODRIGUES, N.M. et al. 1980. O uso do óxido crômico para estimar a excreção fecal de novilhos zebu em pastejo. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 9(2):188-202.
- LIMA, V. P. M. S. Botânica. In: LIMA, V. P. M. S. A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1988. p. 15-61.
- LOUCA, A. ANTONIOU, T. and HATZIPANAYIOTOU, M. Comparative digestibility of feedstuffs by various ruminants, specifically goats. In: Proceedings of Third International Conference on Goat Production and Disease, Tucson, 1982. Abstract. Arizona: 122-132.
- LOUSADA JR., J.E.; NEIVA, J.N.M.; PIMENTEL, J.C.M. et al. Digestibilidade aparente de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.2, p.591-601, 2005.
- MALAU-ADULI, B; EDUVIE, L.; LAKPINI, C.; MALAU-ADULI, E.O.A. Chemical compositions, feed intakes and digestibilities of crop residue based rations in non-lactating Red Sokoto goats in the subhumid zone of Nigeria *Animal Science Journal* (2003) 74, 89-94.
- MARAIS, J. P., 2000: Use of markers. In: J. P. F. D'Mello (ed.) *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. CABI Publ., Wallingford, pp. 255-277.
- MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; BRITO, A.F. et al. Uso de Diferentes Indicadores para Estimar a Produção de Matéria Seca Fecal e Avaliar o Consumo Individual de Concentrado e Volumoso em Novilhas In: 43 Reunião Anual da SBZ, 2006, João Pessoa. Anais da 43a. Reunião Anual da SBZ. João Pessoa, Paraíba: SBZ, 2006 CD ROM.
- McALLAN, A.B.; KNIGHT, R.; SUTTON, J.D. The effect of free and protected oils on the digestion of dietary carbohydrates between the mouth and duodenum of sheep. **British Journal of Nutrition**, v.49, p.433-440, 1983.
- MORAND-FEHR, P. Feeding behaviour of goats at the trough. In: MORAND-FEHR, P. (ed.). *Goat nutrition*. Wageningen: Pudoc, 1991, p.3-12.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 2006. *Nutrient requirements of small ruminants*. 1.ed. Washington: National Research Council. 362p.
- OLIVEIRA, Luíz Orcírio Fialho de ; SALIBA, E. O. S. ; BORGES, Iran ; AROEIRA, Luíz Januário M ; GONTIJO NETO, Miguel Marques ; AMARAL, Thaís Basso . Concentração de óxido crômico e LIpe nas fezes de bovinos em pastagem de *Brachiaria brizantha* utilizadas nas estimativas de consumo. In: 42ª Reunião Anual da SBZ, 2005, Goiania. Anais da 42ª reunião anual da SBZ. Goiania
- OWENS, F.N., HANSON, C.F. 1992. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. *J. Dairy Sci.*, 75(9):2605-2617.
- PALMQUIST, D.L.; CONRAD, H.R. High fat rations for dairy cows. Effects on feed intake, milk and fat production, and plasma metabolites. **Journal of Dairy Science**, v.61, n.7, p.890-901, 1978.
- PEREIRA, R. A. N. ; FERREIRA, Walter Motta ; SALIBA, E. O. S. . LIpe marker for estimating total faecal production and dry matter apparent digestibility in growing rabbits. In: 8º World Rabbits Congress, 2004, Puebla City - Mexico. proceedings 8 Wrc. Puebla : WRC, 2004. v. 1. p. 1-6.
- PIAGGIO, L.M., PRATES, E.R., PIRES, F.F. et al. 1991. Avaliação de cinzas insolúveis em ácidos indigestíveis e lignina em detergente ácido indigestível como

indicadores internos da digestibilidade. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 20(3):306-312.

PIMENTEL, F.A. Avaliação de métodos de obtenção e da estabilidade de pigmentos de sementes de urucum ( *Bixa orellana* L). Viçosa, MG, 1995. 132 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa.

RODRIGUEZ, N.M.; Uso de Indicadores para Estimativa de Consumo a Pasto e Digestibilidade

In: 43 Reunião Anual da SBZ, 2006, João Pessoa. Anais da 43a. Reunião Anual da SBZ. João Pessoa, Paraíba: SBZ, 2006. CD ROM.

RODRIGUEZ, N.M. Pesquisas sobre dinâmica da fermentação ruminal e partição da digestão realizadas no Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.355-388.

ROGÉRIO, M.C.P. Valor Nutritivo de Subprodutos de Frutas para Ovinos. Belo Horizonte-MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 318p Tese (Doutorado em Ciência Animal) – UFMG, 2005.

SAHA, D.C.; GILBREATH, R.L. Analytical recovery of chromium from diet and faeces determined by colorimetry and atomic absorption spectrophotometry *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Copenhage, v. 55, p. 433-436, 1991.

SAHLU, T., A. L. GOETSCH, J. LUO, I. V. NSAHLAI, J. E. MOORE, M. L. GALYEAN, F.N. OWENS, C. L. FERRELL and Z. B. JOHNSON. 2004, Nutrient requirements of goats: developed equations, other considerations, and future research to improve them. *Small Ruminant Research* 53, 191-219.

SALIBA, E. O. S. Anais da I Teleconferencia Sobre o Uso de

Indicadores em Nutrição Animal. BELO HORIZONTE: UFMG, 2005 (ANAIS DE CONFERENCIA)

SALIBA, E. O. S. ; VELOSO, Dorila Pilö ; RODRIGUEZ, Norberto Mário . Structural characterization of eucalyptus grandis before and after exposure to gastrointestinal tract of ruminants.. In: 8 symposium on lignins and other wood products, 2004, São Pedro. Anais do 8 Symposium on lignins and other wood products.. São Pedro : Isnapol 2004, 2004. v. 1. p. 1-10.

SALIBA, E. O. S. ; RODRIGUEZ, Norberto Mário ; VELOSO, Dorila Pilö ; TEIXEIRA, G. L. ; RIBEIRO, Sergio Luiz Moreira . Estudo comparativo da digestibilidade pela técnica de coleta total com a lignina purificada como indicador de digestibilidade para ovinos em experimento com feno de tifton 85. In: 40ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003, Santa Maria. Anais da 40ª reunião anual da SBZ. Santa Maria : SBZ, 2003. v. 40. p. 1-4.

SALIBA, E. O. S. ; RODRIGUEZ, N. M. ; GONÇALVES, L. C. ; FARIA, E. P. ; VELOSO, Dorila Pilö . Caracterização microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja submetidos a fermentação ruminal e seus efeitos sobre a digestibilidade da fibra. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 51, n. 1, p. 89-96, 1999.

SANHÁ, C.; BESSA, R.J.B.; DENTINHO M.A.T., RIBEIRO, J.M.R. Composição Química e Valor Nutritivo de "Bagaço" de Caju da Guiné-Bissau. In: "X Congresso de Zootecnia – APEZ - Progressos zootécnicos nos países de língua portuguesa", estação zootécnica nacional, Vale de Santarém, 2 a 4 de novembro de 2000.

SILANIKOVE, N. 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments *Small Ruminant Res.* 35:181-193.



SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, José Humberto Vilar da et al . Efeitos da inclusão do resíduo da semente de urucum (*Bixa Orellana* L.) na dieta para frangos de corte: desempenho e características de carcaça. R. Bras. Zootec., Viçosa, v. 34, n. 5, 2005.

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

TELES, M.M.; NEIVA, J.N.M.; RÊGO, A.C. et al. Consumo de Nutrientes de Silagens de Capim Elefante Contendo Níveis Crescentes de Adição do Subproduto das Sementes do Urucum. In: 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005, Goiânia. *Anais da 42ª reunião anual da SBZ*. Goiânia, SBZ, 2005.

THIAGO, L.R.L.S. Consumo voluntário de forragens por ruminantes, mecanismo físico ou fisiológico? Campinas: Fundação de Estudos Superiores Luiz de Queiroz, 1989. 146p.

TONANI, F. L. ; ALCALDE, C. R. ; RUGGIERI, A. C. ; ANDRADE, P. ;

VALADARES FILHO, S. ; SILVA, E. C. . Utilização de semente de urucum (*Bixa orellana* L.) em dietas de bovinos em confinamento. In: XXXII Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995, Brasília. *Anais da XXXII Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 1995. p. 285-285.

UTIYAMA, C.E.; MIYADA, V.S.; FIGUEIREDO, A.N. et al. Digestibilidade de nutrientes do resíduo de semente processadas de urucum (*B. orellana* L.) para suínos em crescimento. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD-ROM

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

VASCONCELOS, V.R.; NEIVA, J.N.M.; PIMENTEL, J.C.M. et al. Utilização de resíduos do processamento de frutas na alimentação de caprinos e ovinos. In: SEMINÁRIO NORDESTE DE PECUÁRIA - PECNORDESTE, 6., 2002, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: FAEC, 2002. p.83-99.

WURTS, M. L; TORREBLANCA, R. A. Analisis de la semilla *Bixa orellana*, L. (Achiote) y del desecho generado en la extraccion de sus pigmentos. *Arch. latinoam. nutr*;33(3):606-19, 1983.