

Alternativas Alimentares para Ruminantes II

Editores Técnicos:

Evandro Neves Muniz

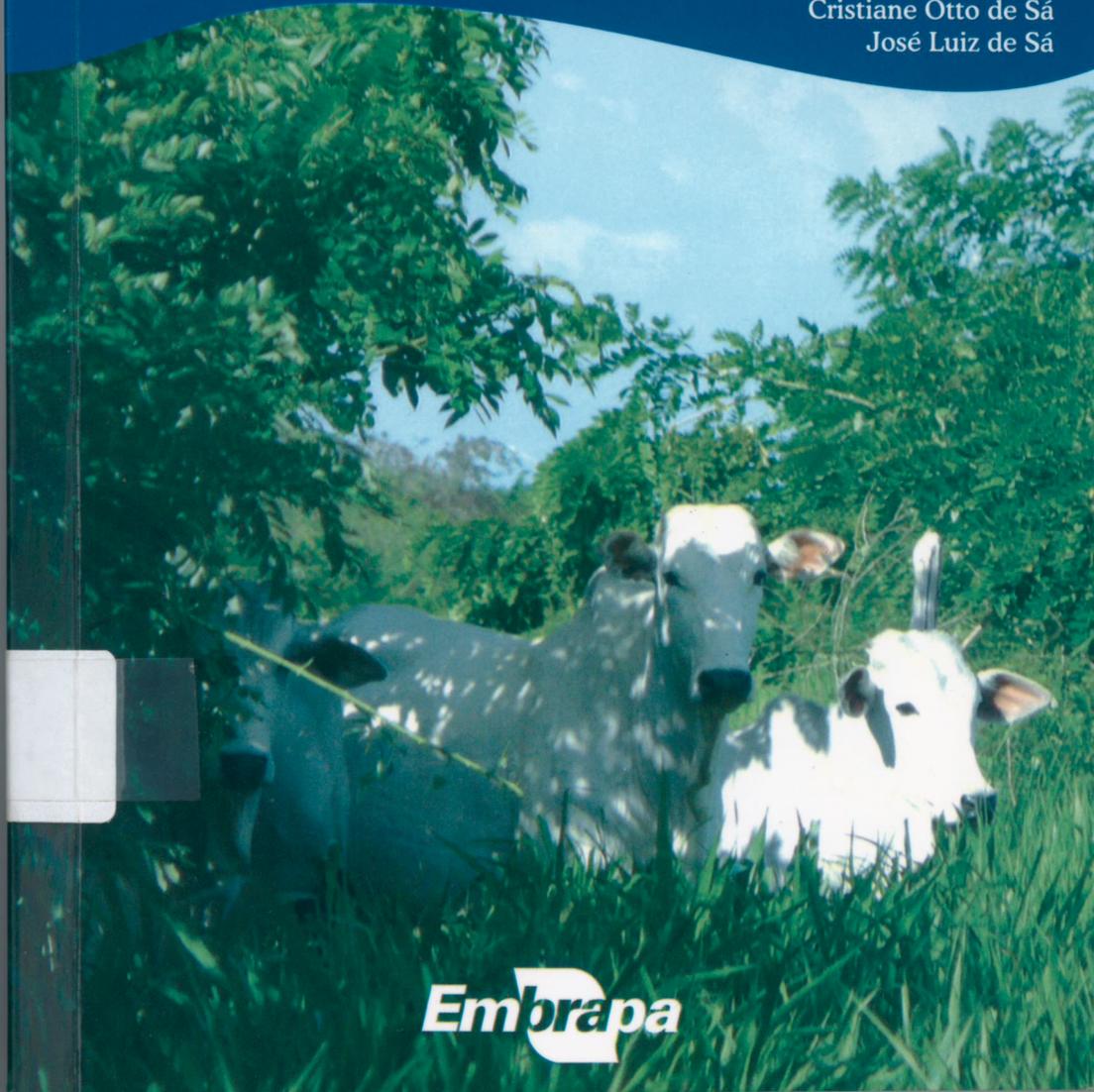
Carlos Augusto de Miranda Gomide

José Henrique de Albuquerque Rangel

Silvio Aragão Almeida

Cristiane Otto de Sá

José Luiz de Sá



Embrapa

Composição dos alimentos

Os alimentos são compostos por duas grandes frações, sendo elas a água e a matéria seca. O animal ao consumir um determinado alimento estará ingerindo água juntamente com o mesmo e esta quantidade será proporcional ao percentual de umidade do alimento consumido. Contudo, na nutrição, as maiores atenções são destinadas à matéria seca, pois é nela onde se encontram os nutrientes necessários para a manutenção e produção do animal (Figura 2).

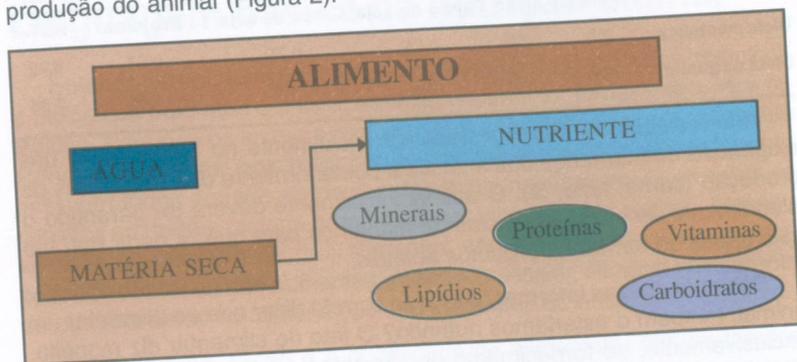


Figura 2. Componente dos alimentos

Na Figura 2, pode-se perceber que os nutrientes são as substâncias necessárias para a manutenção e produção dos animais e os mesmos estão presentes na matéria seca dos alimentos, sendo a água tratada de forma particular. Mas, da forma em que a água está sendo apresentada na composição dos alimentos (Figura 2), ela seria ou não um nutriente? Observando a figura e decidindo de forma criteriosa, a água não seria um nutriente. A maior parte da água consumida é oriunda da água de bebida, pois se o animal dependesse sempre apenas da água contida nos alimentos estaria frequentemente em déficit hídrico. Então, a água não é nutriente! Certo? Depende! Se pensarmos de uma outra forma, visualizando que a água sempre está presente em todos os processos metabólicos que acontecem no corpo do animal e que esta água estará contida, por exemplo, no ganho em peso animal, a água seria um nutriente.

Classificação dos alimentos

Devido ao grande número de alimentos com as mais diversas propriedades, foram propostas várias formas de classificação dos mesmos baseados nos mais variados critérios. Alguns desses se referiam à origem dos alimentos, tipo de preparo, complexidade, composição química, função

no organismo e quanto à utilização do mesmo. Este último foi o mais aceito e acabou sendo adotado pela Associação Americana Oficial de Controle dos Alimentos (AAFCO) e o Conselho Nacional de Pesquisas dos EUA (NRC), desde 1963 como critério básico para a classificação dos alimentos. Assim, os alimentos foram divididos em classes (Figura 3) e receberam um código referência de 1 a 8 conforme mostrado abaixo.:

- (1) Forragens secas e volumosas
- (2) Pastos e forragens verdes
- (3) Ensilados
- (4) Concentrados energéticos ou basais
- (5) Concentrados protéicos
- (6) Suplemento mineral
- (7) Suplemento vitamínico
- (8) Aditivos não nutrientes



Figura 3. Esquema de classificação dos alimentos.

Os alimentos volumosos são aqueles que, como o próprio nome já está dizendo, proporcionam "enchimento", ou seja, volume ao serem consumidos. Nutricionalmente falando, os alimentos volumosos apresentam > 18% de Fibra Bruta (FB) na matéria seca, geralmente tem baixo conteúdo energético devido a este elevado percentual de fibra presente. Dentre os alimentos volumosos, pode-se ter aqueles que são secos, úmidos e ensilados, sendo estes últimos os volumosos que passaram por processo fermentativo, exemplo, após a ensilagem. Esta classificação está baseada na quantidade percentual de água presente no alimento, sendo que o percentual de 13% de água é considerado como

referencial para classificar os volumosos em secos e úmidos. Aqueles que possuem < 13% de água são considerados alimentos secos enquanto que os que possuem teores de umidade superiores a este percentual são classificados como volumosos úmidos. Na classe dos alimentos volumosos podemos citar como exemplos: VOLUMOSOS SECOS – feno, palhas, cascas de cereais, bagaço de cana; VOLUMOSOS VERDES OU ÚMIDOS – pastos capineiras, cana-de-açúcar, folhas, ramas; VOLUMOSOS ENSILADOS – silagem de milho, silagem de sorgo, silagem de cana.

Ao contrário dos alimentos volumosos, aqueles que apresentam < 18% de FB na matéria seca são denominados alimentos concentrados. Estes, por sua vez, podem ainda ser divididos em energéticos ou basais, quando possuem < 20% de proteína bruta (PB) na matéria seca e em protéicos, quando possuem > 20% PB na mesma base. Estes concentrados podem ser oriundos de fontes de origem vegetal (milho, algodão, cevada) ou animal (gorduras, farinha de carne). Na classe dos alimentos concentrados pode-se citar como exemplos: CONCENTRADOS ENERGÉTICOS – milho, trigo centeio, triticale, arroz, sorgo, aveia, cevada; CONCENTRADOS PROTÉICOS – amendoim, soja, algodão, linho, mamona, girassol, canola.

As demais classes de alimentos correspondem à classe dos minerais (macro e micro minerais), tendo como exemplos o calcário, fostatos, sal comum, dentre outros, às vitaminas (lipossolúveis e hidrossolúveis), como exemplos poderiam ser citados as vitaminas ADEK, e os aditivos que não se caracterizam como nutriente, mas fazem parte das formulações das dietas que os animais irão consumir (antibióticos, corantes, medicamentos, flavorizantes, dentre outros).

Na classe de outros alimentos deveriam ser inseridos aquelas substâncias que são usuais na formulação de dietas para animais e que até o momento não possuem classificação adequada, dentre os quais estão a uréia, o biureto, a cama de frango, silagens de grãos úmidos, entre outros.

Grande importância é dada na nutrição animal para o conhecimento destas classes dos alimentos quando na formulação das dietas. É fundamental que se saiba se um alimento é seco ou úmido para que você possa ter a real certeza da quantidade de nutrientes que os animais estão consumindo por unidade de matéria seca. Suponhamos que um animal "1" esteja consumindo, diariamente, 1 kg de um determinado alimento com 90% de matéria seca (MS) enquanto que um outro animal "2" está consumindo a mesma quantidade de alimento, contudo este último possui 30% MS. Observa-se que o animal "1" está consumindo um alimento que possui 10% de água enquanto que o animal "2" está consumindo um alimento com 70% de água, ou seja, o animal "1" consome 100 gramas de água enquanto que o animal "2" consome 700 gramas a partir do mesmo

1 kg de alimento consumido. A maior quantidade de água em um alimento faz com que os nutrientes presentes no mesmo sejam diluídos, sendo necessário que se forneça maiores quantidades ao animal para garantir os suprimentos dos nutrientes exigidos diariamente.

A dieta de uma vaca leiteira, por exemplo, é composta por forragens e concentrados, que devem ser misturados em uma proporção ótima para se obter uma mistura de conteúdo nutricional previsível conciliada a uma boa eficiência econômica. Esta é a filosofia no uso da Dieta Completa (a TMR, Total Mixed Ration) como sistema alimentar e do computador para cálculo dietético. Para suínos e aves ração e concentrado significam a mesma coisa, pois estes animais não consomem forragem. Um cálculo de ração para aves é um cálculo de concentrado, mas para herbívoros o cálculo tem que incluir a forragem. Recomendações do tipo o concentrado (que chamamos ração, no popular) para vacas leiteiras deve ter de 18 a 24% de PB são uma mera aproximação. Se isto fosse correto, uma vaca consumindo cana com 2% de PB poderia comer o mesmo concentrado que uma vaca comendo alfafa com 18% de PB. A dieta deveria ser o objeto de cálculo, o concentrado deve suprir as deficiências da forragem.

Avaliação do valor nutritivo dos alimentos

O termo **valor nutritivo** é o resultado da composição química do alimento e da sua digestibilidade, o que irá influenciar a quantidade consumida pelo animal. Um mesmo alimento pode apresentar uma grande quantidade de PB, por exemplo que, por algum motivo, pode não ser bem aproveitada pelo animal, sendo grande parte da mesma eliminada nas fezes. Em contrapartida, podemos ter um alimento que possui teores nutricionais modestos, contudo possuindo elevado percentual de aproveitamento pelo animal, conferindo ao alimento elevado valor nutritivo. Dessa forma, é de extrema importância que tenhamos conhecimentos referentes à composição em nutrientes dos alimentos quando os mesmos forem empregados na formulação de rações balanceadas.

A análise dos alimentos é um dos principais pontos a serem observados na nutrição animal. É a partir dessa análise que pode se conhecer a composição química do alimento em estudo, assim como identificar aspectos relacionados com a identidade, pureza dentre outras propriedades gerais (aroma, aspecto, sabor, alterações, estrutura microscópica). Os alimentos podem ser avaliados através de análises químicas, físicas e biológicas.

Análises químicas

As análises laboratoriais visam separar os componentes dos alimentos em frações de digestibilidade e metabolização previsíveis, a um custo analítico baixo e utilizando métodos rápidos. Análises laboratoriais devem ser utilizadas para dar uma idéia aproximada do valor nutricional de determinada dieta, que é a mistura de todos os ingredientes oferecidos a um animal.

O primeiro método para esta avaliação foi proposto por Henneberg e Sthomann em 1864, na Estação Experimental de Weende na Alemanha (Figura 4). Este é um dos maiores exemplos da inteligência humana, já que poucas tecnologias neste mundo permanecem sendo usadas por tanto tempo.

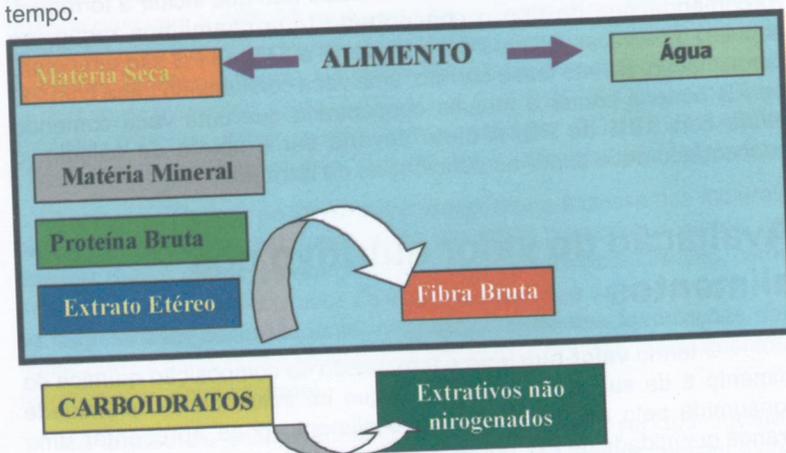


Figura 4. Fracionamento pelo Sistema de Weende.

Contudo, tais componentes, na verdade, não são compostos quimicamente definidos, mas, sim, grupos de compostos químicos. Além disso, foi verificado que o método de Weende não parecia ser satisfatório para se obter informações sobre os carboidratos, pois incluía no grupo da fibra bruta (FB) a celulose, a hemicelulose insolúvel em ácido e a lignina insolúvel em álcali e deixava escapar para o extrativo não nitrogenado (ENN) parte da lignina e hemicelulose solúveis que não deveriam fazer parte dessa fração definida como carboidratos de fácil digestão (amido, hemicelulose, pectina e carboidratos solúveis em água).

Nutricionalmente a FB deveria representar todos os carboidratos de degradação lenta e que ocupam espaço no rúmen, a definição nutricional de fibra. Por isto fibra excessiva limita a concentração

energética da dieta e pode deprimir o consumo de matéria seca pelo animal. O ENN, calculado por diferença, $ENN=100-(PB+EE+FB+Cinzas)$, deveria representar os carboidratos de alta degradabilidade no rúmen. Quimicamente o ENN deveria representar amido, em dietas à base desta planta, sacarose, em dietas à base de cana-de-açúcar, ou pectina, em dietas com alta inclusão de polpa cítrica, citando apenas exemplos prevalentes em nossas fazendas leiteiras. A digestibilidade da FB deveria ser sempre inferior à digestibilidade do ENN.

No entanto, existem várias evidências experimentais mostrando maior digestibilidade da FB comparativamente ao ENN. Este fato inviabiliza o uso deste nutriente como indicador de qualidade dietética. Isto decorre do fato da técnica laboratorial de FB não representar todos os carboidratos de degradação lenta presentes no alimento, ou seja, parte da fibra pode ser computada como ENN. Nem tudo era perfeito no método de Weende criado em 1860.

Sendo assim, Van Soest (1965) propôs a divisão dos componentes da amostra analisada em diversas frações constituintes **das forrageiras**, por meio de reagentes específicos, denominados detergentes. Por meio do detergente é possível separar o conteúdo celular (parte da forragem solúvel no detergente neutro formada, principalmente, de proteínas, gorduras, carboidratos solúveis, pectina e outros constituintes solúveis em água) e da parede celular (parte da forragem insolúvel em detergente neutro), também chamada de Fibra em Detergente Neutro (FDN). Esta é constituída basicamente por celulose, hemicelulose, lignina, proteína danificada pelo calor, proteína da parede celular e minerais.

Dando continuidade ao fracionamento Van Soest (1967), propôs a criação de um detergente ácido específico capaz de solubilizar o conteúdo celular, a hemicelulose e os minerais solúveis, além da maior parte da proteína insolúvel, obtendo-se um resíduo insolúvel denominado de Fibra em Detergente Ácido (FDA). Esta é constituída, principalmente, por celulose e lignina, de proteína danificada pelo calor, parte da proteína da parede celular e de minerais insolúveis.

A única inovação neste sistema adotado pela indústria da nutrição animal foi a substituição da mensuração de FB pela mensuração da FDN. Foi assim criado o que conhecemos como sistema de Van Soest. "Considero que Van Soest só não foi um Einstein porque escolheu trabalhar com ruminantes" (Pereira, 2007). Por este sistema os carboidratos não fibrosos (CNF), de degradação rápida no rúmen, são calculados semelhantemente ao antigo ENN, $CNF=100-(PB+EE+FDN+Cinzas)$. A relação FDN/CNF é um bom indicador do

potencial de digestão de determinada dieta ou alimento. Dietas com baixo FDN são frequentemente de alta digestibilidade. A digestibilidade da matéria orgânica em uma dieta com baixo conteúdo de gordura, típica dos ruminantes, é próximo ao valor dos Nutrientes Digestíveis Totais, o NDT, uma medida energética antiga e ao mesmo tempo mais atual do que nunca, devido às novas metodologias de cálculo desta variável propostas pelas mais recentes normas alimentares para vacas leiteiras, o NRC (2001). O NRC preconiza que o NDT pode ser estimado através do conhecimento das digestibilidades verdadeiras dos carboidratos não fibrosos (CNF), da proteína bruta (PB), dos ácidos graxos (AG) e da fibra em detergente neutro (FDN), como sendo: $NDT (\%) = CNFD + PD + (AGD \times 2,25) + FDND - 7$.

De acordo com Mertens (1992), a FDN é altamente correlacionada com a ingestão de matéria seca (MS) enquanto que a FDA está intimamente relacionada com a digestibilidade da matéria seca. Supondo que se vá fornecer suplemento volumoso no cocho para animais em pastejo, devido à escassez de forragem no pasto provocado pela estiagem. O volumoso que será fornecido será o capim elefante picado que apresenta 80% FDN e 55% FDA na matéria seca., sendo dessa forma considerado um capim de má qualidade. Devido a esta grande quantidade de FDN presente no volumoso (80%), os animais iriam ter seu consumo reduzido devido ao rápido enchimento ruminal que esse volumoso iria proporcionar aos mesmos. Ainda com a rápida sensação de saciedade obtida a partir do consumo do volumoso os animais necessitariam de um maior tempo de ruminação para que o alimento pudesse passar para os demais compartimentos do trato digestório. Isso se deve ao fato do volumoso possuir 55% de FDA, ou seja, a maior parte da fibra presente no alimento ser, basicamente, de celulose associada à lignina o que faz com que a digestibilidade da matéria seca seja potencialmente reduzida e conseqüentemente de todos os nutrientes nela contida.

As implicações oriundas dos teores de FDN e FDA em uma dieta para os ruminantes estão ligadas à qualidade do alimento que está sendo fornecido e a capacidade de utilização dos nutrientes contidos no mesmo pelo animal. Cerca de 50 a 80% da matéria seca das forrageiras e cereais são compostas por carboidratos, sendo suas características nutritivas dependentes das suas composições em açúcares, ligações e demais fatores de natureza físico-química (Figura 5). Assim os carboidratos são divididos em não estruturais (CNE) e em estruturais (CE) (Van Soest, 1994). Atualmente, estes vêm sendo chamados de carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos fibrosos (CF), respectivamente.

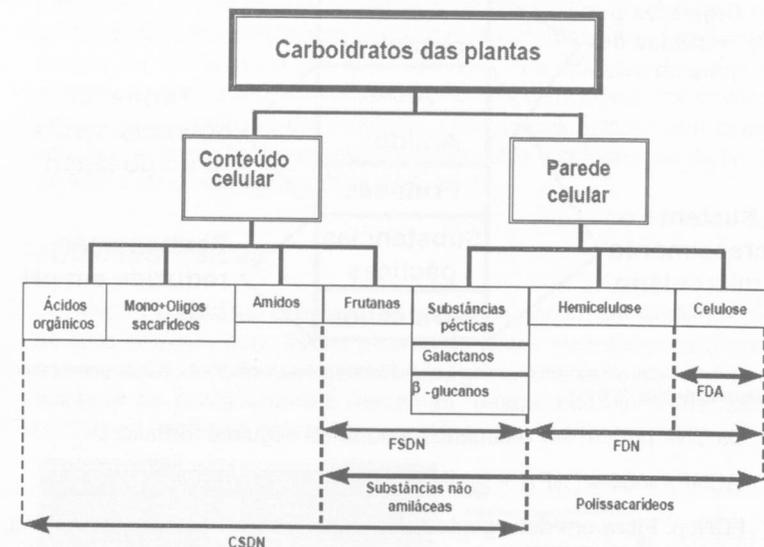


Figura 5. Carboidratos das plantas. FDA = fibra em detergente ácido, FDN = fibra em detergente neutro, CSDN carboidratos solúveis em detergente neutro, FSDN = fibra solúvel em detergente neutro, Açúcares = mono e oligossacarídeos. Lignina em FDA e FDN não está incluída porque ela não é um carboidrato (Adaptado de Hall, 2001).

Segundo Hall (2001), um ponto fraco do cálculo de CNF é que ele coloca todos os carboidratos solúveis em detergente neutro (CSDN) em um único pool. Este grupo, nutricionalmente diverso, inclui tanto carboidratos estruturais (parede celular), como carboidratos não estruturais (conteúdos celulares), conforme mostrado na Figura 5, e carboidratos fibrosos e não fibrosos (Figura 6). A fibra, neste caso é definida, nutricionalmente, como carboidrato não digestível por enzimas de mamíferos. As únicas ligações de carboidratos que as enzimas de mamíferos hidrolisam são aquelas encontradas na sacarose, amido e lactose, deixando todos os outros carboidratos polimerizados indigestíveis, exceto por microrganismos.

Nutricionalmente os carboidratos são agrupados em função da taxa de degradabilidade ruminal, mas, pela sua heterogeneidade, poderiam ser agrupados de diversas formas, como por exemplo, em função da digestão pelo animal ou pelos microrganismos do rúmen, pela sua habilidade em dar suporte ao crescimento microbiano, pelo potencial de fermentação a ácido láctico no rúmen e a depressão da sua fermentação a pH baixo (Hall, 2000).

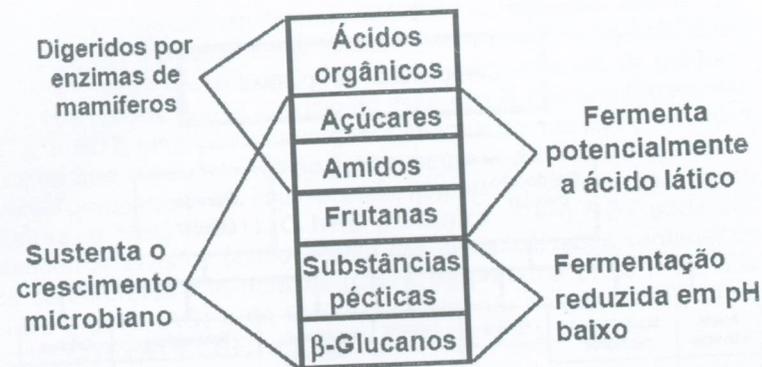


Figura 6. Características nutricionais de carboidratos solúveis em fibra em detergente neutro (Adaptado de Hall, 2001).

Os CNF podem ser estimados a partir da seguinte fórmula:

$$\% \text{CNF} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{MM} + \% \text{EE} + \% \text{FDNcp})$$

FDNcp: Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, obtidos a partir da quantificação dos teores de nitrogênio e cinzas no resíduo da análise da FDN)

Os CF, por sua vez, são representados pelos carboidratos presentes na parede celular como a celulose, hemicelulose, pectina galactana e beta-glucanos, podendo ainda na parede celular serem encontrados componentes químicos de natureza diversas dos carboidratos, tais como tanino, nitrogênio, lignina, sílica e outros. A lignina apesar de não ser um carboidrato fibroso e sim um composto fenólico, atua de forma inibitória à utilização desses, impedindo-os de serem degradados, através do mecanismo de complexação lignina e carboidratos.

Ácidos orgânicos, particularmente de alimentos fermentados não tendem a sustentar o crescimento microbiano (Jaakkola & Huhtanen, 1992). Açúcares, amido (Strobel & Russell, 1986) e frutanas (Ziolecki et al., 1992) podem ser fermentados a ácido láctico e podem continuar a fermentar em pH ruminal baixo (Strobel & Russell, 1986), embora substâncias pécnicas possam sofrer redução marcante em sua fermentação nessa mesma condição de pH ruminal. Quando o amido é fermentado, os microrganismos tendem a produzir, relativamente, mais propionato, enquanto que mais acetato a partir de substâncias pécnicas e mais butirato a partir de sacarose (Strobel & Russell, 1986). Não importa a fonte de carboidrato, seu efeito no pH ruminal será mais potencialmente relacionado à sua taxa de fermentação e taxa de produção de ácidos orgânicos (Malestein et al., 1984; Leiva et al., 2000). Desta forma a manipulação da fermentação

através da fonte de carboidrato solúvel pode causar mudanças na proporção dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC anteriormente chamado AGV) produzidos no rúmen que influenciará os resultados de teor de gordura, produção de leite assim como o padrão de crescimento animal. Estas respostas podem ser obtidas uma vez que diferenças nos produtos da fermentação proporcionam ao animal diferentes quantidades de nutrientes metabolizáveis, onde a predominância de nutrientes glicogênicos (propionato) contra os lipogênicos (acetato) devem afetar a quantidade e composição da produção de leite e do crescimento animal (Hall, 2000).

Análises físicas

Além das análises químicas, os alimentos podem ser avaliados quanto às suas características físicas através de testes microscópicos (Figura 7), determinação do valor energético bruto, granulometria, secagem, torração, excesso de contaminantes (escamas, ossos, chifres, pêlos, sangue, cartilagens, materiais estranhos), densidade, cor e odor.

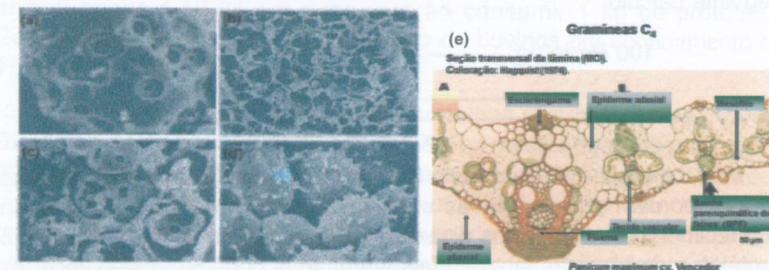


Figura 7. Életrons-micrografia de varredura de grânulo de amido de milho após 4 h (a) e 12 (b) de incubação com *Streptococcus bovis* 26, (c) após 24 h de incubação com *Ruminococcus amylophilus* 70, e (d) grânulo de amido de trigo incubado por 72 h com *S. bovis*. Fonte: McAllister et al. (1990). (e) Lâmina de *Panicum maximum* var. vencedor (Lempp, 2007).

Análises biológicas

Outra forma de avaliação dos alimentos pode ser realizada através dos testes biológicos. Entre os testes biológicos possíveis de serem realizados, podem ser citados o valor biológico de proteínas, valor energético dos alimentos, ensaios de degradabilidade e digestibilidade, biodisponibilidade de nutrientes, ensaios de desempenho animal e pela avaliação dos efeitos dos fatores anti-nutricionais presentes nos alimentos.

Avaliação protéica dos alimentos

As proteínas são constituídas de aminoácidos que são classificados em essenciais e não essenciais. Sua qualidade depende de sua composição em aminoácidos, sendo assim, vários termos são utilizados