

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**LABIB SANTOS DUARTE**

**DETERMINAÇÃO DAS FRAÇÕES PROTÉICAS E DE CARBOIDRATOS E  
ESTIMATIVA DO VALOR ENERGÉTICO E DA DIGESTÃO INTESTINAL DA  
PROTEÍNA DE FORRAGEIRAS E RESÍDUOS GERADOS NO NORDESTE  
BRASILEIRO**

**FORTALEZA  
2008**

**LABIB SANTOS DUARTE**

**DETERMINAÇÃO DAS FRAÇÕES PROTÉICAS E DE CARBOIDRATOS E  
ESTIMATIVA DO VALOR ENERGÉTICO E DA DIGESTÃO INTESTINAL DA  
PROTEÍNA DE FORRAGEIRAS E RESÍDUOS GERADOS NO NORDESTE  
BRASILEIRO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Orientadora: Profª. Dra. Elzânia Sales Pereira

**FORTALEZA  
2008**

**LABIB SANTOS DUARTE**

**DETERMINAÇÃO DAS FRAÇÕES PROTÉICAS E DE CARBOIDRATOS E  
ESTIMATIVA DO VALOR ENERGÉTICO E DA DIGESTÃO INTESTINAL DA  
PROTEÍNA DE FORRAGEIRAS E RESÍDUOS GERADOS NO NORDESTE  
BRASILEIRO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

APROVADA: 22 de Setembro de 2008.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profª. Dra. Elzânia Sales Pereira (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Profª. Dra. Maria Socorro de Souza Carneiro  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Dr. Arturo Bernardo Selaive-Villaroel  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Dr. Adriano Henrique do Nascimento Rangel  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA

**DEDICO**

À Maria Odaiz de Oliveira Lopes  
(*In memorian*)

## AGRADECIMENTOS

A **Deus** por ter me dado a vida, pela saúde e pelas oportunidades que me tem concedido.

À **Universidade Federal do Ceará**, através do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, pela possibilidade da realização desta dissertação.

À **CAPES**, pela bolsa de estudos que me possibilitou realizar o presente curso.

A **FUNCAP** pelo suporte financeiro da área experimental.

A minha orientadora Professora **Dra. Elzânia Sales Pereira**, pela orientação e ensinamentos transmitidos no decorrer do curso.

Aos professores **Dr. Magno José Duarte Cândido**, **Dra. Maria Socorro Souza Carneiro**, **Dr. Arturo Bernardo Selaive-Villaroel** e **Dr. Adriano Henrique do Nascimento Rangel** pela participação na banca examinadora desta dissertação e pelo apoio, sugestões e esclarecimentos.

Ao coordenador da Pós-Graduação, **Dr. Breno Magalhães Freitas**.

Aos demais professores do Curso de Pós-graduação em Zootecnia.

À minha mãe **Margarene**, obrigada pelo carinho e constante apoio nas horas mais difíceis desta caminhada. Obrigada também à nossa grande amiga **Liduína**, pelas palavras de incentivo.

Ao **Laboratório de Nutrição de Animal (LANA)** pela orientação e auxílios prestados, em especial às pessoas de **Helena e Roseane**.

A todos os colegas e companheiros de Pós-graduação, em especial **Marieta, Carolzinha, Paty, Ana Patrícia, Katiane, Marquinhos, Luís Neto, Paulo Marcelo, Higo, Gilson, Ítalo, William, Léo Baiano, Rômulo Gaúcho e Cutrim**.

Não poderia esquecer os meus agradecimentos aos estagiários em especial à **Vitória, Elaine e Dayane**, que me acompanharam na jornada de análises.

Às minhas grandes amigas **Patrícia Lima** e **Andréa Zilá**, e seus respectivos pimpolhos **Odilo** e **Matheus**, pelos inúmeros incentivos de força e coragem e pela ajuda incondicional em tudo que estava ao seu alcance.

E sem esquecer meus agradecimentos à secretária e amiga **Francisca Prudêncio**, pela simpatia e momentos de descontração.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para o êxito deste trabalho, seja pela ajuda direta ou por uma palavra de amizade.

**DETERMINAÇÃO DAS FRAÇÕES PROTÉICAS E DE CARBOIDRATOS E ESTIMATIVA DO VALOR ENERGÉTICO E DA DIGESTÃO INTESTINAL DA PROTEÍNA DE FORRAGEIRAS E RESÍDUOS GERADOS NO NORDESTE BRASILEIRO**

**RESUMO**

Objetivou-se com o presente estudo caracterizar as frações de carboidratos e proteína e estimar o valor energético e a digestibilidade intestinal da proteína não-degradada no rúmen de alimentos por intermédio da técnica de três estágios da algaroba (*Prosopis juliflora*), da canafistula (*Pithecellobium multiflorum*), da flor-de-seda (*Calotropis procera*), da jitirana (*Ipomea* sp.), do juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), do mata-pasto (*Senna obtusifolia*), do sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), da palma gigante (*Opuntia ficus indica*) e do xique-xique (*Cereus gounellei*) e dos subprodutos do abacaxi (*Ananas comosus*), da acerola (*Malpighia emarginata*), do caju (*Anacardium occidentale*), do coco (*Cocos nucifera*), do melão (*Cucumis melo*), do maracujá (*Passiflora eduli*), da uva (*Vitis labrusca*) e do urucum (*Bixa orellana*). Para obtenção do fracionamento dos carboidratos, de acordo com o sistema CNCPS, foram calculados os carboidratos totais, as suas frações B2, C e os componentes solúveis em detergente neutro. Foram determinadas as frações potencialmente degradável (B2) e não-degradável (C) da fibra em detergente neutro, corrigida para cinzas e proteína. Para determinação das frações nitrogenadas, foram analisados os compostos nitrogenados não-protéicos, nitrogênio solúvel e insolúvel em tampão borato-fosfato e nitrogênio protéico insolúvel em detergente neutro e em detergente ácido. Para a estimação dos Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) foram utilizadas as equações propostas pelo NRC (2001). Para a determinação da digestibilidade intestinal da proteína não-degradada no rúmen, os alimentos foram inicialmente incubados no rúmen de fêmea bovina fistulada, por 16 horas para determinação da Proteína não-degradada no rúmen (PNDR), sendo o resíduo submetido à digestão com solução de pepsina durante 1 hora, e solução de pancreatina a 38°C durante 24 horas, cujos resíduos foram analisados para nitrogênio total. Acerola e melão apresentaram substancial conteúdo nitrogenado na fração C o que reduziria a disponibilidade de N tanto para microrganismos do rúmen quanto para o hospedeiro. As forrageiras estudadas apresentaram maiores proporções do nitrogênio nas frações A e B2, consequentemente disponibilizando nitrogênio para bactérias fermentadoras de carboidratos

fibrosos. O percentual de fração C na acerola e no melão em detrimento da fração B2 acarretaria maior efeito de repleção ruminal e diminuição da disponibilidade energética, por sua característica de indigestibilidade ao longo do trato gastrointestinal, quando submetidos a ensaios de alimentação para animais. Nas forrageiras nativas e nas adaptadas ao clima da região Nordeste foram observados valores de fração A + B1 de 35,26 a 73,37%, para fração B2, de 3,87% a 28,45% e para fração C de 17,34 e 40,63%. As frações A, B1, B2, B3 e C dos compostos nitrogenados apresentaram variação de 9,84 a 42,33 %; 1,58 a 11,47%; 48,63 a 80,10%; 0,70 a 6,13% e 0,43 a 2,86%, respectivamente. As frações de carboidratos dos subprodutos analisados variaram de 19,35 a 58,52%; 9,95 a 61,44% e 15,35 a 70,06 para A+B1, B2 e C, respectivamente; enquanto para os compostos nitrogenados variaram de 5,01 a 33,02%; 1,69 a 15,23%; 2,26 a 75,60%; 1,53 a 40,26% e 0,08 a 43,84% para frações A, B1 B2, B3 e C, respectivamente. O NDT estimado das forrageiras variou de 48,30 a 65,42%, enquanto o dos subprodutos variou de 31,41 a 128,90%. A estimativa da PNDR das forragens variou de 13,37 a 83,6%, e dos subprodutos variou de 39,14 a 89,06%. A digestibilidade intestinal da PNDR das forragens variou de 26,09 a 80,68%, enquanto para os subprodutos variou de 22,26 a 76,82%. O sabiá foi a forrageira que apresentou a maior DI e o maior teor de PNDRd, e a flor-de-seda os menores valores; enquanto para os subprodutos, o melão apresentou o maior valor para DI, entretanto o caju forneceu maior teor de PNDRd, enquanto o coco apresentou os mais baixos valores para DI e PNDRd.

**Palavras-chaves:** energia, frações de carboidratos, proteína, ruminantes, técnicas *in vitro*

**DETERMINATION OF PROTEIN AND CARBOHYDRATE FRACTIONS AND  
ESTIMATED ENERGY VALUES AND INTESTINAL DIGESTIBILITY PROTEIN  
FROM FORAGES AND BYPRODUCTS GENERATED IN NORTHEAST OF  
BRAZIL**

**ABSTRACT**

The objective of this research was to characterize the protein and carbohydrate fractions, estimate energy values and evaluate the intestinal digestibility protein of algaroba (*Prosopis juliflora*), canafistula (*Pithecellobium multiflorum*), flor-de-seda (*Calotropis procera*), jitirana (*Ipomea* sp.), juazeiro (*Ziziphus joazeiro*), mata-pasto (*Senna obtusifolia*) and sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth), palma gigante (*Opuntia ficus indica*) and xique-xique (*Cereus gounellei*) and the agroindustry byproducts from pineapple (*Ananas comosus* L.), barbados cherry (*Malpighia emarginata*), cashew (*Anacardium occidentale*), coconut (*Cocos nucifera* L.), melon (*Cucumis melo*), passion fruit (*Passiflora eduli*), grape (*Vitis labrusca*) and anatto seeds (*Bixa orellana* L.). To obtain the carbohydrates fractions, according with Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) system, were calculated the total carbohydrates, their fractions B2, C and the soluble components in neutral detergent. It was determined the potentially degradable (B2) and undegradable (C) fractions of the neutral detergent fiber, corrected for ashes and protein. The non-protein nitrogenous compounds, soluble and insoluble nitrogen in borate-phosphate buffer, nitrogenous protein insoluble in neutral and acid detergent were analyzed for the determination of the nitrogen fractions. To estimate Total Digestible Nutrients (TDN) had been used the equations proposals by National Research Council - NRC (2001). The feeds were incubated in rumen during 16 hours to determine the rumen-undegradable protein (RUDP), then the residue was incubated with pepsin solution during 1 hour, and pancreatic solution during 24 hours at 38°C, whose residues were analyzed for total nitrogen. The *Malpighia emarginata* and *Cucumis melo* showed substantial nitrogen content in fraction C which would reduce the disponibility of nitrogen for the rumen microorganisms and its host. The evaluated forages showed higher proportions of nitrogen in fractions A and B2, providing nitrogen for the rumen microorganisms. The percentage of fraction C in *Malpighia emarginata* and *Cucumis melo* at the expense of the B2 fraction would entail greater effect of ruminal fill and decreased availability of energy, for its characteristic of

indigestibility along the gastrointestinal tract, when being tested for feeding animals. In the evaluated forages had been observed values of A+B1 fraction from 35.26 to 73.37%, for B2 fraction, from 3.87% to 28.45% and for C fraction from 17.34 to 40.63%. The fractions, A, B1, B2, B3 and C of nitrogenous compounds had presented variation from 9.84 to 42.33%; 1.58 to 11.47%; 48.63 to 80.10%; 0.70 to 6.13% and 0.43 to 2.86%, respectively. The byproducts carbohydrate fractions analyzed varied from 19.35 to 58.52%; 9.95 to 61.44% and 15.35 to 70.06, for A+B1, B2 and C, respectively. In turn, the nitrogenous compounds varied from 5.01 to 33.02%; from 1.69 to 15.23%; from 2.26 to 75.60%; from 1.53 to 40.26% and from 0.08 to 43.84% for fractions, A, B1 B2, B3 and C, respectively. The forages TDN values varied from 48.30 to 65.42%, while of by-products it varied from 31.41 to 128.9%. The estimate of RUDP in the forages ranged from 13.37% to 83.6%, and the byproducts RUDP ranged from 39,14 to 89.06%. The intestinal digestion of RUDP ranged from 26.09 to 80.68%, %, while for byproducts varied of 22,26 76.82%. The *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth was the forage that presented better ID and better RUDPd, and the *Calotropis procera*, presented lowest values for these variables. For byproducts, the *Cucumis melo* presented the biggest value for DI, while the *Cocos nucifera* L. presented the lowest values for DI and RUDPd.

**Index-terms:** carbohydrate fractions, energy, *in vitro* technique, protein, ruminant

## ÍNDICE

	PÁGINAS
<i>Resumo</i> .....	vii
<i>Abstract</i> .....	ix
<i>Lista de tabelas</i> .....	xii
<i>Lista de figuras</i> .....	xv
INTRODUÇÃO.....	1
<b>CAPÍTULO 1 – Referencial Teórico</b> .....	3
Considerações sobre as forrageiras adaptadas ao semi-árido nordestino.....	3
Considerações sobre os resíduos agroindustriais.....	4
Carboidratos, Proteína e o sistema CNCPS.....	6
Técnica de três estágios.....	11
Referências Bibliográficas.....	14
<b>CAPÍTULO 2 – Determinação das frações protéicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e resíduos gerados no Nordeste Brasileiro</b> .....	19
Resumo.....	20
Abstract.....	21
Introdução.....	22
Material e Métodos.....	25
Resultados e Discussão.....	28
Conclusões.....	40
Referências bibliográficas.....	41
<b>CAPÍTULO 3 – Avaliação da digestão intestinal da proteína de forrageiras adaptadas e subprodutos da agroindústria gerados no nordeste brasileiro por intermédio da técnica de três estágios</b> .....	43
Resumo.....	44
Abstract.....	45
Introdução.....	46
Material e Métodos.....	50

Resultados e Discussão.....	53
Conclusões.....	60
Referências bibliográficas.....	61
Considerações Finais.....	63

## Lista de Tabelas

páginas

### Capítulo 2

TABELA 1 – Teores médios para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) de forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro.....	27
TABELA 2 – Valores médios para carboidratos totais (CHT), carboidratos não-estruturais (CNE), Fibra em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e as frações de carboidratos A+B1, B2 e C e lignina (LIG) de forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro.....	28
TABELA 3 – Valores médios de proteína bruta (PB) e das frações de proteína (A, B1, B2, B3 e C) de algaroba, canafistula, flor-de-seda, jitirana, juazeiro, mata-pasto, palma gigante, sabiá e xique-xique.....	30
TABELA 4 – Teores médios para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) dos subprodutos de abacaxi, acerola, caju, castanha, coco, maracujá, melão, urucum e uva.....	33
TABELA 5 – Valores médios de carboidratos totais (CHT), carboidratos não-estruturais (CNE), Fibra em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e as frações de carboidratos (A+B1, B2 e C) e lignina (LIG) dos subprodutos de abacaxi, acerola, caju, castanha, coco, maracujá, melão, urucum e uva.....	33
TABELA 6 – Valores médios da proteína bruta e do fracionamento dos compostos nitrogenados dos subprodutos de abacaxi, acerola, caju, castanha, coco, maracujá, melão, urucum e uva.....	35
TABELA 7 – Valores percentuais de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED – Mcal/Kg), energia metabolizável produtiva (EM – Mcal/Kg) e energia líquida de lactação (EL <sub>L</sub> – Mcal/Kg) de algaroba, canafistula, flor-de-seda, jitirana, juazeiro, mata-pasto, palma gigante, sabiá e xique-xique.....	37
TABELA 8 – Valores percentuais de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED – Mcal/Kg), energia metabolizável produtiva (EM – Mcal/Kg) e energia líquida de lactação (EL <sub>L</sub> – Mcal/Kg) dos resíduos de abacaxi, acerola, caju, castanha, maracujá, melão, urucum e uva....	38

### Capítulo 3

TABELA 1 – Porcentagem de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), cinzas (MM), extrato etéreo (EE), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e lignina (LIG) das forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro.....	52
TABELA 2 – Porcentagem de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), cinzas (MM), extrato etéreo (EE) e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) dos subprodutos da agroindústria.....	52
TABELA 3 – Teores de proteína bruta (PB), proteína degradada no rúmen (PDR) e proteína não-degradada no rúmen (PNDR) para 16 horas de incubação ruminal, digestibilidade intestinal da PNDR (DI) e PNDR digestível no intestino delgado (PNDRd) em porcentagem e em g/kg MS das forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro.....	54
TABELA 4 – Teores de proteína bruta (PB), proteína degradada no rúmen (PDR) e proteína não-degradada no rúmen (PNDR) para 16 horas de incubação ruminal, digestibilidade intestinal da PNDR (DI) e PNDR digestível no intestino delgado (PNDRd) em porcentagem e em g/kg MS dos subprodutos da agroindústria.....	57

## Lista de Figuras

páginas

### Capítulo 2

FIGURA 1 – Teores médios das frações A+B1, B2 e C dos carboidratos totais das forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro.....	29
FIGURA 2 – Teores médios das frações nitrogenadas das forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro.....	32
FIGURA 3 – Teores médios das frações A+B1, B2 e C dos carboidratos totais dos subprodutos utilizados no Nordeste Brasileiro.....	34
FIGURA 4 – Teores médios das frações nitrogenadas das forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro.....	36

### Capítulo 3

FIGURA 1 – Digestibilidade intestinal (DI) da proteína não-degradada no rúmen (PNDR) das forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro.....	55
FIGURA 2 – Proporções relativas da proteína degradada no rúmen (PDR), da proteína não-degradada no rúmen digestível (PNDR dig) e da proteína não-degradada no rumem indigestível (PNDR indig) no intestino delgado das forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro....	56
FIGURA 3 – Digestibilidade intestinal (DI) da proteína não-degradada no rúmen (PNDR) dos subprodutos da agroindústria.....	57
FIGURA 4 – Proporções relativas da proteína degradada no rúmen (PDR), da proteína não-degradada no rúmen digestível (PNDR dig.) e da proteína não-degradada no rúmen indigestível (PNDR indig.) no intestino delgado dos subprodutos da agroindústria.....	58

## INTRODUÇÃO

O semi-árido brasileiro tem como traço principal as freqüentes secas, que tanto podem ser caracterizadas pela ausência, escassez, pouca freqüência e limitada quantidade, quanto pela má distribuição das chuvas durante o período de inverno. A sociedade regional é predominantemente rural e fortemente condicionada a sobreviver principalmente de atividades econômicas ligadas à agricultura e à pecuária. Todavia, as condições climáticas, comprometem a produção pecuária da região, devido, sobretudo à menor disponibilidade e qualidade das forrageiras.

A necessidade de alimentos de qualidade no período seco é uma constante em todos os sistemas de produção, sendo mais acentuada nas regiões tropicais de clima semi-árido. Nestas regiões, devido aos baixos níveis de pluviosidade, a produção de alimentos para a época da entressafra é mais complexa. O desenvolvimento econômico do semi-árido brasileiro é totalmente dependente do incremento dos níveis de produtividade da pecuária. Diante desta realidade, admite-se que a melhoria da produção pecuária está pautada no conhecimento e uso de estratégias baseadas nos recursos forrageiros nativos e exóticos adaptados. Assim, o estudo da composição químico-bromatológica, bem como da disponibilidade de nutrientes ao longo do trato gastrointestinal de forrageiras adaptadas se reveste de importância uma vez que estas forrageiras dão suporte alimentar a ruminantes.

A utilização de alimentos alternativos, como os subprodutos da agroindústria, na dieta de ruminantes tem se tornado freqüente a fim de viabilizar os sistemas de produção. Embora as condições climáticas da região Nordeste sejam limitantes para a produtividade dos rebanhos, o crescimento da fruticultura irrigada nesta região tem gerado grande acúmulo de subprodutos agroindustriais. Neste sentido a utilização de subprodutos do processamento industrial de frutas, ou mesmo de frutas descartadas pós-colheita, pode ser considerada como alternativa na alimentação de ruminantes. Para tanto é necessário um aprimoramento de tecnologia nas formulações de dietas com inclusão destes subprodutos que associem desempenho animal à viabilidade econômica.

Os animais consomem o alimento principalmente para atender às suas exigências em energia, além de outros nutrientes necessários. Entretanto, se por alguma razão a natureza do volumoso disponível restringir o consumo alimentar, limitará também o

desempenho animal, cuja conseqüência direta é a redução da eficiência do processo produtivo. Portanto, torna-se necessária a caracterização qualitativa e quantitativa dos alimentos alternativos que possam ser utilizados na alimentação de ruminantes, cujo objetivo final é a predição das respostas produtivas, redução de custos e elaboração de estratégias de manejo alimentar que resultem no incremento da produção.

Atualmente os sistemas de avaliação de alimentos para ruminantes que dão suporte a formulação de rações exigem que os nutrientes utilizados pelos animais sejam fracionados no sentido de melhor caracterizá-los. Assim, o sistema *Cornell Net Carbohydrate And Protein System* (CNCPS) foi desenvolvido para estimar taxas de degradação ruminal de diferentes subfrações dos alimentos, maximizar a sincronização de proteína e carboidratos no rúmen e conseqüentemente a produção microbiana e ainda minimizar as perdas nitrogenadas (SNIFFEN et al., 1992).

No Brasil, a utilização deste sistema para predizer o desempenho animal deverá ser feita a partir do subfracionamento dos carboidratos e proteína que compõem os alimentos, e o conhecimento do comportamento destas frações ao longo do trato gastrintestinal. No futuro, em função da utilização de modelos ou sistemas que venham predizer e explicar satisfatoriamente os eventos digestivos, a produção de alimentos e a utilização dos nutrientes resultarão em minimização dos recursos financeiros e viabilização de recursos naturais (FOX e BARRY, 1995).

**CAPÍTULO 1**  
**REFERENCIAL TEÓRICO**

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Considerações sobre as forrageiras adaptadas ao Semi-árido Nordeste

A Caatinga é uma associação de plantas (árvores e arbustos) de aspecto seco, densos, baixos e retorcidos, folhas caducas e raízes grossas e penetrantes (DUQUE, 2004). Caracterizada pela alta diversidade de espécies vegetais, apresentando porte baixo e adaptação às condições de semi-aridez. Para Kiill e Correia (2005), a Caatinga é um bioma rico em espécies lenhosas (caducifólias) herbáceas (anuais), predominando espécies das famílias leguminosa, euforbiácea e cactácea.

A suplementação alimentar dos rebanhos nordestinos no período da seca, deve visar alternativas de baixo custo, como o fornecimento de forragem arbóreo-arbustiva fresca, fenada ou ensilada. Algumas plantas lenhosas da Caatinga proporcionam uma alternativa alimentar de baixo custo. Suas folhas e ramos finos podem ser fornecidos na forma *in natura* ou de feno, coletados no período de abundância de forragem (período chuvoso) para suplementar a dieta animal no período de estiagem.

A algarobeira (*Prosopis juliflora*) introduzida na década de quarenta no Nordeste do Brasil como alternativa para resolver grandes problemas dessa macro-região, como a depredação acelerada das espécies nativas da caatinga e a escassez de alimentos para os animais nos meses secos do ano, encontra-se atualmente disseminada em praticamente todas as regiões geoambientais do Semi-árido Nordeste (ARAÚJO et al., 2006).

A *Calotropis procera*, conhecida vulgarmente como flor-de-seda, tem se destacado entre as espécies adaptadas às condições semi-áridas. Tem ampla distribuição geográfica, especialmente em regiões tropicais e subtropicais de todo o mundo e na região semi-árida do Brasil e nos últimos anos tem despertado atenção de pesquisadores interessados em sua utilização como forrageira. Destaca-se como uma das espécies arbustivas do semi-árido utilizadas como alternativa alimentar, tanto pela adaptação (mantém-se resistente no período de maior escassez de água) como pela disponibilidade (MARQUES et al, 2007). O uso desta planta *in natura* na alimentação animal é limitado por algumas características, entretanto Abbas et al. (1992) encontraram teores de MS e PB equivalente a 94,62 e 19,4%, respectivamente, no feno de flor-de-seda, confirmando seu excelente valor nutritivo, o que

permite sua utilização como alternativa na suplementação protéica/energética de rebanhos no semi-árido.

A jitirana (*Ipomea* sp.) é uma planta forrageira nativa da região Nordeste, suculenta e com odor agradável, o que confere uma ótima aceitação pelos animais, principalmente caprinos, ovinos e bovinos em sistema de pastejo, fazendo parte de sua dieta. Considerada forrageira alternativa para a produção de silagem e de feno, não só na forma direta, mas como aditivo para o melhoramento protéico e da composição química bromatológica da silagem de milho, visto que é abundante durante o período chuvoso do ano (BRAGA, 1976).

O mata-pasto (*Senna obtusifolia*) é uma leguminosa herbácea de ciclo anual e ocorrência comum no período das chuvas. Apesar de não ser bem consumida quando verde, a alta palatabilidade das plantas secas indica a possibilidade de sua utilização como feno. O conhecimento do valor nutritivo dessa leguminosa é de grande importância para sua utilização como forragem opcional para os animais durante o período de escassez de alimentos (NASCIMENTO et al., 2001).

O sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) é uma leguminosa comum do Nordeste Brasileiro, muito consumida pelos animais no período chuvoso, sendo utilizada também como suplemento alimentar nos períodos de escassez, quando fenada. Pode constituir até 70% do volumoso ingerido na época de vegetação plena, que ocorre no período das águas, além de ser consumida quando se desprende dos ramos após senescência na época seca do ano, consumida em menor quantidade (ARAÚJO FILHO et al., 1998; MENDES, 2001; MAIA, 2004). Essa forrageira arbórea pode atingir até 7 m de altura e apresenta caule com presença ou ausência de acúleos; seus ramos são de alta palatabilidade e contém, em média, 17% de proteína bruta. Apesar de bem aceito pelos animais, pode apresentar limitações no uso como forrageira, tendo em vista a ocorrência predominante de ramos com acúleos, que dificultam o manejo e a utilização da planta (SILVA et al., 1984).

A palma gigante (*Opuntia ficus indica*) é uma cultura que apresenta aspecto fisiológico especial quanto à absorção, aproveitamento e perda de água, sendo bem adaptada às condições adversas do semi-árido e destaca-se alta produção de matéria seca por unidade de área (TELES et al., 2002). Vale ressaltar que a palma é uma forragem que

os animais consomem com facilidade, podendo o consumo individual chegar até 104 kg/dia/vaca de material *in natura* (SANTOS et al., 1998).

O xique-xique (*Cereus gounellei*) é uma cactácea bastante comum no Nordeste do Brasil, de tronco ereto com galhos laterais afastados e descrevendo suavemente uma curva ampla em direção ao solo. Seus ramos são compostos por fortes espinhos de coloração verde-opaca, atingindo altura de até 3,75 m e o diâmetro da copa variando de 1,45 a 3,27 m. (CAVALCANTI & RESENDE, 2004). Desenvolve-se muito bem nas áreas mais secas da região semi-árida; cresce em solos rasos, sobre rochas e se multiplica regularmente, cobrindo extensas áreas. Para ser utilizado na época da seca como uma alternativa para alimentação dos animais, a parte aérea da planta é cortada e queimada para eliminação dos espinhos (CAVALCANTI & RESENDE, 2007).

### **Considerações sobre os subprodutos agroindustriais**

Os subprodutos agroindustriais são provenientes do beneficiamento industrial e/ou do processamento secundário de produtos agrícolas, pecuários e florestais e seu acúmulo é proporcional ao crescimento do agronegócio (FERREIRA, 2005). De acordo com Rodriguez e Guimarães Junior (2005), a América Latina produz mais de 500 mil toneladas de subprodutos e subprodutos agroindustriais, sendo o Brasil responsável por mais da metade dessa produção.

O aproveitamento de subprodutos do processamento de frutas tem tido evidência nas pesquisas de nutrição em virtude do grande desperdício desta importante fonte fibrosa pelas agroindústrias produtoras de sucos, compotas e doces. O interessante é verificar que exatamente na época seca do ano, onde há escassez de forragens, ocorre a maior geração de subprodutos de frutas. Um outro aspecto é a questão ambiental, onde esse aproveitamento minimizaria problemas de impacto ao meio ambiente.

A inclusão de subprodutos da agroindústria na dieta de ruminantes pode representar alternativa viável, contudo ainda pouco explorada. Sua utilização está na dependência de alguns fatores como disponibilidade, composição química, preço, custo de transporte, facilidade de armazenamento e presença de compostos tóxicos e/ou antinutricionais (LIMA, 2005).

O abacaxi (*Ananas comosus*) é uma das frutas tropicais mais populares do mundo e tem o Brasil como um dos principais centros produtores da espécie. O Brasil encontra-se em quarto lugar no *ranking* de produção, sendo superado pela Tailândia, Filipinas e China, respondendo por 8,93% da produção mundial (FAO, 2006). A produção brasileira é destinada basicamente ao mercado interno. Os principais estados produtores de abacaxi são: Pará, Minas Gerais, Bahia, Rio Grande do Norte e Rio de Janeiro (IBGE, 2006). Do total da fruta, após prensagem, 75 a 85% é suco e 15 a 25% resultam em torta. A aceitação desse subproduto por ruminantes é boa e a adaptação é rápida, sendo considerado um alimento rico em açúcares, com razoável valor protéico e rico em fibras. Contém também pectina, componente dietético rapidamente fermentável e completamente degradável pelas bactérias ruminais (ROGÉRIO, 2005; VAN SOEST, 1994).

A acerola (*Malpighia emarginata*), pelo seu inegável potencial como fonte natural de vitamina C e sua grande capacidade de aproveitamento industrial, têm atraído o interesse dos fruticultores e passou a ter importância econômica em várias regiões do Brasil (NOGUEIRA et al., 2002), sendo este o maior produtor, consumidor e exportador de acerola no mundo (CARVALHO, 2000). A aceroleira é cultivada principalmente nos estados do Nordeste, com grandes perspectivas de expansão das exportações, principalmente para a França, Alemanha e Estados Unidos. Embora existam poucos dados na literatura, os subprodutos dessa agroindústria constando da semente triturada e da polpa após a retirada do suco, podendo apresentar potencial para o consumo animal (ROGÉRIO, 2005).

O caju (*Anacardium occidentale*) é formado da castanha (10%) e da polpa (90%), desperdiçada em quase sua totalidade (96%). A castanha é o verdadeiro fruto. O pseudofruto é o pedúnculo hipertrofiado, rico em vitamina C e usado na fabricação de doces e bebidas. O bagaço, após a extração do suco, pode ser usado na alimentação animal. A safra de caju no Nordeste ocorre na estação seca do ano, no período de julho a janeiro, caracterizada pela baixa produção de volumosos e preços de concentrados elevados. Portanto, a utilização do pedúnculo do caju seco possui grande potencial para ser usado como ingrediente de dietas, especialmente nas épocas críticas (ROGÉRIO, 2005).

O farelo de castanha de caju, oriundo das castanhas impróprias para o consumo humano, vem sendo utilizado para formulação de ração animal. Devido à castanha de caju

apresentar teor médio de 22,71% de proteína bruta, este alimento constitui fonte de proteína na elaboração da dieta animal e seu baixo custo em relação à soja, ingrediente predominante na formulação de rações, torna a substituição vantajosa (PIMENTEL, 2007). Trata-se de um recurso alimentar de elevado potencial para utilização como fonte energética em concentrados e redução dos custos de produção, visto que a alimentação animal constitui um dos fatores que mais oneram a atividade pecuária.

O coqueiro (*Cocos nucifera*), planta tropical de origem asiática, encontrou no Brasil condições propícias para o seu desenvolvimento, especialmente em partes das Regiões Norte, Nordeste e Sudeste. Esta cultura assume papel de destaque na economia de mais de 86 países, por compor uma cadeia produtiva com mais de cem produtos, que vão desde o consumo *in natura* até segmentos industriais importantes como as indústrias: alimentar, têxtil, artesanal, de ração animal entre outras.

O coqueiro (*Cocos nucifera*) é originário do sudeste asiático e é cultivado em grande parte das ilhas e regiões litorâneas tropicais. No Brasil, as maiores plantações concentram-se nas regiões costeiras dos estados do Nordeste em área estimada de 200 mil hectares. A Bahia é, atualmente, o maior produtor brasileiro seguido pelo Ceará, Sergipe e Alagoas. Nas condições de industrialização do coco no Brasil o rendimento médio de farelo é de 16 toneladas por hectare ao ano (FIBGE, 2006). O farelo de coco é o subproduto obtido após a extração do óleo e vem sendo incorporado à alimentação animal. Além de sua característica energética, possui elevado teor de proteína bruta, que varia de 20 a 25%, e, dessa forma, torna-se um ingrediente com dupla função e que substitui as fontes energéticas e protéicas.

O Brasil destaca-se como principal produtor de maracujá (*Passiflora eduli*), com cerca de 90% da produção mundial, apresentando produção em torno de 330,8 mil toneladas, com rendimento de 9,9 t/ha, estimada em área de 33,4 mil hectares (IBGE, 2004). O beneficiamento do maracujá produz uma quantidade de subprodutos que corresponde, aproximadamente, de 65 a 70% do total da fruta, constituindo-se de cascas e sementes provenientes do processo de esmagamento da fruta para a obtenção do suco e que atualmente, são utilizados por produtores rurais na alimentação animal de bovinos e aves.

O melão (*Cucumis melo*) é uma espécie olerícola muito consumida e de grande popularidade no mundo. No ano de 2005, o Brasil produziu 190 mil toneladas de melão

(FAO, 2006), estando na quinta colocação em exportações e respondendo por cerca de 9% do total das exportações mundiais de melão. Dentre os subprodutos disponíveis, o resíduo industrial do melão, oriundo da industrialização (sucos ou fruto em polpa) e comercializado *in natura* surge com uma alternativa bastante interessante, pois parte da produção de melão não é aproveitada para o consumo, a qual pode ser aproveitada na alimentação animal. Trabalhando com subproduto do melão para ovinos, Lousada Jr. et al. (2005) afirmou que, se fornecido como alimento exclusivo, este supre as exigências protéicas destes animais, mesmo de categorias mais exigentes.

O urucuzeiro (*Bixa orellana*) cujo fruto é o urucum também conhecido como colorau, açafroa, é um arbusto tropical perene. Do pericarpo da semente se extrai um corante natural (pigmento constituído por vários carotenóides, predominando a bixina) que vem despertando interesse de indústrias de produtos cosméticos, farmacêuticos, têxtil e, principalmente, de alimentos em face da crescente proibição da utilização de corantes sintéticos em alimentos. Segundo Teles (2006), aproximadamente 2.500 toneladas de subproduto do urucum após a extração da bixina são obtidos no Brasil a cada ano, principalmente na região Nordeste, onde quase 97% do subproduto não é aproveitado. Ainda, segundo esta autora, os resíduos dos frutos após a extração das sementes, servem para alimentação animal, adubo orgânico ou cobertura morta. Clementino et al. (2005), afirmam que a adição do subproduto da semente do urucum promoveu aumento no consumo e na digestibilidade da matéria seca, recomendando-se sua utilização na dieta para ovinos.

### **Carboidratos, Proteína e o sistema CNCPS**

Os carboidratos constituem-se na principal fonte de energia para os ruminantes e seu aproveitamento é feito após o desdobramento em ácidos graxos voláteis e outros ácidos através da fermentação no rúmen. As forrageiras de clima tropical apresentam menores teores de carboidratos solúveis e maiores teores de carboidratos estruturais que as de clima temperado tendo, portanto maiores proporções de parede celular em razão da sua natureza anatômica com alta proporção de tecido vascular (VAN SOEST, 1994).

As características de carboidratos das forrageiras dependem dos açúcares que os compõem, das ligações entre eles estabelecidas e de outros fatores de natureza físico-química. Assim os carboidratos das plantas podem ser agrupados em duas grandes categorias, conforme sua maior ou menor degradabilidade, em estruturais e não estruturais, respectivamente (VAN SOEST, 1994).

Os carboidratos estruturais são aqueles que formam a parede celular, sendo os mais importantes as celuloses, as hemiceluloses e a pectina. A lignina que também constitui a parede celular é um composto fenólico que se associa aos carboidratos estruturais (celulose e hemicelulose) durante o processo de formação da parede celular, reduzindo a digestibilidade destes (VAN SOEST, 1994).

Os carboidratos não estruturais são aqueles de elevada e média solubilidade e encontram-se no conteúdo celular tais como os mais simples, glicose e frutose, e os carboidratos de reserva da planta como amido, sacarose e frutose. O mais importante, na maioria dos alimentos é o amido, porém na parte aérea das forragens sua concentração em relação à sacarose é pequena e varia entre as espécies tropicais e temperadas (NORTON, 1982).

Independente do tipo de carboidratos, após sua ingestão, estes são digeridos por ação dos microrganismos em hexoses, pentoses e ácidos urônicos. A fermentação dos açúcares é a principal fonte de energia para formação de ATP que é utilizado para manutenção e crescimento dos microrganismos.

Como consequência da fermentação pré-gástrica, os ruminantes têm seu requisito em aminoácidos satisfeito por duas principais fontes: a proteína microbiana sintetizada no rúmen e a proteína dietética que escapa à fermentação ruminal (PNDR), que são digeridas no intestino delgado. Considerando que os suplementos protéicos são os ingredientes mais onerosos na alimentação animal, o conhecimento e o controle da taxa e da extensão de degradação da proteína dietética no rúmen, bem como da digestão intestinal da PNDR tem despertado grande interesse nos nutricionistas de ruminantes nas últimas décadas.

As proteínas são polímeros de aminoácidos unidos por ligações peptídicas, desta forma, para serem utilizados pelos microrganismos do rúmen, necessitam serem quebradas a moléculas mais simples, como aminoácidos ou pequenos peptídeos. Este processo de quebra da molécula protéica em suas unidades formadoras (aminoácidos) é comumente

denominado proteólise. As bactérias são consideradas os principais microrganismos proteolíticos do rúmen, embora protozoários e fungos também exerçam este tipo de atividade, mas em menor extensão (VALADARES FILHO & CABRAL, 2002).

A degradação ruminal da proteína dos alimentos pode ser determinada por métodos *in vivo*, *in situ* e *in vitro*. Embora os métodos *in vivo* sejam referência por meio do qual os outros métodos são comparados, por serem laboriosos e caros e pelas dificuldades de se determinar os fluxos da digesta e do nitrogênio microbiano no abomaso, outros métodos têm sido utilizados para estimativa da degradação ruminal da proteína dos alimentos. Os métodos *in vitro* baseiam-se na incubação dos alimentos na presença de microrganismos ruminais ou com enzimas isoladas (VALADARES FILHO & CABRAL, 2002).

Atualmente os sistemas de avaliação de alimentos para ruminantes que dão suporte à formulação de rações exigem que os alimentos utilizados pelos animais sejam fracionados no sentido de melhor caracterizá-los (SNIFFEN et al., 1992). O sistema desenvolvido pela Universidade de Cornell, conhecido como “The Cornell Net Carbohydrate and Protein System” (CNCPS) é um modelo matemático com vários níveis de agregação que permite avaliar dietas e o desempenho animal a partir de conhecimentos do conteúdo em ingredientes da dieta fornecida aos mesmos, tendo como base princípios de função ruminal, crescimento microbiano, digestão e passagem do alimento e fisiologia animal.

O sistema CNCPS foi primeiramente publicado no início da década de 90 em uma série de artigos (FOX et al., 1992; RUSSEL et al., 1992; SNIFFEN et al., 1992; O’CONNOR et al., 1993) tendo, basicamente, o objetivo de melhor avaliar as dietas completas, visando à minimização das perdas de nutrientes e à busca da maximização da eficiência de crescimento dos microrganismos no rúmen (VAN SOEST, 1994).

De acordo com o CNCPS, a fração protéica dos alimentos pode ser fracionada em componentes A (fração solúvel–NNP), B<sub>1</sub> (fração solúvel rapidamente degradada no rúmen), B<sub>2</sub> (fração insolúvel, com taxa de degradação intermediária no rúmen), B<sub>3</sub> (fração insolúvel lentamente degradada no rúmen) e fração C, que é indigestível durante sua permanência no trato gastrointestinal. Os carboidratos também podem ser fracionados em componentes A (açúcares solúveis com rápida degradação ruminal), B<sub>1</sub> (amido e pectina) e B<sub>2</sub> (correspondente a fibra potencialmente degradável com taxa de degradação mais lenta) e C (indigestível). Este sistema foi desenvolvido com o objetivo de estimar taxas de

degradação ruminal de diferentes subfrações dos alimentos, maximizar a sincronização de proteína e carboidratos no rúmen e conseqüentemente a produção microbiana, e ainda minimizar as perdas nitrogenadas (SNIFFEN et al., 1992).

A digestão nos compartimentos gástricos e nos segmentos iniciais do intestino delgado tem por função reduzir as formas poliméricas complexas em substâncias simples (monossacarídeos e aminoácidos) para serem assimilados ao longo do trato gastrintestinal. Os processos de digestão e fermentação executados pelos microrganismos ruminais fornecem os produtos finais de fermentação (ácidos graxos voláteis), que são utilizados como fonte de energia, e a massa microbiana cuja constituição protéica representará uma fonte de aminoácidos para o hospedeiro.

O sistema CNCPS sugere a divisão do ecossistema ruminal em dois grupos microbianos, ou seja os microrganismos que utilizam carboidratos estruturais, e aqueles que utilizam carboidratos não estruturais. Esta segregação reflete diferenças quanto às fontes de energia e compostos nitrogenados utilizados, bem como a eficiência do crescimento microbiano, pois as bactérias que fermentam carboidratos estruturais necessitam de amônia, que constitui sua principal fonte de nitrogênio, ácidos graxos de cadeia ramificada, e não utilizam peptídeos e aminoácidos; quando em condições limitantes de nitrogênio, apresentam menor crescimento, decorrentes dos maiores custos de manutenção dos microrganismos. As bactérias que fermentam carboidratos não estruturais apresentam crescimento mais rápido e utilizam em média 66% de peptídeos e aminoácidos e 34% de amônia para o seu crescimento (RUSSELL et al., 1992).

### **Digestibilidade intestinal da proteína e a Técnica de três estágios**

A extensão com que os nutrientes são degradados é determinada pela competição entre a taxa de passagem e de degradação, com efeitos profundos sobre o desempenho animal; o conhecimento de ambas é necessário para predizer a quantidade de energia ou proteína que estão disponíveis no rúmen.

Os sistemas de avaliação de alimentos para ruminantes empregam modelos de primeira ordem para estimar a digestão e o escape ruminal dos nutrientes. O conhecimento atual dos padrões cinéticos dos nutrientes no rúmen, de acordo com Mertens (1993), se deu

em função do desdobramento conceitual da celulose proposto por Waldo no início da década de 70. A manipulação das taxas de digestão e de passagem pode culminar em maior ou menor excreção de compostos nitrogenados dietéticos pelos animais (VAN SOEST, 1994).

Nos últimos anos, tem havido um interesse considerável na redução das perdas de nitrogênio pelos ruminantes, a partir de formulações de dietas balanceadas que considerem as múltiplas interrelações entre os microrganismos ruminais e o hospedeiro. A adequação de dietas teria por função a minimização das perdas nitrogenadas pelos animais, a maximização do crescimento das bactérias ruminais e a melhoria no desempenho dos animais. A proteína dietética pode ser mais ou menos destruída, mas o crescimento microbiano pode compensar a perda de qualidade. Quando a proteína é consumida em excesso, o nitrogênio dietético é convertido à amônia, absorvido pelo epitélio ruminal e excretado na forma de uréia pelos rins; por outro lado, dietas pobres em nitrogênio são enriquecidas pelo processamento ruminal, levando um maior e melhor aporte de aminoácidos para os intestinos (VAN SOEST, 1994; BRODERICK, 1995).

A proteína microbiana sintetizada no rúmen fornece 50% ou mais dos aminoácidos disponíveis para a absorção, em rações balanceadas, sendo considerada uma fonte de aminoácidos de alta qualidade (SCHWAB, 1996); e as diferentes porções das frações protéicas digestíveis que escapam à degradação ruminal constituem o total de aminoácidos que chegam ao intestino delgado.

Vários sistemas de exigências protéicas utilizam valores de 0,8 a 0,85 para a digestibilidade intestinal aparente da proteína não degradada no rúmen, sendo o valor de 0,80 adotado pelo NRC (1985); de 0,9(PNDR-6,25NIDA) o utilizado pelo AFRC (1993) e de 1,00; 1,00 e 0,80 para as frações B1, B2 e B3, pelo CNCPS.

Os estudos utilizando animais canulados são laboriosos, caros e requerem tratamento especial, por isso vários métodos alternativos têm sido desenvolvidos para essas estimativas, dentre os quais se destacam a técnica de sacos de náilon móveis (HVELPLUND, 1985), a determinação do nitrogênio insolúvel em detergente ácido (GOERING et al., 1972) e procedimentos enzimáticos (CALSAMIGLIA e STERN, 1995). Entretanto, a maioria destes métodos tem falhado no que diz respeito à simulação das condições fisiológicas dos ruminantes, pois não incluem o potencial efeito de fermentação

ruminal, além de ser caros e demorados e não refletirem de forma exata as diferenças na digestão intestinal entre os alimentos.

Calsamiglia & Stern (1995) desenvolveram a técnica *in vitro* de três estágios para estimar a digestibilidade intestinal da proteína de vários alimentos. A técnica assume que a contaminação microbiana é mínima e mostrou-se sensível ao avaliar o efeito do processamento e a presença do fator inibidor da tripsina dos alimentos e teve alta correlação com estudos *in vivo*. O NRC (2001) recomenda utilizar a técnica de três estágios para estimar a digestibilidade intestinal da PNDR.

### Referências Bibliográficas

- ABBAS, B.A.E.; TAYEB, E.; SULLEIMAN, Y.R. *Calotropis procera*: feed potential for arid zones. **Veterinary Record**, v.131, p.132, 1992.
- AGRICULTURAL AND FOOD REASERCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.
- ARAÚJO J.L.P., CORREIA R.C., ARAÚJO E.P., LIMA P.C.F. **Cadeia produtiva da algaroba no pólo de produção da Bacia do submédio São Francisco**, In: XLIV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2006, Fortaleza.
- ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C.; GADELHA, J.A.; CAVALCANTE, A.C.R. Fenologia e valor nutritivo de espécies lenhosas caducifólias da Caatinga. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 360-362.
- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3 ed. Mossoró: ESAM, 540p. 1976. V. XLII
- BRODERICK, G.A. Methodology for the determining ruminal degradability of feed proteins. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, Viçosa, 1995. **Anais...** Viçosa: UFV/DZO, 1995, p.139-176.
- CALSAMIGLIA, S. & STERN, M. D. Three-step in vitro procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. **Journal of Aniamal Science**. v.73, p.1459-1465, 1995.
- CARVALHO, R.A. **Análise econômica da produção de acerola no município de Tomé-Açu, Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 21p. (Documento, 49)
- CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. Plantas nativas da caatinga utilizadas pelos pequenos agricultores para alimentação dos animais na seca. In.: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 3. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, PE: Sociedade Nordestina de Produção Animal. 2004. CD-ROM.
- CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. Consumo de xique-xique (*Pilocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl) por caprinos no semi-árido da Bahia. **Caatinga** (Mossoró, Brasil), v.20, n.1, p.22-27, janeiro/março 2007.
- CLEMENTINO, R.H., NEIVA, J.N.M., CAVALCANTE, M.A.B., et al. Consumo e digestibilidade da matéria seca em dietas de ovinos com diferentes níveis dos subprodutos agroindustriais da banana (*Musa paradisiaca*) e do urucum (*Bixa orellana*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: 2005.

- DUQUE, J.G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4 ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 330p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - FIBGE. [2004]. **Estatística de área cultivada**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 6/6/2006.
- FERREIRA, A.H. **Valor nutritivo de silagens à base de capim elefante com níveis crescentes de subprodutos agroindustriais de abacaxi, acerola e caju**. 2005. 157f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 2006. Statistical-database. Disponível em <http://www.apps.fao.org>. Acesso em: 03 de nov de 2006.
- FOX, D.G., BARRY, M.C. Predicting nutrient requirements and supply for cattle with the Cornell net carbohydrate and protein system. In: Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Ruminantes. **Anais...** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1995, p.77-101.
- FOX, D.G., SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D. et al. 1990. **A model for predicting requirements and feedstuff utilization**. The Cornell net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets research: Cornell. 128p.
- GOERING, F.K., GORDON, C.H., HEMKEN, R.W. et al. 1972. Analytical estimatives of nitrogen digestibility in heat damaged forages. **Journal of Dairy Science**, 55(9):1275-1280.
- HVELPLUND, T. 1985. Digestibility of rumen microbial protein and undegraded dietary protein estimated in the small intestine of sheep and by in sacco procedure. **Acta Agriculture Scandinavica** (Suppl.), 25:132.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 9 nov. 2004.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. **SIDRA/LSPA**: banco de dados do IBGE. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br> (acesso em 22/02/2006)>.
- KIILL, L.H.P.; CORREIA, R.C. A Região Semi-Árida. In: KIILL, L.H.P.; MENEZES, E.A. (Eds). **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semi-árido brasileiro**. Embrapa Semi-Árido – Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, 340p.
- LIMA, M.L.M. Uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: 2005. p. 446.

- LOUSADA, JR. J.E. et al. Consumo e Digestibilidade de Subprodutos do processamento de Frutas em Ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.659-669, 2005.
- MAIA, G.N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D e Z Computação Gráfica e Editora, 2004. 413p.
- MARQUES, A.V.M.S. et al. Rendimento, composição tecidual e musculosidade da carcaça de cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis de feno de flor-de-seda na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.610-617, 2007.
- MENDES, B.V. **Plantas das Caatingas: umbuzeiro, juazeiro e sabiá**. Mossoró: Fundação Vingt-Unt Rosado, 2001. 110p. (Coleção Mossoroense).
- MERTENS, D.R. 1993b. Kinetics of cell wall digestion and passage in ruminants. Chap. 21. In: JUNG, H.G., BUXTON, D.R., HATFIELD, R.D. et al. (Eds.) **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, Inc., p.535-570.
- NASCIMENTO, H. T. S., NASCIMENTO, M.P.S.C.B., RIBEIRO, V.Q. **Valor Nutritivo do Mata-Pasto (*Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby) em Diferentes Idades**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 33, Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI. Setembro, 2001.
- NOGUEIRA, R.J.M.C.; MORAES, J.A.P.V.; BURITY, H.A. et al. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.4, p.463-470, 2002.
- NORTON, B.W. Differences between species in forrage quality. In: HACKER, J.B. (ed.). **Nutritional limits to animal production from pastures**. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1982. p.89-110.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Sheep**. 6.ed. Washington DC, USA: National Academy Press, 1985. 99p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington D.C.: National Academy Press, 2001. 289p.
- O'CONNOR J. D., SNIFFEN C. J., FOX D. G., CHALUPA W. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting amino acid adequacy. **Journal of Animal Science**. 1993. 71:1298-1311.
- PIMENTEL, P.G. **Digestão e desempenho de vacas leiteiras consumindo dietas com castanha de caju**. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2007. 95 p.

- RODRIGUEZ, N.M.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Utilização de subprodutos da agroindústria na alimentação de vacas de leite. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 3, 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: 2005. p. 65.
- ROGÉRIO, M. C. P. **Valor nutritivo de subprodutos de frutas para ovinos.** Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária. 318p. 2005.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551-3561, 1992.
- SANTOS, M.V.F.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. et al. Colheita da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante sobre o desenvolvimento de Vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.1, p.33-39, 1998.
- SCHWAB, C. G. Amino acid nutrition of the dairy cow: current status. In: **Proceedings Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers**, Cornell University, Ithaca, N.Y. 1996. p.184-198.
- SILVA, C.M.M.S.; OLIVEIRA, M.C.; SOARES, J.G.G. **Avaliação de forrageiras nativas e exóticas para a região semiárida do Nordeste.** Petrolina: EMBRAPA – CPATSA, 1984. p.28 (Documentos, 27).
- 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 of Animal Science**, v.70, p.3562 – 3577, 1992.
- TELES, M.M. **Características fermentativas e valor nutritivo de silagens de capim-elefante contendo subprodutos de urucum, caju e manga.** Tese doutorado em Zootecnia. UFC. Fortaleza-Ce. 2006.
- TELES, M.M.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; BEZERRA NETO, E. et al. Efeitos da Adubação e de Nematicida no Crescimento e na Produção da Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.52-60, 2002.
- VALADARES FILHO, S.C.; CABRAL, L.S. Aplicação dos princípios de nutrição de ruminantes em regiões tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD-ROM. Nutrição de ruminantes.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant.** Comstock Publ. Assoc. Ithaca, 1994. 476 p.

## **CAPÍTULO 2**

### **DETERMINAÇÃO DAS FRAÇÕES PROTÉICAS E DE CARBOIDRATOS E ESTIMATIVA DO VALOR ENERGÉTICO DE FORRAGEIRAS E SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA GERADOS NO NORDESTE BRASILEIRO**

## **Determinação das frações protéicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e subprodutos da agroindústria gerados no Nordeste Brasileiro**

**Resumo:** Objetivou-se com o presente estudo caracterizar as frações de carboidratos e proteína e estimar o valor energético da algaroba (*Prosopis juliflora*), da canafistula (*Pithecellobium multiflorum*), da flor-de-seda (*Calotropis procera*), da jitirana (*Ipomea* sp.), do juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), do mata-pasto (*Senna obtusifolia*), do sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), da palma gigante (*Opuntia ficus indica*) e do xique-xique (*Cereus gounellei*) e dos subprodutos do abacaxi (*Ananas comosus*), da acerola (*Malpighia emarginata*), do caju (*Anacardium occidentale*), do coco (*Cocos nucifera*), do melão (*Cucumis melo*), do maracujá (*Passiflora eduli*), da uva (*Vitis labrusca*) e do urucum (*Bixa orellana*). Para obtenção do fracionamento dos carboidratos, de acordo com o sistema Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), foram calculados os carboidratos totais, as suas frações B2, C e os componentes solúveis em detergente neutro. Para determinação das frações nitrogenadas, foram analisados os compostos nitrogenados não-protéicos, nitrogênio solúvel e insolúvel em tampão borato-fosfato e nitrogênio protéico insolúvel em detergente neutro e em detergente ácido. Para a estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT) foram utilizadas as equações propostas pelo National Research Council - NRC (2001). Nas forrageiras nativas e nas adaptadas ao clima da região Nordeste foram observados valores de fração A + B1 de 35,26 a 73,37%, para fração B2, de 3,87% a 28,45% e para fração C de 17,34 e 40,63%. As frações A, B1, B2, B3 e C dos compostos nitrogenados apresentaram variação de 9,84 a 42,33 %; 1,58 a 11,47%; 48,63 a 80,10%; 0,70 a 6,13% e 0,43 a 2,86%, respectivamente. As frações de carboidratos dos subprodutos analisados variaram de 19,35 a 58,52%; 9,95 a 61,44% e 15,35 a 70,06 para A+B1, B2 e C, respectivamente; enquanto para os compostos nitrogenados variaram de 5,01 a 33,02%; 1,69 a 15,23%; 2,26 a 75,60%; 1,53 a 40,26% e 0,08 a 43,84% para frações A, B1 B2, B3 e C, respectivamente. O NDT estimado das forrageiras variou de 48,30 a 65,42%, enquanto o dos subprodutos variou de 31,41 a 128,90%. A diferenciação das frações de carboidratos e proteínas pode resultar em maior eficiência de utilização do alimento nas formulações de rações.

**Palavras-chave:** energia, nutrientes digestíveis totais, proteína, semi-árido

### **Determination of protein and carbohydrate fractions and estimated energy values from forages and byproducts generated in the northeast of Brazil**

**Abstract:** This study was carried out to characterize the carbohydrates and proteins fractions of algaroba (*Prosopis juliflora*), canafistula (*Pithecellobium multiflorum*), flor-de-seda (*Calotropis procera*), jitirana (*Ipomea* sp.), juazeiro (*Ziziphus joazeiro*), mata-pasto (*Senna obtusifolia*) and sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), palma gigante (*Opuntia ficus indica*) and xique-xique (*Cereus gounellei*) and the agroindustry byproducts from pineapple (*Ananas comosus*), barbados cherry (*Malpighia emarginata*), cashew (*Anacardium occidentale*), coconut (*Cocos nucifera*), melon (*Cucumis melo*), passion fruit (*Passiflora eduli*), grape (*Vitis labrusca*) and anatto seeds (*Bixa orellana*). To obtain the carbohydrate fractions, according with Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) system, were calculated the total carbohydrates, their fractions B2, C and the soluble components in neutral detergent. For the determination of nitrogenous fractions, were analyzed the non-protein nitrogenous compounds, soluble and insoluble nitrogen in borate-phosphate buffer, protein nitrogen insoluble in neutral and acid detergent. To estimate the total digestible nutrients (TDN) were used the equations proposed by National Research Council - NRC (2001). In the evaluated forages had been observed values to A+B1 fraction from 35.26 to 73.37%, to B2 fraction, from 3.87% to 28.45% and to C fraction from 17.34 to 40.63%. The fractions, A, B1, B2, B3 and C of nitrogenous compounds had presented variation from 9.84 to 42.33%; 1.58 to 11.47%; 48.63 to 80.10%; 0.70 to 6.13% and 0.43 to 2.86%, respectively. The byproducts carbohydrate fractions analyzed varied from 19.35 to 58.52%; 9.95 to 61.44% and 15.35 to 70.06, for A+B1, B2 and C, respectively. The nitrogenous compounds varied from 5.01 to 33.02%; from 1.69 to 15.23%; from 2.26 to 75.60%; from 1.53 to 40.26% and from 0.08 to 43.84% for fractions, A, B1, B2, B3 and C, respectively. The TDN values of the evaluated forages varied from 48.30 to 65.42%, while the byproducts varied from 31.41 to 128.9%. The differentiation of carbohydrates and proteins fractions can result in more efficiency of utilization of the feed in ration formulations.

**Key-words:** energy, protein, semi-arid, total digestible nutrients

## Introdução

A escassez de alimentos volumosos para alimentação de ruminantes principalmente durante o período de baixa densidade pluviométrica, é um problema que se repete anualmente, refletindo na baixa produtividade dos rebanhos manejados em regime de pastejo, causando transtornos econômicos e gerando insegurança entre os pecuaristas.

A limitação das fontes protéicas e energéticas disponíveis exige suplementação alimentar, elevando consideravelmente os custos de produção. A suplementação alimentar dos rebanhos nordestinos deve ser voltada para alternativas que diminuam os custos de produção. O fornecimento de forrageiras existentes na região, nas formas verde, fenada ou ensilada, pode suprir, em boa parte, a deficiência das pastagens nos períodos de estiagem a custos relativamente baixos. Para Vieira et al. (2005), a utilização de espécies forrageiras arbustivas e arbóreas existentes na região é uma das formas de minimizar o problema de escassez de forragem durante o período seco do ano.

O processamento industrial de produtos agrícolas no Brasil, para a extração de sucos, polpas e óleos, gera uma grande quantidade de subprodutos, constituídos principalmente por sementes, cascas e polpas. Subprodutos provenientes da agroindústria frutícola vêm surgindo como uma alternativa às culturas tradicionais, tendo como vantagem seu baixo custo de aquisição. Além disso, o aproveitamento destes contribui para minimizar o impacto causado pelo seu acúmulo no meio ambiente.

Existe uma variedade de alimentos que podem ser utilizados na alimentação de ruminantes. Entretanto, seu valor nutricional e sua qualidade são determinados por complexa interação entre os nutrientes ingeridos e a ação dos microrganismos no trato digestivo, nos processos de digestão, absorção, transporte e utilização de metabólitos, além da própria condição fisiológica do animal. O conhecimento da composição química e dos valores de digestibilidade dos alimentos que compõem a dieta dos ruminantes é de fundamental importância dentro do processo produtivo. A ausência de dados na literatura sobre a composição físico-química desses alimentos mostra a falta de caracterização e informações nutricionais que permitam a recomendação dos mesmos de uma forma mais ampla.

Atualmente os sistemas de avaliação de alimentos para ruminantes que dão suporte a formulação de rações exigem que os nutrientes sejam fracionados no sentido de melhor caracterizá-los (SNIFFEN et al., 1992). A fração protéica dos alimentos pode ser fracionada em componentes A (fração solúvel-NNP), B1 (fração solúvel rapidamente degradada no rúmen), B2 (fração insolúvel, com taxa de degradação intermediária no rúmen), B3 (fração insolúvel lentamente degradada no rúmen) e fração C, que é indigestível durante sua permanência no trato gastrointestinal.

Os carboidratos também podem ser fracionados em componentes A (açúcares solúveis com rápida degradação ruminal), B1 (amido e pectina), B2 (correspondente à fibra potencialmente degradável com taxa de degradação mais lenta) e C, que apresenta característica de indigestibilidade. Este subfracionamento foi descrito por Sniffen et al. (1992), sendo utilizado como entrada de dados para o sistema *Cornell Net Carbohydrate And Protein System* (CNCPS), cujo objetivo é estimar taxas de degradação ruminal de diferentes subfrações dos alimentos, maximizar a sincronização de proteína e carboidratos no rúmen e conseqüentemente a produção microbiana e ainda minimizar as perdas nitrogenadas.

O CNCPS sugere a divisão do ecossistema ruminal em dois grupos microbianos: os microrganismos que utilizam carboidratos estruturais e aqueles que utilizam carboidratos não estruturais. As bactérias que fermentam carboidratos não estruturais (amido e pectina) apresentam crescimento mais rápido e utilizam, em média, 66% de peptídeos e aminoácidos e 34% de amônia como fonte de nitrogênio para seu crescimento (RUSSELL et al., 1992).

O valor energético de uma dieta é comumente baseado no conteúdo de energia metabolizável (EM) ou de energia líquida (EL) nela presente. Contudo, a utilização destes referenciais para se predizer o valor energético não apresenta uma conotação completa já que as mesmas se referem apenas à energia disponível para o animal e suas utilidades para comparar a adequação dos aportes com suas necessidades, desconsiderando os índices de energia disponíveis para os microrganismos ruminais. Além disso, alguns nutrientes que fazem parte da EM como os ácidos graxos e a fração da proteína não degradada no rúmen não são substratos energéticos utilizados pelas bactérias.

A quantidade total de energia contida no alimento pode ser facilmente medida pela sua combustão na bomba calorimétrica, porém a variabilidade na digestibilidade e

metabolismo impedem o uso da energia bruta na formulação de dietas ou comparação de alimentos. Entre as fontes de variação, estariam incluídos o animal, o alimento e os fatores ligados à alimentação. De acordo com o NRC (1989), o sistema de energia líquida (EL) fornece valores de disponibilidade de energia muito mais precisos que os nutrientes digestíveis totais (NDT), mas este sistema ainda permanece porque os valores de EL são de difícil determinação além de existir grande quantidade de informações disponíveis sobre NDT. Segundo Valadares Filho (2000), considerando que grande parte da avaliação energética dos alimentos se baseia neste sistema e que os cálculos de EL ou da EM são estimados a partir do NDT, sugere-se que este possa ser considerado unidade possível de ser utilizada para formulação de rações.

A partir da publicação do NRC (2001), passou-se também a estimar os nutrientes digestíveis totais da dieta a partir de sua composição químico-bromatológica, adotando-se para isso uma série de equações em que as frações digestíveis dos nutrientes são obtidas separadamente e em seguida, somadas. Este é um aspecto importante já que o padrão de consumo alimentar e, conseqüentemente, o desempenho de animais fistulados utilizados em ensaios de digestibilidade não representa de forma similar os animais que são utilizados em outras fases do experimento, ou seja, na determinação das exigências (VALADARES FILHO et al., 2005).

Desta forma, este estudo foi realizado com o objetivo de fracionar os carboidratos e os compostos nitrogenados, além de estimar o valor energético de forrageiras adaptadas ao semi-árido e de subprodutos da agroindústria.

## Material e Métodos

As forrageiras foram coletadas no Pannel de Plantas Forrageiras do Departamento de Zootecnia e na Fazenda Experimental Vale do Curu da Universidade Federal do Ceará, localizada no município de Pentecoste/CE, na estação chuvosa (abril/2007), sendo algaroba (*Prosopis juliflora*), canafistula (*Pithecellobium multiflorum*), flor-de-seda (*Calotropis procera*), jitirana (*Ipomea* sp.), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), mata-pasto (*Senna obtusifolia*), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), palma gigante (*Opuntia ficus indica*) e xique-xique (*Cereus gounellei*). As plantas se encontravam em estágio vegetativo e foram coletados somente folhas e ramos de até 1 cm de diâmetro. O xique-xique foi cortado e queimado para a eliminação dos espinhos.

Os subprodutos agroindustriais avaliados foram o pedúnculo e a castanha do caju (*Anacardium occidentale*), o maracujá (*Passiflora eduli*), o melão (*Cucumis melo*), o urucum (*Bixa orellana*), o abacaxi, (*Ananas comosus*), a acerola (*Malpighia emarginata*), o coco (*Cocos nucifera*) e a uva (*Vitis labrusca*). Estes foram provenientes de agroindústrias locais na forma *in natura*, sendo compostos basicamente de cascas e sementes. O subproduto do urucum, constituído de grãos e cascas, foi resultante do processo agroindustrial para extração da bixina. O subproduto da castanha de caju constituiu-se de amêndoas inteiras, pedaços de amêndoas com pintas pretas devido ao ataque de pragas e doenças, pedaços com manchas e com películas sendo impróprias para o consumo humano. O subproduto do coco (farelo de coco) constituiu-se do subproduto agroindustrial do endosperma (copra).

Imediatamente após a coleta, as amostras das forrageiras foram conduzidas ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFC – LANA/DZ/UFC, onde foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, trituradas em moinho estacionário “Thomas Wiley”, utilizando-se peneira com malha de 1,0 mm e acondicionadas em potes fechados. Os subprodutos da agroindústria foram desidratados ao sol, sendo espalhados em camadas de aproximadamente 7 cm de espessura e revolvidos pelo menos três vezes ao dia. Inicialmente, os alimentos foram analisados quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) seguindo os procedimentos padrões (AOAC, 1990); fibra em detergente

neutro (FDN) e ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) e lignina (LIG) (VAN SOEST et al, 1991).

Para o fracionamento dos carboidratos conforme o sistema CNCPS, foi determinado nas amostras o teor de nitrogênio total (NT), extrato etéreo e matéria mineral (AOAC, 1990). Os carboidratos totais foram determinados pela expressão  $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ , (SNIFFEN et al., 1992). Os carboidratos não fibrosos (A+B1) foram determinados pela expressão  $CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%FDN_{CP} + \%MM)$ , em que,  $FDN_{CP}$  (B2) equivale à parede celular corrigida para cinzas e proteínas. A fração C foi obtida através da equação preditiva para o potencial de degradação da FDN em alimentos para bovinos pelo sistema CNCPS (SNIFFEN et al., 1992), sendo  $C = Lig \times 2,4$ .

Para determinação do fracionamento da proteína, a fração A (NNP) foi determinada pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel em ácido tricloroacético (TCA), o qual foi obtido através do tratamento de aproximadamente 500 mg da amostra com 50 mL de água destilada permanecendo por 30 minutos e posteriormente adicionados 10 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 10% por 30 minutos. O subproduto remanescente foi filtrado em papel de filtro (Whatman, nº 54), lavado com água e determinado o nitrogênio residual. O nitrogênio insolúvel total foi determinado a partir do tratamento de 500 mg da amostra com tampão borato-fosfato ( $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$  a 12,2 g/L +  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$  a 8,91g/L + 100 mL/L de álcool butílico terciário) durante 3 horas, sendo determinado o nitrogênio residual. Pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel total, foi obtido o nitrogênio solúvel total (NNP + proteína solúvel), do qual foi descontada a fração A para obtenção da fração B1. A fração B3 foi calculada pela diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), os quais foram determinados através da fervura de 500 mg da amostra com solução detergente neutra e ácida durante uma hora, respectivamente, onde os subprodutos foram também analisados para nitrogênio. A fração C foi considerada como sendo o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e a fração B2 foi determinada pela diferença entre o nitrogênio total e as frações A, B1, B3 e C (LICITRA et al., 1996).

Foram estimados os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT), de acordo com a seguinte equação (NRC, 2001):

$NDT = CNFd + PBd + (AGd \times 2,25) + FDNnd - 7$ ; sendo o valor 7 o NDT fecal metabólico, ou seja, a correção utilizada, uma vez que as frações digestíveis dos alimentos consideradas para o cálculo do NDT referem-se à digestibilidade verdadeira e não aparente; CNFd equivale a carboidratos não fibrosos digestíveis; PBd corresponde a proteína bruta digestível; AGd significa ácidos graxos digestíveis; FDNnd corresponde a FDN corrigida para nitrogênio digestível.

Para o cálculo CNFd utilizou-se a seguinte equação:

$CNFd = 0,98 \times [100 - (\%PB + \%EE + \% FDNn + MM)] \times PAF$ ; sendo PAF um fator de ajuste igual a 1 para todos os outros alimentos conforme NRC (2001).

Para o cálculo da PBd e AGd usaram-se as seguintes equações:

$$PBd = PB \times \exp [-1,2 \times (PIDA / PB)];$$

$$AGd = EE - 1; \text{ sendo que para alimentos com teores de } EE < 1, AGd = 0.$$

Para o cálculo de FDNnd utilizou-se a seguinte expressão:

$$FDNnd = 0,75 \times (FDNn - Lig) \times [1 - (Lig/FDNn)^{0,667}]; \text{ onde } FDNn = FDN - PIDN.$$

Foram ainda calculados os valores de energia digestível (ED), energia metabolizável produtiva ( $EM_p$ ) e energia líquida de lactação ( $EL_L$ ) em Mcal/kg, conforme as seguintes equações propostas pelo NRC (2001):

$$ED = (CNFd/100) \times 4,2 + (FDNnd/100) \times 4,2 + (PBd/100) \times 5,6 + (AGd/100) \times 9,4 - 0,3;$$

$$EM_p = (1,01 \times ED - 0,45) + 0,0046 \times (EE - 3);$$

$$EL_L = [0,703 \times EM_p] - 0,19.$$

### Resultados e discussão

A composição bromatológica e o fracionamento dos carboidratos e dos compostos nitrogenados da algaroba, da canafistula, da flor-de-seda, da jitirana, do juazeiro, do mata-pasto, da palma gigante, do sabiá e do xique-xique estão expressos na Tabela 1, 2 e 3, respectivamente, e Figuras 1 e 2.

Houve considerável variação nas frações de carboidratos (Tabela 2 e Figura 1). Nas forrageiras adaptadas ao clima semi-árido foram observados valores para fração C entre 17,34 e 40,63%. Esta variação confere diferenças importantes entre esses alimentos, pois a fração C reflete efeito na repleção ruminal, acarretando menor disponibilidade energética, em virtude de sua característica de indigestibilidade, promovendo menor consumo potencial por unidade de tempo. O efeito de repleção ruminal é o tempo de renovação das frações que compõem determinado alimento, sendo logicamente aplicado aos constituintes de parede celular (VAN SOEST, 1994), sendo uma importante medida mecanicista utilizada para avaliar o efeito da FDN e suas frações sobre a retenção da digesta no rúmen.

TABELA 1 – Teores médios para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) de forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro

	Forrageiras								
	Alga-roba	Canafistula	Flor-de-seda	Jitirana	Juazeiro	Mata-pasto	Palma gigante	Sabiá	Xique-xique
MS(%)	34,62	40,75	15,16	12,21	42,53	18,93	8,20	29,65	10,01
PB <sup>1</sup>	15,61	12,91	17,85	16,61	12,52	20,79	9,61	21,0	7,70
MM <sup>1</sup>	7,63	5,60	18,16	10,84	7,19	12,53	16,71	6,96	18,80
MO <sup>1</sup>	92,37	94,40	81,84	89,16	92,81	87,47	83,29	94,04	81,20
EE <sup>1</sup>	4,89	4,56	8,19	2,02	1,80	2,88	2,93	5,76	1,22
FDN <sup>1</sup>	42,84	55,81	27,85	38,75	60,79	31,00	20,04	48,71	36,19
FDA <sup>1</sup>	30,12	34,83	22,43	28,79	39,61	14,34	16,70	22,38	26,36
PIDN <sup>1</sup>	3,24	6,00	1,37	4,14	6,56	5,73	1,18	7,22	2,19
PIDA <sup>1</sup>	1,45	2,68	0,64	1,12	0,43	0,74	0,48	2,16	0,96

<sup>1</sup>(% MS)

Dentre as forrageiras estudadas, a canafistula e o juazeiro apresentaram os maiores valores para a fração C (40,40 e 40,63%, respectivamente), provavelmente devido ao fato de conterem mais lignina em sua parede celular (Tabelas 2), conferindo maior

indigestibilidade dos carboidratos estruturais destes alimentos. Além disso, apresentaram valores próximos para fração A+B1 (35,26 e 30,91%, respectivamente) e fração B2 (24,34 e 28,45%, respectivamente).

A palma gigante e o mata-pasto apresentaram os menores valores dentre as forrageiras estudadas para fração C (17,34 e 22,76%, respectivamente). Estas forrageiras apresentaram também os maiores valores para fração A+B1 (60,41 e 73,37%, respectivamente). Entretanto, na fração B2 observou-se superioridade de aproximadamente 82,6% para o mata-pasto.

TABELA 2 – Valores médios para carboidratos totais (CHT), carboidratos não-estruturais (CNE), Fibra em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e as frações de carboidratos A+B1, B2 e C e lignina (LIG) de forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro

	Forrageiras								
	Algaroba	Canafistula	Flor-de-seda	Jitirana	Juazeiro	Mata-pasto	Palma gigante	Sabiá	Xique-xique
CHT <sup>1</sup>	71,86	76,93	55,80	70,53	78,48	63,80	70,75	67,22	72,28
CNE <sup>1</sup>	32,27	27,13	29,34	35,92	24,26	38,54	51,91	25,73	38,30
FDNcp <sup>1</sup>	39,59	49,80	26,46	34,61	54,22	25,26	18,84	41,49	33,98
A+B1 <sup>2</sup>	44,90	35,26	52,58	50,93	30,91	60,41	73,37	38,28	52,98
B2 <sup>2</sup>	27,31	24,34	18,60	17,05	28,45	22,25	3,87	28,04	15,97
C <sup>2</sup>	27,79	40,40	28,82	32,02	40,63	17,34	22,76	33,67	31,05
LIG <sup>3</sup>	21,03	33,16	16,99	24,36	34,31	11,91	17,66	24,14	23,77

<sup>1</sup> (%MS)

<sup>2</sup> (%CHT)

<sup>3</sup> (%FDN)

Com relação à proporção de carboidratos digeríveis da parede celular (B2), as forrageiras analisadas apresentaram valores significativos, com 27,31; 24,34; 18,60; 17,05; 28,45; 22,25; 28,04 e 15,97% para algaroba, canafistula, flor-de-seda, jitirana, juazeiro, mata-pasto, sabiá e xique-xique respectivamente, com exceção da palma gigante que apresentou valor para esta fração de 3,87%. A disponibilidade desta fração no rúmen está associada à taxa de digestão nesse local. Alimentos volumosos, com elevados teores de FDN, possuem maior proporção da fração B2 de carboidratos, que, por fornecer energia mais lentamente no rúmen, pode afetar a eficiência de síntese microbiana e o desempenho animal. Além disso, o consumo pode ser limitado pela elevada fração indigerível (fração C)

dessas forragens. Assim, a forragem deve ser suplementada com fontes energéticas de rápida disponibilidade no rúmen, quando não apresentar limitação protéica, em quantidade e qualidade.

A palma gigante, por apresentar baixo teor de fração B2 provavelmente devido ao baixo teor de FDN (20,04%) e altos teores de CNE (51,91%), necessita ser associada a outros alimentos fibrosos, como os fenos, a fim de evitar perda de peso, depressão na produção e no teor de gordura do leite, bem como distúrbios digestivos (diarréias).

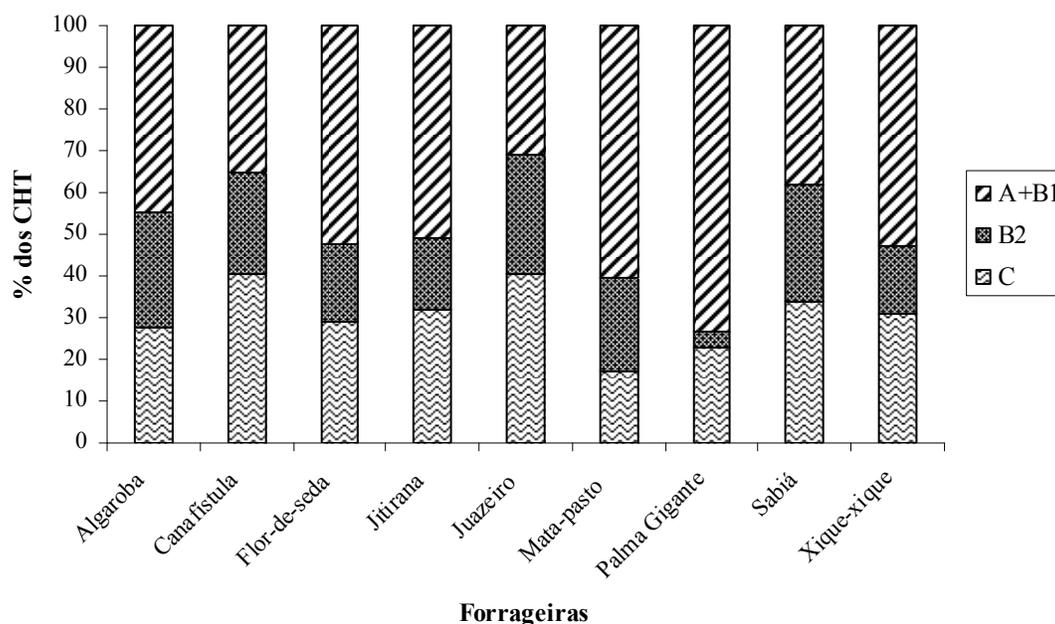


FIGURA 1 – Teores médios das frações A+B1, B2 e C dos carboidratos totais das forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro

A porção dos carboidratos de rápida degradação ruminal (frações A e B1), que correspondem aos carboidratos solúveis e ao amido, compreenderam valores entre 30,91 e 73,37% (Tabela 2). Alguns valores estão abaixo dos recomendados pela literatura, pois segundo Van Soest (1994), as forrageiras usualmente utilizadas na alimentação animal devem apresentar cerca de 60 a 80% de seus carboidratos como sendo componentes da parede celular vegetal. Das forrageiras adaptadas ao clima semi-árido, a palma gigante, o mata-pasto, o xique-xique, a flor-de-seda e a jitirana apresentam uma superioridade da fração A + B<sub>1</sub> (73,37; 60,41; 52,98 52,58 e 50,93%, respectivamente) atribuída a elevada concentração de açúcares solúveis, isto pode implicar em melhor adequação energética

ruminal e resultar em melhor crescimento microbiano ruminal, pois estes alimentos apresentam também uma significativa fração nitrogenada solúvel (Tabela 3).

Flor-de-seda, jitirana e xique-xique apresentaram valores próximos de fração A+B1 (52,58; 50,93 e 52,98%, respectivamente), fração B2 (18,60; 17,05 e 15,97%, respectivamente) e fração C (28,82; 32,02 e 31,05%, respectivamente), conforme a Tabela 2.

De acordo com Russel et al. (1992), a importância do fracionamento dos carboidratos ingeridos pelos ruminantes se baseia na classificação de bactérias ruminais quanto à utilização dos carboidratos que constituem a parede celular e daqueles que se localizam no conteúdo celular com função não estrutural.

TABELA 3 – Valores médios de proteína bruta (PB) e das frações de proteína (A, B1, B2, B3 e C) de algaroba, canafístula, flor-de-seda, jitirana, juazeiro, mata-pasto, palma gigante, sabiá e xique-xique

Frações	Forrageiras								
	Algaroba	Canafístula	Flor-de-seda	Jitirana	Juazeiro	Mata-pasto	Palma gigante	Sabiá	Xique-xique
PB <sup>1</sup>	15,61	12,91	17,85	16,61	12,52	20,79	9,61	21,0	7,70
A <sup>2</sup>	26,56	9,84	42,33	28,17	30,70	25,12	27,35	23,30	33,28
B1 <sup>2</sup>	3,68	4,06	7,66	11,47	9,29	4,91	3,88	1,58	3,32
B2 <sup>2</sup>	66,53	80,10	48,63	56,21	53,44	64,24	67,59	67,90	61,21
B3 <sup>2</sup>	1,79	3,33	0,74	3,02	6,13	4,99	0,70	5,06	1,23
C <sup>2</sup>	1,45	2,68	0,64	1,12	0,43	0,74	0,48	2,16	0,96

<sup>1</sup>(%MS)

<sup>2</sup>(%PB)

As proporções de nitrogênio na forma de fração A, que corresponde ao NNP das forrageiras estudadas, apresentaram valores significativos de 23,30 a 42,33% para sabiá e flor-de-seda respectivamente, com exceção da canafístula que apresentou 9,84% (Tabela 3). Significa haver suprimento de compostos nitrogenados não protéicos para microrganismos que fermentam carboidratos estruturais, e conseqüentemente uma disponibilidade protéica ao longo do trato gastrintestinal.

Quanto à proporção de proteínas solúveis (peptídeos e oligopeptídeos), representada pela fração B1, a flor-de-seda, o juazeiro e a jitirana apresentaram os teores mais elevados, de 7,66; 9,29 e 11,47%, respectivamente, e o sabiá apresentou o menor valor (1,58%) dentre as forrageiras analisadas (Tabela 3). A fração B1 por apresentar rápida taxa de degradação ruminal relativa à fração B3, tende a ser extensivamente degradada no rúmen, contribuindo para o atendimento dos requisitos de nitrogênio dos microrganismos deste compartimento (SNIFFEN et al., 1992).

Os alimentos estudados destacaram-se pela elevada proporção da fração B2 dos compostos protéicos, sendo os valores de 80,10; 67,90; 67,59; 66,53; 64,24; 61,21; 56,21; 53,44 e 48,63% para canafistula, sabiá, palma gigante, algaroba, mata-pasto, xique-xique, jitirana, juazeiro e flor-de-seda respectivamente (Tabela 3). Esta fração é degradada numa taxa intermediária no rúmen, a qual serve tanto como fonte de aminoácidos e peptídeos no rúmen, quanto no intestino delgado. Em alimentos com porcentagem significativa de fração B2, a sua avaliação é fundamental, uma vez que sua quantidade efetivamente degradada no rúmen é função direta da taxa de passagem, isto é, dependerá da relação taxa de degradação/taxa de passagem.

A extensão com que a proteína é degradada no rúmen constitui um parâmetro importante para determinação do fornecimento de nitrogênio aos microrganismos e da quantidade de aminoácidos que podem ser absorvidos no intestino. Os modernos sistemas de avaliação levam em conta a estimativa da degradabilidade ruminal dos compostos nitrogenados dos alimentos e a síntese de proteína microbiana, que, por sua vez, está relacionada à disponibilidade de nitrogênio e de energia fermentescível.

As espécies apresentaram baixa proporção de nitrogênio na forma de proteína de lenta degradação (B3), sendo os valores de 1,79; 3,33; 0,74; 3,02; 6,13, 4,99; 0,70; 5,06 e 1,23% para algaroba, canafistula, flor-de-seda, jitirana, juazeiro, mata-pasto, palma gigante, sabiá e xique-xique, respectivamente (Tabela 3), mostrando pouca tendência a escapar N do rúmen e fornecer aminoácidos no intestino delgado. A fração B3 é obtida subtraindo-se o NIDA do NIDN e representa a proteína aderida à parede celular com potencial para ser degradada, no entanto, com baixa taxa de degradação.

A fração C dos compostos nitrogenados para canafistula e sabiá apresentou as maiores proporções, com 2,68 e 2,16%, respectivamente (Tabela 3). A fração C é constituída por

proteínas associadas à lignina, complexos tânicos-protéicos e produtos de Maillard, altamente resistentes à degradação microbiana e enzimática, sendo, portanto, considerada inaproveitável tanto no rúmen quanto nos intestinos. Van Soest (1994) afirmou que cerca de 5 a 10% do nitrogênio total das forrageiras encontra-se ligado à lignina, tornando-se totalmente indisponível. Neste sentido, as forrageiras juazeiro, mata-pasto, flor-de-seda apresentaram teores abaixo desse limite, enquanto para canafístula o valor encontra-se acima do mesmo.

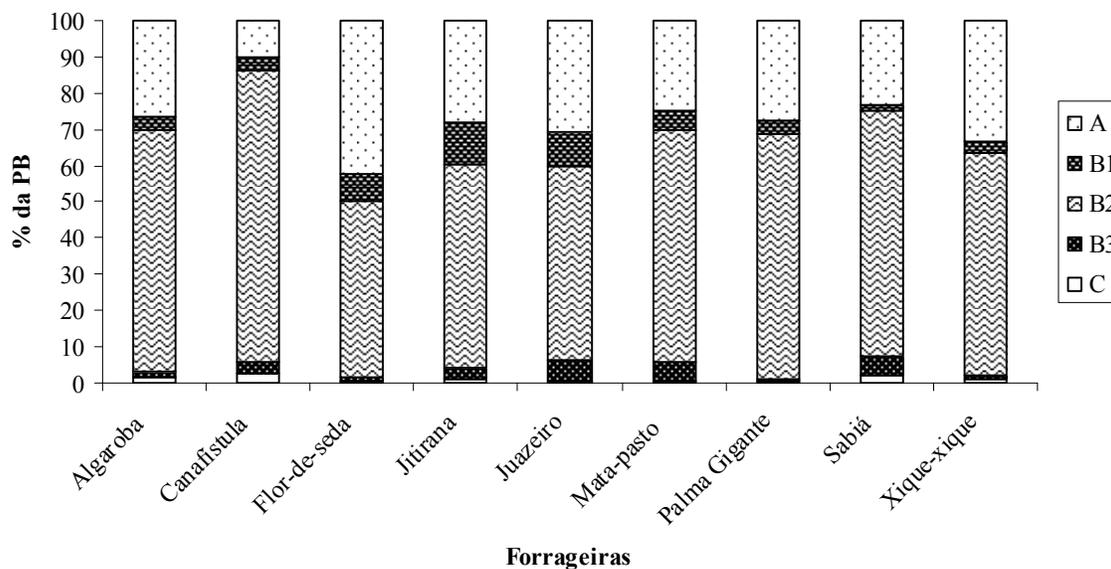


FIGURA 2 – Teores médios das frações nitrogenadas das forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro

A composição bromatológica e o fracionamento dos carboidratos e dos compostos nitrogenados dos subprodutos de abacaxi, acerola, caju, castanha, coco, maracujá, melão, urucum e uva estão expressos nas Tabelas 4, 5 e 6, respectivamente, e figuras 3 e 4. Nos subprodutos analisados, houve considerável variação nos valores de carboidratos totais (Tabela 5), de 34,42 a 83,91% para castanha e acerola, respectivamente, e nos valores de carboidratos não estruturais, de 10,11% para coco a 40,73% para urucum. Os subprodutos de coco e castanha apresentaram menores valores de carboidratos totais (Tabela 5) em função dos elevados teores de extrato etéreo dos mesmos (Tabela 4). A proporção dos carboidratos de rápida degradação ruminal (A+ B1) que representa os açúcares solúveis e amido, variou de 19,35 a 58,52% em relação aos carboidratos totais, para coco e castanha, respectivamente. Uva, abacaxi, caju maracujá e acerola apresentaram valores significativos

de fração A+B1 (Tabela 5), possivelmente devido à presença de pectina, pois apesar de ser constituinte da parede celular, esta apresenta cinética de degradação próxima aos polissacarídeos de reserva (RODRIGUES e VIEIRA, 2006).

TABELA 4 – Teores médios para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) dos subprodutos de abacaxi, acerola, caju, castanha, coco, maracujá, melão, urucum e uva

	Subprodutos								
	Abacaxi	Acerola	Caju	Castanha	Coco	Maracujá	Melão	Urucum	Uva
MS	97,62	97,25	96,32	97,50	96,85	97,31	97,53	95,26	95,50
PB <sup>1</sup>	7,84	9,06	15,93	21,85	24,55	9,70	8,75	13,53	12,14
MM <sup>1</sup>	10,70	6,08	3,62	3,64	4,70	13,27	6,85	6,32	8,41
MO <sup>1</sup>	89,30	93,90	96,40	96,36	95,30	86,70	93,20	93,70	91,59
EE <sup>1</sup>	0,60	0,90	1,50	40,10	18,53	0,40	0,80	2,10	10,62
FDN <sup>1</sup>	60,30	70,60	64,40	15,91	55,57	63,40	73,00	45,10	43,10
FDA <sup>1</sup>	32,86	59,92	43,76	6,09	52,23	54,03	62,58	20,18	68,83
PIDN <sup>1</sup>	4,36	5,45	10,85	1,61	13,45	4,46	4,48	4,28	5,25
PIDA <sup>1</sup>	2,04	3,97	4,44	0,08	1,51	2,99	3,27	1,93	3,08

<sup>1</sup> (% MS)

TABELA 5 – Valores médios de carboidratos totais (CHT), carboidratos não-estruturais (CNE), Fibra em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e as frações de carboidratos (A+B1, B2 e C) e lignina (LIG) dos subprodutos de abacaxi, acerola, caju, castanha, coco, maracujá, melão, urucum e uva

Frações	Subprodutos								
	Abacaxi	Acerola	Caju	Castanha	Coco	Maracujá	Melão	Urucum	Uva
CHT <sup>1</sup>	80,82	83,91	78,99	34,42	52,23	76,59	83,62	78,02	68,83
CNE <sup>1</sup>	29,91	22,07	27,99	32,27	10,11	23,01	16,72	40,73	30,99
FDNcp <sup>1</sup>	50,91	61,84	51,00	14,28	42,12	53,58	66,90	37,28	37,84
A+B1 <sup>2</sup>	37,01	26,30	35,43	58,52	19,35	30,05	20,00	52,21	45,02
B2 <sup>2</sup>	45,38	14,25	11,88	26,13	61,44	47,93	9,95	26,67	17,45
C <sup>2</sup>	17,61	59,45	52,69	15,35	19,21	22,02	70,06	21,12	37,53
LIG <sup>1</sup>	9,84	29,42	26,93	5,42	10,36	11,08	33,46	15,22	27,05

<sup>1</sup> (% MS)

<sup>2</sup> (%CHT)

O coco apresentou um alto teor da fração B2 dos carboidratos, enquanto melão e caju apresentaram os valores mais baixos (9,95 e 11,88%) e aproximadamente quatro vezes menos fração B2 do que o maracujá e o abacaxi (47,93 e 45,38%).

Observou-se que a fração C dos carboidratos variou significativamente entre os subprodutos, apresentando 17,61; 59,45; 52,69; 15,35; 19,21; 22,02; 70,06; 21,12 e 37,53% respectivamente, para abacaxi, acerola, caju, castanha, coco, maracujá, melão, urucum e uva (Tabela 5). O melão e a acerola apresentaram valores elevados para fração C, provavelmente devido ao elevado teor de lignina em sua parede celular, o que confere indigestibilidade dos carboidratos estruturais desses alimentos, acarretando em menores ingestões voluntárias (VAN SOEST, 1994).

O teor de EE para o subproduto da castanha foi o mais elevado dentre os subprodutos avaliados com 40,10% (Tabela 4). A adição de lipídios em proporções de 5 a 6% da matéria seca da dieta é prática comum na nutrição de vacas de alta produção com o objetivo de aumentar a densidade energética dietética. Esta prática pode resultar em incremento na produção de leite, contudo, o subproduto de castanha deve ser utilizado com cautela, pois o fornecimento de lipídios em níveis superiores a 6% da matéria seca da dieta geralmente causa decréscimo no consumo voluntário e na digestibilidade de alguns nutrientes (PALMQUIST, 1989).

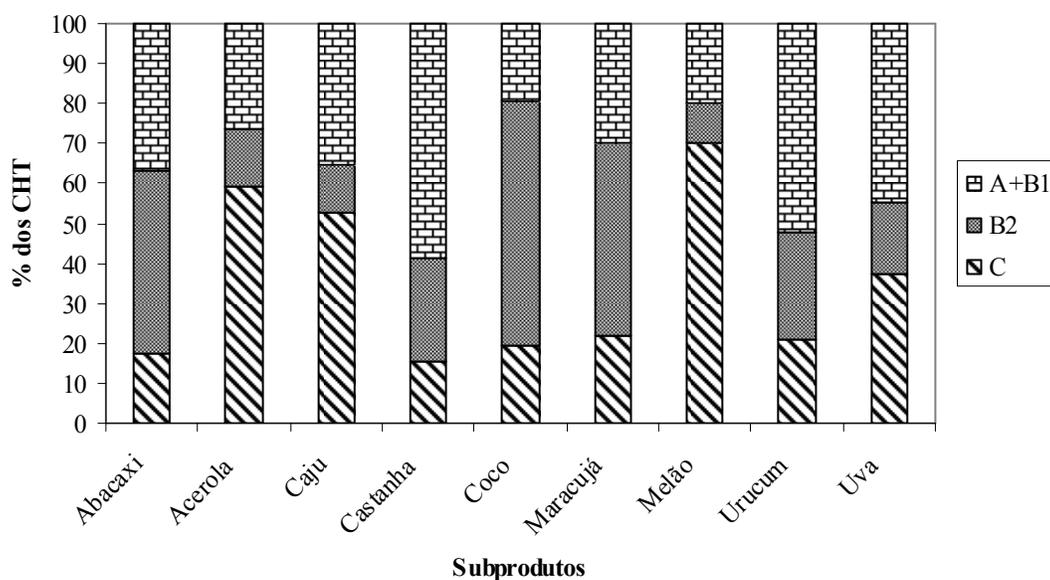


FIGURA 3 – Teores médios das frações A+B1, B2 e C dos carboidratos totais de subprodutos utilizados no Nordeste Brasileiro

Quanto aos compostos nitrogenados na forma de NNP dos subprodutos analisados, abacaxi, acerola, caju, castanha, maracujá, urucum e uva apresentaram valores

consideráveis de 21,02; 22,50; 21,75; 21,51; 30,05; 33,02 e 24,25%, respectivamente (Tabela 6), o que implicaria em fontes nitrogenadas disponíveis para bactérias fermentadoras de carboidratos fibrosos, as quais utilizam 100% de amônia para atendimento de suas exigências protéicas.

Ribeiro et al. (2001) afirmaram que quanto mais elevados os teores das frações protéicas A e B1, maior a necessidade de suprimento de carboidratos de rápida degradação para adequado sincronismo de fermentação de proteína e carboidratos no rúmen.

TABELA 6 – Teores médios da proteína bruta e do fracionamento dos compostos nitrogenados dos subprodutos de abacaxi, acerola, caju, castanha, coco, maracujá, melão, urucum e uva

	Subprodutos								
	Abacaxi	Acerola	Caju	Castanha	Coco	Maracujá	Melão	Urucum	Uva
PB <sup>1</sup>	7,84	9,06	15,93	21,85	24,55	9,70	8,75	13,53	12,14
A <sup>2</sup>	21,02	22,50	21,75	21,51	8,61	30,05	5,01	33,02	24,25
B1 <sup>2</sup>	15,23	15,13	1,69	4,32	2,34	8,41	6,47	2,77	7,34
B2 <sup>2</sup>	8,13	2,26	8,41	72,56	75,60	15,52	37,30	32,57	63,16
B3 <sup>2</sup>	29,66	16,27	40,26	1,53	11,94	15,18	13,83	17,39	2,17
C <sup>2</sup>	25,96	43,84	27,89	0,08	1,51	30,84	37,38	14,25	3,08

<sup>1</sup>(%MS)

<sup>2</sup>(%PB)

Abacaxi e acerola apresentaram valores superiores de fração B1 dos compostos nitrogenados, de 15,23 e 15,13% respectivamente, em relação aos demais subprodutos avaliados, enquanto caju, coco e urucum apresentaram os menores valores, de 1,69; 2,34 e 2,77%, respectivamente (Tabela 6).

Para fração B2 observaram-se valores da ordem de 75,60; 72,56 e 63,16% para coco, castanha e uva, respectivamente. O urucum e o melão apresentaram valores próximos para as frações B2 e B3, entretanto observou-se superioridade do urucum de aproximadamente 85% na fração A em relação ao melão, enquanto que na fração C este último apresentou teor cerca de 62% mais elevado em relação ao primeiro.

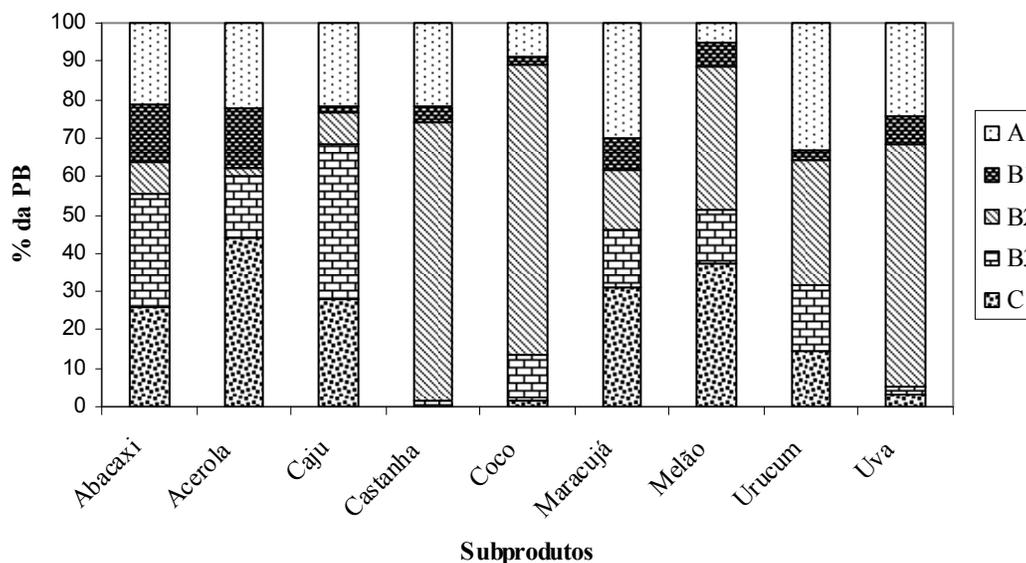


FIGURA 4 – Teores médios das frações nitrogenadas das forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro

A fração B3 da proteína variou de 1,53 a 40,26% para castanha e caju respectivamente (Tabela 6). Os subprodutos do caju e do abacaxi se caracterizaram como boas fontes de fração B3, o que propiciaria maior fluxo de aminoácidos no intestino. Ao se efetuar uma formulação de ração, deve-se levar em conta a necessidade do animal e dos microrganismos, ou seja, considera-se a fração nitrogenada disponível para os microrganismos e a fração não-degradada no rúmen, que fica disponível para a digestão enzimática no intestino. Portanto, o conhecimento dos valores de proteína degradada no rúmen para os diferentes subprodutos torna-se importante para sua utilização na formulação de dietas destinadas à alimentação dos ruminantes. A fração C dos compostos nitrogenados foi maior para a acerola (43,84%) seguida do melão (37,38%), representando a parte das proteínas ingeridas que são excretadas nas fezes.

Na Tabela 7 estão apresentados os valores de NDT estimados a partir das equações preditas pelo NRC (2001). Foram observados valores significativos para o NDT das forrageiras avaliadas variando de 48,30 a 65,42%. Em condições normais de alimentação, a energia é o nutriente que mais limita o desempenho dos ruminantes merecendo, portanto, especial atenção dos nutricionistas no que diz respeito às exigências do animal e a sua disponibilidade nos alimentos.

TABELA 7 – Valores percentuais de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED – Mcal/Kg), energia metabolizável produtiva (EM – Mcal/Kg) e energia líquida de lactação (EL<sub>L</sub> – Mcal/Kg) de algaroba, canafistula, flor-de-seda, jitrana, juazeiro, mata-pasto, palma gigante, sabiá e xique-xique

	Forrageiras								
	Algaroba	Canafis- tula	Flor- de- seda	Jitrana	Juazeiro	Mata- pasto	Palma gigante	Sabiá	Xique- xique
NDT <sup>1</sup>	62,51	54,04	63,91	56,79	49,28	65,42	62,64	61,79	48,30
E.D <sup>2</sup>	2,81	2,40	2,91	2,59	2,23	3,02	2,88	2,71	2,12
EM <sub>p</sub> <sup>2</sup>	2,40	1,98	2,52	2,16	1,80	2,60	2,47	2,29	1,68
EL <sub>L</sub> <sup>2</sup>	1,50	1,20	1,58	1,33	1,07	1,64	1,55	1,42	0,99

<sup>1</sup> (%MS)

<sup>2</sup> (Mcal/Kg)

De acordo com Valadares Filho (2000), considerando que a grande parte da avaliação energética dos alimentos baseia-se no NDT, e que os cálculos de energia líquida (EL) são estimados a partir do NDT ou da energia metabolizável (EM) oriunda também do NDT, este deve ser considerado, no momento, como uma unidade possível de ser utilizada para formulação de rações.

De acordo com o NRC (1981) e o AFRC (1993), níveis de 16,5% PB e 1,53 Mcal/kg EL<sub>L</sub> são suficientes para atender exigências de cabras de média produção de leite, quando suplementadas. Dentre as forrageiras analisadas, a flor-de-seda, o mata-pasto e o sabiá apresentaram valores dentro do estipulado por essas entidades (17,85% e 1,58 Mcal/kg; 20,79% e 1,64 Mcal/kg e 21% e 1,55 Mcal/ kg de PB e EL<sub>L</sub>, respectivamente).

Os valores de NDT variaram de 31,41 a 128,9% para subprodutos de melão e castanha, respectivamente. Os valores de ED, EM<sub>p</sub> e EL<sub>L</sub> também foram mais elevados para o subproduto de castanha de caju demonstrando que este subproduto tem potencial de ser utilizado na dieta de vacas de média produção.

Dentre os muitos componentes químicos que são relacionados à concentração de energia disponível de um alimento, alguns destes componentes, especialmente extrato etéreo e proteína bruta, têm sido positivamente correlacionados ao NDT, enquanto que as frações fibrosas têm apresentado correlações negativas com a disponibilidade energética dos alimentos.

TABELA 8 – Valores percentuais de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED – Mcal/Kg), energia metabolizável produtiva (EM – Mcal/Kg) e energia líquida de lactação (EL<sub>L</sub> – Mcal/Kg) dos subprodutos de abacaxi, acerola, caju, castanha, maracujá, melão, urucum e uva

	Subprodutos								
	Abacaxi	Acerola	Caju	Castanha	Coco	Maracujá	Melão	Urucum	Uva
NDT <sup>1</sup>	57,17	37,75	42,23	128,90	87,50	51,77	31,41	64,60	65,49
E.D <sup>2</sup>	2,48	1,65	2,14	5,69	3,98	2,26	1,39	2,87	2,87
EM <sub>p</sub> <sup>2</sup>	2,04	1,21	1,70	5,47	3,64	1,82	0,95	2,44	2,48
EL <sub>L</sub> <sup>2</sup>	1,55	0,97	1,31	3,66	2,37	1,40	0,79	1,82	1,55

<sup>1</sup> (%MS)

<sup>2</sup> (Mcal/Kg)

Segundo Palmquist (1989), a vantagem da utilização de fontes de lipídios em dietas deve-se ao incremento da densidade calórica da dieta, em razão de seu elevado valor energético (aproximadamente 6 Mcal EL/kg MS), vantagem que pode ser explorada de várias maneiras, além de permitir aumento no consumo de energia e balanço mais adequado entre carboidratos estruturais e não-estruturais para a otimização do consumo de fibra e energia digestível.

São esperados baixos índices de NDT provenientes de subprodutos agroindustriais, pois estes frequentemente apresentam altos teores de FDN e lignina. Os elevados teores de NDT, ED, EM<sub>p</sub> e EL<sub>L</sub> para urucum, abacaxi e maracujá podem ser explicados pelos altos teores de carboidratos não fibrosos e para castanha, coco e uva, pelos altos valores de extrato etéreo. Estimativas acuradas da disponibilidade da energia contida nos alimentos são necessárias para se formular dietas e avaliar os valores nutricional e econômico dos alimentos.

## **Conclusões**

Acerola e melão apresentaram substancial conteúdo nitrogenado na fração C o que reduziria a disponibilidade de N tanto para microrganismos do rúmen quanto para o hospedeiro. As forrageiras estudadas apresentaram maiores proporções do nitrogênio nas frações A e B2, conseqüentemente disponibilizando nitrogênio para bactérias fermentadoras de carboidratos fibrosos.

O percentual de fração C na acerola e no melão em detrimento da fração B2 acarretaria maior efeito de repleção ruminal e diminuição da disponibilidade energética, por sua característica de indigestibilidade ao longo do trato gastrointestinal, quando submetidos a ensaios de alimentação para animais.

### Referências Bibliográficas

- AGRICULTURAL AND FOOD REASERCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed., Virginia: Arlington. 1117p. 1990.
- LICITRA, G., HERNANDEZ, T.M., VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, 57:347-358. 1996.
- NUTRIENT REQUIREMENTS OF GOATS - NRC. Washington, D.C.: **National Academy Press**, 1981. 91p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6<sup>th</sup>.ed. Washington, D.C. 157p. 1989.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7<sup>th</sup> ed Washington. DC: National Academy Press. 381p. 2001.
- PALMQUIST, D.L. Suplementação de lipídeos para vacas em lactação. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 1989, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1989. p.11-26.
- RIBEIRO, K. G., PEREIRA, O. G. Caracterização das Frações que Constituem as Proteínas e os Carboidratos, e Respectivas Taxas de Digestão, do Feno de Capim-Tifton 85 de Diferentes Idades de Rebrotas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30 (2), 589-595, 2001.
- RODRIGUES, M. T.; VIEIRA, R. A. M. Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos. In: **BERCHIELLI, T.T.; PIREZ, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583p.
- RUSSELL, J.B. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**. v.70, n.12, p.3551-3561, 1992.
- 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 of Animal Science**, v.70, n.7, p.3562-3577, 1992.
- VALADARES FILHO, S.C. **Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos**. In: 37<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.267-337.

- VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R.; SAINZ, R. D. Desafios metodológicos para determinação das exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil. In: **Anais do Simpósio da 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Goiânia-GO. SBZ: Universidade Federal de Goiás. 261-287. 2005.
- VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed., New York, Ithaca: Cornell University Press. 476p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VIEIRA, E.L. *et al.* Composição química de forrageiras e seletividade de bovinos em bosque de Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) nos períodos chuvoso e seco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1505-1511, 2005.

### **CAPÍTULO 3**

## **AVALIAÇÃO DA DIGESTÃO INTESTINAL DA PROTEÍNA DE FORRAGEIRAS E SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA GERADOS NO NORDESTE BRASILEIRO POR INTERMÉDIO DA TÉCNICA DE TRÊS ESTÁGIOS**

**Avaliação da digestão intestinal da proteína de forrageiras e subprodutos da agroindústria gerados no Nordeste Brasileiro por intermédio da técnica de três estágios**

**RESUMO:** O trabalho foi realizado com o objetivo de estimar a digestibilidade intestinal (DI) da Proteína não-degradada no rúmen (PNDR) de alimentos por intermédio da técnica de três estágios. As forragens avaliadas foram a algaroba (*Prosopis juliflora*), a canafistula (*Pithecellobium multiflorum*), a flor-de-seda (*Calotropis procera*), a jitirana (*Ipomea* sp.), o juazeiro (*Ziziphus joazeiro*), o mata-pasto (*Senna obtusifolia*), o sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth), a palma gigante (*Opuntia ficus indica*) e o xique-xique (*Cereus gounellei*), além dos subprodutos do abacaxi (*Ananas comosus* L.), da acerola (*Malpighia emarginata*), do caju (*Anacardium occidentale*), do coco (*Cocos nucifera* L.), do melão (*Cucumis melo*), do maracujá (*Passiflora eduli*), da uva (*Vitis labrusca*) e do urucum (*Bixa orellana* L.). Os alimentos foram inicialmente incubados no rúmen de fêmea bovina fistulada, por 16 horas para determinação da PNDR, em seguida o resíduo foi submetido à digestão com solução de pepsina durante 1 hora, e solução de pancreatina a 38°C durante 24 horas, cujos subprodutos foram analisados para nitrogênio total. A estimativa da PNDR das forragens variou de 13,37 a 83,6%, e dos subprodutos variou de 39,14 a 89,06%. A digestibilidade intestinal da PNDR das forragens variou de 26,09 a 80,68%, enquanto para os subprodutos variou de 22,26 a 76,82%. O sabiá foi a forrageira que apresentou a maior DI e o maior teor de PNDRd, e a flor-de-seda os menores valores; enquanto para os subprodutos, o melão apresentou o maior valor para DI, entretanto o caju forneceu maior teor de PNDRd, enquanto o coco apresentou os mais baixos valores para DI e PNDRd.

Palavras-chave: Avaliação de alimentos, nutrição, ruminantes, técnica *in vitro*

## **Evaluation of intestinal digestibility protein from forages and byproducts in northeast of Brazil by three-steps technique**

**ABSTRACT:** To estimate the intestinal digestibility (ID) of Rumen-undegradable protein (RUDP) of several feeds by a three-steps procedure this work was carried out. The evaluated forages were algaroba (*Prosopis juliflora*), canafistula (*Pithecellobium multiflorum*), flor-de-seda (*Calotropis procera*), jitirana (*Ipomea* sp.), juazeiro (*Ziziphus joazeiro*), mata-pasto (*Senna obtusifolia*), sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth), palma gigante (*Opuntia ficus indica*) and xique-xique (*Cereus gounellei*), and the agroindustry byproducts from pineapple (*Ananas comosus* L.), barbados cherry (*Malpighia emarginata*), cashew (*Anacardium occidentale*), coconut (*Cocos nucifera* L.), melon (*Cucumis melo*), passion fruit (*Passiflora eduli*), grape (*Vitis labrusca*) and anatto seeds (*Bixa orellana* L.). Foods were initially incubated in the rumen of fistulated female cattle during 16 hours for determination of RUDP, then the residue was incubated with pepsin solution during 1 hour, and pancreatic solution during 24 hours at 38°C, whose residues were analyzed for total nitrogen. The estimate of RUDP in the forages ranged from 13.37% to 83.6%, and the byproducts RUDP ranged from 39,14 to 89.06%. The intestinal digestion of RUDP ranged from 26.09 to 80.68%, while for byproducts varied of 22,26 76.82%. The *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth was the forage that presented better ID and better RUDPd, and the *Calotropis procera*, presented lowest values for these variables. For byproducts, the *Cucumis melo* presented the biggest value for DI, while the *Cocos nucifera* L. presented the lowest values for DI and RUDPd.

**Key words:** Evaluation of feeds, *in vitro* technique, nutrition, ruminant

## Introdução

A determinação do valor nutritivo de alimentos destinados aos ruminantes tem sido alvo de contínuos trabalhos de pesquisa, sendo constante a procura de metodologias acuradas e simples para estimar a qualidade dos alimentos. Os objetivos básicos destas metodologias consistem nas predições dos valores protéicos e energéticos dos alimentos para que atendam a demanda gerada pelas funções produtivas dos animais em dado estágio fisiológico. O problema essencial é a busca do entendimento em bases mecanicistas das relações entre a composição bromatológica, a disponibilidade de energia e proteína e as respostas esperadas nos animais (PEREIRA et al., 2008).

As proteínas destacam-se, entre os outros nutrientes, pela amplitude de funções que desempenham no organismo animal, sendo necessário conhecer a concentração protéica que os alimentos apresentam não só em quantidade, mas também em qualidade, para que dietas bem balanceadas com este nutriente possam promover o máximo desempenho dos animais (FERREIRA, 1983).

As exigências de proteína dos ruminantes são atendidas pelos aminoácidos (AAs) absorvidos no intestino delgado, denominadas de exigências de proteína metabolizável, que corresponde à proteína microbiana sintetizada no rúmen (PM), à proteína dietética que escapa à degradação ruminal (PNDR) e à proteína endógena reciclada.

A proteína microbiana sintetizada no rúmen fornece 50% ou mais dos AAs disponíveis para absorção, em rações balanceadas, sendo considerada uma fonte de AAs de alta qualidade (SCHWAB, 1996). A segunda maior fonte de AAs disponíveis para a absorção é a PNDR. Todos os alimentos geralmente contêm alguma PNDR e em contraste com a proteína microbiana, existem grandes diferenças na qualidade da PNDR. Além disso, a maior variação no perfil de AAs essenciais deixando o rúmen deve-se à quantidade e composição da PNDR nesses AAs (SCHWAB, 1996).

Assim, para haver modificação na composição de AAs da digesta duodenal há necessidade do fornecimento de fontes de PNDR em proporções substanciais da proteína dietética, uma vez que o perfil de AAs da proteína microbiana é relativamente constante (STERN et al., 1994; SCHWAB, 1996).

Erasmus et al. (1994), salientaram que apesar do crescente interesse na formulação de dietas e suplementos para ruminantes com ênfase no fornecimento específico ou geral de AAs no intestino, há dificuldades na realização deste objetivo, por causa da pequena semelhança quantitativa e qualitativa, entre os AAs fornecidos na dieta e aqueles que chegam ao intestino.

As taxas de degradação são responsáveis pelo maior ou menor escape de compostos nitrogenados do rúmen e pelo atendimento dos requerimentos de compostos nitrogenados dos microrganismos ruminais. Conseqüentemente, a determinação da degradabilidade ruminal da proteína, sem o conhecimento da digestibilidade intestinal da fração que escapa à degradação ruminal, parece não ser adequada (VALADARES FILHO, 1995).

A maioria dos sistemas utiliza valores fixos para a digestibilidade intestinal da PNDR. O ARC (1984) e o NRC (1985; 1989) adotaram, respectivamente, o valor de 85 e 80%, para a digestibilidade intestinal da proteína não-degradada no rúmen. No AFRC (1992), foi assumido o valor de 90% para a digestibilidade da proteína no intestino delgado, que pode ser obtida pela seguinte expressão: DPNDR (digestibilidade da proteína não degradada no rúmen) = 0,9 [(PNDR) - 6,25 NIDA]. No CNCPS, foram considerados diferentes valores para as três frações protéicas potencialmente digeríveis: 100% para as frações B1 e B2 e 80% para a fração B3 (SNIFFEN et al., 1992). O NRC (2001) adotou valores variáveis para a digestibilidade da proteína não degradável, específicos para cada alimento.

Os estudos utilizando animais canulados são laboriosos, caros e requerem tratamento especial, por isso vários métodos alternativos têm sido desenvolvidos para essas estimativas, dentre os quais se destacam a técnica de sacos de náilon móveis (HVELPLUND, 1985), a determinação do nitrogênio insolúvel em detergente ácido (GOERING et al., 1972) e procedimentos enzimáticos (BRITTON et al., 1986 *apud* CALSAMIGLIA e STERN, 1995). Entretanto, a maioria destes métodos têm falhado no que diz respeito à simulação das condições fisiológicas dos ruminantes, por não incluir o potencial efeito de fermentação ruminal, além de ser caros, demorados e não refletirem de forma exata as diferenças na digestão intestinal entre os alimentos.

Calsamiglia & Stern (1995) desenvolveram a técnica *in vitro* de três estágios para estimar a digestibilidade intestinal da proteína de vários alimentos. Esta técnica assume que

a contaminação microbiana é mínima e mostrou-se sensível ao avaliar o efeito do processamento e a presença do fator inibidor da tripsina dos alimentos e teve alta correlação com estudos *in vivo*. O NRC (2001) recomenda utilizar a técnica de três estágios para estimar a digestibilidade intestinal da PNDR.

A necessidade de alimentos de qualidade no período seco é uma constante em todos os sistemas de produção, sendo mais acentuada nas regiões tropicais de clima semi-árido. Nestas regiões, devido aos baixos níveis de pluviosidade, a produção de alimentos para a época da entressafra é complexa. O desenvolvimento econômico do semi-árido brasileiro é totalmente dependente do incremento dos níveis de produtividade da pecuária. Em função dos conhecimentos acumulados e de conceitos estabelecidos, admite-se que a melhoria da produção pecuária está pautada no conhecimento e uso de estratégias via recursos forrageiros nativos e exóticos adaptados. Desta maneira, o estudo da composição químico-bromatológica, bem como da disponibilidade de nutrientes ao longo do trato gastrointestinal, se reveste de importância uma vez que estas forrageiras dão importante suporte alimentar aos ruminantes criados no Semi-árido.

Por sua vez, a utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes tem se tornado cada vez mais comum, como alternativa alimentar visando reduzir os custos de produção, podendo ser alternativa promissora e economicamente viável para os sistemas de produção intensivos. Os ruminantes, devido à adaptação fisiológica do rúmen, podem aproveitar esses alimentos quando os mesmos estão inseridos em dietas que atendam seus requerimentos de manutenção, crescimento e produção (AREGHEORE, 2000).

A região Nordeste apresenta produção frutícola que corresponde a 29% da produção nacional, principalmente abacaxi, caju, coco, maracujá, uva e acerola (IBGE, 2004). Considerando o grande potencial para produção de frutos e sazonalidade da produção de forrageiras, a incorporação de subprodutos agroindustriais às rações de ruminantes tem sido proposta como instrumento auxiliar na manutenção e incremento da produção animal. Vale salientar que o período de escassez de alimentos, coincide com a produção de frutos a custos baixos, gerando preços acessíveis para aquisição dos subprodutos. Entretanto, estes subprodutos podem apresentar baixa concentração de compostos nitrogenados, elevadas proporções de fração fibrosa, menor densidade de nutrientes e baixa efetividade da fibra, podendo reduzir o seu valor nutricional (CLEMENTINO, 2008).

Diante disso, este trabalho foi realizado com o objetivo de estimar a digestibilidade intestinal da proteína da algaroba (*Prosopis juliflora*), da canafistula (*Pithecellobium multiflorum*), da flor-de-seda (*Calotropis procera*), da jitirana (*Ipomea* sp.), do juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), do mata-pasto (*Senna obtusifolia*), do sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), da palma gigante (*Opuntia ficus indica*) e do xique-xique (*Cereus gounellei*) e dos subprodutos do beneficiamento do abacaxi (*Ananas comosus*), da acerola (*Malpighia emarginata*), do caju (*Anacardium occidentale*), do coco (*Cocos nucifera*), do melão (*Cucumis melo*), do maracujá (*Passiflora eduli*), da uva (*Vitis labrusca*) e do urucum (*Bixa orellana*), utilizando a técnica três estágios.

## Material e Métodos

As forrageiras foram coletadas no painel forrageiro do Departamento de Zootecnia e da Fazenda Experimental Vale do Curu da Universidade Federal do Ceará, localizada no município de Pentecoste/CE, na estação chuvosa (abril/2007), sendo algaroba (*Prosopis juliflora*), canafistula (*Pithecellobium multiflorum*), flor-de-seda (*Calotropis procera*), jitirana (*Ipomea* sp.), juazeiro (*Ziyiphus joazeiro*), mata-pasto (*Senna obtusifolia*), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), palma gigante (*Opuntia ficus indica*) e xique-xique (*Cereus gounellei*). As plantas se encontravam em estágio vegetativo e foram coletados somente folhas e ramos de até 1 cm de diâmetro. O xique-xique foi cortado e queimado para a eliminação dos espinhos.

Os subprodutos agroindustriais avaliados foram o pedúnculo e a castanha do caju (*Anacardium occidentale*), o maracujá (*Passiflora eduli*), o melão (*Cucumis melo*), o urucum (*Bixa orellana*), o abacaxi, (*Ananas comosus*), a acerola (*Malpighia emarginata*), o coco (*Cocos nucifera*) e a uva (*Vitis labrusca*). Estes foram provenientes de agroindústrias locais na forma *in natura*, sendo compostos basicamente de cascas e sementes. O subproduto do urucum, constituído de grãos e cascas, foi resultante do processo agroindustrial para extração da bixina. O subproduto da castanha de caju constituiu-se de amêndoas inteiras, pedaços de amêndoas com pintas pretas devido ao ataque de pragas e doenças, pedaços com manchas e com películas sendo impróprias para o consumo humano. O subproduto do coco (farelo de coco) constituiu-se do subproduto agroindustrial do endosperma (copra).

Imediatamente após a coleta, as amostras das forrageiras foram conduzidas ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFC – LANA/DZ/UFC, onde foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, trituradas em moinho estacionário “Thomas Wiley”, utilizando-se peneira com malha de 1,0 mm e acondicionadas em potes fechados. Os subprodutos da agroindústria foram desidratados ao sol, sendo espalhados em camadas de aproximadamente 7 cm de espessura e revolvidos pelo menos três vezes ao dia. Inicialmente, os alimentos foram analisados quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) seguindo os procedimentos padrões (AOAC, 1990); fibra em detergente

neutro (FDN) e ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) e lignina (LIG) (VAN SOEST et al, 1991).

A proteína não-degradada no rúmen (PNDR) foi estimada pela incubação ruminal de cerca de cinco gramas de amostra de cada alimento, por meio de sacos de náilon, conforme NOCEK (1988), durante 16 horas. A quantidade de amostra incubada dependeu do seu teor em compostos nitrogenados (N), pois o subproduto da incubação ruminal deve conter, no mínimo, 60 mg de N. Foi utilizada novilha da raça Pardo-suíço, com aproximadamente 20 meses de idade e peso vivo médio de 350 kg, portadora de cânula ruminal permanente, recebendo dieta com 70% de feno de capim-tifton 85 e 30% de concentrado. Após a incubação ruminal, os sacos foram lavados em água corrente até que a água de enxágüe se tornasse clara e, então, foram colocados em estufa de ventilação forçada durante 48 horas a 55°C.

A simulação da digestão intestinal da PNDR foi realizada conforme CALSAMIGLIA & STERN (1995). Os subprodutos da incubação ruminal foram analisados para nitrogênio e pesados de maneira a proporcionar, aproximadamente, 15 mg de nitrogênio e colocados em erlemeyers de 125 mL. Posteriormente, estes foram incubados com 10 mL numa solução 0,1 N de HCL contendo 1 g/L de pepsina (pH=1,9) durante 1 hora a 38°C. Em seguida, foram adicionados 0,5 mL de solução 1 N de NaOH para neutralização do pH e 13,5 mL de solução de pancreatina (0,5 M de solução de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , pH=7,8) contendo 50 ppm de thymol, para inibir o crescimento microbiano, e 3 g/L de pancreatina durante 24 horas. Ao final da digestão, os subprodutos foram imediatamente filtrados em papel-filtro, lavados com 400 mL de água destilada e o nitrogênio residual determinado pelo método Kjeldahl.

Os cálculos da degradação ruminal e digestibilidade intestinal pelo método de três estágios foram realizados de acordo com as seguintes equações: a degradabilidade ruminal foi calculada,  $\text{PDR} = 100 \times \{[(\text{nitrogênio incubado} - \text{nitrogênio residual}) / \text{nitrogênio incubado}]\}$  e a proteína não-degradada no rúmen, como:  $\text{PNDR} = 100 - \text{PDR}$ . A digestibilidade intestinal da proteína não-degradada no rúmen, em porcentagem, foi calculada como a quantidade de N digerido após incubação com HCl – pepsina e pancreatina multiplicado por 6,25, o qual foi dividido pela quantidade de proteína incubada e multiplicado por 100. A partir do porcentual de digestão intestinal da PNDR, foram

calculados a porcentagem e o teor de proteína não-degradada no rúmen digestível no intestino delgado (PNDRd) em g/kg de MS.

## Resultados e Discussões

A composição bromatológica das forrageiras e dos subprodutos estudados está apresentada nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1 – Porcentagem de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), cinzas (MM), extrato etéreo (EE), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e lignina (LIG) das forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro

Forrageira	MS (%)	PB <sup>1</sup>	MM <sup>1</sup>	EE <sup>1</sup>	FDN <sup>1</sup>	LIG <sup>1</sup>
Algaroba	94,98	15,61	7,63	4,89	42,84	8,32
Canafistula	93,73	12,91	5,60	4,56	55,81	12,95
Flor-de-seda	94,65	17,85	18,16	8,19	27,85	6,70
Jitirana	92,71	16,61	10,84	2,02	38,75	9,41
Juazeiro	92,93	12,52	7,19	1,80	60,79	13,29
Mata-pasto	92,87	20,79	12,53	2,88	31,00	4,61
Palma gigante	91,23	9,61	16,71	2,93	20,04	6,71
Sabiá	93,77	21,00	6,96	5,76	48,71	9,43
Xique-xique	94,40	7,70	18,80	1,22	36,19	9,35

<sup>1</sup> (% MS)

Observou-se que as forrageiras com maior teor de proteína bruta foram o sabiá e o mata-pasto, enquanto para os subprodutos, coco e caju obtiveram os melhores resultados (Tabelas 1 e 2, respectivamente).

TABELA 2 – Porcentagem de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), cinzas (MM), extrato etéreo (EE) e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) dos subprodutos da agroindústria

Subprodutos	MS (%)	PB <sup>1</sup>	MM <sup>1</sup>	EE <sup>1</sup>	FDN <sup>1</sup>	LIG <sup>1</sup>
Abacaxi	97,62	7,84	10,70	0,60	60,30	9,84
Acerola	97,25	9,06	6,08	0,90	70,60	29,42
Caju	96,32	15,93	3,62	1,50	64,40	26,93
Coco	96,85	24,55	4,70	18,53	55,57	4,18
Maracujá	97,31	9,70	13,27	0,40	63,40	11,08
Melão	97,53	8,75	6,85	0,80	73,00	33,46
Urucum	95,26	13,53	6,32	2,10	45,10	15,22
Uva	95,50	12,14	8,41	10,62	43,10	10,76

<sup>1</sup> (% MS)

Na Tabela 3 são observados os teores de proteína bruta (PB), proteína degradada no rúmen (PDR) e não-degradada no rúmen (PNDR), digestibilidade intestinal da PNDR (DI) e PNDR digestível no intestino delgado (PNDRd) das forrageiras avaliadas.

TABELA 3 – Teores de proteína bruta (PB), proteína degradada no rúmen (PDR) e proteína não-degradada no rúmen (PNDR) para 16 horas de incubação ruminal, digestibilidade intestinal da PNDR (DI) e PNDR digestível no intestino delgado (PNDRd) em porcentagem e em g/kg MS das forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro

Forrageiras	PB (% MS)	PDR PNDR		DI	PNDRd (%)	PNDRd (g/kg MS)
		(% PB)				
Sabiá	21,06	23,87	76,13	18,49 ± 1,23	14,09 ± 1,27	29,67 ± 2,68
Xique-xique	7,70	62,49	37,51	41,02 ± 0,59	15,63 ± 0,61	16,90 ± 0,47
Canafístula	12,90	16,40	83,60	44,42 ± 3,68	37,13 ± 3,12	47,90 ± 4,03
Juazeiro	12,52	20,02	79,98	49,60 ± 3,00	39,68 ± 2,75	49,68 ± 3,44
Algaroba	15,60	68,53	31,47	52,52 ± 1,24	16,55 ± 2,03	25,81 ± 3,17
Jitirana	16,61	75,73	24,27	56,70 ± 0,61	13,75 ± 0,98	22,85 ± 1,62
Mata-pasto	20,79	86,13	13,37	60,40 ± 3,16	8,37 ± 0,04	17,39 ± 0,09
Palma gigante	9,61	69,40	30,60	72,99 ± 4,72	22,11 ± 5,56	21,24 ± 5,34
Flor-de-seda	17,80	79,70	20,30	74,47 ± 1,28	15,06 ± 6,37	26,81 ± 11,34

A porcentagem de proteína degradada no rúmen (PDR) variou de 16,40 a 86,13% para canafístula e mata-pasto, respectivamente. A flor-de-seda também apresentou acentuada degradação ruminal, com 79,7% de PDR, mesmo comportamento observado para a jitirana (75,73%) e algaroba (68,53%).

As bactérias ruminais podem incorporar os aminoácidos diretamente ou desaminá-los e fermentá-los para obterem energia. Se o processo de desaminação no rúmen for muito grande, ocorrerá maior assimilação de amônia pelo epitélio ruminal exigindo que fígado e rins incrementem o ciclo da uréia para a proteção do animal desse produto final tóxico. Como as proteínas são, geralmente, componentes dietéticos de custo mais elevado que os carboidratos, a sua utilização como fonte de energia tem repercussão negativa na economia de produção de ruminantes (RUSSEL et al., 1992). Uma forma mais eficiente de incorporação do carbono dos aminoácidos na proteína bacteriana se dá pela assimilação de peptídeos (NOLAN, 1993). No entanto, se a taxa de proteólise for muito elevada e o tempo

de retenção dos compostos nitrogenados no rúmen suficientemente reduzido, a formação de peptídeos pode ser favorável se a proteína dietética for de boa qualidade, por causa do maior escape de tais compostos para o intestino. A solubilidade da proteína tem sido associada à maior degradabilidade ruminal, e o seu processo de degradação relacionado ao acúmulo de amônia no fluido ruminal. A amônia por sua vez, é a principal fonte de nitrogênio para as bactérias que degradam carboidratos estruturais, as quais, quando em condições dietéticas limitantes deste nutriente, apresentam menor crescimento, decorrente dos maiores custos de manutenção (BROCK et al., 1994).

A reciclagem do nitrogênio pode ser uma importante fonte deste nutriente quando o animal está submetido aos recursos forrageiros da Caatinga. Aproximadamente, 70% do nitrogênio consumido pode ser reciclado e conservado pelo ciclo rumino-hepático quando o nível de nitrogênio dietético é baixo (50 g PB/kg MS); quando o teor de N é alto (200 g/PB MS), a reciclagem de nutrientes diminui drasticamente para aproximadamente 11% (NRC, 1989), que pode resultar em perdas consideráveis e na redução da eficiência de utilização do N da dieta (VAN SOEST, 1994).

A proteína não degradada no rúmen (PNDR) corresponde à proteína de escape. O escape da proteína originária do alimento é principalmente oriundo da fração B3, cuja digestibilidade pós-ruminal é da ordem de 50 a 80% (SNIFFEN et al., 1992). No presente estudo, canafístula e juazeiro apresentaram os maiores valores para PNDR (83,6 e 79,98%, respectivamente), assim como os maiores valores para proteína não-degradada no rúmen digestível no intestino delgado (PNDRd) sendo 37,13 e 39,68%, respectivamente (Tabela 3 e Figura 2). Provavelmente isto foi devido ao seu alto teor de proteína bruta, ao elevado escape desta do rúmen e à alta digestibilidade intestinal.

A taxa de degradação da proteína, conseqüentemente o escape ruminal dependem muito do tipo de alimento empregado na alimentação de ruminantes (KRISHNAMOORTHAY et al., 1983). Sultan et al. (1992) verificaram que o fornecimento de proteína lentamente degradada no rúmen promovia maior aporte de aminoácidos ao intestino delgado, menores teores de nitrogênio amoniacal ruminal e maior conservação do nitrogênio consumido, em relação a outras fontes mais rapidamente degradáveis, por causa da maior reciclagem endógena. POPPI & MCLENNAN (1995), por exemplo, verificaram que o aumento do teor de proteína bruta do pasto, em função da adubação nitrogenada, não

resultava, necessariamente, em maior aporte de aminoácidos para o intestino delgado e que a síntese de compostos nitrogenados pelos microorganismos era limitada pela disponibilidade de energia. O aumento da disponibilidade de energia, em situações de maior degradação ruminal do nitrogênio, resulta numa condição mais favorável ao crescimento microbiano e de minimização de perdas nitrogenadas (AFRC, 1993).

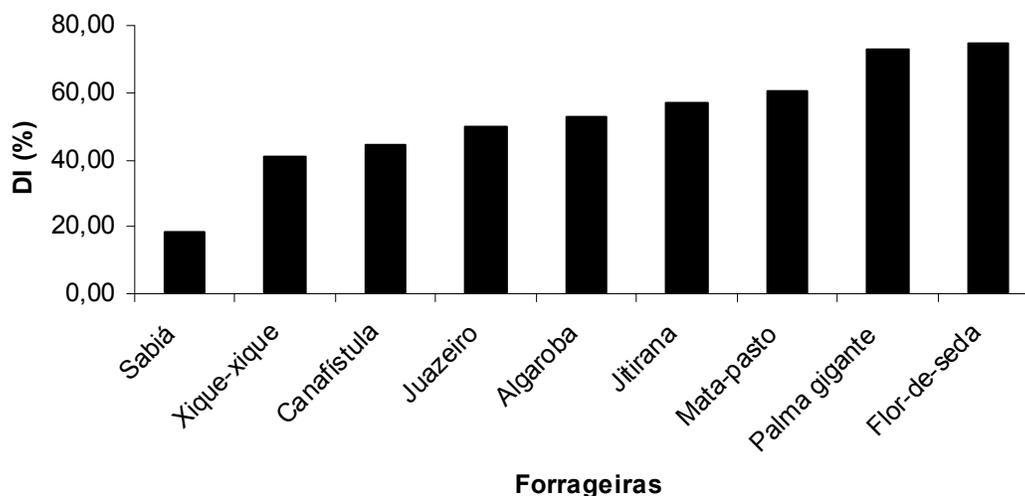


FIGURA 1 – Digestibilidade intestinal (DI) da proteína não-degradada no rúmen (PNDR) das forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro

Os valores de digestibilidade intestinal variaram de 18,49 a 74,47% para sabiá e flor-de-seda, respectivamente. O sabiá, apesar de apresentar o mais elevado teor de PB e alto teor de PNDR, teve o menor valor para a digestibilidade intestinal da PNDR entre as forrageiras avaliadas (Figura 1). As cactáceas xique-xique e palma gigante apresentaram resultados próximos para a PNDR (37,51 e 30,60%, respectivamente), entretanto o xique-xique apresentou baixa digestibilidade intestinal da PNDR (41,02%) em comparação com a palma gigante (72,99%).

Quando a proteína dietética apresentar baixa qualidade, é desejável que seja degradada no rúmen e, então, convertida em proteína microbiana. Entretanto, quando se trata de fontes protéicas de elevado valor biológico, deve-se minimizar sua degradação ruminal, de modo que esta seja em sua maior parte digerida no intestino delgado, evitando

possíveis perdas em aminoácidos essenciais no rúmen decorrentes da fermentação (VAN SOEST, 1994).

O mata-pasto, a jirirana e a algaroba apresentaram significantes valores para digestibilidade intestinal da proteína, entretanto os baixos valores de PNDR (13,37; 24,27 e 31,47%, respectivamente) resultou em baixos valores de PNDRd (8,37; 13,75 e 15,55%, respectivamente). Isto implica em menor disponibilidade de aminoácidos para absorção no intestino. Os valores de PNDRd equivalem à proteína dietética absorvida no intestino delgado e fornecem um índice para qualidade dos alimentos como fontes de PNDR para ruminantes.

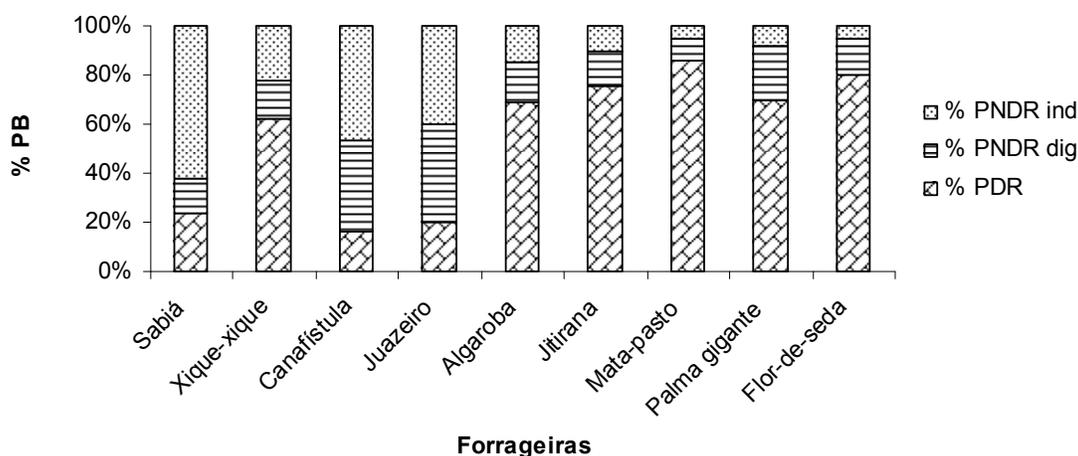


FIGURA 2 – Proporções relativas da proteína degradada no rúmen (PDR), da proteína não-degradada no rúmen digestível (PNDR dig.) e da proteína não-degradada no rumem indigestível (PNDR indig.) no intestino delgado das forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro

A degradação ruminal e a digestão intestinal da PNDR dos subprodutos da agroindústria estão apresentadas na Tabela 4. A porcentagem de proteína degradada no rúmen (PDR) variou de 10,94 a 60,86% para caju e urucum, respectivamente.

Uva, maracujá e urucum apresentaram elevada degradação ruminal (50,62; 51,71 e 60,86%, respectivamente), merecendo atenção especial quando da sua utilização em proporção significativa em rações de ruminantes, pois podem ocorrer grandes perdas de nitrogênio no rúmen, sendo necessária a inclusão de fontes energéticas de rápida degradação no rúmen. Estes altos valores encontrados para a PDR associados à baixa digestibilidade da PNDR também resultaram em baixos valores para a PNDRd (15,54;

24,91 e 16,34%, respectivamente), sugerindo que grande parte desta proteína não será aproveitada pelo animal em nenhum compartimento do seu trato digestivo. As proteínas são digeridas no intestino delgado, antes de tornarem disponíveis para a absorção, esse processo começa no abomaso com ácido e pepsina, sendo completado no intestino delgado com proteases pancreáticas e intestinais (STERN et al., 1994).

TABELA 4 – Teores de proteína bruta (PB), proteína degradada no rúmen (PDR) e proteína não-degradada no rúmen (PNDR) para 16 horas de incubação ruminal, digestibilidade intestinal da PNDR (DI) e PNDR digestível no intestino delgado (PNDRd) em porcentagem e em g/kg MS dos subprodutos da agroindústria

Subprodutos	PB (% MS)	PDR (% PB)	PNDR	DI	PNDRd (%)	PNDRd (g/kg MS)
Melão	8,96	28,70	71,30	24,12 ± 0,01	17,20 ± 0,02	15,41 ± 0,02
Uva	12,14	50,62	49,38	31,46 ± 1,94	15,54 ± 1,07	18,86 ± 1,30
Caju	16,53	10,94	89,06	33,96 ± 3,79	30,24 ± 3,16	49,98 ± 5,22
Acerola	9,51	33,44	66,56	36,96 ± 0,01	24,60 ± 0,09	23,39 ± 0,09
Urucum	13,90	60,86	39,14	41,76 ± 2,50	16,34 ± 0,88	22,71 ± 1,22
Maracujá	10,01	51,71	48,29	51,57 ± 0,70	24,91 ± 0,99	24,93 ± 1,00
Abacaxi	8,19	41,38	58,62	59,75 ± 4,51	34,90 ± 0,54	28,58 ± 0,45
Coco	24,50	25,62	74,38	76,97 ± 1,61	57,23 ± 0,86	140,21 ± 2,10

Os valores verificados para a digestibilidade intestinal dos subprodutos variaram de 24,12 a 76,97% para melão e coco, respectivamente (Tabela 4 e Figura 3). O melão, o caju e a acerola apresentaram elevados valores de PNDR, entretanto a baixa digestibilidade intestinal da proteína destes subprodutos resultou em baixos valores de PNDRd. Como estes alimentos apresentaram elevado teor de FDN (Tabela 1), é possível que a proteína que escapou à fermentação ruminal esteja associada à fibra, o que explica a baixa digestibilidade no intestino. O fornecimento de fontes protéicas ricas em PNDR é uma maneira de aumentar a proteína dietética no intestino delgado, no entanto estes resultados mostram que existem grandes diferenças na qualidade da PNDR dos alimentos. Segundo SCHWAB (1996), a maior variação no perfil de aminoácidos essenciais deixando o rúmen deve-se à quantidade e composição da PNDR nesses aminoácidos.

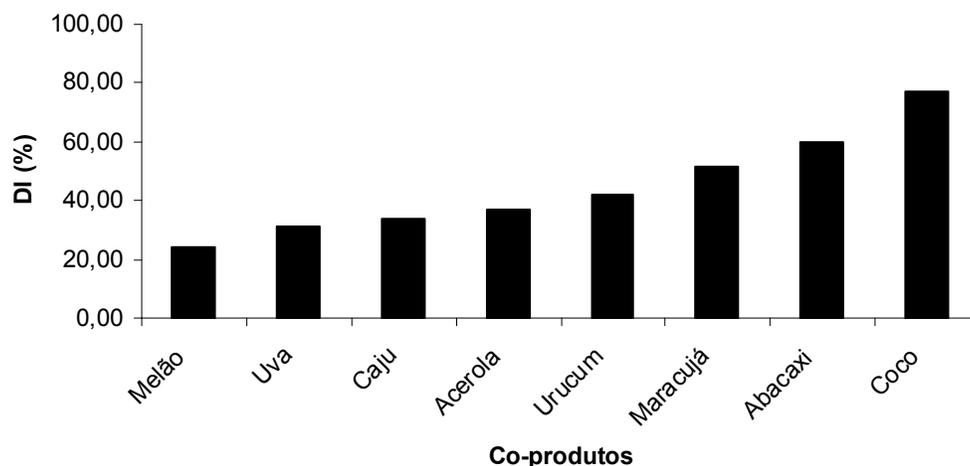


FIGURA 3 – Digestibilidade intestinal (DI) da proteína não-degradada no rúmen (PNDR) dos subprodutos da agroindústria

Já o subproduto do coco forneceu o maior teor de PNDRd com 59,90%, devido ao seu alto teor de proteína bruta, ao elevado escape desta do rúmen e à alta digestibilidade intestinal. Com relação ao abacaxi, também foi observado significativo valor para DI e PNDRd (59,75 e 34,90%, respectivamente) sugerindo a presença de aminoácidos disponíveis para absorção no intestino.

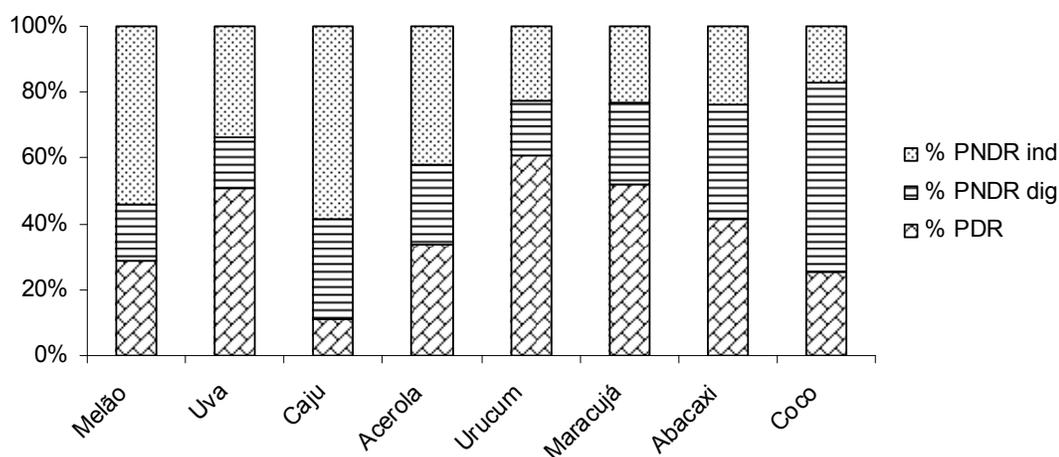


FIGURA 4 – Proporções relativas da proteína degradada no rúmen (PDR), da proteína não-degradada no rúmen digestível (PNDR dig.) e da proteína não-degradada no rúmen indigestível (PNDR indig.) no intestino delgado dos subprodutos da agroindústria

### **Conclusões**

Entre as forrageiras, juazeiro e canafístula apresentaram os mais elevados teores de PNDRd. A flor-de-seda apresentou a maior digestibilidade intestinal, entretanto elevada degradação ruminal. Para os subprodutos, o coco apresentou o maior valor para digestibilidade intestinal e forneceu maior teor de PNDRd. Melão e o caju apresentaram elevados teores de PNDR, porém baixos valores para digestibilidade intestinal e PNDRd.

### Referências Bibliográficas

- AFRC – AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**. CAB International, Cambridge University Press, Cambridge, 1993. 159p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15ed. Arlington: AOAC International, 1990. 1117p.
- BROCK, T.D.; MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; PARKER, J. **Biology of Microorganisms**. 7.ed. New Jersey: Prentice-Hall International, Englewood Cliffs, 1994. 909p.
- CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. Three-step in vitro procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, p.1459 - 1465, 1995.
- FERREIRA, J.J. Proteína e concentrados protéicos na alimentação de ruminantes. **Informe Agropecuário**, v.9, n.108, p.43 - 48, 1983.
- KRISHNAMOORTHY, U.; SNIFFEN, C.J.; STERN, M.D.; VAN SOEST, P.J. Evaluation of a mathematical model of rumen digestion and as in vitro simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen-undegraded nitrogen content of feedstuffs. *British Journal of Nutrition*, v.50, n.2, p.555 - 568, 1983.
- NOCEK, J. E.; RUSSELL, J. B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 8, p. 2070 - 2107, 1988.
- NOLAN, J.V. Nitrogenkinetics. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. eds. **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. CAB International, Cambridge University Press, 1993, p.123 - 143.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 6.ed. Washington: NAP, 1989, 157 p.
- POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, n.1, p.278-290, 1995.
- RUSSEL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX D.G.; VAN SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3551 - 3561, 1992.
- SCHWAB, C. G. Amino acid nutrition of the dairy cow: current status. In: **Proceedings Cornell Nutrition Conference for Feed Manufactures**, Cornell University, Ithaca, N.Y. 1996. p.184-198.

- 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 of Animal Science**, v.70, n.7, p.3562 - 3577, 1992.
- STERN, M.D., CALSAMIGLIA, S., ENDRES, M.I. Dynamics of ruminal nitrogen metabolism and their impact on intestinal protein supply. In: PROCEEDINGS CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURES. 1994, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1994. p.105-116.
- SULTAN, J.I.; FIRKINS, J.L.; WEISS, W.P.; LOERCH, S.C. Effects of energy level and protein source on nitrogen kinetics in steers fed wheat straw-based diets. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3916 - 3921, 1992.
- VALADARES FILHO, S. C. Eficiência de síntese de proteína microbiana, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta, em bovinos. In: PEREIRA, J. C. ed. Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Ruminantes, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa, DZO-UFV, Viçosa, 1995. p.355 - 388.
- VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. New York, Ithaca: Cornell University Press. 476p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583 - 3597, 1991.

### **Considerações finais**

O fracionamento dos compostos nitrogenados e de carboidratos são metodologias simples e devem ser usuais em laboratórios de avaliação de alimentos. A diferenciação das frações protéicas e de carboidratos pode resultar em maior eficiência de utilização do alimento nas formulações de rações. Entretanto, a obtenção e a validação dessas informações permanecem por ser obtidas.

Embora alguns sistemas de adequação de dietas para ruminantes considerem que a PNDR apresenta digestibilidade intestinal constante entre os alimentos, os resultados registrados neste estudo sugerem que a digestibilidade intestinal da proteína não degradada no rúmen é variável.