

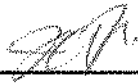
UTILIZAÇÃO DO FARELO DE ARROZ INDUSTRIAL.

COMPOSIÇÃO E VALOR NUTRIFICANTE

EM DIETAS RECUPERATIVAS

33/91

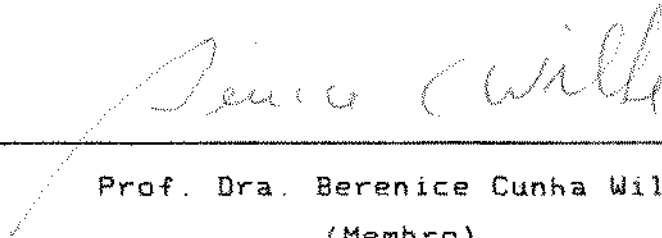
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Jaime Amaya-Farfán
(Orientador)



Prof. Dr. Admar Costa de Oliveira
(Membro)



Prof. Dra. Berenice Cunha Wilke
(Membro)



Prof. Dra. Maria Antonia Martins Galeazzi
(Membro)

²⁰
Campinas, Dezembro de 1991

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Parecer

Este exemplar corresponde a redação
final da Tese defendida por Hilda
Rosa Torin e aprovada pela Comissão
Julgadora em 20.12.91.



UTILIZAÇÃO DO FARELO DE ARROZ INDUSTRIAL. COMPOSIÇÃO E
VALOR NUTRIFICANTE EM DIETAS RECUPERATIVAS

HILDA ROSA TORIN

BIOLOGO

ORIENTADOR: PROF. DR. JAIME AMAYA-FARFÁN

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de
Mestre em Ciência da Nutrição.

1991

À minha mãe

À minha maravilhosa família

Aos meus amigos

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Jaime Amaya-Farfán pelo seu constante apoio e confiança durante a orientação deste trabalho e principalmente pela sua qualidade humana.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)/Coordenadoria de Cooperação Internacional, pela Bolsa de Estudos concedida dentro do convenio PEC/PG. E à Pro-reitoria de Pós-graduação da UNICAMP que através da Sra. Valeria Duarte de Souza manteve um constante acompanhamento do referido convenio.

Ao Fundo de Apoio ao Ensino e à Pesquisa da Universidade Estadual de Campinas (FAEP) pelo auxílio financeiro concedido para a culminação deste trabalho.

À Sra. Eliethe de Carvalho pela valiosa colaboração no trabalho do Biotério.

À Carla de Marco, Liana Dawood e Cristina Ferreira, pelo apoio no Laboratório.

Ao Dr. Werner Jaffé e Dra. Dinah Sharon de Seidl da "Universidad Central de Venezuela" pelo assessoramento e constante estímulo.

Ao Dr. Juscelino Tovar (Universidad Central de Venezuela; University of Lund) pelo fornecimento de material para a determinação da fibra alimentar.

Aos meus colegas Margareth, Marcio, Paula, Torquato, Cecilia, Ricardo, Ivan e Marie por terem sido grandes companheiros.

À Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação, pelo fornecimento das cópias deste trabalho.

A Liliana Castro, Gustavo Marcano, Miriam Salas, Caroline Steel, e Conceição Braide pelo apoio e amizade.

À família Álvarez-Domene que com todo carinho sempre me fizeram sentir em casa. Em especial a Semíramis por ter sido mais do que uma grande amiga, uma irmã.

Ao Brasil por ter sido durante estes anos minha casa e minha segunda patria.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABELAS	11
ABSTRACT	14
RESUMO	17
1.- INTRODUÇÃO	21
2.- REVISÃO DA LITERATURA	25
2.1.- O farelo de arroz	25
2.2.- Algumas considerações sobre os requerimentos nutricionais do rato	32
2.2.1.- Fases do crescimento	32
2.2.2.- Requerimento de proteínas	33
2.2.3.- Requerimento de lipídios	34
2.2.4.- Requerimento de carboidratos	35
2.2.5.- Requerimento de energia	36
2.2.6.- Requerimento de vitaminas	37
2.2.6.1.- Vitamina A	38
2.2.6.2.- Vitamina E	39
2.2.6.3.- Niacina	39
2.2.6.4.- Riboflavina	40
2.2.6.5.- Tiamina	41
2.2.6.6.- Vitamina B ₆	41
2.2.6.7.- Vitamina B ₁₂	42
2.2.7.- Requerimento de minerais	42
2.2.7.1.- Cálcio e fósforo	43
2.2.7.2.- Cobre	44

2.2.7.3.- Magnésio.....	45
2.2.7.4.- Manganês.....	46
2.2.7.5.- Ferro.....	47
2.2.7.6.- Zinco.....	47
2.2.7.7.- Selênio.....	48
2.2.7.8.- Níquel.....	48
3.- MATERIAL E MÉTODOS.....	50
3.1.- Material.....	50
3.1.1.- Dietas e Ingredientes.....	50
3.1.1.1.- fontes protéicas.....	50
3.1.1.2.- óleo.....	50
3.1.1.3.- Mistura vitamínica.....	50
3.1.1.4.- Mistura salina.....	52
3.1.2.- Reagentes.....	52
3.1.3.- Animais.....	52
3.2.- Métodos.....	54
3.2.1. Fatores Tóxicos.....	54
3.2.1.1.- Análise para aflatoxinas.....	54
3.2.2.- Fatores Antinutricionais.....	54
3.2.2.1.- Fitatos.....	54
3.2.2.2.- Extrato protéico.....	55
3.2.2.3.- Atividade do inibidor de tripsina.....	55
3.2.2.4.- Lectinas.....	56
3.2.3.- Determinações Químicas.....	56
3.2.3.1.- Composição centesimal.....	56
3.2.3.2.- Fibra alimentar.....	57

3.2.3.3.- Minerais	58
3.2.3.4.- Aminoácidos	59
3.2.4.- Ensaio Biológicos.....	59
3.2.4.1.- Quociente de eficiência protéica (PER).....	59
3.2.4.2.- Dietas para determinar o efeito da proporção de farelo de arroz na mistura farelo de arroz/arroz polido no crescimento de ratos recém-desmamados	60
3.2.4.3.- Estudo do melhoramento da qualidade e quantidade protéica de uma dieta de arroz polido e farelo arroz usando-se caseína como complemento.....	61
3.2.4.4.- Avaliação da adição de vitaminas e minerais a dietas a base de arroz polido e farelo de arroz	64
3.2.4.5.- Dietas para avaliar a capacidade recuperativa do farelo de arroz	66
3.2.4.6.- Ensaio de gestação e aleitamento	67
3.2.5.- Tratamento estatístico.....	69
4.- RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
4.1.- Fatores Antinutricionais	71
4.1.1.- Aflatoxinas	71
4.1.2.- Fitatos.....	71
4.1.3.- Inibidores de Tripsina e Lectinas.....	73
4.2.- Determinações Químicas.....	74
4.2.1.- Composição Centesimal.....	74
4.2.2.- Fibra Alimentar.....	78
4.2.3.- Minerais	82

4.2.4.-	Aminoácidos.....	87
4.3.-	Ensaio Biológicos	90
4.3.1.-	Quociente de Eficiência Protéica (PER)	90
4.3.2.-	Determinação do efeito da proporção de farelo de arroz na mistura farelo de arroz/arroz polido no crescimento de ratos recém-desmamados.....	90
4.3.3.-	Melhoramento da qualidade e da quantidade protéica de uma dieta de arroz polido e farelo de arroz usando-se caseína como complemento	94
4.3.4.-	Avaliação da adição de vitaminas e minerais a dietas a base de arroz polido e farelo de arroz	100
4.3.5.-	Avaliação da capacidade recuperativa do farelo de arroz.....	105
4.3.6.-	Ensaio de gestação e aleitamento.....	110
5.-	CONCLUSÕES	118
6.-	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
ADENDO 1	143
ADENDO 2	145
ADENDO 3	146
ADENDO 4	147

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. - Curvas de crescimento de 5 grupos de ratos recém desmamados alimentados durante 21 dias, mostrando o efeito da adição de vitaminas e minerais a dietas a base de arroz branco e farelo de arroz. Um grupo alimentado com dieta não purificada de fórmula fechada (DNPFF) é apresentado para comparação101

Figura 2. - Poder recuperativo do farelo de arroz. Curvas de crescimento de 6 grupos de animais, com os seguintes tratamentos:

a.- Grupos alimentados durante 21 dias com as dietas R-0 e R-1 após um período inicial de 14 dias com a dieta basal.

b.- Grupos alimentados durante 21 dias com as dietas R-2 e R-3 após um período inicial de 14 dias com a dieta basal.

c.- Grupos alimentados durante 21 dias com as dietas R-4 e R-5 após um período inicial de 14 dias com a dieta basal.

.....106

Figura 3. - Poder recuperativo do farelo de arroz. Relação entre a variação de peso corporal e o consumo de alimento por animal por dia de 6 grupos de animais alimentados inicialmente com uma dieta basal por 14 dias e logo depois alimentados com diferentes dietas experimentais.....109

Figura 4. - Taxa de crescimento individual dos grupos de filhotes do experimento de gestação e aleitamento descrito nas Tabelas 7 e 17.....116

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.- Composição da mistura vitamínica utilizada na elaboração das dietas.....	51
Tabela 2.- Composição da mistura mineral utilizada na elaboração das dietas.....	53
Tabela 3.- Composição das dietas preparadas para determinar o efeito da proporção de farelo de arroz na mistura farelo:arroz polido no crescimento de ratos recém-desmamados.....	62
Tabela 4.- Composição das dietas preparadas para o estudo do melhoramento da qualidade e quantidade protéica de uma dieta de arroz polido e farelo de arroz, usando-se caseína como suplemento.....	63
Tabela 5.- Composição das dietas preparadas para avaliar o efeito da adição de vitaminas e minerais a dietas a base de arroz polido e farelo de arroz.....	65
Tabela 6.- Composição das dietas preparadas para o ensaio de avaliação da capacidade recuperativa do farelo de arroz.....	68
Tabela 7.- Composição das dietas elaboradas para o ensaio de	

gestação e aleitamento.....	70
Tabela 8.- Composição centesimal dos diferentes lotes de arroz branco polido, farelo de arroz e dieta não purificada de fórmula fechada (DNPF) utilizados nos ensaios biológicos.....	75
Tabela 9.- Conteúdo em fibra alimentar insolúvel, solúvel e total dos diferentes lotes de farelo de arroz (g/100 g).....	79
Tabela 10.- Composição em Fe, Cu, Mn e Zn dos diferentes lotes de farelo de arroz e do arroz branco polido ($\mu\text{g/g} \pm \text{EP}$).....	83
Tabela 11.- Composição aminoacídica (g/16 g N) e escore químico das fontes protéicas utilizadas para a elaboração das dietas.....	88
Tabela 12.- Quociente de eficiência protéica (PER) do farelo de arroz e caseína e percentagem de proteína nas dietas elaboradas para este ensaio.....	91
Tabela 13.- Efeito da proporção de farelo de arroz da mistura farelo:arroz polido no crescimento de ratos recém-desmamados.....	93

Tabela 14.— Estudo do melhoramento do nível protéico de uma dieta de arroz polido complementada com farelo de arroz usando-se caseína até 16 % de proteína..... 95

Tabela 15.— Efeito da adição de vitaminas e minerais a uma dieta basal previamente complementada com farelo de arroz, na taxa de crescimento e no consumo alimentar de ratos recém-desmamados. A performance dos animais com uma dieta não purificada de fórmula fechada (DNPF) é apresentada para comparação..... 102

Tabela 16.— Conteúdo protéico das dietas, variação de peso/animal/dia e consumo de alimento/animal/dia nos ensaios de avaliação da capacidade recuperativa do farelo de arroz..... 107

Tabela 17.— Ensaio de gestação e aleitamento. Seis grupos de fêmeas adultas foram acasaladas e logo depois alimentadas com dietas experimentais contendo arroz polido e diversos suplementos até o desmame. Um grupo alimentado com uma dieta não purificada de fórmula fechada é apresentado para comparação..... 111

ABSTRACT.

The present study addresses some basic nutritional properties of rice bran by means of chemical analyses and the growth of weaned rats as well as female rats during gestation and nursing.

The raw material, which was negative to the Romer aflatoxin screening test, exhibited negligible antitryptic and haemagglutinating activities. Elevated concentrations (about 5 %) of phytic acid were nonetheless found.

The bran was approximately 13 % protein, 31 to 34 % dietary fiber of which 3 to 4 % was soluble. Of the total ash content (8 %), 89, 134, 19 and 194 $\mu\text{g/g}$ were Zn, Mn, Cu and Fe, respectively, sufficient to meet the rat's requirements in all diets prepared.

The protein showed a chemical score of 62.7 with lysine as the first limiting amino acid and a PER value of 2.86 against 3.40 for casein.

Using a basal diet of polished rice, varying the level of bran in the diet between 30 and 70 % brought no appreciable effect in the growth rate of the animal. Likewise, improving both quality and quantity of the protein by isocaloric additions of casein to a polished rice-bran diet containing 8 % up to the level of 16 % protein, suggested

that classes of nutrients other than the proteins have priority in determining the limiting nutritive factors of the rice bran.

An estimate of the relative value of the vitamins and mineral classes of nutrients was obtained through an experiment with weanling rats fed the following diets for a period of 21 days: white rice with 8 % oil (B), B + bran (BF), BF + mineral mixture (BFMD), BF + vitamin mixture (BFV) and BF + both mixtures (BFMV). Ratios between growth rates and feed consumption which, correspondingly were 0.06; 0.12; 0.20; 0.19 and 0.24, showed that the only non-significant difference was that between BFM and BFV. The nutritive value of the bran appeared to be limited by about 50 % of its maximum potential due to the poor contributions of these two classes of nutrients, which were additive but in a non-linear fashion.

In order to evaluate the recovering power of the bran, six groups of weanling rats were first given the white rice basal diet (B) for 14 days. On the fifteenth day, the groups started to be fed the following diets for 21 days: R-0 (B); R-1 (B + mineral + vitamin mixtures); R-2 (B + bran); R-3 (R-2 + mineral + vitamin mixtures); R-4 (B + casein) and R-5 (R-4 + mineral + vitamin mixtures). The growth rates observed

(g/rat/day) 0.85 (B, during depletion), -0.17 (R-0), 2.25 (R-1), 1.00 (R-2), 3.39 (R-3), 0.16 (R-4) and 5.40 (R-5), showed that although the brans exhibits a certain ability to recover the animals from a nutritional stress, supplementation of the basal diet with only minerals and vitamins, yielded an average weight of 2.25 g/rat/day, against the zero or slightly negative increment obtained with white rice. On other hand, supplementing the bran with both the mineral and vitamin mixtures brought about a 50 % improvement in the rate of growth.

Using the rate of growth of the lactating younglets as a measure of the quality of the diet fed to the dams, it was shown that by supplementing the basal diet with 33 % bran the quality improved 148 % (from 0.52 to 1.29 g/offspring/day). Further enrichment of the latter with both mineral and vitamin mixtures, however, resulted in a growth rate (1.38 g/offspring/day) which was not significantly different from the above. The latter two rates were 77.7 and 83 %, respectively, of that of a control group fed the basal + casein + mineral + vitamins.

Key-words: *Oriza sativa* L., rice bran, nutritive value.

RESUMO.

O presente trabalho teve como objetivo estudar algumas propriedades nutricionais do farelo de arroz através de análises químicas e ensaios de crescimento em ratos recém-desmamados e ratas em gestação e aleitamento.

A matéria-prima, negativa ao teste de aflatoxinas de Romer mostrou níveis insignificantes de atividade antitriptica e hemaglutinante. Entretanto, elevadas concentrações de ácido fítico (5 %) foram encontradas.

O farelo apresentou teores de aproximadamente 13 % de proteína; 31 a 34 % de fibra alimentar, da qual 3 a 4 % é fibra solúvel; 8 % de cinzas, sendo que Zn, Mn, Cu e Fe estão presentes em concentrações de 89, 134, 19 e 194 $\mu\text{g/g}$, respectivamente, suficiente para garantir os requerimentos do rato em todas as dietas preparadas.

A proteína do farelo apresentou escore químico de 62,7 sendo lisina o primeiro aminoácido limitante, e um quociente de eficiência protéica (PER) de 2,86 contra 3,40 da caseína.

O crescimento de animais recém-desmamados foi praticamente independente da proporção de farelo, que variou entre 30 e 70 %, utilizada para complementar uma dieta basal

de arroz branco. De igual forma, o melhoramento da quantidade e da qualidade protéica com aumentos crescentes de caseína em dietas isocalóricas, variando seu teor protéico entre 8 e 16 %, sugeriu que outras classes de nutrientes diferentes das proteínas têm prioridade na limitação do valor nutritivo do farelo.

Com o objetivo de avaliar a importância relativa entre as classes vitamínica e mineral, projetou-se um experimento com ratos recém-desmamados, que foram alimentados durante 21 dias com uma das seguintes dietas: arroz branco com 8 % de óleo (B), B + farelo (BF), BF + mistura mineral (BFM), BF + mistura vitamínica (BFV) e BF + as duas misturas (BFMV). As relações entre as taxas de crescimento e consumo alimentar foram, correspondentemente 0,06; 0,12; 0,20; 0,19 e 0,24, onde foi observado que somente a diferença entre BFM e BFV não foi significativa. Neste experimento o valor nutritivo do farelo está limitado em 50 % do seu potencial máximo pela deficiência de minerais e vitaminas e as contribuições destas duas classes de nutrientes são aditivas porém de forma não linear.

Na avaliação da capacidade recuperativa do farelo utilizaram-se 6 grupos de animais recém-desmamados que foram alimentados durante 14 dias com uma dieta basal (B) igual à

do ensaio anterior. Findo o período de estresse, os grupos passaram a receber as seguintes dietas por 21 dias: R-0 (basal); R-1 (B + mistura mineral + mistura vitamínica); R-2 (B + farelo); R-3 (R-2 + mistura mineral + mistura vitamínica); R-4 (B + caseína) e R-5 (R-4 + mistura mineral + mistura vitamínica), obtendo-se taxas de crescimento (g/rato/dia) de 0,85 (basal, período de depleção); -0,17 (R-0); 2,25 (R-1); 1,00 (R-2); 3,39 (R-3); 0,16 (R-4) e 5,40 (R-5). Estes resultados mostram que, embora o farelo de arroz possua um poder recuperativo em ratos jovens, a simples suplementação da dieta de arroz branco com as misturas mineral e vitamínica produziu um ganho de peso médio de 2,25 g/rato/dia contra um ganho nulo ou negativo obtido com o arroz polido. Por outro lado quando o farelo foi complementado com as misturas mineral e vitamínica a taxa de crescimento melhorou em 50 %.

O estudo da influência das diferentes dietas maternas no crescimento dos filhotes, através do ganho de peso dos mesmos indicou que a taxa de crescimento é melhorada em 148 % (0,52 para 1,29 g/animal/dia) com a simples complementação da dieta basal com 33 % de farelo. Posterior enriquecimento desta última com misturas vitamínica e mineral resultou em aumento da taxa de crescimento para 1,38 g/animal/dia o que foi

estatisticamente não significativo ($p < 0,05$). Estas duas últimas representam 77,7 e 83 % da taxa obtida para um grupo controle com a dieta basal + caseína + vitaminas e minerais, respectivamente.

Palavras chave: *Oriza sativa* L., farelo de arroz, valor nutritivo.

1.- INTRODUÇÃO

Fornecer macro e micronutrientes a uma população que cresce em ritmo acelerado é um objetivo que se torna cada vez mais difícil de ser alcançado perante o crescimento defasado da produção e disponibilidade de alimentos. Na atualidade, aproximadamente a metade da população mundial está sub-alimentada. Este fato se faz mais preocupante quando considerarmos que nas últimas duas décadas do século XX a população mundial aumentará de 4 para 6 bilhões de habitantes (HANSEN *et al*, 1981; SEIDL & JAFFÉ, 1983), estimando-se ainda que 90% deste aumento ocorrerá nos países mais pobres, enquanto que a produção mundial de alimentos só aumentará em 2.2 %.

Estas predições são alarmantes já que sérias e freqüentes crises de abastecimento poderão acontecer no mundo inteiro, sendo que os grupos mais atingidos serão os das diversas faixas etárias da população infantil, que são os mais frágeis devido aos requerimentos típicos e inadiáveis do crescimento e desenvolvimento.

Enquanto que muitos grupos populacionais preferem consumir dietas ricas em proteína animal, o custo elevado e a disponibilidade limitada das proteínas animais, obriga à maioria da população das nações do terceiro mundo a

substituir largamente as proteínas animais com alimentos de origem vegetal, como são os cereais e leguminosas.

Sob o ponto de vista econômico e nutricional, as necessidades destes grupos podem ser satisfeitas em grande parte pela utilização de alimentos tradicionais de origem vegetal. Dentre as proteínas vegetais que oferecem mais perspectivas para cobrir as demandas atuais e futuras, temos as leguminosas e os cereais. Dos cereais por sua vez, um que oferece grandes benefícios é o arroz (*Oriza sativa*, L.) que é um dos principais cereais do mundo e é produzido em todos os continentes (ADAYR, 1972). Este gênero tem cerca de 25 espécies, sendo a *Oriza sativa* a de maior importância agrícola.

O grão de arroz, está contido dentro de uma casca silícica e lignocelulósica. O primeiro passo do beneficiamento é a remoção da casca para se obter o arroz marrom ou integral. Na segunda etapa se faz um polimento onde a camada marrom (composta pelo pericarpo ou testa, aleurona e parte do endosperma) e o germen são removidos por um processo abrasivo obtendo-se o arroz polido. As camadas marrons e o germen obtidos no polimento constituem o farelo do arroz.

O fato de o farelo de arroz possuir características

químicas de importância nutricional, devido aos teores relativamente elevados de proteínas e vitaminas, principalmente do complexo B (CAGAMPANG *et al.*, 1966; GUERRA & JAFFÉ, 1975), sendo contudo utilizado apenas na alimentação animal, tem levado alguns pesquisadores e até industriais a considerarem esse resíduo da agroindústria como sub-utilizado. Dado também o seu baixo custo e grande produção no país, é justificável se pensar em uma melhor utilização, talvez como complemento alimentar na alimentação humana, desde que seja comprovada a sua eficácia como fonte de nutrientes, normalmente adquiridos pela população através de alimentos nobres.

Os farelos de arroz e trigo estão sendo utilizados na suplementação da alimentação em trabalhos sociais desenvolvidos com populações carentes de algumas localidades da região amazônica e até de centros urbanos no Brasil (Dra. Clara Terko Takaki Brandão, comunicação pessoal), principalmente na recuperação de crianças gravemente desnutridas e como complemento alimentar de lactantes, ainda que sem suficiente base nutricional de caráter científico.

A preocupação com este tipo de propostas levou ao delinearmento deste trabalho que visa, através de análises químicas e ensaios biológicos, estudar a adequação das

necessidades em vitaminas e minerais para um animal monogástrico como o rato, usando-se o farelo de arroz como complemento. A partir da interpretação desses resultados, espera-se reunir subsídios científicos que esclareçam industriais, autoridades da saúde e público em geral quanto às propriedades nutricionais do farelo de arroz.

2. - REVISÃO DA LITERATURA

2.1. - O FARELO DE ARROZ

O grão de arroz está contido dentro de uma casca silícica a qual deve ser quebrada e removida durante o beneficiamento (KIK, 1956). Depois de seco o grão, o primeiro estágio do processo é a remoção da casca para obter o arroz marrom ou integral. Na segunda etapa, é feito um polimento em rolos de borracha onde a camada marrom (composta pelo pericarpo ou testa, aleurona e parte do endosperma) e o germen são removidos para obter o arroz branco. As camadas marrons e o germen obtidos do polimento constituem o farelo do arroz (PRIMO *et al.*, 1970; SPADARO *et al.*, 1980).

O rompimento accidental do grão durante o beneficiamento também resulta no aparecimento de pequenos fragmentos do endosperma que passam a formar parte do farelo. A contribuição desses fragmentos à composição do farelo é principalmente no amido que compreende entre 10 e 20 % do farelo. Assim, as quantidades de amido e outros nutrientes no farelo são de certa forma variáveis e dependem do grau de polimento e rompimento do endosperma que por sua vez, dependem do tipo de cultivar e do estado da matéria-prima (BARBER & BENEDITO DE BARBER, 1980; SAUNDERS, 1990).

No processamento, o arroz em casca ou arroz "paddy" recebido no engenho é pesado, limpo por aspiração e peneirado para separar alguns contaminantes como ervas, pó, terra, sementes estranhas, etc. Depois a matéria prima passa às secadoras onde é acondicionada através de correntes de ar frio e quente. No primeiro secador, o arroz é levado até 17% de umidade, passa a um tanque de repouso onde permanece por 12 horas, depois entra no segundo secador que o leva a 12% de umidade.

O arroz não é descascado antes de 30 dias após a secagem para evitar a quebra durante o processo. O arroz descascado passa às três polidoras que, por atrito, separam as camadas externas que cobrem o grão. Através de um aspirador o farelo ou pó dos polimentos cai em um depósito e o arroz semi-polido continua passando através das outras polidoras. Após o polimento, o arroz é classificado pelo seu tamanho em arroz de primeira (tipo 1), segunda (tipo 2), e terceira (tipo 3). Os pós combinados dos três polimentos que constituem o farelo industrial, podem passar por um processo de extrusão para destruir a atividade de lipase e lipoxigenase, que são responsáveis pela rancidez dos lipídios desse subproduto (GUERRA & JAFFÉ, 1975).

Vários autores têm encontrado que o farelo de arroz

apresenta uma composição química e valor nutricional superior ao do arroz branco. Tais autores referem valores de conteúdo protéico que variam entre 8 e 17 % (BARBER, 1971; BARBER & BENEDITO DE BARBER, 1973; GUERRA & JAFFÉ, 1975; TORTOSA & BENEDITO DE BARBER, 1978; SAUNDERS, 1990).

Como ocorre com outros cereais, na proteína do farelo de arroz o aminoácido limitante é a lisina, sendo que diferentes autores destacam o elevado conteúdo em aminoácidos sulfurados (HOUSTON, 1969; BARBER & BENEDITO DE BARBER, 1973; TORTOSA & BENEDITO DE BARBER, 1977). No referente à digestibilidade são reportados valores de 85 % (CIATA, 1977, apud TORTOSA & BENEDITO DE BARBER, 1977), 68 e 70 % (BARBER & BENEDITO DE BARBER, 1980) e 73 % (SAUNDERS, 1990). Na literatura também encontramos para o Quociente de Eficiência Protéica (PER) valores de 1,81 (KIK, 1956), 2,04 a 3,03 (GUERRA & JAFFÉ, 1975), 1,59 (CONNOR *et al.*, 1976), 1,92 (BARBER & BENEDITO DE BARBER, 1980) e 1,6 a 1,9 (SAUNDERS, 1990).

Para a composição vitamínica e mineral do farelo de arroz existem dados que indicam que o farelo é uma boa fonte de vitaminas do complexo B. Já em 1897, Eijkman cura beribéri em humanos mediante a substituição do arroz branco por arroz integral nas dietas. Posteriormente Jansen e Donath, em 1926, isolam do farelo o que eles chamam fator anti-beribéri;

logo depois em 1927, o British Medical Research Council propõe o termo de vitamina B₁ para o fator anti-beribéri encontrado no farelo de arroz (KUTSKY, 1973).

De igual maneira, o reconhecimento da presença da vitamina B₆ no farelo de arroz data de há muitos anos. Foi em 1938 quando Lepkousky conseguiu isolar do farelo, um fator similar ao extraído da levedura por Szent-Györgyi em 1934 para melhorar uma dermatite em ratos. Posteriormente em 1938 Kereszlesy e Stevens conseguem cristalizar do farelo de arroz a vitamina B₆ (THE VITAMINS, 1972).

O farelo de arroz responde por aproximadamente 78 % do conteúdo da tiamina, 47 % da riboflavina e 67 % da niacina do grão de arroz integral (SAUNDERS, 1990). Juliano (1972) e Kennedy e colaboradores (1975) dão valores para as diferentes vitaminas do farelo de arroz nas seguintes faixas: vitamina A 7000 UI/kg; tiamina 10-28 mg/kg; riboflavina 1,7-3,4 mg/kg; niacina 241-590 mg/kg; piridoxina 10-32 mg/kg; biotina 0,16-0,47 mg/kg; ácido fólico 0,50-1,46 mg/kg; vitamina B₁₂ 0,005 e vitamina E (dl- α -tocoferol) 149 UI/kg.

A concentração dos minerais no farelo de arroz assim como os outros constituintes do mesmo varia com o grau de polimento do arroz integral no processamento. Para os diferentes minerais determinados por vários autores

encontramos as seguintes faixas: cálcio 140-1310 mg/kg; ferro 130-530 mg/kg; magnésio 8650-12300 mg/kg; manganês 110-877 mg/kg; fósforo 14800-28680 mg/kg; potássio 13650-23960 mg/kg; sódio 0-29 mg/kg; zinco 80 mg/kg, cobre 0,37 mg/kg (McCALL *et al.*, 1953; JULIANO, 1972; FERRETI & LEVANDER, 1974). Destes valores podemos observar que o maior constituinte mineral do farelo de arroz é o fósforo, no entanto McCall e colaboradores (1953) assinalaram que 90 % deste fósforo está na forma de ácido fítico. O que é constatado por Erdman (1979) e Weber e Chaudhary (1987) que encontraram teores de fitatos próximos de 7 % . É importante destacar que o fósforo na forma de ácido fítico, não estando biodisponível (CLARKE, 1977) significa que do P encontrado no farelo, apenas 10 % estará teoricamente disponível.

Este teor elevado em ácido fítico é de grande importância nutricional devido à sua interferência na biodisponibilidade de minerais como o zinco, cálcio, magnésio, fósforo, ferro e níquel (CHAMPAGNE *et al.*, 1985; FRØLICH & ASP, 1985; VOHRA *et al.*, 1965; ERDMAN, 1979; CHERYAN, 1980; JULIANO, 1980).

A biodisponibilidade, tanto de minerais como de outros nutrientes, também pode ser afetada pela presença de fibras alimentares, Definidas por Trowell (1974) como

polissacarídeos vegetais mais a lignina, e elas são resistentes à hidrólise pelas enzimas digestivas do homem.

O consumo de fibras tem sido relacionado com propriedades fisiológicas benéficas como a manutenção do funcionamento normal do trato gastro-intestinal (SCHNEEMAN, 1987; TOMLIN & READ, 1988), prevenção de diverticulite, cancer do colon (CHANEY, 1986) e recentemente são vários os trabalhos que indicam o efeito das fibras do farelo de arroz na diminuição do colesterol total e fração de lipoproteína de baixa densidade (LDL) em humanos e ratos (KAHLON *et al.*, 1989; GERHARDT & GALLO, 1989, apud SAUNDERS, 1990; TOPPING *et al.*, 1990).

Por outra parte, alguns autores relatam que a fibra alimentar pode diminuir os níveis séricos de cálcio e ferro, assim como altas ingestas de fibra parecem estar associadas com diminuição na absorção de energia, nitrogênio e minerais (KELSAY, 1978). Drews e colaboradores (1979), trabalhando sobre as possíveis alterações que diferentes tipos de fibra poderiam produzir na utilização de minerais, encontraram que a suplementação da dieta de adolescentes com hemicelulose incrementava significativamente a excreção fecal de cobre, zinco e magnésio, fenômeno que não foi observado na suplementação com pectina. Stasse e colaboradores (1979)

encontraram resultados semelhantes para sódio, potássio, cálcio e magnésio.

Reinhold e colaboradores (1976), sugerem que a diminuição da disponibilidade de Zn, Fe e Ca do pão integral pode estar associada principalmente à fibra e não ao fitato. Os mesmos autores (1981, apud FRÖLICH & ASP, 1985) relatam que existe interferência na absorção de ferro na presença de farelo de trigo desfitinizado.

É importante considerar as observações feitas por Kelsay (1978) em uma revisão feita sobre os diferentes estudos realizados em humanos que, em alguns casos, são atribuídos às fibras alimentares efeitos benéficos enquanto que em outros os efeitos são negativos. A autora sugere que em alguns estudos as quantidades de fibra administradas têm sido inadequadas para produzir mudanças mensuráveis nos parâmetros estudados; por outro lado, o tempo de duração dos estudos às vezes não tem sido suficiente para notar qualquer tipo de efeito. A fonte de fibra e o tamanho da partícula são também fatores importantes e que nem sempre são considerados neste tipo de estudos. Portanto, é preciso ter cautela na análise dos resultados obtidos sobre os diferentes efeitos das fibras alimentares. A esse respeito, Nestel (1990) diz que a química da fibra é uma ciência recém desenvolvida e, portanto, os

efeitos metabólicos das frações isoladas e purificadas das fibras devem ser adequadamente definidos.

2.2. - ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE OS REQUERIMENTOS NUTRICIONAIS DO RATO

2.2.1. - Fases do Crescimento

Basicamente os animais crescem de duas maneiras: por um aumento no número de células ou por aumento de tamanho das mesmas. Winick em 1968 identificou uma seqüência do crescimento celular comum a todos os órgãos do corpo. Na primeira fase desta seqüência, o crescimento ocorre só pelo aumento do número celular. As células estão em duplicação e são aproximadamente iguais em tamanho. Esta fase de proliferação celular é chamada de hiperplástica. Na segunda fase a formação de células novas continua, e aquelas existentes começam a aumentar em tamanho, o que é chamado de hipertrofia. Assim, esta segunda fase é portanto hiperplástica e hipertrófica. Já a terceira fase é totalmente hipertrófica, não havendo formação de novas células, mas somente aumento do tamanho celular. A quarta fase é a maturidade, quando todo o crescimento celular é detido e há desenvolvimento na medida em que os sistemas enzimáticos são

elaborados e as funções celulares são integradas.

O rato tem um período gestacional normal de vinte e um dias. O crescimento hiperplástico da placenta se completa após dezessete dias. Durante toda a gestação todos os tecidos fetais têm aumento no número celular, muitos continuam a sua proliferação após o nascimento e até o desmame, mas certo tipo de células, como os neurônios do sistema nervoso central, deixa de se dividir antes do nascimento. Uma interferência na fase hiperplástica resultará em diminuição do número de células produzidas. Se a interferência for durante a hipertrofia, as células terão tamanho reduzido. Ambos os tipos de interferência provocarão uma diminuição no crescimento do animal (VERMEERSCH, 1980).

2.2.2.- Requerimento de Proteínas

Os requerimentos de proteína do rato estão influenciados diretamente pelo estado fisiológico, conteúdo calórico da dieta e pela composição aminoacídica e digestibilidade da proteína administrada.

A síntese protéica nos tecidos do rato, assim como de muitos outros animais superiores, ocorre somente quando o requerimento de todos os aminoácidos está coberto no momento de sua utilização. Os aminoácidos não são armazenados na

célula por longos períodos; assim, uma deficiência em um aminoácido pode afetar a utilização dos outros. Portanto, a proteína da dieta deve conter todos os aminoácidos essenciais nas proporções certas e ser facilmente digerível para garantir a disponibilidade dos aminoácidos para o animal (CLARKE et al., 1977).

Uma deficiência em proteínas na dieta do rato produz diminuição na ingesta e no ganho de peso, além de anemia, estro irregular e pobre reprodução, com possibilidade de reabsorção fetal. Durante a lactação o crescimento dos filhotes é baixo, quando a mãe está submetida a uma deficiência protéica (ROGERS, 1979). O National Research Council (1978) estabeleceu que a concentração de proteína na dieta, adequada para crescimento, gravidez e lactação do rato deve ser de 12 %; hoje o nível recomendado é de 20 % (KNAPKA, 1990).

2.2.3. - Requerimento de Lipídios

O fornecimento de ácidos graxos essenciais na dieta é indispensável para a síntese de lipídios das membranas celulares e tecidos. Por outra parte, os lipídios representam uma fonte calórica e são necessários para a absorção e utilização normal das vitaminas lipossolúveis (CLARKE et

al., 1977).

Entre as funções fisiológicas dos ácidos graxos essenciais estão a promoção do crescimento, prevenção de anormalidades cutâneas, manutenção de uma relação normal entre fosfolípidos e triglicerídios nos tecidos e formação de prostaglandinas (PUDELKWICZ *et al.*, 1968; SAMUELSSON, 1972 & SCHLENK, 1972, apud ROGERS, 1979).

As dietas para ratos geralmente contém entre 5 e 15 % de lípidos; o National Research Council (1978) sugere um nível mínimo de 5 %.

2.2.4. - Requerimento de Carboidratos

Os carboidratos são utilizados fundamentalmente como fonte energética. O tipo de carboidrato é importante na dieta; ratos com dietas deficientes em proteínas e vitaminas hidrossolúveis apresentam um crescimento melhor quando os carboidratos da dieta são de tipo insolúvel (amidos) que quando são solúveis (sacarose ou glucose). Isto é devido a que o amido pode estimular o crescimento da microflora intestinal, com incremento na síntese de vitaminas, as quais passam a ser disponíveis por coprofagia (HARPER & ELVEHJEM, 1957). O American Institute of Nutrition (REPORT, 1977) não recomenda dietas com alto conteúdo em sacarose por estas

serem cariogênicas.

A respeito da fibra alimentar esta inclui uma variedade de substâncias como gomas, pectina, celulose, hemicelulose, lignina e outros carboidratos não digeríveis (SELVENDRAN, 1987). Entre as várias propriedades de alguns tipos de fibras (insolúveis), está a capacidade de absorção de água o que produz um incremento no volume da massa fecal e na taxa de trânsito do produto da digestão através do trato intestinal (CLARKE *et al.*, 1977; KNAPKA, 1986).

Não tem sido estabelecido um requerimento de fibra absoluto para o rato, mas geralmente é incluído 5 % de fibras nas dietas (KNAPKA *et al.*, 1974).

2.2.5. - Requerimento de Energia

A energia requerida pelo rato é a soma dos requerimentos para manutenção, crescimento, gestação, lactação, atividade física, produção de calor e outras condições fisiológicas (ROGERS, 1979).

O organismo produz energia pela oxidação de glicídios, proteínas e lipídios. Os metabólitos resultantes destes três nutrientes podem participar do ciclo de Krebs. Em teoria o organismo pode produzir toda a energia que necessita a partir das proteínas e lipídios provenientes da dieta ou

armazenados nos tecidos. Os glicídios são utilizados preferencialmente pelas células e são necessários para fornecer intermediários do ciclo de Krebs, assim como as proteínas. A exclusão dos glicídios da dieta, no entanto, apresenta efeitos adversos. Uma vez que a produção de energia é de importância primordial, o organismo utilizará as proteínas para formar intermediários do ciclo do ácido cítrico e glicose, se as fontes pré-formadas não estiverem disponíveis, o que pode dificultar o crescimento (VERMEERSCH, 1980).

Durante a gravidez, os fatores que determinam os requerimentos energéticos são a atividade física e o aumento no metabolismo basal, para possibilitar o crescimento do feto e dos tecidos acessórios. O requerimento energético durante a gestação deve ser de 10 a 30 % maior que o das ratas não grávidas, e na lactação este requerimento é 2 a 4 vezes maior (BERG, 1966; PETERSON & BAUMGARDT, 1971; MENAKER & NAVIA, 1973).

2.2.6.- Requerimento de Vitaminas

As vitaminas são substâncias orgânicas que, em pequenas quantidades, são necessárias na dieta dos organismos vivos para o adequado crescimento, manutenção e reprodução.

São essenciais porque o organismo não pode sintetizá-las.

A maioria das vitaminas tem papel fundamental como componente de enzimas e coenzimas. A deficiência de uma ou várias vitaminas resulta normalmente na produção de doenças carenciais (LEHNINGER, 1981; CONN & STUMPF, 1985).

Os requerimentos de algumas vitaminas importantes para o rato são resumidos à seguir:

2.2.6.1.- Vitamina A

A vitamina A é requerida pelo rato para manutenção da pele e do epitélio respiratório, urinário, e do trato gastrointestinal, assim como para a função reprodutiva e visual.

Tem sido estabelecido um requerimento de vitamina A na dieta do rato para crescimento e manutenção de 4000 UI/kg. A deficiência de vitamina A no rato é manifestada por parada no crescimento assim como por falhas na reprodução. A deficiência de vitamina A produz diminuição na síntese de mucopolissacarídeos, levando isto a um ressecamento das células dos tecidos epiteliais e um excesso na queratinização ocorre nas células mucosais dos tratos respiratório, gastrointestinal e genito-urinário. Por outra parte há uma resistência diminuída a infecções, provavelmente devido a que

fisuras são facilmente produzidas nessas membranas queratinizadas, permitindo a entrada de microorganismos. (ROGERS, 1979; CHANEY, 1986).

2.2.6.2. - Vitamina E

A vitamina E é um antioxidante biológico que é requerido para várias funções fisiológicas, como manutenção do crescimento normal e do metabolismo muscular, e da integridade do sistema vascular e nervoso central, estruturas genitais, entre outras (CHANEY, 1986).

Deficiência de vitamina E no rato produz degeneração de tecidos reprodutivos, distrofia muscular e necrose do fígado (KUTSKY, 1973). O requerimento de Vitamina E no rato é de 30 UI/kg de dieta (NRC, 1978).

2.2.6.3. - Niacina

A niacina entra na constituição das piridina-nucleotídeos, isto é, na nicotinamida-adenina-dinucleotídeo (NAD^+) e no seu derivado, fosfato de nicotinamida-adenina-dinucleotídeo ($NADP^+$). Ambas em suas formas reduzidas ($NADH$ e $NADPH$) são coenzimas em numerosas reações enzimáticas de oxidações e reduções (De ANGELIS, 1979; LEHNINGER, 1981). Portanto, a niacina é

indispensável para o metabolismo energético e o bom funcionamento celular.

Deficiências em niacina não são frequentes devido a que ela pode ser sintetizada a partir do triptofano, sendo que aproximadamente 60 mg de triptofano rendem 1 mg de niacina. O requerimento do rato para niacina é 20 mg/kg de dieta se o triptofano estiver presente na concentração de 0,15 % (HARRIS & KODICEK, 1950, apud ROGERS, 1979).

2.2.6.4. - Riboflavina

A função metabólica principal da riboflavina ou vitamina B₂ é realizada através das suas formas coenzimáticas flavina-mononucleotídeo (FMN) e flavina-adenina-dinucleotídeo (FAD), coenzimas que são ligadas a várias enzimas importantes no organismo, catalizando reações de óxido-redução, de forma tal que elas intervêm diretamente na produção de energia (KUTSKY, 1973; De ANGELIS, 1979).

O requerimento de riboflavina é influenciado pelo tipo e nível de carboidrato na dieta, sendo que o amido diminui as necessidades por aumento da síntese intestinal de vitamina B₂.

Deficiências de riboflavina produzem complexos efeitos metabólicos: diminuição das flavoproteínas, da respiração

mitocondrial e da síntese de ATP. Os sintomas desta deficiência no rato são dermatite, alopecia, e atraso do crescimento. O requerimento para o crescimento é 2-3 mg/kg, para reprodução normal 3 mg/kg e 4 mg/kg durante a gestação (ROGERS, 1979).

2.2.6.5. - Tiamina

A tiamina, na forma de seu éster do ácido pirofosfórico a tiamina-pirofosfato (TPP) é a coenzima de uma série de reações enzimáticas de importância vital no metabolismo. Sua disponibilidade pode limitar a taxa com a qual a energia é produzida a partir da glicose. Isto é porque na série de reações que envolve a oxidação dos glicídios, o passo de ácido pirúvico a acetil-coenzima A depende de tiamina-pirofosfato (VERMEERSCH, 1980).

Anomalias do sistema nervoso, da capacidade reprodutiva, e perda de apetite e de peso são os sintomas característicos da deficiência de tiamina no rato (CHANEY, 1986). O requerimento de tiamina na dieta do rato é de 4 mg/kg (NRC; 1978).

2.2.6.6. - Vitamina B₆.

A vitamina B₆ ou piridoxina está relacionada com o

metabolismo de aminoácidos e síntese protéica. Na sua forma ativa, o fosfato de piridoxal é um cofator de enzimas conhecidas como transaminases, que transferem a porção contendo nitrogênio de certos aminoácidos para cetoácidos intermediários do ciclo de Krebs, para sintetizar aminoácidos não essenciais (VERMEERSCH, 1980).

Os requerimentos de vitamina B₆ aumentam na gravidez, principalmente pela maior necessidade de aminoácidos não essenciais. A necessidade de vitamina B₆ para crescimento e reprodução foi estabelecida em 6 mg/kg (NRC, 1978).

2.2.6.7.- Vitamina B₁₂

Indução isolada de deficiência de vitamina B₁₂ em ratos é difícil de se obter e o requerimento desta vitamina não está firmemente estabelecido. Sugere-se um conteúdo de 50 µg/kg de dieta, mas este requerimento varia com o conteúdo de colina, metionina e ácido fólico. A vitamina B₁₂ é sintetizada pela microflora e portanto se faz facilmente disponível por coprofagia (HOTZEL, 1967, apud ROGERS, 1979).

2.2.7.- Requerimento de Minerais

Os elementos minerais essenciais ou minerais que devem estar presentes na dieta do rato têm sido divididos em 3

grupos funcionais. No primeiro estão os eletrólitos sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloro e fosfato que estão relacionados com o balanço iônico e osmótico entre células, fluidos tissulares e plasma. No segundo grupo temos os minerais envolvidos na estrutura do esqueleto, principalmente cálcio e fosfatos, necessários em quantidades consideráveis durante crescimento e lactação. E no terceiro estão ferro, cobre, zinco, magnésio, iodo, cobalto e manganês, que são necessários nos procesos metabólicos intracelulares como parte das metaloproteínas e como cofatores (CLARKE et al., 1977).

Anomalias no crescimento, assim como na reprodução, anemia, funções neurológicas anormais e deformidades dos ossos e problemas cutâneos são frequentes quando há uma deficiência de minerais na dieta do animal (ROGERS, 1979). Os requerimentos específicos de alguns dos minerais importantes na dieta do rato apresentam-se a seguir:

2.2.7.1.- Cálcio e fósforo

O cálcio e o fósforo estão presentes nos ossos e dentes em altas concentrações. O Ca é requerido por muitas enzimas, também é requerido para o normal funcionamento das membranas, é essencial na coagulação sanguínea e para a transmissão

nervosa e a contração muscular (CHANEY, 1986).

O fósforo é constituinte dos ácidos nucléicos, proteínas, lipídios, carboidratos e compostos de alta energia.

A absorção e excreção de Ca e P é regulada por complexas interações de hormônios e vitamina D. Os requerimentos destes elementos são geralmente expressos em termos absolutos como uma relação de Ca para fósforo, sendo esta de 1:1,5 a recomendada para o crescimento e de 2:1 para manutenção do rato (DRAPER *et al.*, 1972).

Deficiências severas de cálcio resultam em retardo do crescimento, incremento na taxa do metabolismo basal, osteoporose, paralisia e hemorragia (BURG, 1966).

2.2.7.2. Cobre

O requerimento de cobre na dieta do rato é de 5 mg/kg (NRC, 1978). O rato requer cobre para síntese de hemoglobina, manutenção da cor do pelo, desenvolvimento do tecido nervoso central, dos ossos e tecidos elásticos. Bioquimicamente este micro-elemento é essencial para a atividade de várias enzimas.

O Cu é o grupo prostético de importantes metaloenzimas entre as quais estão a citocromo C oxidase, superóxido

dismutase, β -hidrolase da dopamina, tirosinase e lisil oxidase. Um dos sintomas de deficiência de cobre na dieta é a anemia hipocrômica, devida a um defeito no metabolismo do ferro (CHANEY, 1986). Existe a hipótese de que o Cu seja essencial para a absorção e mobilização do ferro até o local de síntese da hemoglobina. O ferro é absorvido e passa ao sangue como Fe^{+2} , no entanto a sua ligação à transferrina e o transporte aos órgãos hematopoéticos só é possível no estado de Fe^{+3} . A enzima ferroxidase que contém cobre é capaz de oxidar o ferro do estado ferroso ao férrico (CHANEY, 1986; SGARBIERI, 1987).

O'Dell e colaboradores (1961) encontraram que filhotes de ratas com deficiência de cobre foram anêmicos e apresentaram edema e hemorragias subcutâneas, o que resultou em viabilidade diminuída dos mesmos.

2.2.7.3. - Magnésio

O magnésio ativa a fosfatase alcalina e outras enzimas, incluindo as que utilizam ATP ou catalisam a transferência de fosfato, sendo também um ativador de sistemas que usam pirofosfato de tiamina como coenzima. Todas as funções do ATP, como transporte através de membranas, ativação de aminoácidos, síntese de proteínas, ácidos nucleicos,

gorduras, coenzimas, geração e transmissão dos impulsos nervosos, contração muscular e fosforilação oxidativa, são dependentes do magnésio. A síntese do DNA necessita do Mg (De ANGELIS, 1979).

A concentração na dieta recomendada é de 100 mg/kg para crescimento normal e de 400 mg/kg para a manutenção das concentrações sanguíneas normais (McALESSE & FORBER, 1961). Deficiências sérias de Mg resultam em morte embrionária e malformações (WINICK, 1970; HURLEY & COSNES, 1970, apud HURLEY, 1976). Redução da ingesta durante a gravidez e lactação afeta severamente tanto a mãe quanto aos filhotes, o ganho de peso é reduzido e a sobrevivência destes também diminui (WANG *et al.*, 1971; HURLEY *et al.*, 1976).

2.2.7.4. - Manganês

O requerimento de Mn para o rato é de aproximadamente 50 mg/kg de dieta (NRC; 1978). O manganês ativa a fosforilação oxidativa e é necessário para a formação dos mucopolissacarídeos, utilização da glicose, síntese e metabolismo dos lipídios, incluindo o colesterol, e para o desenvolvimento normal do pâncreas, a contração muscular, a prevenção de defeitos ósseos e da esterilidade (De ANGELIS, 1979).

Deficiência de Mn na dieta do rato resulta em crescimento diminuído, formação óssea anômala, falhas na reprodução e na lactação (HURLEY *et al.*, 1961).

2.2.7.5. - Ferro

O ferro tem grande número de funções no organismo, como componente da hemoglobina e mioglobina; e é requerido para o transporte de O_2 e CO_2 . O Fe também está envolvido em enzimas como oxidases, hidroxilases, desidrogenases e citocromos. Além da sua participação na biossíntese da hemoglobina, o ferro tem outras funções como, por exemplo, a estimulação do desenvolvimento do sistema nervoso (CHANEY, 1986; SCRIMSHAW, 1991).

Ratos com deficiência de ferro apresentam diminuição de hemoglobina, citocromos e mioglobina (ROGERS, 1979). O requerimento de ferro estabelecido é de 35 mg/kg de dieta (NRC; 1978).

2.2.7.6. - Zinco

A deficiência de zinco afeta a anidrase carbônica, desidrogenase láctica e fosfatase alcalina. A diminuição da atividade destas enzimas tem sido relacionada em parte com a diminuição da ingestão alimentar do zinco (HUBER & GERSHOFF,

1973). Também se produz retardo no crescimento, perda de pelo, atrofia testicular, e falha na reprodução.

O requerimento de zinco no rato, para um ganho de peso máximo, é de 12 mg/kg de dieta (NRC; 1978).

2.2.7.7. - Selênio

O Se tem função protetora antioxidante das membranas celulares. Ele está presente na glutathiona peroxidase, que transfere elétrons aos peróxidos de ácidos graxos, impedindo a sua ação oxidativa sobre os tecidos. A efetividade do Se e o seu requerimento dependem do conteúdo de vitamina E e aminoácidos sulfurados na dieta (NAS, 1972; De ANGELIS, 1979; CHANEY, 1986; SGARBIERI, 1987;).

Dietas deficientes em selênio produzem problemas na pele do rato e no crescimento de pelos; além disto o ganho de peso e a eficiência alimentar estão diminuídos (HURT *et al.*, 1971). É recomendada a adição de 0,1 mg/kg de selênio na dieta (NCR, 1971; SGARBIERI, 1987).

2.2.7.8. - Níquel

O níquel é essencial para o rato. Existem algumas hipóteses sobre a função biológica do Ni, uma delas estando relacionada com o funcionamento e estrutura das membranas.

Outra hipótese é que o Ni pode ter algum papel no controle hormonal. LaBella e colaboradores(1973, apud NIELSEN, 1976) indicaram que o níquel pode ser importante na regulação da prolactina, tendo assim um papel relevante na lactação.

3. - MATERIAL E MÉTODOS

3.1. - MATERIAL:

3.1.1. - Dietas e ingredientes: foram preparados diferentes tipos de dietas purificadas para cada um dos ensaios biológicos, utilizando-se os seguintes ingredientes:

3.1.1.1. - Fontes protéicas:

Farelo de arroz: o farelo, adquirido (3 lotes) em um pequeno engenho da região (Santa Rita), foi peneirado para eliminar fragmentos de endosperma normalmente presentes e torrado para melhorar o seu valor nutricional. Este ingrediente não foi desengordurado.

Arroz polido: *Oriza sativa* da variedade agulhinha tipo 2 (3 lotes), o qual foi moído e igualmente torrado.

Caseína: caseína comercial .

3.1.1.2. - Oleo: o óleo empregado na elaboração das dietas foi óleo comercial de soja.

3.1.1.3. - Mistura vitamínica: a mistura vitamínica foi preparada pela Roche do Brasil seguindo a formulação da NBC (1977/78) que aparece na Tabela 1.

Tabela 1.- Composição da mistura vitamínica utilizada na elaboração das dietas ¹

Componente	Quantidade (g)
Concentrado de Vitamina A (palmitato; 200,000 UI/g)	4,50
Concentrado de Vitamina D ₃ (400,000 UI/g)	0,25
α-Tocoferol	5,00
Ácido Ascórbico	45,00
Inositol	5,00
Cloreto de Colina	75,00
Menadiona (Vitamina K ₃)	2,25
Ácido p-aminobenzóico	5,00
Niacina	4,50
Riboflavina (Vitamina B ₂)	1,00
Hidrocloreto de Piridoxina (Vitamina B ₆)	1,00
Hidrocloreto de Tiamina (Vitamina B ₁)	1,00
Pantotenato de Cálcio	3,00
Biotina	0,20
Ácido Fólico	0,90
Vitamina B ₁₂	0,01
Dextrose	846,39

¹- Nutritional Biochemicals Corporation (1977/78).

3.1.1.4.- Mistura salina: foi preparada uma mistura salina U.S.P. XVII, seguindo a formulação da NBC (1977/78) que aparece na Tabela 2.

As concentrações dos lipídios, mistura vitamínica e mistura salina das dietas em que utilizadas foram de 8, 2 e 4 % respectivamente, de acordo com as recomendações da A. O. A. C. (1984).

Também utilizou-se uma dieta não purificada de fórmula fechada (NuviLab-CR1 da Nuvital, Curitiba, PR) para a alimentação de alguns grupos de animais.

3.1.2.- Reagentes: os reagentes utilizados neste trabalho foram de grau analítico.

3.1.3.- Animais: foram utilizados ratos (*Rattus norvegicus*) machos da linhagem Wistar, recém desmamados, com um peso médio de 50 ± 5 g; também utilizaram-se ratos machos e fêmeas de, 60 e 80 dias de idade respectivamente, para os experimentos de gestação e aleitamento. Os animais foram mantidos em gaiolas individuais com água e alimento *ad libitum*, em ambiente com temperatura controlada (22°C) e ciclos de luz e escuridão alternados a cada 12 horas (LANE-PETTER & PEARSON, 1971 apud BAKER, 1979).

Tabela 2.- Composição da mistura salina (U.S.P. XVII) utilizada na elaboração das dietas.¹

Componente	Formula	Quantidade (g)
Cloreto de Sódio	NaCl	139,30
Bifosfato de Potássio	KH ₂ PO ₄	389,00
Sulfato de Magnésio	MgSO ₄	57,30
Carbonato de Cálcio	CaCO ₃	381,40
Sulfato Ferroso	FeSO ₄ ·7H ₂ O	27,00
Sulfato de Manganês	MnSO ₄ ·H ₂ O	4,01
Iodeto de Potássio	KI	0,78
Sulfato de Zinco	ZnSO ₄ ·5H ₂ O	0,55
Sulfato de Cobre	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,48
Cloreto de Cobalto	CoCl ₂ ·6H ₂ O	0,02

Nutritional Biochemical Corporation (1977/78)

Todos os animais foram fornecidos pelo Biotério Central da Universidade Estadual de Campinas.

3.2. - MÉTODOS

3.2.1. - Fatores Tóxicos

3.2.1.1. - Análise para detecção de aflatoxinas: realizou-se a detecção qualitativa da presença de aflatoxinas nas amostras de farelo de arroz antes de sua utilização como fonte protéica, com a finalidade de descartar os lotes contaminados. A metodologia empregada foi a descrita por Romer (1975), na qual utiliza-se uma minicoluna empacotada com sulfato de cálcio anidro, alumina-neutra, sílica gel e florissil, através da qual é passado o extrato a ser triado. A amostra positiva para aflatoxinas apresenta uma banda fluorescente sob iluminação ultravioleta, na camada de florissil.

3.2.2. - FATORES ANTINUTRICIONAIS

3.2.2.1. - Fitatos: a determinação de fitatos no farelo de arroz foi feita segundo o método de Harland & Oberleas (1977)

com algumas modificações introduzidas por Latta & Eskin (1980). Foi feita uma extração em meio ácido (1,2% HCl), o extrato obtido foi passado por uma resina de troca iônica (AGI-X8) para separar o fitato do fósforo inorgânico. O fitato eluído da coluna com 0,7M de NaCl foi tratado com reagente de Wade (0,03% de ácido sulfosalicílico e 0,03% de cloreto férrico). A leitura da absorbância foi feita à 540 nm contra água destilada. Uma série de padrões foram preparados contendo 12 a 80 µg/ml de ácido fítico.

3.2.2.2.- Extrato protéico: tanto para a determinação dos inibidores de tripsina quanto das lectinas foi preparado um extrato protéico seguindo a metodologia utilizada por Tashiro e Maki em 1978. O conteúdo protéico do mesmo foi determinado pelo método do biureto (PINCKNEY, 1961).

3.2.2.3.- Atividade do inibidor de tripsina: foi determinada no farelo de arroz seguindo o método de Kakade e colaboradores (1969), utilizando hidrocloreto do N-benzoil-DL-arginina-p-nitroanilida (BAPA) como substrato para a tripsina (Sigma 12000 BAEE). Os resultados foram reportados como unidades de tripsina inibida (UTI), sendo que 1 UTI corresponde ao decréscimo de 0,01 unidades de

absorbância a 410 nm.

3.2.2.4.- **Lectinas:** a presença de hemaglutininas no farelo industrial de arroz tostado foi investigada seguindo a metodologia recomendada por Junqueira e Sgarbieri (1981), utilizando sangue de coelho tripsinizado. A hemaglutinação foi quantificada diluindo-se a amostra em progressão geométrica e mantendo-se constante a quantidade de glóbulos vermelhos na placa de hemaglutinação, para observar posteriormente o título hemaglutinante (número de diluições capaz de produzir aglutinação macroscópica), que é expresso por 100 g de amostra.

3.2.3.- Determinações Químicas

3.2.3.2.- **Composição Centesimal:** a determinação da composição centesimal foi feita nos diferentes lotes utilizados nos ensaios biológicos, de arroz branco polido, farelo de arroz e na dieta não purificada de fórmula fechada.

a.- **Umidade:** foi determinada pelo método 44-15A da A. A. C. C. (1983).

b.- **Proteína:** determinada como proteína total (tanto nas

fontes protéicas, quanto nas dietas elaboradas), multiplicando-se a percentagem de nitrogênio, determinado pelo método de Kjeldahl (A.O.A.C.,1984), pelo fator de conversão de nitrogênio para proteína, sendo que para o arroz branco e o farelo de arroz o fator utilizado foi 5,95, para a dieta não purificada 6,25 e para a caseína 6,38 (Tkachuk, 1969).

c.- Lipídios totais: determinados pelo método descrito por Bligh & Dyer (1959).

d.- Cinzas: determinadas pelo método 08-01 da A. A. C. C. (1983).

e.- Fibra Bruta: determinada pelo método Weende conforme Pearson (1976).

f.- Carboidratos: o conteúdo de carboidratos foi calculado por diferença, considerando a soma dos componentes da amostra como 100% .

3.2.3.2.- Fibra Alimentar: o conteúdo de fibra alimentar solúvel e insolúvel do farelo de arroz foi determinado

utilizando-se o método gravimétrico-enzimático recomendado por Asp e colaboradores (1983). O mesmo inclui as seguintes etapas:

- Gelatinização da amostra (moída e peneirada a 60 mesh) por ebulição em presença de uma α -amilase termo-estável (Termamyl L300, NovoLab).
- Incubação com pepsina em meio ácido durante, 1 hora a 40°C, com agitação constante.
- Incubação com pancreatina por 1 hora a pH 6,8 a 40°C, com agitação constante.
- Filtragem da fibra alimentar insolúvel em cadinhos com porosidade 2 (40-90 μ m) com Celite 545 (Nuclear) como ajuda filtrante.
- Precipitação da fibra solúvel com etanol 95 % (concentração final, 76%) e recuperação por filtração (da mesma forma que a fibra insolúvel).

Foi feita uma correção dos resultados considerando os valores dos brancos de reagentes e enzimas (preparados da forma descrita anteriormente sem amostra) e da proteína não digerida *in vitro*.

3.2.3.3.- Minerais: foram determinados Fe, Cu, Mn e Zn, nos diferentes lotes de farelo de arroz e em um lote de arroz

polido (lote 3), por espectrofotometria de absorção atômica (SLAVIN *et al.*, 1975), em espectrofotômetro de absorção atômica Perkin-Elmer Modelo Zeeman 5000.

3.2.3.4. - Aminoácidos: foram determinados por cromatografia de troca iônica em resina de poliestireno sulfonado na forma sódica (Spackman *et al.*, 1958) em analisador automático Beckman 119CL, seguindo as indicações da Beckman Instruments (1977). A partir destes resultados se fez o cálculo do escore químico (BLOCK & MITCHELL, 1946).

3.2.4. - Ensaio Biológico

3.2.4.1. - Quociente de Eficiência Protéica (PER): para a determinação do PER foi seguida a metodologia recomendada pela A.O.A.C. (1984). Utilizaram-se ratos machos recém-desmamados, divididos em 2 grupos de 10 animais cada. Um dos grupos foi alimentado com uma dieta contendo como fonte protéica o farelo de arroz e o outro grupo caseína. Ambas as dietas foram preparadas com um teor de proteína de 10%, gordura 8%, mistura mineral 4% e mistura vitamínica 2%. À dieta com caseína acrescentou-se 1% de fibra e 75% de uma mistura de amido de milho (Maizena) : açúcar (União) nas proporções 75% : 25%. Na dieta com farelo de arroz a

quantidade da mistura amido:açúcar foi calculada considerando-se a quantidade de amido já contida no farelo de arroz utilizado.

O experimento teve uma duração de 28 dias, durante a qual realizou-se um controle de peso corporal e consumo de alimento em dias alternados, para determinar o PER segundo a expressão:

$$\text{PER} = \frac{\text{Ganho de peso (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}}$$

3.2.4.2.- Dietas para determinar o efeito da proporção de farelo de arroz na mistura farelo de arroz/arroz polido no crescimento de ratos recém-desmamados: este ensaio se fez com a finalidade de encontrar as proporções ideais de farelo de arroz e arroz polido quando misturados em dietas para animais. Para tanto os animais (ratos machos, recém-desmamados) foram separados em 5 grupos de 7 ratos cada, e alimentados durante 21 dias com as seguintes dietas:

- Dieta F-70: 70% de farelo +30% de arroz
- Dieta F-60: 60% de farelo + 40% de arroz

- Dieta F-50: 50% de farelo + 50% de arroz
- Dieta F-40: 40% de farelo + 60% de arroz
- Dieta F-30: 30% de farelo + 70% de arroz

A composição de cada uma das dietas está representada na Tabela 3.

3.2.3.3.- Estudo do melhoramento do nível protéico de uma dieta de arroz polido e farelo de arroz usando-se caseína como complemento: este experimento realizou-se com a finalidade de observar as possíveis variações no crescimento de animais experimentais, quando se introduz uma melhora na qualidade protéica das dietas de arroz branco e farelo de arroz, acrescentando-se caseína para alcançar diferentes níveis protéicos nas mesmas. Para este ensaio foram utilizados 5 grupos de 7 animais cada (ratos machos, recém-desmamados) , que foram alimentados com dietas contendo 8, 10, 12, 14 e 16% de proteína proveniente da mistura de farelo de arroz , arroz branco polido, e a caseína acrescentada. Em todas as formulações a percentagem de farelo foi mantida constante. A composição destas dietas está representada na Tabela 4. O tempo de duração deste ensaio foi de 21 dias, durante os quais efetuou-se um controle de peso em dias alternados.

Tabela 3. - Composição das dietas preparadas para determinar o efeito da proporção de farelo de arroz na mistura farelo/arroz polido no crescimento de ratos recém-desmamados.

Ingrediente	Dietas				
	F-70	F-60	F-50 (g/1000g)	F-40	F-30
Arroz branco ¹	276	368	460	553	644
Farelo de arroz ²	644	552	460	368	276
Óleo vegetal	80	80	80	80	80

1- Lote 3

2- Lote 3

Tabela 4.- Composição das dietas preparadas para o estudo do melhoramento da qualidade e quantidade protéica de uma dieta de arroz polido e farelo de arroz, usando-se caseína como complemento.

Ingrediente	Dietas				
	BF-8	BF-10	BF-12 (g/1000g)	BF-14	BF-16
Arroz branco ¹	470	450	430	400	380
Farelo de arroz ²	450	450	450	450	450
Caseína	---	20	40	70	90
Óleo vegetal	80	80	80	80	80

1- Lote 3

2- Lote 3

3.2.4.4.- Avaliação da adição de vitaminas e minerais a dietas contendo arroz polido e farelo de arroz como fontes protéicas: este ensaio se fez com o objetivo de observar possíveis diferenças na taxa de crescimento de animais alimentados com dietas nas quais se adicionou a mistura vitamínica e/ou mineral. A suplementação do farelo com as misturas vitamínica e mineral, uma de cada vez, permitirá estimar a contribuição do farelo em termos de cada um destes grupos de nutrientes. Para o experimento, foram utilizados 6 grupos de 7 animais cada (ratos machos, recém-desmamados). Um destes grupos foi alimentado com dieta não purificada de fórmula fechada, para efeitos de comparação e os outros 5 com as seguintes dietas experimentais:

- Basal: Arrozbranco polido + óleo vegetal
- BF: Basal + Farelo de arroz
- BFM: BF + Mistura mineral - BFV: BF +Mistura vitamínica
- BFMV: BF + Mistura mineral + Mistura vitamínica

A proporção de farelo para o arroz polido foi mantida constante em 1:2. O ensaio teve uma duração de 21 dias, tempo durante o qual levou-se o controle do consumo de alimento e da taxa de crescimento dos animais. A composição destas dietas encontra-se na Tabela 5

Tabela 5. - Composição das dietas preparadas para avaliar o efeito da adição de vitaminas e minerais a dietas a base de arroz polido e farelo de arroz

Ingrediente	Dietas				
	Basal	BF	BFM	BFV	BFMV
Arroz branco ¹	920	613	586	600	573
Farelo de arroz ²	---	307	294	300	287
Mistura mineral	---	---	40	---	40
Mistura vitamínica	---	---	---	20	20
Óleo vegetal	80	80	80	80	80

1- LOPE 1

2- Lote 1

3.2.3.5.- Dietas para avaliar a capacidade recuperativa do farelo de arroz: este experimento se fez com o objetivo de determinar se dietas baseadas em farelo de arroz comparadas com outras dietas têm algum tipo de propriedade recuperativa em animais submetidos a uma depleção nutricional causada pelo consumo da dieta basal.

Os animais experimentais (ratos recém desmamados) foram separados em 6 grupos de 7 ratos cada, e foram alimentados durante 14 dias com uma dieta basal de arroz e óleo vegetal. Findo este período de depleção, realizou-se a mudança dos grupos para as dietas experimentais, segundo o esquema seguinte:

- R-0: Grupo que continua com a dieta basal
- R-1: Dieta basal + mistura mineral + mistura vitamínica
- R-2: Dieta basal + farelo de arroz
- R-3: Dieta basal + farelo de arroz + mistura mineral +
mistura vitamínica
- R-4: Dieta basal + caseína
- R-5: Dieta basal + caseína + mistura mineral + mistura
vitamínica

A relação farelo:arroz polido utilizada nos grupos R-2 e R-3 foi de 1:1 (volume:volume), ou seja, a mesma que está sendo

utilizada pela Pastoral da Criança em programas de recuperação de crianças e adultos (BRANDÃO, 1989, comunicação pessoal). Para os grupos R-4 e R-5 utilizou-se uma relação entre a caseína e o arroz branco que resultou em dietas isoprotéicas às dos grupos R-2 e R-3. Esta segunda fase teve uma duração de 21 dias. Durante todo o experimento, o controle de peso e consumo de alimento se efetuou em dias alternados. A composição destas dietas mostra-se na Tabela 6.

3.2.4.6.- Ensaio de gestação e aleitamento: este experimento foi projetado basicamente com o objetivo de avaliar a produção de leite pelas ratas (medida através do ganho de peso dos filhotes) em função da substituição do farelo de arroz e pelas misturas vitamínica e mineral. No mesmo experimento desejou-se também verificar o efeito do melhoramento da fração protéica mediante a suplementação com caseína. Para tanto, realizou-se o acasalamento poligâmico dos animais (MASSON & GOMOND, 1971 apud BAKER, 1979) em grupos de 4 fêmeas para um macho durante uma semana. Posteriormente as ratas grávidas foram alimentadas com os 7 tipos de dietas (3-5 animais/grupo), desde o início da gestação até o desmame dos filhotes. Foi realizado o controle

Tabela 6.- Composição das diferentes dietas preparadas para o ensaio de avaliação da capacidade recuperativa do farelo de arroz.

Ingrediente	Dietas					
	Basal e R-0	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5
Arroz branco ¹	920	860	614	573	910	845
Farelo de arroz ²	---	---	306	287	---	---
Caseína	---	---	---	---	10	15
Mistura mineral	---	40	---	40	---	40
Mistura vitamínica	---	20	---	20	---	20
Óleo vegetal	80	80	80	80	80	80

1- LOTE 1

2- LOTE 1

do peso dos filhotes durante este período. Para efeitos de padronização deixaram-se somente 4 filhotes por mãe, o quais foram pesados em conjunto. As dietas utilizadas foram as seguintes:

- Dieta basal: Arroz branco polido + óleo vegetal
- A-1: Dieta basal + mistura mineral + mistura vitamínica
- A-2: Dieta basal + farelo de arroz
- A-3: Dieta basal + farelo de arroz + mistura mineral +
mistura vitamínica
- A-4: Dieta basal + caseína
- A-5: Dieta basal + caseína + mistura mineral +mistura
vitamínica
- DNPFF: Dieta não purificada de fórmula fechada .

As relações utilizadas para a preparação das dietas A-2; A-3; A-4 e A-5 foram as mesmas usadas no tratamento anterior (3.2.4.5). A composição destas dietas mostra-se na Tabela 7.

3.2.5. - Tratamento Estatístico

Os valores obtidos para as diferentes dietas utilizadas nos ensaios biológicos foram submetidos à análise de variância e, quando diferentes ao teste F, analisados de acordo com Duncan (1965), a um nível de significância de 95 % para verificar diferenças entre os mesmos.

Tabela 7.- Composição das dietas elaboradas para o ensaio de gestação e aleitamento.

Ingrediente	Dietas					
	Basal	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
	(g/1000g)					
Arroz branco ¹	920	860	614	573	904	838
Farelo de arroz ²	---	---	306	287	---	---
Caseína	---	---	---	---	16	22
Mistura mineral	---	40	---	40	---	40
Mistura vitamínica	---	20	---	20	---	20
Óleo vegetal	80	80	80	80	80	80
Amido de milho	---	---	---	---	---	---
Açúcar	---	---	---	---	---	---

1. - LOTE 2

2. - LOTE 2

4. - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. - FATORES ANTINUTRICIONAIS

O valor biológico da gama de macro e micronutrientes quimicamente dosáveis no farelo de arroz não poderia ser considerado sem a determinação paralela de uma série de antinutrientes e, talvez, contaminantes eventualmente presentes no farelo. Para uma melhor interpretação dos resultados analíticos do farelo de arroz usado neste trabalho, foram determinados: aflatoxinas totais, fitatos, inibidores de tripsina e lectinas.

4.1.1. - Aflatoxinas

No total foram analisados quatro lotes diferentes de farelo de arroz, dos quais somente um apresentou resultados positivos à triagem do método de Romer (1975), sendo descartada sua utilização neste trabalho.

4.1.2. - Fitatos

Segundo Kennedy (1980), o ácido fítico no grão de arroz se encontra distribuído em concentrações decrescentes começando pelo pericarpo e terminando no centro da semente. Dessa forma, o farelo, que contém a aleurona e o gérmen,

deverá possuir as maiores concentrações de fitatos (ERDMAN, 1979).

As percentagens encontradas neste trabalho foram $5,01 \pm 0,01$; $4,88 \pm 0,12$ e $6,25 \pm 0,08$ % para os lotes de farelo 1, 2 e 3 respectivamente. Tais resultados coincidem com o relatado por Erdman (1979) que encontrou teores de 3,48 e 3,37 % para o gérmen e o pericarpo, respectivamente, o que resultaria em totais próximos de 7 % para o farelo. Mais recentemente, Weber e Chaudhary (1987) encontraram 6,9 % de fitatos no farelo.

Estes valores podem ser considerados elevados quando comparados com valores referidos por estes últimos autores para farelo de soja (0,1 %) e farelo de milho (0,5 %), e por dados apresentados por Cheryan (1980) para aveia (0,77 %) e cevada (0,99 %). Os mesmos autores mencionam outros produtos com alto teor de fitatos como a farinha de gergelim desengordurada (5,17 %), a farinha de algodão (4,8 %) e a farinha de colza desengordurada (3,69 %).

O alto teor de fitatos encontrados no farelo é de grande importância sob o ponto de vista nutricional, devido à capacidade do ácido fítico de agir como um forte agente quelante que pode sequestrar iões metálicos mono e divalentes para formar complexos (ERDMAN, 1979). Muitos estudos mostram

a relação inversa que existe entre o ácido fítico e a absorção de minerais, tais como o zinco, cálcio, magnésio, fósforo e provavelmente ferro (ERDMAN, 1979; CHERYAN, 1980; JULIANO, 1980; CHAMPAGNE *et al.*, 1985; FRÖLICH & ASP, 1985), assim como para o níquel (VOHRA *et al.*, 1965).

A interferência dos fitatos na biodisponibilidade dos minerais deve ser levada em consideração nos ensaios biológicos, para evitar erros na análise dos resultados. Taxas de crescimento abaixo das esperadas pela composição química de nutrientes, na ausência de substâncias deletéreas na dieta, somente serão explicadas por fatores de biodisponibilidade dos mesmos.

4.1.3.- Inibidores de tripsina e lectinas

Os resultados obtidos nos ensaios para determinar a atividade dos inibidores de tripsina e a atividade hemaglutinante no farelo de arroz indicaram baixa atividade para os dois fatores: 39,67 UIT/ml e um título hemaglutinante de 1066/100g amostra, atividades que diminuem ainda mais quando o farelo é torrado: 36,78 UIT/ml e um título de 533/100g amostra. Estes resultados indicam que as atividades antitriptica e hemaglutinante do farelo de arroz podem ser consideradas muito baixas, sobretudo quando comparadas com

outros produtos como *Phaseolus vulgaris* que podem apresentar valores de atividade inibitória de tripsina de 1552 e 2050 UIT/ml (LIENER, 1974) e um valor de título hemaglutinante de $89,3 \times 10^5$ /100 g amostra (resultado obtido no Laboratório).

Para o farelo de arroz, existem poucos trabalhos que relatem a dosagem destes fatores antinutricionais. Diferentes autores afirmam que a fração com maior atividade antitriptica e hemaglutinante é a do gérmen puro mas que, quando presente no farelo, essas atividades são diluídas no conjunto. Assim, os autores concordam em que, no farelo, os níveis desses antinutrientes são baixos e podem ser facilmente inativados por tratamento térmico (BARBER *et al.*, 1978; BENEDITO DE BARBER & BARBER, 1978; TORTOSA & BENEDITO DE BARBER, 1978).

4.2. - DETERMINAÇÕES QUÍMICAS

4.2.1. - Composição Centesimal

Na Tabela 8 apresentam-se os resultados da composição centesimal obtidos para os diferentes lotes de farelo de arroz, arroz polido e da dieta não purificada de fórmula fechada utilizados nos diferentes ensaios biológicos. Observa-se que o teor protéico do farelo de arroz está entre 12 e 14 % enquanto que no arroz polido os valores estão entre

Tabela 8.- Composição centesimal dos diferentes lotes de arroz branco polido, farelo de arroz e dieta não purificada de fórmula fechada (DNPFF) utilizados nos ensaios biológicos¹

Fonte protéica	Umidade	Proteína	Lípidios	Cinzas	Fibra bruta	Carboidratos ²
Farelo de arroz						
Lote 1	8,20 ± 0,80	13,01 ± 0,24	11,67 ± 1,09	8,11 ± 0,29	8,33 ± 1,93	50,68 ± 0,89
Lote 2	7,31 ± 0,99	13,84 ± 0,19	13,09 ± 1,15	10,18 ± 0,16	10,17 ± 3,46	45,41 ± 0,92
Lote 3	11,57 ± 0,20	12,00 ± 0,07	12,16 ± 0,31	9,43 ± 0,92	6,04 ± 2,09	48,80 ± 0,88
Arroz branco						
Lote 1	8,02 ± 0,66	7,86 ± 0,06	0,68 ± 0,09	0,54 ± 0,01	0,56 ± 0,32	82,34 ± 0,76
Lote 2	7,54 ± 1,05	7,80 ± 0,34	0,61 ± 0,12	0,51 ± 0,01	0,40 ± 0,21	83,14 ± 0,93
Lote 3	10,84 ± 0,09	6,98 ± 0,13	0,93 ± 0,27	0,48 ± 0,06	0,29 ± 0,10	79,60 ± 0,67
DNPFF	9,47 ± 0,84	19,69 ± 0,23	5,64 ± 0,13	9,81 ± 0,66	4,31 ± 1,07	51,08 ± 1,01

- 1- Os resultados estão expressos em g/100g de amostra e representam os valores médios e desvios-padrão de 6 determinações.
2- Calculados por diferença.

7 e 8 %.

Estes valores estão dentro do esperado, segundo diferentes autores que encontram teores protéicos para o farelo de arroz entre 13 e 17 % (BARBER, 1971), 8 e 16 % (BARBER & BENEDITO DE BARBER, 1973), 11 e 16 % (GUERRA & JAFFÉ, 1975), 11,5 e 17 % (TORTOSA & BENEDITO DE BARBER, 1977), 12 e 16 % (SAUNDERS, 1990). Para o arroz polido, alguns dos valores relatados são 7 e 8 % (INTENGAM *et al.*, 1955, apud HOUSTON, 1972), 8,9 % (JULIANO, 1977), 7 % (JULIANO, 1980) e 6,7 % (HANSEN *et al.*, 1981).

Para o farelo de arroz, foram encontrados na literatura valores de lipídeos de 13,6 % (KIK, 1956), 14-17 % (BARBER, 1971), 10-18 % (GUERRA & JAFFÉ, 1975), 12-22 % (TORTOSA & BENEDITO DE BARBER, 1977), 14-21 % (JULIANO, 1980), e 16-22 % (SAUNDERS, 1990). Já para o arroz polido, os valores citados estão entre 0,3 e 1 % (McCALL *et al.*, 1953), 1 % (PAUL & SOUTHGATE, 1978), e 0,4 % (KENNEDY, 1980; HANSEN *et al.*, 1981). Todos estes estão de acordo com os resultados obtidos neste trabalho onde temos que o conteúdo em lipídios do farelo de arroz está entre 11 e 13 % e do arroz polido entre 0,7 e 0,9 %.

Os teores de cinzas encontrados para o farelo de arroz são bastante elevados (8-10 %) se comparados com os obtidos

para o arroz polido (0,5 %). Estes valores também estão dentro da faixa dos encontrados na literatura: para o farelo de arroz, 8-10 % (BARBER, 1971), 6-11 % (GUERRA & JAFFÉ, 1975), 8-12 % (TORTOSA & BENEDITO DE BARBER, 1977), 8-18 % (BARBER & BENEDITO DE BARBER, 1980), 9-12 % (JULIANO, 1980) e 7-10 % (SAUNDERS, 1990). Já para o arroz polido 0,4-0,6 % (McCALL *et al.*, 1953), 0,4-0,7 % (JULIANO *et al.*, 1964) e 0,5 % (KENNEDY, 1980).

Tais resultados nos fornecem uma indicação de que o farelo de arroz pode ser entre dez e vinte vezes mais rico em elementos minerais, do que o arroz polido.

Em relação à fibra bruta encontramos na literatura uma ampla variação nos resultados encontrados por diversos autores, os quais apresentam valores que estão entre 9 e 10 % (PRIMO *et al.*, 1970, apud HOUSTON, 1972; BARBER, 1971), 3 e 10 % (GUERRA & JAFFÉ, 1975), 6 e 17 % (TORTOSA & BENEDITO DE BARBER, 1977), 6 e 14 % (BARBER & BENEDITO DE BARBER, 1980) e entre 8 e 12 % (SAUNDERS, 1990) para o farelo de arroz. Quanto ao arroz polido encontram-se valores de 0,1 a 0,6 % (JULIANO *et al.*, 1964; JULIANO, 1980) e 0,3 % (KENNEDY, 1980). Os nossos resultados indicam teores de fibra bruta que estão entre 6 e 10 % para o farelo de arroz, e entre 0,3 e 0,6 % para o arroz polido.

Foi possível observar para todos os resultados desvios-padrão que podem ser considerados elevados. As variações encontradas, tanto nos resultados de outros autores quanto dentro dos resultados obtidos neste trabalho, podem ser atribuídas fundamentalmente à metodologia empregada, que pelas suas características, introduz muitas variações nos resultados.

É importante destacar que as variações na composição observadas entre os diferentes lotes de farelo de arroz analisados e com respeito aos diferentes valores relatados na literatura são devidas a uma serie de fatores, que vão desde o tipo de cultura, colheita, grau de processamento, etc. Esses fatores determinam a proporção de gérmen, quantidade de amido e até quantidade de cascas e grãos quebrados presentes nos diversos farelos. Em adição devemos considerar as variações introduzidas pelos diferentes métodos analíticos utilizados nas determinações.

4.2.2.- Fibra Alimentar

Os resultados da determinação da fibra alimentar encontram-se na Tabela 9 , na qual observamos que o teor total está entre 31 e 34 % , sendo que a fração insolúvel representa entre 27 e 30 % e a solúvel entre 3 e 4 % . Na

Tabela 9. - Conteúdo em fibra alimentar insolúvel, solúvel e total dos diferentes lotes de farelo de arroz (g/100g)¹

Farelo de arroz	Fibra alimentar		
	Insolúvel	Solúvel	Total
Lote 1	26,89 ± 0,54	3,80 ± 0,13	30,69 ± 0,62
Lote 2	28,51 ± 0,38	3,39 ± 0,89	31,90 ± 0,67
Lote 3	29,81 ± 0,62	4,48 ± 0,23	34,29 ± 0,96

1- Os resultados estão expressos em base seca; Valores médios e erros-padrão de 2 determinações.

literatura são poucos os trabalhos encontrados sobre fibra alimentar em farelo de arroz. Babcock (1987) relata valores de fibra alimentar insolúvel entre 23,7 e 28,6 %, Weber e Chaudhary (1987) dão um valor de 28,3 % de fibra alimentar total enquanto que Topping e colaboradores (1990), encontraram 22 %. Já Saunders (1990) indica que o teor total deve estar 20 e 25 % sendo que entre 1,8 e 2,6 % deve corresponder à fibra alimentar solúvel.

Os autores do método utilizado neste trabalho (ASP *et al.*, 1983) classificam os diversos produtos analisados por eles como amostras com baixo, médio e alto teor de fibra alimentar, a partir destes dados poderíamos classificar o farelo de arroz como um produto com conteúdo médio de fibra alimentar total. Quando comparados com outros farelos como o de trigo, com um relativo baixo teor de fibra solúvel, de 2,8 %, (SEIBERT, 1987) ou com o de aveia, reconhecido por ser rico em fibra solúvel (SCHNEEMAN, 1987) e que possui um teor de 10,5 % (SEIBERT, 1987), também concluiríamos que o farelo de arroz é um produto com um conteúdo intermediário de fibra solúvel.

Existem trabalhos que indicam o efeito das fibras do farelo de arroz na diminuição do colesterol total e da fração de lipoproteína de baixa densidade (LDL) em humanos (GERHARDT

& GALLO, 1989, apud SAUNDERS, 1990). Topping et al. (1990) encontram que a combinação de farelo de arroz e óleo de peixe tem um efeito benéfico sobre o metabolismo dos lipídios em ratos. Em um trabalho realizado por Kahlon e colaboradores (1989) para comparar o efeito do farelo de arroz com o do farelo de aveia sobre o colesterol plasmático em hamsters, esses autores encontram uma diminuição significativa quando os animais consumiam farelo de arroz nas dietas, esse mesmo efeito só era observado quando o farelo não era desengordurado. Tais resultados sugerem que o óleo do farelo deve ter alguns componentes que, junto com as fibras, interagem resultando em algum tipo de atividade hipocolesterolémica.

Todos estes diferentes trabalhos assinalam que a presença deste tipo de fibras é importante, já que é possível relacionar o consumo destas com a diminuição dos níveis de colesterol. Entretanto, este tipo de efeito deve ser visto com muita cautela precisando-se de mais estudos para determinar os efeitos reais das fibras do farelo de arroz e da possível interação com outros componentes do farelo na sua ação fisiológica.

4.2.3. - Minerais

Os resultados da composição em Fe, Cu, Mn e Zn do arroz e o farelo de arroz, estão apresentados na Tabela 10, observando-se que o conteúdo destes minerais se encontra entre duas e quatro vezes mais elevado no farelo do que no arroz polido. Estes resultados são comparáveis com os encontrados por diversos autores (McCALL *et al.*, 1953; KIK, 1959; PRIMO *et al.*, 1970; BARBER, 1971; BARBER & BENEDITO DE BARBER, 1980; SAUNDERS, 1990). Entretanto, é possível se observar uma grande variação entre os valores referidos por esses autores que são, mais uma vez, reflexo dos diferentes fatores que incidem na composição final destes produtos. Temos, por exemplo, que Saunders (1990) apresenta valores para ferro que variam entre 190 e 530 mg/kg e para manganês, valores que oscilam entre 110 e 877 mg/kg.

Estabelecendo a relação entre os resultados aqui obtidos e os requerimentos do rato (ver Adendo 1) temos que o menor conteúdo de ferro nas dietas é de 89,37 mg/kg, sendo que o requerimento é de 35 mg/kg; no caso do cobre o conteúdo é 11,57 mg/kg e o requerimento 5 mg/kg; para o manganês 63,69 mg/kg de dieta com um requerimento de 50 mg/kg e de zinco temos 39,72 mg/kg e um requerimento de 12 mg/kg. Estes cálculos foram feitos (ver Adendo 2) para a dieta F-30 (Sec.

Tabela 10.- Composição em Fe, Cu, Mn, e Zn dos diferentes lotes de farelo de arroz e do arroz branco polido ($\mu\text{g/g} \pm \text{EP}$)¹

Minerais	Farelo de Arroz			Arroz branco ² polido
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	
Fe	211,46 $\pm 7,38$	173,21 $\pm 7,89$	196,68 $\pm 35,07$	52,77 $\pm 2,15$
Cu	18,91 $\pm 0,30$	19,50 $\pm 1,17$	20,15 $\pm 1,24$	9,25 $\pm 0,10$
Mn	121,31 $\pm 1,75$	113,36 $\pm 3,30$	167,84 $\pm 14,25$	26,93 $\pm 0,04$
Zn	81,22 $\pm 5,83$	87,69 $\pm 1,19$	99,16 $\pm 6,03$	19,09 $\pm 0,93$

1- Os resultados estão expressos em base seca; Valores médios e erros-padrão de 2 determinações.

2-Lote 3.

3.2.4.2), já que de todas as dietas elaboradas neste trabalho, esta é a que apresenta um menor conteúdo em farelo de arroz .

A partir destes cálculos podemos ver que nas diferentes dietas purificadas contendo farelo de arroz e arroz polido como únicas fontes de nutrientes (sem o acréscimo das misturas vitamínica e mineral, mas apenas 8 % de óleo vegetal), os requerimentos de Fe, Cu, Mn e Zn estão sempre cobertos e, em alguns casos, chegam até duplicar ou triplicar os requerimentos.

Esses resultados são de grande relevância na posterior análise dos ensaios biológicos já que, de início dever-se-ia descartar a deficiência de minerais como causa de qualquer falha no crescimento de animais mantidos em dieta basal complementada com o farelo. Uma problemática mais real e de certa forma já esperada, é a da biodisponibilidade de minerais. Os resultados obtidos (Sec. 4.1.2) já confirmaram que o conteúdo em fitatos no farelo de arroz é elevado.

Oberleas e Harland (1981) descreveram um procedimento para calcular a relação molar entre o fitato e o zinco que parece ser útil na estimativa da biodisponibilidade deste mineral. Eles calcularam o número de milimoles de ácido fítico (dividindo os mg de ácido fítico por 660, peso

molecular do íon fitato) e do zinco (mg de Zn divididos por 65,4 , peso atômico do zinco). A relação molar do ácido fítico para o zinco é então calculada dividindo-se os milimoles de ácido fítico entre os de Zn.

Davies e Olpin (1979) trabalhando com ratos, propuseram que relações molares de 10 ou menores estão associadas com uma biodisponibilidade de Zn adequada e que relações molares de 20 ou maiores poderiam ser associadas com evidências clínicas ou químicas de deficiência de zinco. Efetuando os cálculos dessa relação molar entre o ácido fítico e o zinco do farelo de arroz encontramos valores médios de 60; o que significa que, segundo os autores citados, há uma evidente indisponibilidade de zinco por causa dos fitatos. Este cálculo entretanto não pode ser usado como conclusivo já que outros fatores podem influenciar a biodisponibilidade do mineral.

Outro fator composicional importante a considerar no valor nutritivo do farelo é a fibra alimentar que pode interferir também na utilização dos minerais. Em trabalho realizado por Reinhold e colaboradores, em 1981 (apud FRÖLICH & ASP, 1985) encontrou-se que o farelo de trigo desfitinizado ligava o íon ferro tão efetivamente quanto o farelo nativo. Os autores concluíram que existem no complexo da fibra

alimentar outros fatores que podem agir como quelantes.

Estudos voltados para o efeito dos diversos fatores que podem determinar a biodisponibilidade de minerais no farelo de arroz são necessários devido ao importante papel que eles têm no metabolismo. Sabe-se que muitos elementos minerais formam parte de algumas enzimas e algumas destas são ativadas por metais. O ferro, por exemplo, constitui parte vital de certas enzimas, com relação ao transporte de elétrons: citocromos, citocromo-oxidase, desidrogenases, xantina-oxidase, etc. O cobre faz parte da citocromo C oxidase; da lisil oxidase que é uma enzima que intervém na síntese do colágeno; também é parte da tirosinase que catalisa a formação da melanina a partir da tirosina. Uma outra proteína que contém Cu é a ceruloplasmina que oxida o ferro do estado ferroso para o férrico. O zinco, que é essencial para o crescimento também faz parte de várias enzimas. Na anidrase carbônica, o Zn funciona na manutenção do equilíbrio entre gás carbônico e ácido carbônico, catalisando a liberação de íons de hidrogênio e participando provavelmente na secreção gástrica do ácido clorídrico. O zinco ativa enzimas proteolíticas como a carboxipeptidase A e algumas dípeptidases, assim como as desidrogenases do álcool etílico, do ácido láctico, do ácido glutâmico, do

fosfogliceraldeído, e as fosfatases alcalinas leucocitárias e renais. O zinco é essencial na biossíntese dos ácidos nucléicos e o metabolismo das proteínas. O manganês é outro dos minerais que faz parte de várias metaloenzimas como a piruvato carboxilase, superóxido-dismutase, e a exopeptidase prolidase intestinal. O manganês atua como co-fator da fosfoglucomutase, da mucopolissacarídeo polimerase, e a acetil-CoA carboxilase, entre outras (DE ANGELIS, 1979).

4.2.4. - Aminoácidos

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados da determinação da composição aminoacídica do farelo de arroz, arroz branco polido e caseína, assim como os valores do escore químico para tais fontes protéicas, obtidos em relação ao padrão teórico de referência da National Academy of Sciences (1980).

Como ocorre em outros cereais, o aminoácido limitante tanto no arroz como no farelo foi a lisina; no entanto observa-se uma concentração maior deste aminoácido no farelo de arroz, o que provavelmente é devido ao maior conteúdo de albuminas nas proteínas do pericarpo, embrião e camadas de aleurona (BALDI *et al.*, 1976; CAGAMPANG *et al.*, 1976, apud JULIANO, 1980). Esta fração é a que maior conteúdo em lisina

Tabela 11.- Composição aminoacídica (g/16gN) e Escore Químico das fontes protéicas utilizadas para a elaboração das dietas.

Aminoácido	Arroz branco	Farelo de arroz	Caseína	Padrão ¹
Ile	3,8	3,5	5,4	4,2
Leu	7,4	6,9	10,2	7,0
Lys	2,6	3,2	7,8	5,1
Met	2,4	1,6	2,8	
Cys (1/2)	2,6	2,7	0,2	
Sulfurados totais	5,0	4,3	3,0	2,6
Phe	4,5	4,1	5,6	
Tyr	3,9	2,9	6,1	
Aromáticos totais	8,4	7,0	11,7	7,3
Thr	3,1	3,8	4,9	3,5
Val	5,0	5,0	6,9	4,8
Arg	7,1	7,1	4,1	
His	11,5	9,9	2,9	
Ala	5,1	6,5	3,2	
Asp	7,5	8,6	7,8	
Glu	16,7	15,4	27,4	
Gly	4,0	6,0	1,9	
Pro	4,0	4,8	10,0	
Ser	4,6	4,8	6,8	
Escore Químico	51,0	62,7	115,4	

1- Padrão teórico (National Academy of Science, 1980)

possui entre as frações protéicas do arroz (JULIANO, 1980).

Quando comparármos esses resultados com os publicados por outros autores, poderá ser observada uma ampla variação entre os mesmos. Temos por exemplo que resultados relatados por Kik (1956) para o perfil de aminoácidos do farelo de arroz dão valores totais que são 10 % mais elevados que os relatados por Houston e colaboradores (1969) e 21 % mais elevados que os valores referidos por Tortosa e Benedito de Barber (1977) (Adendo 3). Igualmente observa-se variações entre vários aminogramas publicados por diversos autores, para o arroz polido (Adendo 4), tendo uma diferença na ordem do 10 % entre os resultados referidos por Juliano e colaboradores (1964) e os reportados por Houston e colaboradores (1969) e Bressani e colaboradores (1971). O fato já foi citado por Houston e colaboradores (1969), Sgarbieri (1977) e Seligson e Mackey (1984), que acreditam que provavelmente a maior fonte de variabilidade seja a etapa de hidrólise no procedimento analítico, que pode provocar baixa recuperação de alguns aminoácidos por hidrólise incompleta ou por destruição ou oxidação.

Os resultados desta análise serão de importância na determinação do nível de adequação das diferentes dietas preparadas, com os requerimentos de aminoácidos do rato, os

quais podem ser vistos no Adendo 1.

4.3. - ENSAIOS BIOLÓGICOS

4.3.1. - Quociente de Eficiência Protéica (PER)

O quociente entre o ganho de peso e a quantidade de proteína ingerida (PER), dos grupos de animais submetidos a dietas com farelo de arroz e caseína como fonte protéica pode ser visto na Tabela 12. Como era de se esperar, o PER para o farelo (2,10, corrigido para caseína) resultou ser menor do que o da caseína, em aproximadamente 16%.

Na literatura encontramos valores de PER para o farelo de arroz que estão entre 2,01 e 2,27 (GUERRA & JAFFÉ, 1975). Se bem que o valor da eficiência protéica do farelo se mostra inferior ao da caseína e outras proteínas de origem animal, o mesmo se compara favoravelmente com os da proteína do feijão-comum (1,14) (GOMÉZ *et al.*, 1978) e da soja (2,04) (GUERRA & JAFFÉ, 1975).

4.3.2. - Determinação do efeito da proporção de farelo de arroz na mistura farelo de arroz/ arroz polido no crescimento de ratos recém-desmamados

No início dos ensaios biológicos foi de interesse

Tabela 12.- Quociente de Eficiência Protéica (PER) do farelo de arroz e caseína e percentagem de proteína nas dietas elaboradas para este ensaio.

	Teor de proteína ¹ (%)	PER ²	PER(corrigido) (caseína: 2,5)
Farelo de arroz	10,00 ± 0,04	2,86 ± 0,28	2,10
Caseína	9,83 ± 0,08	3,40 ± 0,16	2,50

1- Valores médios e desvios-padrão de 4 determinações.

2- Valores médios e desvios-padrão de grupos de 10 animais.

pesquisar uma série de combinações de arroz e farelo de arroz com a finalidade de otimizar a proporção a ser usada na avaliação das propriedades nutricionais do farelo. Para tanto foi projetado um experimento de crescimento de cinco grupos de animais alimentados com apenas arroz branco polido e farelo de arroz em proporções crescentes deste último de 30, 40, 50, 60 e 70%.

De um modo geral, os resultados da Tabela 13 indicam que não existe diferença significativa entre as taxas de crescimento promovidas pelas dietas, independente da proporção de farelo. As taxas foram apuradas no período global de 21 dias e, separadamente, a cada semana para observar possíveis tendências em períodos mais curtos. Apesar de não haver diferença estatística a nível de 5 % entre as médias de período global, a reação dos animais à dieta F-70 foi significativamente superior às demais nos primeiros sete dias de alimentação. Essa taxa favorável de 2,26 g/animal/dia foi reduzida para 0,34 na segunda e finalmente para -0,35 na terceira semana. Em todos os grupos foi notada uma tendência à diminuição da taxa durante a segunda e terceira semanas do estudo.

Este experimento mostra também que a proporção de farelo:arroz polido em uso pela pediatra Clara Terko Takaki

Tabela 13.- Efeito da proporção de farelo de arroz da mistura farelo/arroz polido no crescimento de ratos recém-desmamados.

Dieta ¹	Proteína ² (%)	Variação de peso (g)/animal/dia ³			
		(dia 0-21)	(dia 0-7)	(dia 10-15)	(dia 15-21)
F-70	9,66 ± 0,08	1,19 ^a ± 0,24	2,26 ± 0,21	0,34 ^a ± 0,66	-0,35 ^a ± 0,82
F-60	9,20 ± 0,33	1,06 ^a ± 0,19	1,54 ^a ± 0,19	0,85 ^a ± 0,27	0,27 ^a ± 0,61
F-50	8,74 ± 0,04	0,95 ^a ± 0,29	1,65 ^a ± 0,57	0,92 ^a ± 0,63	0,30 ^a ± 0,68
F-40	8,27 ± 0,17	1,05 ^a ± 0,35	1,49 ^a ± 0,38	0,88 ^a ± 0,48	0,45 ^a ± 0,79
F-30	7,82 ± 0,08	1,02 ^a ± 0,22	1,66 ^a ± 0,33	0,74 ^a ± 0,35	-0,38 ^a ± 0,39

- 1- F-70: 70% farelo + 30% arroz
 F-60: 60% farelo + 40% arroz
 F-50: 50% farelo + 50% arroz
 F-40: 40% farelo + 60% arroz
 F-30: 30% farelo + 70% arroz

2- Valores medios e desvios-padrão de 4 determinações.

Brandão (comunicação pessoal) de 1:1 (v/v), o que equivale a aproximadamente a 1:2 (p/p), se encontra dentro de uma faixa de resposta de crescimento que quase não mostra variação em função da proporção de farelo.

4.3.3. - Melhoramento da qualidade e da quantidade protéica de uma dieta de arroz polido e farelo de arroz usando-se caseína como complemento

Foi desejável também investigar a influência do melhoramento do perfil aminoacídico e o aumento do nível protéico de dietas isocalóricas no crescimento do animal recém-desmamado mediante a adição de caseína.

Na Tabela 14 podemos observar o conteúdo protéico das diferentes dietas preparadas para este ensaio e a variação de peso corporal por animal por dia, obtidas para cada uma das dietas. Os resultados mostram que não houve alteração significativa na taxa de crescimento dos animais com o aumento do nível de proteína, de 8 para próximo de 16 %, apesar de uma certa tendência ao melhoramento ser aparente. Sendo que com os crescentes aumentos na quantidade e qualidade protéica, não foram observados os esperados incrementos nas taxas de crescimento, o experimento sugere que a proteína não é o principal fator limitante do farelo na

Tabela 14.- Estudo do melhoramento do nível protéico de uma dieta de arroz polido complementada com farelo de arroz usando-se caseína até 16% de proteína.

Dietas	Proteína da dieta ¹ (%)	Variação de peso/anim/dia ² (g)
BF-8	8,21 ± 0,08	1,35 ± 0,24
BF-10	9,45 ± 0,10	1,47 ± 0,26
BF-12	11,89 ± 0,18	1,50 ± 0,52
BF-14	13,94 ± 0,64	1,82 ± 0,35
BF-16	15,24 ± 0,05	1,65 ± 0,35

1- Valores médios e desvios-padrão de 4 determinações.

2- Valores médios e desvios-padrão para grupos de 7 animais. Valores na mesma coluna assinalados com letras iguais não apresentam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

sua função promotora do crescimento. Isto implica portanto que a ênfase da pesquisa seja voltada para o valor nutritivo das vitaminas e minerais contidas no farelo de arroz.

Revisando os dados apresentados por Juliano (1980) referentes ao conteúdo de vitaminas do arroz polido e farelo de arroz e, fazendo uma relação entre a composição das dietas utilizadas neste ensaio e os requerimentos vitamínicos do rato (Adendo 1), temos que, em geral, todos esses requerimentos estariam cobertos em cada uma das dietas, encontrando-se somente deficiências marcantes dos requerimentos de riboflavina e vitamina B₁₂, de aproximadamente 50 e 94 %, respectivamente. Deficiência de aproximadamente 20 % em vitamina A pode ser também detectada da mesma forma.

A deficiência em riboflavina produz complexos efeitos metabólicos entre os quais estão: a diminuição das flavoproteínas, diminuição da respiração mitocondrial e da utilização das fontes energéticas, assim como da síntese de ATP (GARTHOFF *et al.*, 1973, apud ROGERS, 1979). Entre os sinais de deficiência de riboflavina em ratos, está a diminuição do crescimento. O aporte mínimo e máximo estimado de riboflavina por estas dietas está entre 0,8 e 1,7 mg/kg respectivamente, sabendo-se que o requerimento está entre 2 e

3 mg/kg. É importante levar também em consideração que o requerimento de riboflavina é influenciado pelo tipo e nível de carboidrato na dieta, sendo que o amido, ao invés do açúcar, diminui tal requerimento, provavelmente por incremento da síntese intestinal da vitamina B₂ (ROGERS, 1979). Entretanto, se o aporte desta vitamina por síntese pela microflora não for o suficiente para juntamente com a riboflavina da dieta cobrir os requerimentos, este poderia ser considerado como um dos fatores limitantes que pode influir negativamente no aproveitamento dos nutrientes da dieta.

A respeito da vitamina B₁₂ sabe-se que grande parte do requerimento é também fornecido por síntese microbiana intestinal, e que uma indução isolada de deficiência em ratos é difícil de se observar.

Fazendo o mesmo tipo de análise para os minerais, vemos que com respeito ao requerimento dos minerais determinados neste trabalho (Fe, Cu, Mn e Zn), todos eles foram cobertos pelas dietas elaboradas para este ensaio. Entretanto, sabe-se que a presença confirmada de altos níveis de fitato pode interferir na biodisponibilidade dos mesmos.

Widdonson e McCance (1942, apud DAVIES & NIGHTINGALE, 1975) foram os primeiros em relatar que o ferro de dietas

ricas em fitatos era relativamente indisponível. Davies e Nightingale (1975) encontram uma redução na retenção de zinco e ferro devida à adição de fitatos tanto em dietas deficientes em zinco como dietas suplementadas com Zn, sendo que os níveis de ferro nas dietas foram elevados (50 mg/kg), maiores inclusive que as recomendações de Fe para ratos. Estes autores também encontraram que dietas com altos teores de cobre (25 mg/kg) tinham a retenção deste mineral reduzida na presença de fitatos. Os mesmos pesquisadores encontraram uma diminuição na retenção de Mn atribuível aos fitatos.

O ferro e o cobre são elementos indispensáveis nos processos vitais de óxido-redução, estando envolvidos em oxidases, hidroxilases, desidrogenases, citocromos, etc. É pela sua participação na biossíntese da hemoglobina que o ferro é mais comumente lembrado, sem que por isso outras funções como estimulador do desenvolvimento do sistema nervoso, venham a ser menos importantes (SCRIMSHAW, 1991). O manganês atua em complexos enzimáticos entre os quais estão transferases, hidrolases, isomerases e ele é requerido na síntese de glicoproteínas e condroitina sulfato. A deficiência de Mn produz diminuição no crescimento pela deposição insuficiente de matriz óssea e cartilagem. A deficiência de Zn, grupo prostético de muitas enzimas entre as quais estão a

anidrase carbónica, álcool desidrogenase, fosfatase alcalina e carboxipeptidase A, resulta em grave redução do processo de síntese de ácidos nucléicos e, por tanto, da divisão celular. É considerado, por excelência, o elemento inorgânico cuja deficiência na dieta é imediatamente refletida na taxa de crescimento do animal (COUSINS & HEMPE, 1990).

Baseados em dados publicados por Juliano (1980), foram calculados os conteúdos aproximados de outros minerais nas dietas com farelo para posteriormente serem relacionados com os requerimentos. Dessa forma, encontramos que para magnésio, potássio, selênio e fósforo os requerimentos podem considerar-se satisfatórios. Não obstante, o fornecimento de sódio seja baixo, assim como o de cálcio (com uma cobertura do requerimento de somente 8 e 7 %, respectivamente).

Retardamento do crescimento em ratos sob severa deficiência de sódio já foi relatado por ORENT-KEILES e colaboradores (1937, apud ROGERS, 1979). O cálcio é requerido para o funcionamento normal das membranas, coagulação sanguínea, transmissão neuro-muscular além do crescimento. O cálcio e o fósforo, são os dois minerais mais abundantes no organismo, encontrando-se presente em altas concentrações nos ossos e dentes. Os requerimentos destes dois elementos são geralmente expressos em termos da relação Ca:P. Uma relação

de 1:1,5 é recomendada durante o crescimento do rato. Severas deficiências de Ca resultam, entre outros, no retardo do crescimento. No farelo de arroz, o conteúdo de cálcio é muito baixo enquanto que o de fósforo supera grandemente os requerimentos. Mesmo considerando que somente 10 % do fósforo encontrado está biodisponível, a relação Ca:P no farelo estima-se seja 1:2,3.

Desta análise, pode-se deduzir que, não sendo a proteína o único fator determinante dos resultados obtidos, com as dietas até este ponto testadas, no que diz respeito à taxa de crescimento, é provável que a limitação esteja mais relacionada com um problema de deficiência de cálcio e disponibilidade de Zn, Cu, Fe e Mn, além da forte deficiência em riboflavina.

4.3.4. - Avaliação da adição de vitaminas e minerais a dietas a base de arroz polido e farelo de arroz

Na Figura 1 podem-se observar as curvas de crescimento dos animais alimentados com as diferentes dietas purificadas elaboradas para este ensaio e comparadas com a de um grupo alimentado com uma dieta não purificada de fórmula fechada (DNPFF).

Para uma melhor análise destas curvas, na Tabela 15

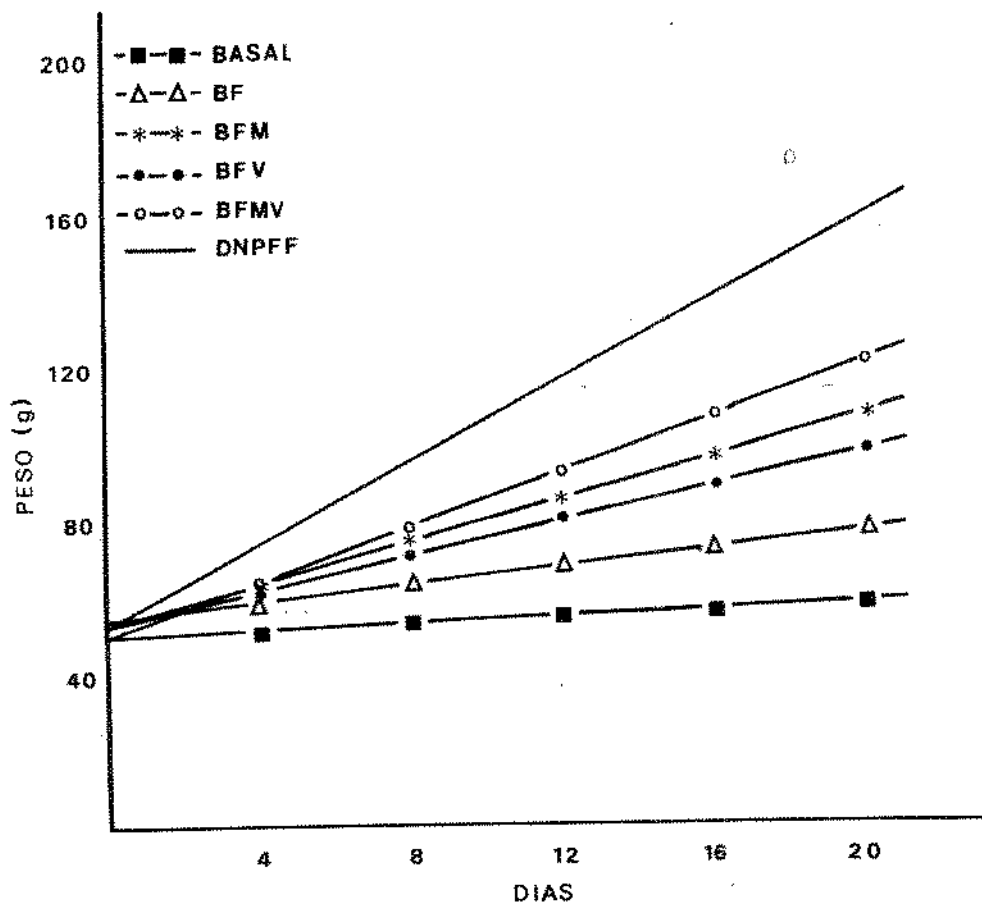


Tabela 15.- Efeito da adição de vitaminas e minerais a uma dieta basal previamente complementada com farelo de arroz, na taxa de crescimento e no consumo alimentar de ratos recém-desmamados. A performance dos animais com uma dieta não purificada de fórmula fechada (DNPFF) é apresentada para comparação.

DIETAS ¹	Proteína da dieta ² (%)	Variação de peso/anim/dia ³ (g)	Consumo de alim/anim/dia ³ (g)	Relação var.peso/consumo ³
Basal	7,18 ± 0,38	0,45 ± 0,22	6,67 ± 0,72	0,06 ± 0,04
BF	9,08 ± 0,62	1,11 ± 0,18	9,97 ± 0,88	0,12 ± 0,06
BFMV	8,62 ± 1,15	3,57 ± 0,82	14,88 ^a ± 0,47	0,24 ± 0,02
BFM	8,93 ± 0,25	2,78 ^a ± 0,35	13,86 ^{a, b} ± 1,90	0,20 ^a ± 0,02
BFV	9,01 ± 0,59	2,34 ^a ± 0,35	12,19 ^b ± 0,98	0,19 ^a ± 0,03
DNPFF	19,79 ± 0,25	5,32 ± 1,04	18,71 ± 3,42	0,28 ± 0,02

1- Basal: Arroz branco + óleo vegetal

BF: Basal + Farelo de arroz

BFMV: Basal + Farelo de arroz + Mist. mineral + Mist. Vitaminica

BFM: Basal + Farelo de arroz + Mist. mineral

BFV: Basal + Farelo de arroz + Mist. Vitaminica

2- Valores médios e desvios-padrão de 4 determinações.

3- Valores médios e desvios-padrão para grupos de 7 animais. Valores na mesma coluna assinalados com letras iguais não apresentam diferença estatisticamente significativa. (p < 0,05).

apresentam-se também os dados de conteúdo protéico das diferentes dietas, taxa de crescimento, consumo alimentar e uma relação entre estes dois valores para os seis grupos do estudo.

Podemos ver que quando a dieta basal de 7 % de proteína é suplementada com o farelo de arroz, ocorre um aumento no consumo da ração e, correspondentemente da taxa de crescimento, o que resulta no melhoramento de 100 % na relação de eficiência (dieta BF). Tal melhoramento certamente é apenas em parte atribuível ao aumento do nível de proteína de 7 para 9 %. O restante deve ser resultado do aporte de outros nutrientes presentes no farelo.

Mediante adição de 4 % de mistura mineral (dieta BFM) e 2 % de mistura de vitaminas (dieta BFV), que garantem um excesso destes requerimentos, tanto a variação de peso quanto o consumo alimentar, aumentaram significativamente, atingindo aumentos correspondentes de 67 e 58 % na relação de variação de peso por consumo. Não foi possível observar portanto diferença, entre o efeito promovido pela mistura mineral e aquela promovida pela mistura vitamínica.

Já com a adição simultânea das duas misturas (dieta BFMV), o efeito na expansão da eficiência é

significativamente superior (0,24), àquele conseguido com somente a dieta BF (0,12)

Por sua vez, a dieta DNPFF especial para ratos, promoveu uma grande taxa de crescimento (5,32 g/rato/dia) associada à maior eficiência alimentar observada (0,28). Não obstante o alto valor da eficiência, pode-se inferir neste caso uma perda na utilização quando se compara a diferença entre os coeficientes de eficiência (0,28 contra 0,24) com a diferença correspondente entre os consumos (18,71 contra 14,88 g/rato/dia) A melhora da qualidade da dieta BF mediante suplementação simultânea com vitaminas e minerais purificados e que se manifestou no aumento de quase 50 % no consumo alimentar, comprovou o desbalanceamento nutricional do farelo de arroz torrado para o rato em crescimento. Foi possível constatar ainda através deste experimento que as magnitudes das deficiências de minerais e vitaminas no farelo são estatisticamente indistinguíveis e aditivas, mesmo que não de forma linear; isto é, o incremento da relação variação de peso/consumo da dieta BF para a dieta BFMV é menor que a soma das variações individuais de BF para BFM mais BF para BFV.

Enquanto que a deficiência de minerais do farelo pode ser ao menos parcialmente explicada pela falta de cálcio e pela baixa biodisponibilidade de outros minerais discutidas

na seção 4.3.3, a grande deficiência em vitaminas, desvendada pela suplementação, não era esperada nem é facilmente explicável com base na deficiência de riboflavina.

4.3.5.- Avaliação da capacidade recuperativa do farelo de arroz

Na Figura 2 apresentam-se as curvas de crescimento dos seis grupos de animais alimentados com as diferentes dietas experimentais durante 21 dias, após um período inicial de 14 dias de sub-nutrição com a dieta basal. No gráfico "a" estão representados os grupos que continuaram com a dieta basal (R-0) e basal com acréscimo de vitaminas e minerais (R-1), podendo observar-se claramente uma melhora no crescimento com esta última dieta. Esta resposta se repete nos gráficos "b" e "c" onde notamos que, independentemente da fonte protéica, a presença dos suplementos de sais minerais e vitaminas permite a nítida recuperação do crescimento dos animais.

Na Tabela 16 temos os valores protéicos das dietas, a taxa de crescimento e o consumo diário de alimento. Observa-se que quando o animal continua com a dieta basal por um período maior que 14 dias, o crescimento que, até então estava em 0,85 g/rato/dia, passa a ser negativo e é acompanhado por uma maior redução no consumo de alimento. A

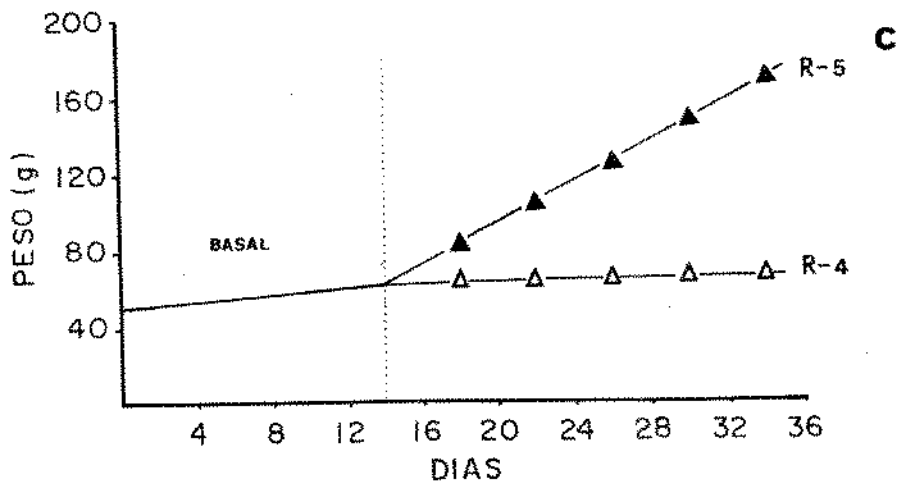
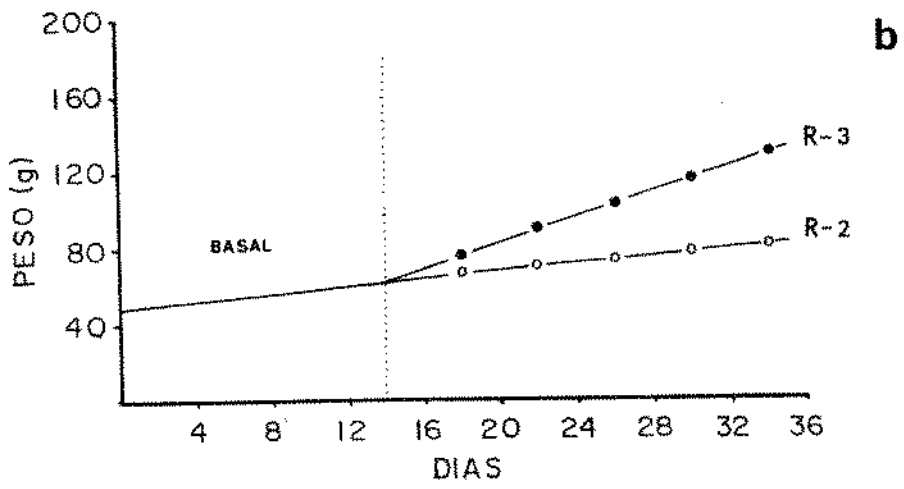
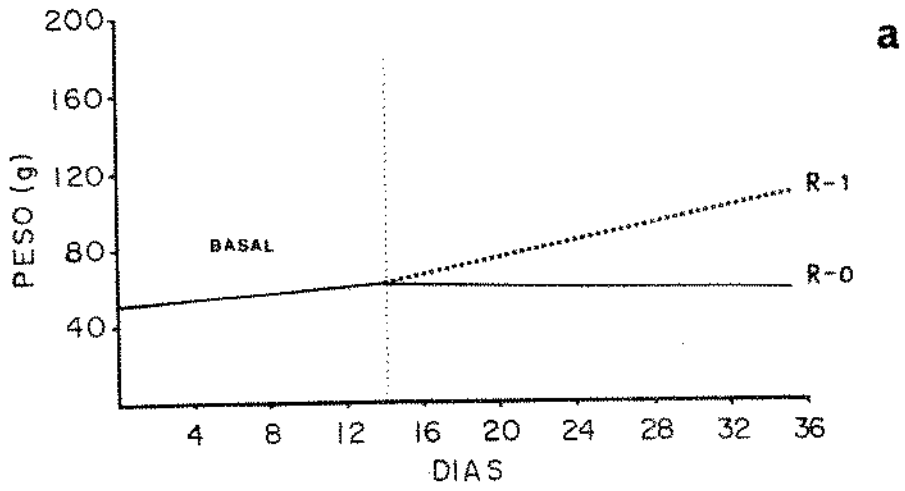


Tabela 16.- Conteúdo protéico das dietas, variação de peso/animal/dia e consumo de alimento/animal/dia nos ensaios de avaliação da capacidade recuperativa do farelo de arroz.

Dietas ¹	Proteína ² (%)	Variação de peso/anim./dia ³ (g)	Consumo de alim./anim./dia ³ (g)
Basal	7,18 ± 0,38	0,85 ^a ± 0,26	7,61 ^a ± 0,95
R-0	7,18 ± 0,38	-0,17 ^b ± 0,21	5,42 ^b ± 1,20
R-1	6,93 ± 0,29	2,25 ± 0,24	12,76 ± 0,58
R-2	8,34 ± 0,14	1,00 ^a ± 0,40	6,87 ^a ± 1,00
R-3	8,05 ± 0,15	3,39 ± 0,84	15,46 ± 1,97
R-4	8,02 ± 0,23	0,16 ^b ± 0,36	6,33 ^{a,b} ± 0,78
R-5	7,88 ± 0,17	5,40 ± 0,58	16,95 ± 1,37

1-Basal: Arroz branco + óleo vegetal

R-0: Este grupo continua com a dieta basal

R-1: Basal + Mist. mineral + Mist. vitamínica

R-2: Basal + Farelo de arroz

R-3: Basal + Farelo de arroz + Mist. mineral + Mist. Vitamínica

R-4: Basal + Caseína

R-5: Basal + Caseína + Mist. mineral + Mist. vitamínica

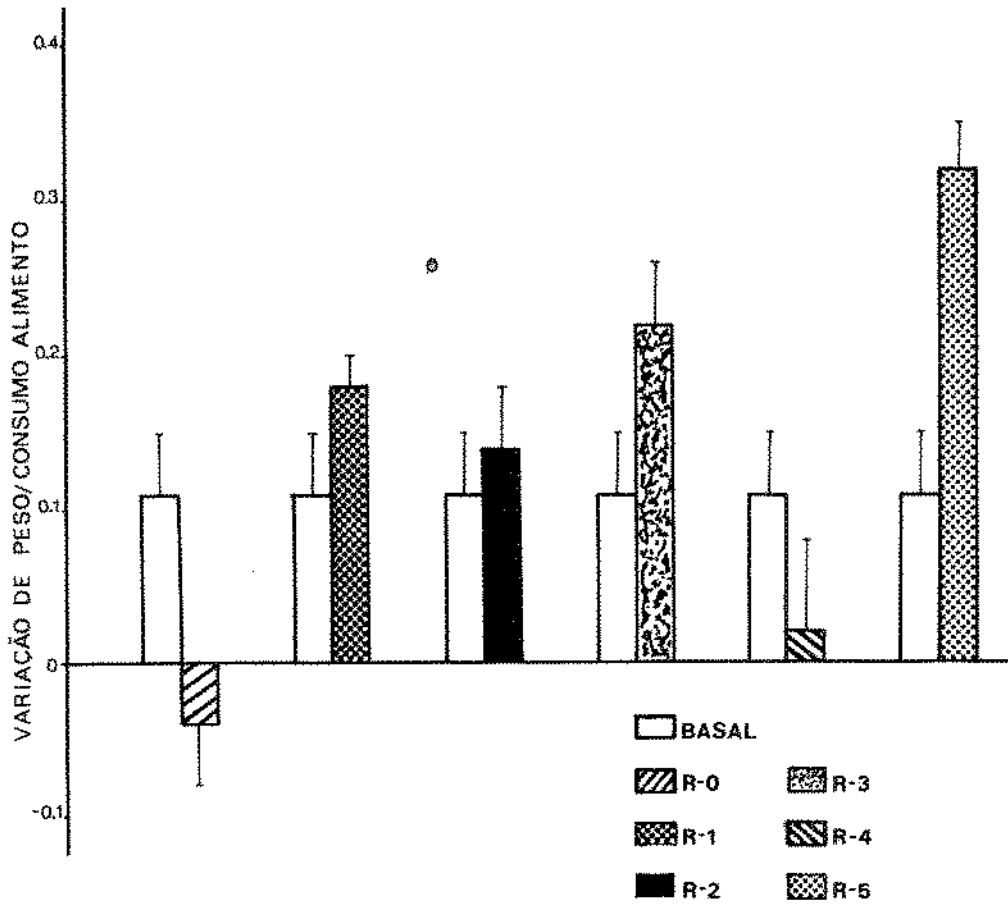
2-Valores médios e desvios-padrão de 4 determinações.

3-Valores médios e desvios-padrão para grupos de 7 animais. Valores na mesma coluna assinalados com letras iguais não apresentam diferença estatisticamente significativa (p < 0,05).

partir do momento em que são introduzidos os suplementos das misturas de vitaminas e minerais (dieta R-1) a resposta é uma taxa de crescimento maior que o dobro da taxa obtida com a simples adição do farelo ao arroz polido (dieta R-2). De fato, enquanto que a ingesta de dieta do animal aumentou em 85 % o aumento da taxa de crescimento foi de 125 %, deixando evidenciado um ganho no rendimento.

Se compararmos o rendimento obtido para a dieta R-2 com os da BF (sua equivalente) do ensaio anterior (seção 3.4.4) veremos que as taxas de crescimento são praticamente iguais, embora o consumo alimentar da dieta BF tenha sido ligeiramente superior. Assim, a relação de eficiência da dieta R-2 foi 0,14 contra 0,12 mostrando que houve tendência a uma melhor utilização da combinação arroz polido mais farelo de arroz na condição de dieta recuperativa (Fig. 3).

O resultado da recuperação de animais com a dieta contendo o farelo e ainda as misturas vitamínica e mineral (R-3) mostra a vantagem do aumento da qualidade e quantidade protéica (de 7 para 8 %), além de quaisquer outros atributos do farelo, embora o aumento da taxa de crescimento tenha sido substancial (de 2,25 para 3,39 g/rato/dia). A mesma pode ser ainda melhorada apenas melhorando-se a qualidade protéica, isto é, mudando a proteína do farelo pela caseína, como



mostra a linha da dieta R-5. É obvio que para conseguir esse aumento no rendimento é necessario manter a suplementação com as misturas vitamínica e mineral pois, caso contrário, ter-se-ia a situação da dieta R-4.

Esses resultados, tomados em conjunto, mostram que o farelo de arroz torrado possui um certo poder recuperativo no estado nutricional de ratos jovens, quando medido após um período de estresse nutricional que se estendeu até logo antes do início do balanço geral negativo mediante a ingestão de uma dieta altamente desbalanceada como é o arroz polido torrado. A capacidade recuperativa do farelo puro, entretanto, representa apenas 60 % da capacidade recuperativa do farelo enriquecido com vitaminas e minerais. Fica evidente também que, apesar da presença dos fitatos e o possível desbalanço do farelo em termos de Ca e vitamina B₂, a contribuição desse subproduto industrial à recuperação nutricional do rato não se restringe à fração protéica, como mostra a substituição do farelo pela caseína (dieta R-4), (Tabela 16, Figura 2-b e c).

4.3.6.- Ensaio de gestação e aleitamento

Na Tabela 17 apresentam-se os resultados obtidos para seis grupos de fêmeas que foram acasaladas e posteriormente

Tabela 17.- Ensaio de gestação e aleitamento. Seis grupos de fêmeas adultas foram acasaladas e logo depois alimentadas com dietas experimentais contendo arroz polido e diversos suplementos até o desmame. Um grupo alimentado com uma dieta não purificada de fórmula fechada (DNPFF) é apresentado para comparação.

Dietas ¹	CN ²	Proteína ³ (%)	Peso ao nascer ⁴ (g)	Peso aos 21 dias ⁴ (g)
Basal	(3-4)	7,20 ± 0,03	4,30 ^a ± 0,07	15,36 ^a ± 6,04
A-1	(4-4)	6,94 ± 0,08	5,32 ^a ± 1,06	28,16 ^b ± 3,49
A-2	(5-4)	8,93 ± 0,11	4,28 ^a ± 1,65	30,15 ^b ± 5,98
A-3	(4-4)	8,51 ± 0,39	4,44 ^a ± 0,99	33,42 ^{b,c} ± 7,81
A-4	(4-4)	8,49 ± 0,09	5,24 ^a ± 0,49	20,05 ^a ± 3,69
A-5	(4-4)	8,40 ± 0,20	4,16 ^a ± 0,48	38,77 ^c ± 2,59
DNPFF	(5-4)	19,79 ± 0,25	5,81 ^a ± 0,62	55,44 ± 6,29

- 1- Basal: Arroz branco + óleo vegetal
 A-1: Basal + Mist. mineral + Mist. vitamínica
 A-2: Basal + Farelo de arroz
 A-3: Basal + Farelo de arroz + Mist. mineral + Mist. Vitamínica
 A-4: Basal + Caseína
 A-5: Basal + Caseína + Mist. mineral + Mist. vitamínica
 2- O primeiro dígito denota o número de mães e o segundo o número de filhotes por mãe.
 3- Valores médios e desvios-padrão de 4 determinações.
 4- Valores médios e desvios-padrão, de 12, 16 ou 20 filhotes. Valores na mesma coluna assinalados com letras iguais não apresentam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

alimentadas com dietas purificadas contendo arroz polido e diversos suplementos durante a lactação, até o desmame dos filhotes. É apresentado um grupo alimentado com dieta não purificada de fórmula fechada para efeitos de comparação.

É importante destacar para começar a discussão destes resultados, a dificuldade apresentada neste ensaio para a obtenção de dados nas dietas basal e A-4. Foi necessário para o grupo com a dieta basal acasalar 13 ratas para a obtenção definitiva de só três ninhadas; já que das 13 somente 6 tiveram progênie e, destas, uma foi descartada devido ao baixo número de filhotes (2). Dentre as 5 restantes, apresentaram-se dois casos de canibalismo. Igualmente para a dieta A-4 (basal + caseína) foram acasaladas 8 ratas, das quais uma teve só 1 filhote e outra 2. Dos seis grupos restantes, houve canibalismo em dois.

Turner (1973) observou números menores de prole em mães com restrição protéica e diz que isto pode ocorrer devido a aborto e/ou reabsorção fetal. Tonete e colaboradores (1982) assim como Callard e Leathem (1970) verificaram que, em grupos com deficit protéico o número de ratas prenhes que não chegaram ao termo foi maior que o normal. Estes últimos autores conseguiram manter a gravidez de ratas com desnutrição protéica administrando estrógenos e prolactina,

sugerindo que em estados de desnutrição, pode ocorrer diminuição de hormônios necessários para manter a gravidez. Também temos que a ocorrência de canibalismo por parte das mães alimentadas com dietas deficientes já foi observada por Tonete e Nobrega em 1978 (apud TONETE *et al.*, 1983).

Na Tabela 17 podemos observar primeiramente que não houve diferença significativa nos pesos dos filhotes ao nascer entre os diversos grupos.

Os resultados do peso ao nascer, ao menos parcialmente, confirmam o achado de Nelson e Grans (1953, apud NAISMITH & MORGAN, 1976) que relatam a inexistência de maiores diferenças nos pesos ao nascer de ratos cujas mães foram alimentadas com dietas contendo entre 20 e 5 % de proteína. O fato sugere a existência de algum mecanismo, mediante o qual, o embrião é protegido contra uma dieta materna muito pobre.

Naismith e Morgan (1976) propuseram que o metabolismo protéico durante a gravidez da rata segue um curso bifásico, onde nas primeiras duas semanas há uma fase anabólica. O incremento da proteína e os tecidos de suporte do embrião não são significativos e a mãe tem tempo para elaborar as suas reservas protéicas. Na semana seguinte, quando o crescimento acelerado do feto se inicia, as reservas de proteína são retiradas do corpo da mãe. Esta fase, catabólica para a mãe

ocorre independentemente da ingesta protéica da mesma, indicando que a nutrição do feto tem um forte controle hormonal.

Turner (1973) também relata valores de peso ao nascer semelhantes para ratos com dietas maternas contendo entre 8 e 25 % de proteína. Entretanto, a diferença encontrada está no peso ao desmame, sendo este aproximadamente 58 % menor para os filhotes das ratas alimentadas com a dieta de menor conteúdo protéico. Esses resultados têm certa semelhança com os obtidos neste trabalho, no qual observamos diferenças entre os pesos ao desmame em algumas das dietas.

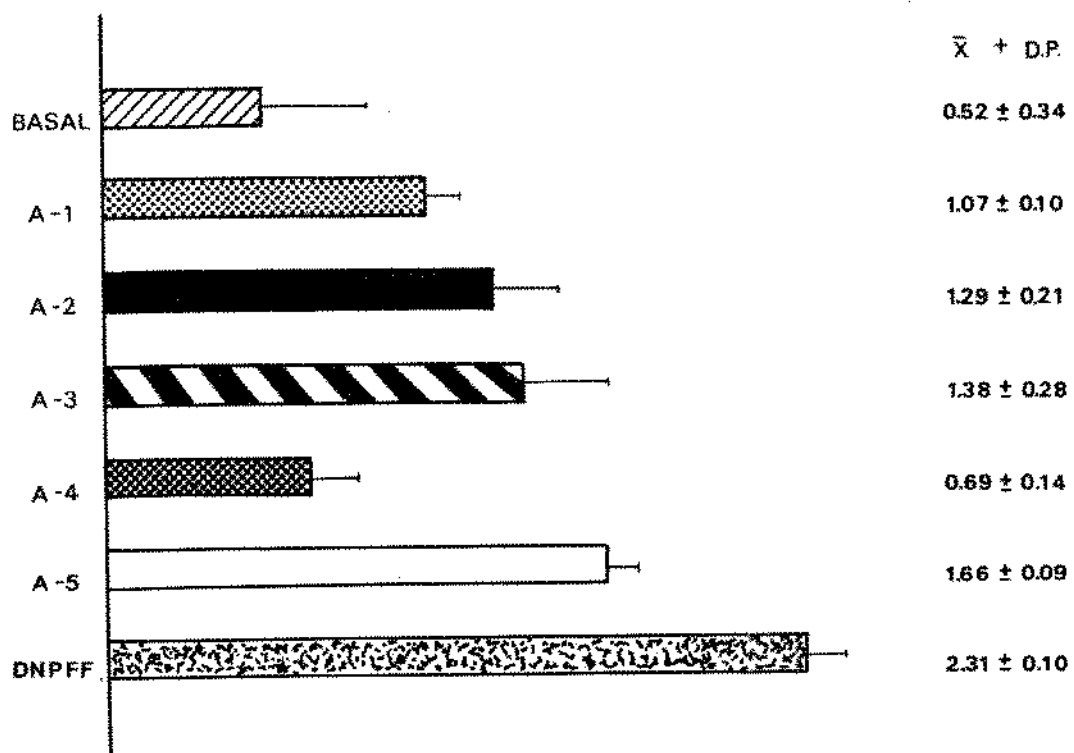
Analisando os dados ponderais da Tabela 17 e as taxas de crescimento da Figura 4, podemos observar que apenas o grupo da dieta DNPFF alcança peso normal aos 21 dias de idade (NBC, 1977/78) com uma taxa média de crescimento de 2,31 g/rato/dia. Mesmo a dieta A-5 (basal + caseína + mist. vitamínica + mist. mineral) rendeu uma taxa média 28 % abaixo desse valor e um peso final 30 % inferior ao normal.

Interessante foi a constatação de que a alimentação das mães com as dietas A-1, A-2 e A-3 não resultou em pesos médios finais estatisticamente diferentes entre os filhotes, embora as medidas de peso aumentaram nessa ordem. Esses dados revelam que, em primeiro lugar, a adição de farelo à dieta

desbalanceada de arroz polido (basal) melhorou o valor nutricional da mesma (A-2) até o ponto de aumentar o peso final dos filhotes em 96 % e a taxa média de crescimento em 148 %. Em segundo lugar, o posterior enriquecimento da dieta A-2 com vitaminas e minerais não trouxe melhoramento significativo à dieta suplementada com farelo (dieta A-3).

O aumento do valor nutritivo ocasionado pela adição do farelo ao arroz polido e que resultou no melhoramento de 148 % da taxa de crescimento dos filhotes (Fig. 4) coincidiu com o incremento da taxa observada na mudança da dieta B para a BF do experimento com animais desmamados, da seção 4.3.4. (Tabela 15), sendo os valores absolutos da fase pós-desmame um pouco inferiores aos da fase de aleitamento, provavelmente devido ao estágio diferente do crescimento. Situação muito diferente, entretanto, foi constatada no melhoramento de basal (R-0) para R-2 (basal + farelo de arroz, Tabela 16).

Em adição, comparando a resposta dos grupos alimentados com as dietas suplementadas com farelo e mais minerais e vitaminas nos diversos ensaios, torna-se evidente que, enquanto os grupos dos ensaios de crescimento normal com ratos recém-desmamados e o teste de recuperação mostraram taxas de crescimento quase 700 e 400 % superiores aos



valores obtidos com a basal, respectivamente, a relação correspondente no ensaio de aleitamento (Figura 4) mostra um melhoramento apenas de 165 % [$(1,38 \div 0,52 - 1,0) 100$]. Não temos até o momento explicação para esse desempenho diferenciado das dietas, a não ser a interposição do corpo da mãe entre a dieta e o filhote que se amamenta. O corpo da mãe poderá agir como um estoque de nutrientes minimizando o efeito das deficiências da dieta.

5.- CONCLUSÕES.

Da interpretação dos resultados analíticos e dos diversos ensaios biológicos sobre as propriedades nutritivas do farelo de arroz, podemos chegar às seguintes conclusões:

- 1.- As atividades antitriptica e hemaglutinante encontradas no farelo de arroz torrado são significativamente inferiores às de muitos alimentos convencionais e não representam impedimento algum para sua utilização na alimentação.
- 2.- Idealmente, deveria ser efetuado teste de triagem para aflatoxinas antes da torragem dos farelos.
- 3.- A composição química do farelo de arroz indica que este resíduo é, no mínimo, uma potencial fonte de proteínas, de alguns elementos minerais como Zn, Cu, Fe e Mn e particularmente fibras alimentares.
- 4.- O elevado conteúdo de ácido fítico é um fator que compromete a biodisponibilidade dos minerais presentes no farelo de arroz.

- 5.- A qualidade protéica do farelo de arroz, medida através do escore químico e Quociente de Eficiência Protéica (PER), é comparável à de outros cereais de consumo popular.
- 6.- Os fatores limitantes na utilização do potencial total do farelo de arroz como promotor do crescimento no rato aparentemente são : a) os minerais, devido à deficiência de cálcio (relatada na literatura), e uma baixa disponibilidade de Zn, Cu, Fe e Mn; b) as vitaminas provavelmente, devido à deficiência de riboflavina, que cobre apenas 40 ou 50 % do requerimento do animal; e c) a deficiência de lisina em terceiro lugar.
- 7.- O farelo de arroz possui um certo poder recuperativo em ratos em crescimento previamente submetidos a um estresse nutricional com arroz branco. Entretanto, essa capacidade é muito baixa experimentalmente quando comparada com o próprio farelo enriquecido com vitaminas e minerais.
- 8.- O efeito de complementar a dieta basal com o farelo para as mães, não se refletiu no peso ao nascer dos filhotes. Por outro lado, o alto grau de infertilidade notado nas

fêmeas alimentadas com a dieta de arroz branco, largamente deficiente em nutrientes, desapareceu com a adição de farelo ao arroz. Durante o período de amamentação, entretanto, as diferenças alcançadas foram consideráveis, contudo uma vantagem ainda maior do que a observada com os animais recém-desmamados. Nesta mesma experiência, ficou evidenciada a impossibilidade de melhorar significativamente o valor nutritivo do farelo mediante o seu enriquecimento com minerais e vitaminas.

9.- De um modo geral, o farelo de arroz industrial torrado, não é recomendado como substituto de suplementos vitamínico e/ou mineral completos, nem em casos de alimentação normal nem deficiente. Exceção poderia ser feita na inexistência de complementos completos. Já o fator protéico, limitado pelo seu teor de lisina, é comparável ao de algumas fontes tradicionais de origem vegetal. A tentativa de compensar a baixa disponibilidade de minerais, vitaminas ou aminoácidos aumentando-se a proporção de farelo na dieta não melhora o valor nutritivo da mesma

10.-Esforços futuros na pesquisa de utilização do farelo de arroz como suplemento nutricional devem ser dirigidos à destruição dos fitatos e à determinação das deficiências específicas. A presente investigação não descarta a utilização mais imediata do farelo de arroz como fonte de fibra alimentar.

6.- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- ADAYR, C. Rice Chemistry and Technology. Houston, D.F. ed. St.Paul, 1972. p. 1-13.
- 2- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Approved methods. 8 ed. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, 1983.
- 3- ASP, N-G.; JOHANSSON, C-G.; HALLMER, H.; SILJESTROM, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, 31(3):476-82, 1983.
- 4- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 14 ed. WILLIAMS, S. ed. Washington, 1984. p.249.
- 5- BABCOCK, D. Rice bran as a source of dietary fiber. Cereal Foods World, St. Paul, 32(8):538-9, 1987.
- 6- BAKER, D.E.J. Reproduction and breeding. In: The laboratory rat. Orlando, Academic Press, 1979. p.146.

- 7- BARBER, S. Nuevas perspectivas en el aprovechamiento del salvado de arroz. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, Valencia, 11(2):181-87, 1971.
- 8- BARBER, S. & BENEDITO DE BARBER, C. Salvados de arroz. Factores que influyen en su composición y características. I. El proceso de elaboración. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, Valencia, 13(4):501-8, 1973.
- 9- ————. Rice bran : chemistry and technology. In: LUH, B.H. *Rice: production and utilization*. Westport, AVI Publishing Company, 1980. p.790-862.
- 10- BARBER, S.; BENEDITO DE BARBER, C.; FLORES, M.J.; MONTES, J.J. Constituyentes tóxicos del salvado de arroz. I. Actividad de inhibidores de tripsina del salvado crudo y tratado térmicamente. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, Valencia, 18(1):80-8, 1978.
- 11- BECKMAN INSTRUMENTS, INC. BECKMAN 118/119 BL, 118/119 CL Amino acid analysers. *Instruction Manual*. Palo Alto, 1977.
- 12- BENEDITO DE BARBER, C. & BARBER, S. Constituyentes tóxicos del salvado de arroz. II. Actividad hemaglutinante del

salvado crudo y tratado térmicamente. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, Valencia, 18(1):89-94, 1978.

13- BERG, B.N. Dietary restriction and reproduction in the rat. *Journal of Nutrition*, Bethesda, 87:344-8, 1966.

14- BLIGH, E.G. & DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, Ottawa, 37(8): 911-17, 1959.

15- BLOCK, R.J. & MITCHELL, H.H. The correlation of the amino-acid composition of proteins with their nutritive value. *Nutrition Abstracts & Reviews*, Farnham Royal, 16(2):249-278, 1946.

16- BRESSANI, R.; ELIAS, L.G.; JULIANO, B.D. Evaluation of the protein quality of milled rices differing in protein content. *Journal and Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 19(5):1028-34, 1971.

17- CAGAMPANG, G; CRUZ, L.; ESPIRITU, S; SANTIAGO, R.; JULIANO, B. Studies on the extraction and composition of rice proteins. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 43(2):145-55, 1966.

- 18- CALLARD, I.P. & LEATHEM, J.H. Pregnancy maintenance in protein deficient rats. *Acta Endocrinológica*. 63:539-44, 1970.
- 19- CHAMPAGNE, E.T.; RAO, R.M.; LIUZZO, J. A.; ROBINSON, I.W.; GALE, R.J.; MILLER, F. The interactions of minerals, proteins, and phytic acid in rice bran. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 62(4):231-8, 1985.
- 20- CHANEY, S.G. Principles of nutrition II: Micronutrients. In: *Textbook of biochemistry with clinical correlations*. New York, Devlin T. ed., 1986. p.964-78.
- 21- CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food system. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, 13(4): 297-335, 1980.
- 22- CLARKE, H.E.; COATES, M.E.; EVA, J.K.; FORD, D.J.; MILNER, C.K.; O'DONOGHUE, P.N.; SCOTT, P.P.; WARD, R.J. Dietary standars for laboratory animals:report of the Laboratory Animals Centre Diets Advisory Committee. *Laboratory animals*, Theydon Bois/England, 11:1-20. 1977.
- 23- CONN, E.E.& STUMPF, P.K. *Introdução à bioquímica*. São Paulo,

Edgard Blücher, 1985. p. 164-73.

- 24- CONNOR, M.A.; SAUNDERS, R.M.; KOHLER, G.O. Rice bran protein concentrates obtained by wet alkaline extraction. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 53(4):488-96, 1976.
- 25- COUSINS, R.J. & HEMPE, J.M. Zinc. In: BROWN, M.L. ed. *Present knowledge in nutrition*. Washington, International Life Sciences. Institute Nutrition Foundation, 1990. p. 251-60.
- 26- DAVIES, N.T. & NIGHTINGALE, R. The effects of phytate on intestinal absorption and secretion of zinc, and whole-body retention of Zn, copper, iron and manganese in rats. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, 34(2):243-58, 1975.
- 27- DAVIES, N.T. & OLPIN, S.E. Studies on the phytate:zinc molar contents in diets as a determinant of zinc availability to young rats. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, 41:591-8, 1979.
- 28- DE ANGELIS, R.C. *Fisiologia da nutrição*. 2. ed. São Paulo, EDART, 1979. p.60-71, 125-7, 152, 157.

- 29- DRAPER, H.H.; SIE, T.; BERGAN, J.G.. Osteoporosis in aging rats induced by high phosphorus diets. **Journal of Nutrition**, Bethesda, **102**:1133-41, 1972.
- 30- DREWS, J.M.; KIES, C.; FOX, H.M. Effect of dietary fiber on copper, zinc, and magnesium utilization by adolescent boys. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, **32**:1893-7, 1979.
- 31- DUNCAN, D.B. Multiple range and multiple F tests. **BIOMETRICS**, Washington, **11**(1-4):1-42, 1955.
- 32- ERDMAN, J.W. Oilseed phytates : Nutritional implications. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, **56**(8):736-41, 1979.
- 33- FERRETI, R.J. & LEVANDER, O.A. Effect of milling and processing on the selenium content of grains and cereal products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, **22**(6):1049-51, 1974.
- 34- FRÖLICH, W. & ASP, N-G. Mineral and phytate in the analysis of dietary fiber from cereals. **Cereal Chemistry**, St. Paul, **62**(4):238-42, 1985.

- 35- GÓMEZ-BRENES, R.; ELÍAS, L.G.; MOLINA, M.R.; DE LA FUENTE, G.; BRESSANI, R. Changes in chemical composition and nutritive value of common beans and other legumes during house cooking. In: JAFFÉ, W.G. ed. *Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods*. Proceedings. (1973 meeting) Ribeirão Preto, 1973. p. 93-119.
- 36- GUERRA, M.J. & JAFFE, W.G. Estudios nutricionales en salvado de arroz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Caracas, 25(4):401-17, 1975.
- 37- HANSEN, L.; HOSEK, R.; CALLAM, M.; JONES, F. The development of high-protein rice flour for early childhodd feeding. *Food Technology*, Chicago, 35(11):38-42, 1981.
- 38- HARLAND, B.F. & OBERLEAS, D. A modified method for phytate analysis using an ion-exchange procedure: application to textured vegetable proteins. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 54(4):827-32, 1977.
- 39- HARPER, A.E. & ELVEHJEM, C.A. Dietary carbohydrates. A review of the effects of different carbohydrates on vitamin and

aminoacid requeriments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 5(10):754-8, 1957.

40- HOUSTON, D.F. *Rice. Chemistry and technology*. St. Paul, American Association of Cereal Chemists, INC. 1972. p.28.

41- HOUSTON, D.F.; ALIS, M.E.; KOHLER, G.O. Aminoacid composition of rice and rice by-products. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 46:527-37. 1969.

42- HUBER, A.M. & GERSHOFF, S.N. Effects of dietary zinc on zinc enzymes in the rat. *Journal of Nutrition*, Beteshda, 103:1175-81, 1973.

43- HURLEY, L.S. Perinatal effects of trace element deficiencies. In: *Trace elements in human health and disease. V. II. Essential and toxic elements*. Prassad, A. ed. New York, 1976. p.301-14.

44- HURLEY, L.S.; COSENS, G.; THERIAULT, L.L. Teratogenic effects of magnesium deficiency in rats. *Journal of Nutrition*, Beteshda, 106:1254-60, 1976.

45- HURLEY L.S.; WOOTEN, E.; EVERSON, G.J. Disproportionate

growth in offspring of manganese deficient rats 2. Skull, brain and cerebrospinal fluid. **Journal of Nutrition**, Bethesda, 74:282-8, 1961 1961

46- HURT, H.D.; CARY, E.E.; VISEK, W.J. Growth, reproduction and tissue concentrations of selenium in the selenium-depleted rat. **Journal of Nutrition**, Bethesda, 101:761-66, 1971.

47- JULIANO, B.O. The rice caryopsis and its composition. In: **Rice, Chemistry and technology**. St. Paul, American Association of Cereal Chemists, INC. 1972. p.138.

48- JULIANO, B.O. Recent development in rice research. **Cereals Foods World**, St. Paul, 22(7):284-7 . 1977.

49- JULIANO, B.O. Properties of rice caryopsis. In: LUH, B.H. **Rice: production and utilization**. Westport, AVI Publishing Company, 1980. p. 403-38.

50- JULIANO, B.O.; BAUTISTA, G.M.; LUGAY, J.C.; REYES, A.C. Studies on the physicochemical properties of rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, 12(2):131-8, 1964.

- 51- JUNQUEIRA, R.G. & SGARBIERI, V.C. Isolation and general properties of lectins from the bean (*Phaseolus vulgaris* var. Rosinha G2). *Journal of Food biochemistry*, West Port, 5:165-79, 1981.
- 52- KAKADE, M.L.; SIMONS, N.; LIENER, I.E. An evaluation of natural vs syntetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 46(5):518-26, 1969.
- 53- KAHLON, T.S.; SAUNDERS, R.M.; CHOW, F.I.; CHIU, M.C.; BETSCHART, A.A. Effect of rice bran and oat bran on plasma cholesterol in hamsters. *Cereal Foods World*, St. Paul, 34(9):768, 1989.
- 54- KELSAY, J.L. A review of research on effects of fiber intake on man. *The American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, 31(1):142-59, 1978.
- 55- KENNEDY, B.M. Nutritional quality of rice endosperm. In: LUH, B.H. *Rice: production and utilization*. Westport, AVI Publishing Company, 1980. p. 439-69.
- 56- KENNEDY, B.M.; SCHELSTRAETE, M.; TAMARI, K. Chemical,

physical and nutritional properties of high-protein flours and residual kerner from the overmilling of uncoated milled rice IV. thiamin, niacin, riboflavin and pyridoxine. **Cereal Chemistry**, St. Paul, 52(3):182-8, 1975.

57- KIK, C. Nutrients in rice bran and rice polish and improvement on protein quality with aminoacids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, 4(2): 170-2, 1956.

58- KNAPKA, J.J. Diet selection and formulation. **Laboratory animal science: laboratory animal studies in the quest of health and knowledge**. Proceedings. Ribeirão Preto, 1986. p.3-12.

59- KNAPKA, J.J. Nutrition course. II Congresso Brasileiro de animais de laboratório. Caxambu, 1990.

60- KNAPKA, J.J.; SMITH, K.P.; JUDGE, F.J. Effect of open and closed formula rations on the performance of three strains of laboratory mice. **Laboratory Animal Science**, Cordova, 24:480-7, 1974.

61- KUTSKY, R.J. **Handbook of vitamins and hormones**. New York, Van

Nostrand Reinhold, 1973. p. 54, 62, 96.

- 62- Latta, M. & ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, 28(6):1313-15, 1980.
- 63- LEHNINGER, A.L. **Curso breve de bioquímica**. Barcelona, Omega, 1981. p. 138-42.
- 64- LIENER, I.E. Phytohemagglutinins: their nutritional significance. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** Washington, 22(1):17-22, 1974.
- 65- McALEESE, D. & FORBES, R.M. The requirement and tissue distribution of magnesium in the rat as influenced by environmental temperature and dietary calcium. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, 73:94-106, 1961.
- 66- McCall, E.R.; JURGENS, J.F.; HOFFPAUIR, C.L.; PONS, W.A.; STARK, S.M.; CUCULLU, A.F.; HEINZELMAN, D.C.; CIRINO, V.O.; MURRAY, M.D. Composition of rice. Influence of variety and environment on physical and chemical composition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, 1(16):988-93, 1953.

- 67- McCORMICK, D.B. Riboflavin. In: BROWN, M.L. ed. **Present knowledge in nutrition**. Washington, International Life Sciences. Institute Nutrition Foundation, 1990. p.146-54.
- 68- MENAKER, L & NAVIA, J. Appetite regulation in the rat under various physiological conditions: the role of dietary protein and calories. **Journal of Nutrition**, Bethesda, **103**:347-52, 1973.
- 69- NAISMITH, D.J. & MORGAN, B.L. The biphasic nature of protein metabolism during pregnancy in the rat. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, **36**(3):563-6, 1976.
- 70- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. National Research Council. **Recommended dietary allowances**. 9 ed., Washington, 1980.
- 71- NATIONAL RESEARCH COUNCIL **Nutrient requirements of laboratory animals**. 2 ed. v. 10 NRC, Washington D.C., 1978.
- 72- NESTEL, P.J. Dietary fibre. **The Medical Journal of Australia**, Kingsgrove, **153**(3):123-4, 1990.
- 73- NIELSEN, F.H. Newer trace elements and possible application

in man. In: Trace elements in human health and disease. V. II. Essential and toxic elements. Prasad, A. ed. New York, 1976. p. 380.

74- NUTRITIONAL BIOCHEMICALS CORPORATION. ICN Diet Catalog. ICN Life Sciences Group. Cleveland, 1977/78.

75- OBERLEAS, O. & HARLAND, B. Phytate content of foods: effect on dietary zinc bioavailability. *Journal of the American Dietetic Association*, Chicago, 79:433-6, 1981.

76- O'DELL, B.L.; HARDWICKK, B.C.; REYNOLDS, G. Mineral deficiency of milk and congenital malformations in the rat. *Journal of Nutrition*, Bethesda, 73:151-7, 1961.

77- PAUL, A. & SOUTHGATE, D.A. McCance and Widdowson's. The composition of foods. 4 ed. Londres, Elsevier/Holand Biomedical Press, 1978.

78- PEARSON, D. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos [laboratory techniques in food analysis]. Zaragoza, Acribia, 1976. p.10

79- PETERSON, A.D. & BAUMGARDT, B.R. Food and energy intake of

rats fed diets varying in energy concentration and density. *Journal of Nutrition*, Bethesda, **101**:1057-67, 1971.

80- PINCKNEY, A.J. The biuret test as applied to the estimation of wheat protein. *Cereal Chemistry*, St. Paul, **38**(6):501-6, 1961

81- PRIMO, E.; BARBER, S.; TORTOSA, E.; CAMACHO, J.; ULLDEMOLIUS, J.; JIMENEZ, A.; VEGA, R. Composición química del arroz. V. Subproductos obtenidos en las diferentes etapas del diagrama de elaboración. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, Valencia, **10**(2):244-57, 1970.

82- PUDELKEWICZ, C.; SEUFART, J.; HOLMAN, R.T. Requirements of the female rat for linoleic and linolenic acids. *The Journal of Nutrition*, Bethesda, **94**:138-46, 1968.1968.

83- REINHOLD, J.G.; FARADJI, B.; ABADI, P.; ISMAIL-BEIGI, F. Binding of zinc to fiber and other solids of wholemeal bread. In: *Trace elements in human health and disease*. V. I. Zinc and copper. Prasad, A. ed. New York, 1976. p.163-81.

- 84- REPORT OF THE AMERICAN INSTITUTE OF NUTRITION AD HOC COMMITTEE ON STANDARS FOR NUTRITIONAL STUDIES. **Journal of Nutrition Beteshda**, 107:1340-8. 1977.
- 85- ROGERS, A.E. Nutrition. In: **The laboratory rat**. Orlando, Academic Press, 1979. p. 128-34.
- 86- ROMER, T.R. Screening method for the detection of aflatoxins in mixed feeds and other agricultural commodities with subsequent confirmation and quantitative measurement of aflatoxins in possitive samples. **Journal Association of Official Analytical Chemists**, Washington, 58(3):500-6, 1975.
- 87- SAUNDERS, R.M. The properties of rice bran as a foodstuff. **Cereal Foods World**, St. Paul, 35(7):632-6, 1990.
- 88- SCHNEEMAN, B.O.. Soluble vs insoluble fiber. Different physiological responses. **Food Technology**, Chicago, 41(2):81-2, 1987.
- 89- SCRIMSHAW, N. Iron deficiency. **Scientific American**, New York, 265(4):24-31, 1991.

- 90- SELIGSON, F.H. & MACKEY, L.N. *Journal of Nutrition*, Bethesda, 114:682-91, 1984.
- 91- SEIBERT, S.E. Oat bran as a source of soluble dietary fiber. *Cereal Foods World*, St. Paul, 32(8):552-3, 1987.
- 92- SEIDL, D.S. & JAFFÉ, W.G. La soya, presente y futuro. *Interciencia*, Caracas, 8(3):172-4, 1983.
- 93- SELGSON & MACKEY. Variable predictions of protein quality by chemical score due to amino acid analysis and reference pattern. *Journal of Nutrition*, Bethesda, 114:682-91, 1984.
- 94- SELVENDRAN, R.R. Chemistry of plant cell walls and dietary fibre. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, Oslo, 22(129):33-41, 1987.
- 95- SGARBIERI, V.C. A importância dos aminoácidos em nutrição e ciências dos alimentos. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 29(10):1152-8, 1977.
- 96- SGARBIERI, V.C. *Alimentação e nutrição*. São Paulo, Almed, 1987. p. 137, 145-50, 153, 163-9.

- 97- SLAVIN, S.; PETERSON, G.; LINDAHL, P.C.. Determination of heavy metals in meats by atomic absorption spectroscopy. **Atomic Absortion Newsletter**, Ridgefield, 14(3):57-9, 1975.
- 98- SPACKMAN, D.H.; STEIN, W.H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. **Cereal Chemistry**, St. Paul, 30(7):1190-1206, 1958.
- 99- SPADARO, J.J.; MATTHEUWS, J.; WADSWORTH, J.I. Milling. In: LUH, B.H. **Rice: production and utilization**. Westport, AVI Publishing Company, 1980. p.360.
- 100- STASSE, M.; HAUTVAST, J.G.; HERMUS, J.J.; KATAN, M.B.; BAUSCH, J.E.; RIETBERG-BRUSSEARD, H.; VELEMA, J.P.; ZONDERVAN, H.; EASTWOOD, M.A.; GORDON BRYDDON, W. effects of natural high-fiber diet on serum lipids fecal lipids, and colonic function. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Beteshda, 32:1881-8, 1979.
- 101- TASHIRO, M. & MAKI, Z. Partial purification and some properties of a trypsin inhibitor from rice bran. **Agricultural and Biological Chemistry Journal**, Tokyo, 42:1119-24, 1978.

- 102- The vitamins, chemistry, physiology, pathology, methods. New York, Academic Press, 1972. p. 98.
- 103- TKACHUK, R. Nitrogen to protein conversion factors for cereals and oilseed meals. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 46(4):419-23, 1969.
- 104- TOMLIN, J. & READ, N. W. Comparison of the effects on colonic function caused by feeding rice bran and wheat bran. *European Journal of Clinical Nutrition* 42(10):857-61, 1988.
- 105- TONETE DE SOUZA QUEIROZ, S.; DE NOBEGRA, F.J.; CURI, P.R.; PETEAN, C.E.; AIELLO, E.; CARVALHO VASCONCELOS, E. Desnutrição intrauterina em ratos. I. Repercussões no ganho de peso, tempo de gestação e no número de recém-nascidos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Guatemala, XXXIII (1):97-108, 1983.
- 106- TOPPING, D.L.; ILLMAN, R.J.; ROACH, P.D.; TRIMBLE, R.P. KAMBOURIS, A.; NESTEL, P.J. Modulation of the hypolipidemic effect of fish oils by dietary fiber in rats: studies with rice and wheat bran. *The Journal of Nutrition*, Bethesda, 120(4):325-30, 1990.

- 107- TORTOSA, E. & BENEDITO De BARBER, C. El salvado de arroz y su valor potencial para alimentación animal. *Revista Agroquímica y de Tecnología de Alimentos*. 18(4):408-21. 1978 .
- 108- TROWELL, H. Definitions of fibre. *The Lancet* 1:503, 1974.
- 109- TURNER, M.R. Perinatal mortality, growth and survival to weaning in offspring of rats reared on diets moderately deficient in protein. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, 29(1):139-47, 1973.
- 110- VERMEERSCH, J. Bases fisiológicas das necessidades nutricionais. In: WORTHINGTON, B.S.; VERMEERSCH, J.; WILLIAMS, S.R. *Nutrição na gravidez e na lactação*. Rio de Janeiro, Interamericana, 1980. p. 34-8.
- 111- VOHRA, P.; GRAY, G.A.; KRATZER, F.A. Phytic-acid-metal complex. *Proceeding of the Social and Experimental Biological Medical*, New York, 120:447-9, 1965.
- 112- WANG, F.L.; WANG, R.; KHAIRALLAH, E.A.; SCHWARTZ, R. Magnesium depletion during gestation and lactation in

rats. *Journal of Nutrition*, Bethesda, 101:1201-10, 1971.

113- WEBER, F.E. & CHAUDHARY, V.K. Recovery and nutritional evaluation of dietary fiber ingredients from a barley by products. *Cereal Foods World*, St. Paul, 32(8):548-50, 1987.

114- WINICK, M. Fetal malnutrition. *Clinical Obstetrics and Gynecology*, New York, 13(3):526-41, 1970.

115- WINICK, M. Nutrition and cell growth. *Nutrition Reviews*, New York, 26:195-9, 1968.

ADENDO 1

Requerimentos estimados de nutrientes para o crescimento do rato:

Nutriente	Requerimento
Proteína (% na dieta)	12,00 (20,00) ²
Lipídios (% na dieta)	5,00
L-Aminoácidos (% na dieta)	
Arg	0,60
Asp	0,40
Glu	4,00
His	0,30
Ile	0,50
Leu	0,75
Lys	0,70
Met	0,60
Phe-Tyr	0,80
Pro	0,40
Thr	0,50
Trp	0,15
Val	0,60
Vitaminas (por g ou kg de dieta)	
Vitamina A (UI/g)	4,00
Vitamina D (UI/g)	1,00
Vitamina E (UI/kg)	30,00
Vitamina K (mg/kg)	0,05
Colina (mg/kg)	1000,00
Ácido fólico (mg/kg)	1,00
Niacina (mg/kg)	20,00
Pantotenato de cálcio (mg/kg)	8,00
Riboflavina (mg/kg)	3,00
Tiamina (mg/kg)	4,00
Vitamina B ₆ (mg/kg)	6,00
Vitamina B ₁₂ (µg/kg)	50,00

ADENDO 1
(Continuação)

Nutriente	Requerimento
Minerais (em % ou por kg de dieta)	
Cálcio (x)	0,50
Magnésio (x)	0,04
Fósforo (x)	0,40
Potássio (x)	0,36
Sódio (x)	0,05
Cromo (mg/kg)	0,30
Cobre (mg/kg)	5,00
Flúor (mg/kg)	1,00
Iodo (mg/kg)	0,15
Ferro (mg/kg)	35,00
Manganês (mg/kg)	50,00
Selênio (mg/kg)	0,10
Zinco (mg/kg)	12,00

1- National Research Council, 1975.

2- Valor estabelecido de requerimento prático (KNAFKA, 1970).

ADENDO 2

Conteúdo de Fe, Cu, Mn e Zn na dieta F-30 (Sec. 4.3.2.), calculados apartir dos dados da Tabela 10.

	Fe	Cu	Mn	Zn
Em 100 g de arroz (mg)	5.28	0.93	2.69	1.91
Em 646 g de arroz (mg)	34.08	6.00	17.38	12.34
Em 100 g de farelo (mg)	19.67	2.02	16.78	9.92
Em 276 g de farelo (mg)	54.29	5.57	46.31	27.38
Em 1 kg de dieta (mg)	88.37	11.57	63.69	39.72
Requerimento do rato (mg/kg de dieta)	35.00	5.00	50.00	12.00
% do requeri- mento	+ 152	+ 131	+ 27	+ 231

ADENDO 3

Perfil de aminoácidos do farelo de arroz referidos por diversos autores (g/16,8 g N)

Aminoácido	Kik (1956)	Houston (1969)	Tortosa & Benedito B. (1977)
Ile	5,3	3,8	3,9
Leu	7,7	6,6	7,0
Lys	6,2	5,1	3,9
Met	3,7	2,0	2,2
Cys	1,2	2,4	1,6
Phe	4,8	4,3	4,5
Tyr	5,5	2,9	3,7
Thr	4,0	3,8	3,8
Val	6,7	5,8	5,5
Arg	10,0	8,0	6,5
His	3,3	2,8	2,1
Ala	--	6,3	5,7
Asp	3,4	9,0	7,6
Glu	7,8	13,1	12,8
Gly	8,8	5,6	4,5
Pro	6,7	4,2	4,1
Ser	7,8	4,5	4,2
Trp	4,0	--	1,7

ADENDO 4

Perfil de aminoácidos do arroz branco polido referidos por diversos autores (g/16,8 g N)

Aminoácido	Juliano et al (1964)	Houston et al (1969)	Bressani et al (1971)
Ile	4,7	4,6	4,8
Leu	9,5	8,0	7,8
Lys	4,0	3,5	3,4
Met	2,0	2,9	1,8
Cys	1,1	2,5	1,4
Phe	6,1	5,2	5,6
Tyr	3,7	4,9	5,0
Thr	4,0	3,5	3,8
Val	6,2	6,5	6,2
Arg	8,9	8,3	7,9
His	2,6	2,3	2,5
Ala	6,3	5,5	5,7
Asp	10,9	9,0	9,5
Glu	23,2	17,7	18,3
Gly	5,1	4,5	4,5
Pro	5,3	4,4	4,7
Ser	5,7	5,1	5,7
Trp	--	--	1,0