

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE QUÍMICA

Prof. Dr. Jaime Amaya-Farfã [†]

Orientador

*Este exemplar corresponde à redação final
da tese defendida por João de Lima e
aprovada pela Comissão Julgadora
01/03/85
Jaime Farfã*

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO SUBPRODUTO
DA INDÚSTRIA DE GELATINA SOLÚVEL

TESE DE MESTRADO

João de Lima ^{BT}

FEVEREIRO-1985

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Aos meus pais, Abílio e Olívia,
por me trazerem ao mundo e não
medirem esforços nem sacrifícios
para despertar-me o interesse
pelo saber.

Aos amigos, Dr. Raul Juliatto
(em memória) e Dr. Florindo Dall
berto, pela oportunidade, incent
tivo e confiança irrestrita.

A minha esposa Inocência,
pela presença constante,
compreensão e incentivo,
que foram fatores determi-
nantes no desenvolvimento
desta pesquisa.

Inocência e eu dedicamos este trabalho
ao Rodrigo e Janaina, por tudo aquilo
que eles nos representam.

AGRADECIMENTOS

- Ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), que me permitiu a realização deste curso com manutenção do contrato de trabalho, cumprindo todas as obrigações trabalhistas.
- Ao Prof. Dr. Jaime Amaya-Farfán, pela orientação, amizade, paciência e pronta disponibilidade em ajudar. Obrigado Jaime.
- À Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em especial às Diretorias do Instituto de Química (IQ) e Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola (FEAA), pelas facilidades recebidas.
- À fábrica Rodrigues Pinto Gelatinas, localizada em Pedreira-SP, pelo fornecimento do resíduo e pelo interesse na realização desta pesquisa.
- À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP Botucatu-SP, que através do Departamento de Melhoramento Zootécnico e Nutrição Animal, permitiu sem nenhum ônus a instalação e condução do experimento biológico.
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos concedida.
- Ao corpo docente do Instituto de Química da UNICAMP, em particular ao Prof. Dr. Oswaldo E. S. Godinho meu orientador de programa.

- Ao Prof. Dr. Antônio Celso Pezzato do Departamento de Melhoria-
mento Zootécnico e Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Ve-
terinária e Zootecnia da UNESP - Botucatu, pela amizade e cola-
boração irrestrita na instalação, condução e avaliação do expe-
rimento com aves.
- Ao Prof. Dr. Alcides de Amorim Ramos, da Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia da UNESP - Botucatu, pela inestimável
contribuição na análise estatística experimental.
- Ao Prof. Dr. Emilio Segundo Contreras-Gusmán, por suas impor-
tantes sugestões.
- Aos Professores Dr. Frederick C. Strong III e Dr. Valdomiro
Carlos Sgarbieri da FEAA-UNICAMP, por permitirem a utilização
dos laboratórios de Análise de Alimentos e de Bioquímica Nutri-
cional.
- Aos amigos do IAPAR, Dêcio Carlos Zocoler, Ana Luiza Ni-
contehuk e Márcia Teshima, pela colaboração, incentivo e apoio
demonstrado.
- Aos funcionários da FEAA-UNICAMP, Dagoberto Favoreto Júnior,
Cristina Bocato Ferreira, Luciene Venturelli e Rosana Maria
Manzo, pela ajuda na condução dos trabalhos analíticos.
- Aos colegas Carlos Augusto Pereira, Nadir Joana Martin, Sônia
Frigueto e Célio Pasquini, do Instituto de Química da UNICAMP,
que ajudaram de forma efetiva na elaboração desta pesquisa.
- À Taka Ota Perroni, pelos serviços datilográficos.

- Aos membros da Comissão Examinadora deste trabalho, de quem aguardo críticas construtivas e sugestões para desenvolvimentos futuros.
- ... e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram com minha busca do saber.

Í N D I C E

	Pág.
1 - RESUMO	1
2 - ABSTRACT	3
3 - INTRODUÇÃO	5
4 - OBJETIVO	7
5 - LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	8
5.1. UMIDADE	8
5.2. NITROGÊNIO	12
5.3. NITRITO	15
5.4. LIPÍDEOS	16
5.5. FIBRA	17
5.6. FARINHA DE COURO	18
6 - MATERIAL E MÉTODO	22
6.1. RESÍDUO SÓLIDO	22
6.1.1. Preparação	22
6.1.2. Secagem	23
6.1.3. Moagem e Armazenamento	23
6.1.4. Reidratação	24
6.1.5. Proteína bruta	24
6.1.6. Cinzas	26
6.1.7. Matéria seca	26

6.1.8. Extrato etéreo	26
6.1.9. Fibra bruta	26
6.1.10. Solução mineral	27
6.1.10.1. Potássio	27
6.1.10.2. Cálcio, magnésio, cobre, zinco e ferro	28
6.1.10.3. Fósforo total	28
6.1.11. Cromo	28
6.1.12. Nitrito	29
6.1.13. Aminoácidos totais	29
6.1.13.1. Preparo da amostra	30
6.1.13.2. Aminoácidos padrões	31
6.1.13.3. Cálculo	31
6.1.14. Triptofano	32
6.1.15. Energia Metabolizável	32
6.1.16. Digestibilidade <i>in vitro</i>	33
6.2. ENSAIOS BIOLÓGICOS	34
6.2.1. Período experimental	34
6.2.2. Manejo das aves	34
6.2.3. Composição das rações	35
6.2.4. Peso corporal	37
6.2.5. Consumo de ração	37
6.2.6. Mortalidade	38
6.2.7. Conversão alimentar	39
6.2.8. Delineamento experimental	39
6.2.9. Análise estatística dos dados	39

7 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1. UMIDADE DO RESÍDUO	42
7.1.1. Uso de um sal comum, secagem em dois estágios ...	42

	Pág.
7.1.2. Reidratação do resíduo	45
7.2. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO RESÍDUO	47
7.3. AVALIAÇÃO DO RESÍDUO COM FRANGOS DE CORTE	55
7.3.1. Ganho de peso	55
7.3.2. Consumo de ração	62
7.3.3. Conversão alimentar	69
7.3.4. Correlações	75
8 - CONCLUSÕES	76
9 - BIBLIOGRAFIA	78
ANEXOS	83

1 - RESUMO

A finalidade deste trabalho foi avaliar quimicamente o resíduo sólido, subproduto da fabricação de gelatina solúvel, e investigar a possibilidade do seu aproveitamento como ingrediente protéico em rações para animais.

Este resíduo na forma *in natura* apresenta-se com aproximadamente 90% de umidade. Depois de seco a 70-80°C, tanto em estufa elétrica como em destilador solar, e colocado em contato com excesso de água, obtém-se um produto não higroscópico capaz de se reidratar em dez minutos absorvendo até 95% de umidade.

Por se apresentar com alto nível de proteína (80%), comparável ao da gelatina comercial (83%), e dos aminoácidos lisina e arginina, essenciais para aves em crescimento, o resíduo pode ser indicado como componente protéico na formulação de rações.

Talvez por se tratar de subproduto do processamento da

indústria alimentícia, o resíduo se apresentou livre de contaminação de nitrito e cromo, tornando-se, neste caso, superior às farinhas de couro e de carnaça, que são normalmente contaminadas por estes íons nos curtumes.

O resíduo, depois de seco, foi testado em substituição gradual da farinha de carne, até o máximo de 6%, em rações para frangos de corte. O experimento teve duração de 28 dias, iniciando-se em 16 de março e terminando em 13 de abril de 1984, utilizando-se 192 pintos machos da linhagem comercial Kennebec. Foram coletados periodicamente os dados de peso corporal e consumo de ração, procedendo-se a seguir os respectivos tratamentos estatísticos. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, utilizando-se oito tratamentos com quatro repetições contendo seis aves por parcela.

O resíduo seco apresentou pequenas desvantagens em relação à farinha de carne nas formulações. Todavia, as diferenças não foram significativas nos tratamentos ao nível de 5% de probabilidade.

Havendo disponibilidade, podemos recomendar a utilização de 1,84% do resíduo seco como ingrediente de rações para aves em desenvolvimento. Esse nível corresponde a 67% da farinha de carne suplementar.

2 - ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the chemical composition of the solid by-product of soluble gelatin manufacture, as well as to investigate the possibility of utilizing such residue as a proteinaceous ingredient in animal feedstuff.

When fresh the residue had about 90% moisture. After drying either in an electric oven or in a solar distill at 70 to 80°, a product was obtained which was not higroscopic but capable of re-hydrating to 95% moisture if placed in water for ten minutes.

Due to its high protein content (80%, against 83% of commercial gelatin) and the amino acids lisine and arginine, essencial for growing birds, the residue might be useful in feed formulation.

Nitrite and chromium ions, common contaminants of cowhide by-products during tanning, were not found in the residue; most likely due to the processing of the food-grade gelatin.

The dry residue was used in step-wise substitution of meat flour reaching a maximum of 6%, in the formulation of broiler chicken feed. For this experiment, 192 male chicks of the commercial line Kennebec were fed for 28 days between March and April 1984. Feed consumption and body weight data were collected periodically for statistical analysis. The incomplete block experimental design of eight treatments with four replicates of six birds each was followed.

Although the residue showed slight disadvantage in relation to meat flour, there was no significant difference between the two at the 5% probability level.

Provided sufficient amounts are available, utilization of 1.84% of the dry residue are recommended for growing chicks. Such level corresponds to 67% of the supplemental meat flour.

3 - INTRODUÇÃO

Na industrialização da gelatina solúvel para consumo humano, apenas cerca de 40% do colágeno é aproveitado, sendo os 60% restantes sem valor comercial, e constituem os resíduos sólidos, líquidos e gasosos, representando uma ameaça constante ao meio ambiente e um acréscimo, sem dúvida, ao custo de produção.

No Brasil, a matéria-prima utilizada na fabricação de gelatina solúvel é o subproduto do couro bovino denominado raspa.

Nos curtumes, a pele bovina é separada em couro, rico em queratina, e raspas, constituídas principalmente de colágeno. O colágeno é uma proteína fibrosa que apresenta altos teores dos aminoácidos: prolina, hidroxiprolina, ácido glutâmico, glicina, alanina, arginina, ácido aspártico, leucina, serina e lisina. No entanto, o colágeno é muito pobre em cistina e triptofano.

Nas fábricas de gelatina as raspas são submetidas a di-

versos processamentos, tais como: lavagens, curtição em meio alcalino, neutralização e extração, quando se separa a gelatina bruta do resíduo sólido.

A gelatina bruta é filtrada, purificada e desidratada para se obter a gelatina solúvel, grau alimentar própria para consumo humano. Apresentamos no Anexo 1, um fluxograma sucinto do processamento da gelatina solúvel.

Mensalmente uma indústria de gelatina de porte médio pode produzir em torno de 50 toneladas de resíduos sólidos de considerável valor protéico, e cerca de 50 a 100 m³ de resíduos líquidos durante os processos de curtição, lavagem e solubilização do colágeno.

Os resíduos sólidos são atualmente misturados com parte dos resíduos líquidos e depois doados a terceiros que se encarregam de removê-los da fábrica. Esses resíduos estão sendo utilizados como adubo nitrogenado em certas lavouras. São os resíduos líquidos, porém, que obrigam as indústrias a efetuarem custosos tratamentos de efluentes para minimizar o poder poluente que os mesmos têm sobre os rios e lagos.

Através da análise química do resíduo sólido da fabricação de gelatina solúvel investigou-se a viabilidade do aproveitamento deste subproduto como ingrediente protéico para rações animais. Procurou-se desta forma dar uma utilidade mais nobre ao resíduo sólido.

4 - OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo a análise química e a avaliação do potencial alimentar do resíduo sólido da indústria de gelatina solúvel, visando ainda o aproveitamento deste resíduo como matéria-prima para a produção de rações para aves, de terminando-se suas novas propriedades funcionais.

5. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

As determinações comumente feitas nos alimentos visam obter informações sobre os seguintes componentes: Umidade ou Matéria Seca; Proteína Bruta; Gordura ou Extrato Etéreo; Fibra Bruta; Cinza ou Resíduo Mineral e Extrato não nitrogenado.

5.1. UMIDADE

SILVA (1981), define a água livre como sendo aquela que não se encontra diretamente ligada a nenhuma biomolécula dentro da célula, isto é, encontra-se no estado líquido como meio e é relativamente fácil de ser eliminada. Ela constitui a maior fração da água existente nos alimentos sendo em torno de 92 a 93%. As demais formas de água, embora importantes sob o aspecto físico-quí

mico, não são consideradas em análises práticas por se apresentarem com baixos teores e fazerem parte intrínseca das biomoléculas estudadas.

Segundo WHITAKER e TANNENBAUM (1977), vários pesquisadores têm tentado classificar e descrever os vários estados de água que eles acreditam existir nos sistemas protéicos, dentre eles, COOKE e KUNTZ (1974), DROST-HANSEN (1971), FINCH et alii (1971), HAZKEWOOD et alii (1969), KUNTZ (1975), KUNTZ e KAUSMANN (1974), LUMRY (1973), RUEGG et alii (1974), WALTER e HOPE (1971), que classificam a água de hidratação das proteínas em três grupos: água de constituição, água interfacial (vicinal e camadas próximas) e meio aquoso (água livre).

A água de constituição é localizada no interior da molécula protéica; em situações específicas ou simplesmente em pequeníssimas regiões intersticiais.

A água interfacial é aquela localizada muito próxima da interfase água-proteína. Ela é dividida em duas subcategorias: água vicinal e água das camadas próximas. A água vicinal é constituída pela primeira ou duas primeiras camadas de água adjacentes à molécula protéica. A água das camadas próximas são representadas pelas moléculas de água que circulam entre a água vicinal e o meio aquoso.

GLASEL (1970) estudou a característica de hidratação de vários biopolímeros, inclusive alguns polipeptídeos, por meio da técnica de relaxação deutério magnética. Encontrou que grupos carboxila não modificados e amida interagem fortemente com a água enquanto que grupos imida e carbonila exibem interação fraca. Os grupos hidrofóbicos, por outro lado, não mostram interação com a água. Também encontrou que fortes interações entre a água e os polímeros ocorreram somente quando as cargas foram neutraliza-

das completamente ou parcialmente por interações intra ou interpoliméricas⁽³⁴⁾.

KARMAS e DiMARCO (1970), usando uma escala diferencial colorimétrica, estudaram a hidratação característica de aminoácidos individuais. Relataram que: cistina, glutamina, tirosina, os aminoácidos básicos e os aminoácidos acídicos não se ligam à água; que surpreendentemente, aminoácidos não polares (isoleucina, leucina, metionina e valina) exibiam fortes propriedades de ligações com a água, e que ainda alanina, aspargina, cisteína, glicina, prolina, hidroxiprolina, fenilalanina, serina, treonina e triptofano apresentavam propriedades de ligações com a água situadas entre fracas e moderadas. Isto pode demonstrar, todavia, que aminoácidos livres, devido às trocas dos grupos $-NH_3^+$ e $-COO^-$, não são bons modelos de hidratação protéica⁽³⁴⁾.

Provavelmente o mais real e completo trabalho envolvendo a hidratação de grupos protéicos é o de KUNTZ (1971). Ele usou medidas de ressonância magnética nuclear em polipeptídeos sintéticos (usualmente polipeptídeos homogêneos) para determinar ligações destes com a água. As medidas foram obtidas a 35°C e em pH controlado. Foi evidente que o estado de carga, governado pelo pH pode influenciar ligações de certos aminoácidos com a água, e que a forma de hidratação segue a expectativa indutiva, isto é, ligações com a água decresce nesta ordem: grupos iônicos > grupos polares > grupos não polares. HAGENMAIER (1972), mostrou que o pH pode ter menor efeito no aumento das ligações com a água para algumas proteínas naturais quando as mesmas se encontram ligadas a pequenos polipeptídeos, como os estudados por KUNTZ⁽³⁴⁾.

A adição de altas concentrações de sais neutros às proteínas aumentam a condutividade ou diminuem a constante dielétrica. Este fato por sua vez, aumenta as forças das ligações eletro-

táticas, e a proteína tende a se colapsar internamente e finalmente, precipitar. Para EAGLUND (1975), interações eletrostáticas são aparentemente de menor importância com relação à solubilização das proteínas, quando se adiciona grande quantidade de sais. Por outro lado, competições de íons e proteínas pela água, apresentam influência considerável⁽³⁴⁾.

A determinação da umidade pode ser feita por dois processos: direto e indireto. No indireto o que se determina é a matéria seca, admitindo-se que a perda de peso corresponda somente à água eliminada. Na verdade, outras substâncias voláteis como álcool e aldeídos, são também perdidas e consideradas como água, ocasionando erro. Este método de secagem envolve dois tratamentos: secagem prévia ou pré-secagem, e secagem definitiva. A secagem prévia é necessária quando a amostra possui alto teor de umidade ou baixo de matéria seca, sendo normalmente efetuada a 60°C. A secagem definitiva é usada para amostras que foram submetidas à pré-secagem ou para aquelas que contêm mais de 80% de matéria seca. Esta é feita segundo LENKEIT e BECKER (1956) a 105°C, durante 4 horas, ou até peso constante da amostra. Na prática, é comum efetuar as secagens definitivas deixando as amostras durante toda a noite em estufa a 105°C; dispensando-se, deste modo, verificação de constância de peso⁽²⁷⁾.

O método direto de secagem, consiste em submeter as amostras à temperatura de 70-80°C durante 48 horas aproximadamente, tendo-se o cuidado de se pesar as amostras, imediatamente após serem retiradas da estufa, isto é, ainda quentes. Este método fornece uma boa aproximação da matéria seca total, sem necessidade de calcular a umidade após a pré-secagem e a secagem definitiva⁽²⁷⁾.

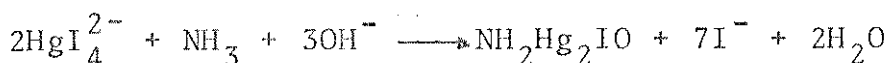
A umidade também pode ser determinada, por outro processo direto, que consiste na destilação da amostra com tolueno em

em aparelho especial. Este consta de um balão, onde se coloca a amostra em contato com o tolueno, um condensador Leibig e um tubo receptor que possui uma escala graduada, para medição do volume de água desprendida da amostra^(3,27).

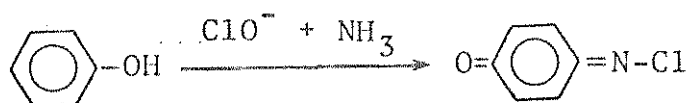
5.2. NITROGÊNIO

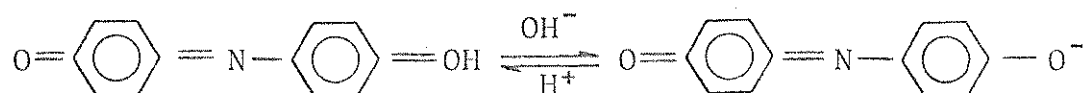
Existem vários métodos para dosagem do nitrogênio, sendo que o método clássico foi descrito por DUMAS (1837). Neste processo, o nitrogênio contido no material era transformado em nitrogênio gasoso e a medição era feita por meio de nitrômetro⁽³⁾.

Em 1856, J. NESSLER propôs uma solução alcalina de cloreto mercúrico em iodeto de potássio, como reativo para determinar colorimetricamente o nitrogênio na forma de amônia. Quando se mistura o reativo com uma solução diluída de amônia, há reação rápida mas não instantânea, dando um produto alaranjado-pardo, que depois de um certo tempo coagula. A comparação colorimétrica deve ser feita a 370 nm antes da coagulação^(22,31).



Um método mais moderno para determinar a amônia é o método do indofenol que é baseado na reação de BERTHOLLET, entre a amônia, hipoclorito e fenol em meio alcalino, dando um composto azul com comprimento de onda de absorção máxima em 625 nm⁽²²⁾.





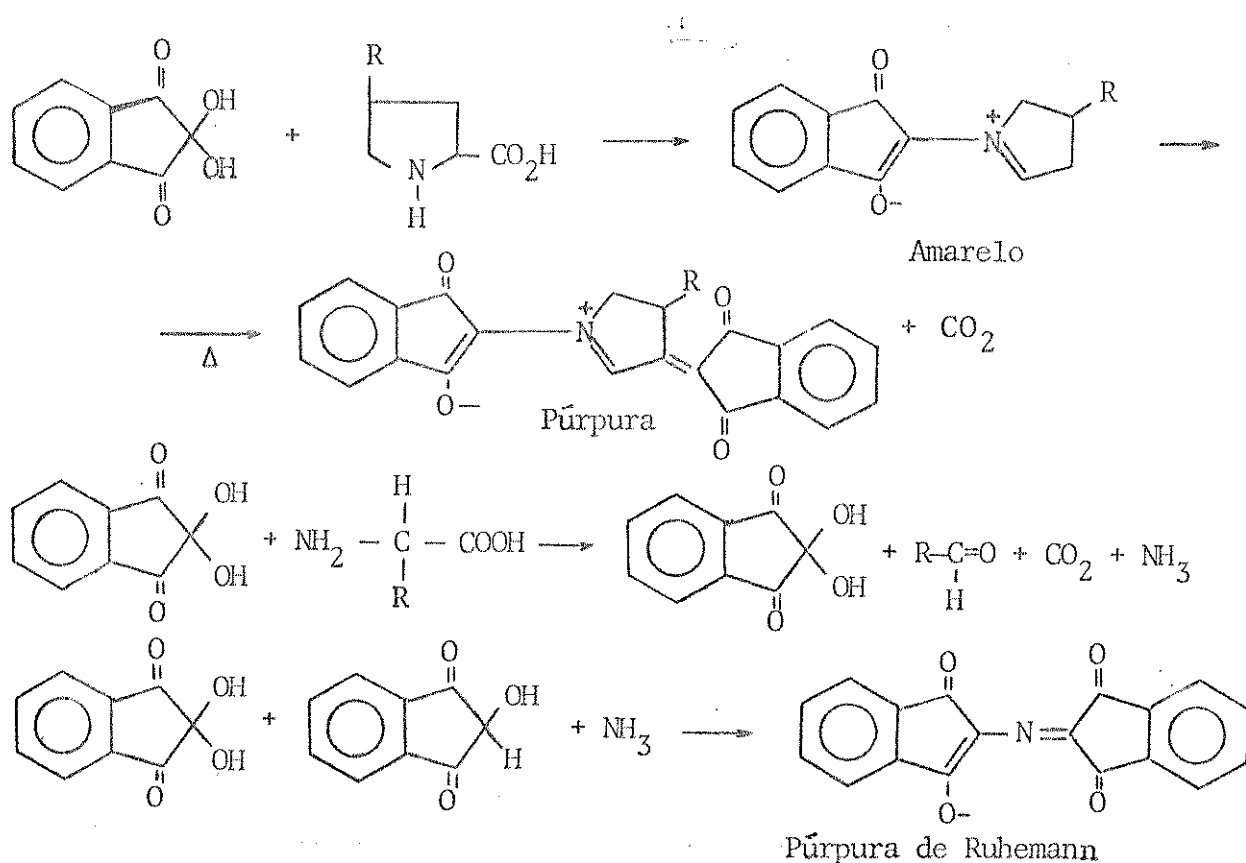
A amônia pode ser também determinada espectrofotometricamente, através do composto púrpura resultante da sua extração com tetracloreto de carbono, ou do composto amarelo que se forma quando tratada com tricloroetileno. A amônia pode ainda ser determinada com cloreto de rutênio III e trifenilformina, ou alternativamente ser oxidada para nitrito, e depois determinada por um método específico para este produto⁽²²⁾.

O método de KJELDAHL⁽³⁾ é o mais prático e mais empregado na determinação de nitrogênio orgânico. Foi descrito há mais de um século (1883) e baseia-se na oxidação do N orgânico para íon NH_4^+ em ácido sulfúrico concentrado, seguida de destilação ao vapor em meio alcalino, e, finalmente de determinação titulométrica. SCALLES e HARRISON (1920), modificaram o método no que diz respeito ao uso de ácido bórico na recepção do destilado amoniacal, em substituição ao ácido sulfúrico. Neste processo, através da digestão ácida, o nitrogênio da amostra é transformado em íon NH_4^+ , sendo este posteriormente, separado na forma de NH_3 por destilação alcalina, recebido em solução de ácido bórico e finalmente titulado com solução de HCl.

NELSON et alii (1954) e WOOLLEY et alii (1960), concluíram que para se determinar o nitrogênio total incluindo-se os nitritos e nitratos, tem-se que reduzi-los à amônia com redutores como o ácido salicílico ou o reativo de DEVARD⁽²²⁾ e seguir um processo para a determinação de amônia⁽²⁷⁾.

Quando se quer determinar o nitrogênio em forma proteíca da amostra, faz-se a precipitação da proteína com reagentes específicos, como o ácido tungstênico, cloreto de estanho ou com mistura de CuSO_4 a 6% mais NaOH a 1,25%. A proteína é separada por filtração antes da determinação quantitativa do N⁽²⁷⁾.

Para se estudar a natureza de uma proteína, pode-se decompô-la por meio de hidrólise, em seus aminoácidos e determiná-los por cromatografia. O método colorimétrico de reação de aminoácidos com ninidrina^(17,18), produz um composto amarelo com absorção máxima em torno de 440 nm para prolina e hidroxiprolina e uma substância púrpura (púrpura de Ruhemann) com absorção máxima próxima a 570 nm para os demais aminoácidos.



A transformação da porcentagem de nitrogênio em proteína é feita através de fator de conversão, sendo usado normalmente o valor de 6,25, tendo-se em conta que as proteínas contêm, em média, 16% de nitrogênio⁽²⁷⁾.

GRAMPTON e HARRIS (1969) determinaram os teores protéicos de alguns alimentos e calcularam os seus fatores específicos de transformação da porcentagem de nitrogênio em proteína, demonstrando assim os erros do uso constante de 6,25. Os resultados deste trabalho estão especificados no Quadro 1.

QUADRO 1 - Teor protéico de alguns alimentos e seus correspondentes fatores de conversão de N.

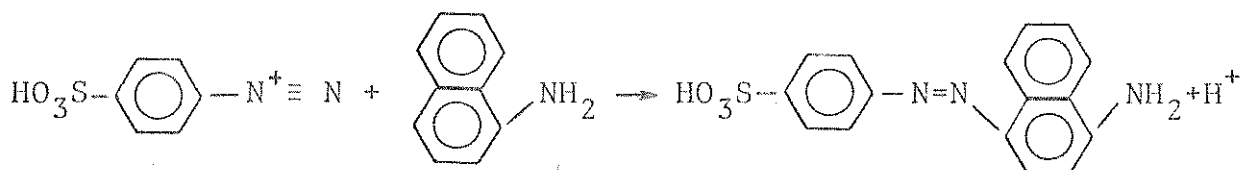
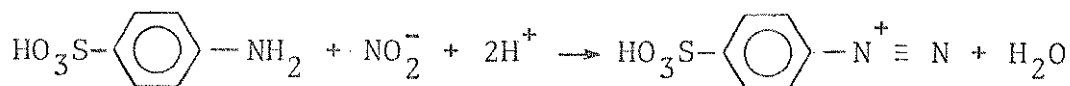
ALIMENTOS	% N na Proteína	% N no Alimento	CALCULADO		
			Nx 6,25	Fator Específico	Nx Fator Específico
Trigo (endosperma)	17,5	1,39	8,7	5,70	7,9
Trigo (farelo)	15,8	2,45	15,3	6,31	15,5
Trigo (grão)	17,2	2,06	12,9	5,83	12,0
Aveia (grão)	17,2	1,68	10,5	5,83	9,8
Milho (grão)	16,0	1,54	9,6	6,25	9,6
Farelo de Algodão	18,9	5,82	36,4	5,30	30,8
Farelo de Linho	18,9	5,82	36,4	5,30	30,8
Amendoim	18,3	4,13	25,8	5,46	22,5
Leite	15,8	0,53	3,3	6,38	3,4
Gelatina	18,0	1,46	91,4	5,55	81,2

GRAMPTON e HARRIS. *Applied Animal Nutrition*. 1969. 29 Ed.

5.3. NITRITO

Nitrito e nitrato são reduzidos a amônia pelo reativo de DEVARDA em pó, constituído de: 50% de Cu, 45% de Al e 5% de Zn, em meio alcalino e a quente⁽²²⁾.

GRIESS (1879) descreveu o método clássico para determinação de nitrito. Este método é até hoje largamente usado, e consiste nas reações do ácido nitroso com ácido sulfanílico (4-aminobenzosulfônico) e 1-naftilamina, em ácido sulfúrico diluído, produzindo um composto de coloração roxa, detectável colorimetricamente no comprimento de onda de 520 nm^(22,31).



Em 1941, SHINN melhorou o método clássico de Griess para determinação de nitrito. Usou sulfanila (p-aminobenzenosulfonamida), que diazota com ácido nitroso, e se copula com dicloridrato de N-(1-naftil)-etilenodiamina. o azocolorido resultante tem uma cor mais viva, alcança mais rapidamente sua intensidade máxima e permanece estável por algumas horas^(3,31).

GLOVER e JOHNSON (1973), descreveram o método para determinação de nitrito em carne, baseado no método clássico de Griess. Eles usaram como reagentes colorimétricos ácido sulfanílico em meio acético, e N-(1-naftil)-etilenodiamina, fazendo-se a leitura da absorbância em 505 nm.

5.4. LIPÍDEOS

As gorduras ou lipídeos, os quais compreendem os trigli

cerídeos, fosfatídeos, colesterolis, clorofila, óleos voláteis, etc., são extraídos através de solventes orgânicos como éter, hexana, clorofórmio e benzeno, sendo o éter mais utilizado nos laboratórios de análise de alimentos. Existem dois métodos de extração etérea: a quente e a frio. Em ambos o éter é aquecido até a evaporação, e ao condensar-se, circula através da amostra em análise, arrastando todas as substâncias solúveis. No final, os lípídeos extraídos são determinados gravimetricamente após evaporação do solvente⁽²⁷⁾.

O método a *quente* é assim chamado porque a extração é feita a temperatura mais elevada, usando-se éter de petróleo, cujo ponto de ebulição esteja entre 40-65°C, sendo a extração feita em 4-6 horas num extrator Goldfish.

No método a *frio* a extração é feita com uso de éter sulfúrico como solvente, cujo ponto de ebulição é de 35°C, em extrator Soxhlet.

5.5. FIBRA

A determinação de fibra bruta é feita por métodos empíricos, utilizando digestão ácida e básica diluídas da amostra seca e desengordurada. Calcula-se a fibra bruta por diferença de peso do cadinho antes e após a queima do resíduo em forno elétrico a 600°C⁽²⁷⁾.

Um novo método para avaliar a qualidade dos alimentos foi proposto por VAN SOEST (1965). Este método através de reagentes específicos, denominados detergentes, separa o conteúdo celular constituído, principalmente, de proteínas, gorduras, carboi-

dratos solúveis, pectinas dos outros constituintes solúveis da parede celular. Estes também chamados Fibras em Detergente Neutro (F.D.N.) são constituídos basicamente de celulose, hemicelulose, lignina e proteína lignificada. VAN SOEST (1967) também propôs um detergente ácido específico que solubiliza o conteúdo celular, a hemicelulose e a maior parte da proteína insolúvel, obtendo-se um resíduo insolúvel, denominado Fibra em Detergente Ácido (F.D.A.). Este resíduo é constituído em quase sua totalidade de lignina e celulose (lignocelulose)⁽²⁷⁾.

Na avaliação de alimento, as análises de WEENDE e VAN SOEST são consideradas apenas como início de caracterização química do mesmo. Informações adicionais freqüentemente se tornam necessárias. É comumente importante se conhecer a composição em minerais, teor de aminoácidos individuais, teores de vitaminas, níveis de resíduos de agrotóxicos, assim como o valor energético total e metabolizável dos alimentos. Outras determinações de natureza físico-química tais como digestibilidade enzimática, solubilidade e osmolaridade contribuem também a avaliação nutricional do alimento.

5.6. FARINHA DE COURO

Não foi encontrado nenhum trabalho específico de aproveitamento do resíduo industrial sólido da gelatina para alimentação animal. Existe porém, o produto denominado farinha de couro e outro semelhante denominado carnaça, que são aparas de pele e raspa, respectivamente, provenientes de curtumes de couros bovinos. Mesmo assim, poucos são os trabalhos que mostram a utilidade das

farinhas de couro na formulação de rações para animais.

HILLARD e WALDROUP (1969) concluíram que farinha de couro para ração ao nível de até 8% em substituição parcial do farelo de soja, pode ser satisfatoriamente utilizada na alimentação de frangos com idades de 1 a 8 semanas.

WISMAN e ENGEL (1961) substituíram parcialmente o farelo de soja por dois tipos de farinha de couro (parcialmente hidrolisado e sem hidrólise) em rações para frangos de corte, e verificaram que a farinha de couro em níveis de 12,5 a 25% pode ser usada sem prejuízo da performance dos frangos.

DILWORTH e DAY (1970) conduziram dois experimentos com frangos. O primeiro experimento consistiu na suplementação de uma dieta basal com níveis de 1,2 a 3% da farinha de couro nas fases de crescimento e terminação. Nesse experimento a formulação foi realizada atendendo a dois critérios diferentes. Inicialmente foi preparada de maneira que a ração basal cumprisse apenas as exigências mínimas nutricionais em lisina, metionina mais cistina e triptofano, sem se importar com o nível de proteína total da ração. Na outra formulação, as mesmas porcentagens de farinha de couro foram adicionadas à ração basal, levando-se em conta apenas os níveis de proteína total de 22,45% na fase de crescimento e 20,41% na fase de terminação, sem se importar com os níveis de aminoácidos essenciais.

No segundo experimento, foram utilizadas 7 dietas, uma testemunha, e mais seis dietas contendo 1, 2, 3, 4, 5 e 6% de farinha de couro. Estas dietas foram balanceadas baseando-se apenas nas exigências dos aminoácidos essenciais citados anteriormente.

Os autores concluíram que no primeiro experimento as rações contendo até 3% de farinha de couro proporcionaram ganho de peso maior ou igual que a ração testemunha. No segundo experi-

mento, tanto o ganho de peso como a conversão alimentar tenderam a decrescer quando o nível da farinha de couro ultrapassou a 5%. Encontraram também que com o aumento no teor de farinha de couro na ração, houve aumento na deposição de cromo nos tecidos animais.

WALDROUP et alii (1970), conduzindo 3 experimentos com frangos de corte para determinação da aceitabilidade da farinha de couro, verificaram que o nível de 3% da farinha na ração em substituição isonitrógena ao farelo de soja, suportou um adequado crescimento dos frangos do 1º ao 56º dias de vida. Nas rações não isonitrógenas, o nível de 8% de farinha de couro não causou efeito depressivo nos frangos do 1º ao 28º dias de vida. Foi determinado ainda que o conteúdo de energia metabolizável para a farinha de couro é de 2920 kcal/kg e que não houve aumento detectável na deposição de cromo nos tecidos quando o teor de farinha de couro foi de até 3% na ração.

CENNI e VERITA (1976) em ensaio para avaliar a palatabilidade e o valor nutritivo da farinha de couro hidrolisada na alimentação de frangos, verificaram que níveis de 6% de farinha de couro não causariam efeito adverso na performance dos frangos quando alimentados do 1º ao 63º dias de idade, e que não houve acúmulo de cromo nos tecidos e vísceras nas aves do experimento.

WOLTER (1974) observou que a farinha de carnaça, um subproduto da indústria de couro, pode substituir o farelo de soja em até 10% em uma ração para frangos sem afetar o desenvolvimento da ave. O autor cita ainda que taxas de até 15% de farinha de carnaça não manifestaram toxidez, porém, proporcionaram certa redução no consumo de ração e na rapidez de crescimento. Este resultado poderia ser explicado pela deficiência de alguns aminoácidos indispensáveis na ração.

Não há consenso na literatura com relação à composição

bromatológica da farinha de couro. WISMAN e ENGEL (1961), comentam que a farinha de couro parcialmente hidrolisada e seca, possui 93,5% de matéria seca, 68,3% de proteína bruta, 1,25% de extrato etéreo e 23,2% de cinzas. Por outro lado, a farinha obtida pela extração da gordura com acetona, sem hidrólise, possui 79,2% de matéria seca, 67,8% de proteína bruta, 7,7% de extrato etéreo e 4,2% de cinza.

WALDROUP et alii (1970), citam teores de 65% de proteína bruta, 6,46% de extrato etéreo, 2,81% de lisina, 0,59% de metionina e 0,01% de triptofano, enquanto que CENNI e VERITA (1976), propõem os teores de 47,32% de proteína bruta, 0,40% de extrato etéreo, 2,35% de lisina, 0,45% de metionina e 0,21% de triptofano, na farinha de couro.

6 - MATERIAL E MÉTODO

6.1. RESÍDUO SÓLIDO

O resíduo sólido da industrialização de gelatina solúvel utilizado neste trabalho foi obtido na Fábrica Rodrigues Pinto Gelatinas, instalada na cidade de Pedreira, Estado de São Paulo.

6.1.1. Preparação

O detrito sólido recebido na fábrica de gelatina foi preparado de duas maneiras:

- a) Moído em moinho de facas *semi-industrial*, ou triturado manualmente, e submetido aos processos de secagem.

- b) Triturado em moinho de facas *semi-industrial*, e misturado com 35% de sal comum, para favorecimento da desidratação do resíduo.

6.1.2. Secagem

O material assim preparado foi colocado em bandejas de alumínio e submetido a desidratação por dois processos:

- a) Com utilização de estufa elétrica com circulação forçada de ar na temperatura de 80°C, durante dois dias para o resíduo puro e três dias para o resíduo com sal.
- b) Com utilização de ¹destilador solar, constituído de: cobertura, tipo duas águas, em vidro liso e transparente, paredes e base de 1m² em fibra de vidro, revestidas internamente com tinta preta fosca. Este destilador continha duas saídas para o escoamento do vapor condensado, localizadas nas extremidades do sistema de calhas que cobre toda a extensão da cobertura e uma porta frontal para carga e descarga.

O tempo de secagem variou de acordo com a temperatura e exposição solar, sendo estas muito relacionadas com a época do ano. O trabalho de secagem foi realizado nos meses de dezembro a fevereiro, levando em média 4 dias para o resíduo puro e 7 dias para a desidratação do resíduo com sal.

6.1.3. Moagem e Armazenamento

O resíduo depois de seco foi moído em moinho de marte-lo e armazenado em invólucros plásticos na temperatura ambiente.

6.1.4. Reidratação

Os resíduos secos, puro e com sal, foram submetidos a testes de reidratação. Inicialmente em excesso de água com e sem aquecimento, variando-se os teores do resíduo seco, até a concentração máxima de 50%.

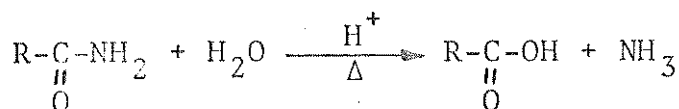
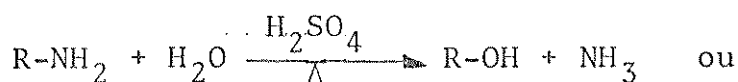
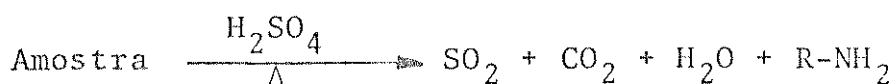
Realizou-se também a reidratação em câmara ambiental controlada, na temperatura de 20°C e umidade relativa do ar de 60%. Para estes testes partiu-se dos resíduos puro e com sal, moídos e secos a 105°C por 4 horas em estufa elétrica. O teste de reidratação durou 55 horas.

6.1.5. Proteína bruta

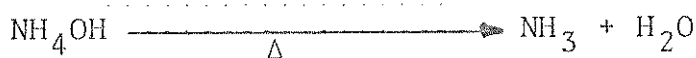
A proteína bruta dos resíduos puro e com sal, foi obtida pela dosagem do nitrogênio total, através do método semi-micro Kjeldahl⁽²⁷⁾, que é basicamente dividido em três partes: digestão, destilação e titulação.

- a) *Digestão* - A amostra foi aquecida com ácido sulfúrico concentrado na presença de sulfato de potássio (que aumenta o ponto de ebulição do ácido sulfúrico de 338°C para, aproximadamente 400°C e forma o íon $S_2O_7^{=}$, que acelera a hidrólise), sulfato de cobre e selênio que agem como catalizadores, na oxidação do N orgânico. As reações consideradas mais relevantes nesta primeira parte são:





b) *Destilação* - O produto da digestão foi alcalinizado com excesso de NaOH ocorrendo a liberação de NH_3 , que foi arrastada por vapor e recebida em solução de ácido bórico, como mostram as equações seguintes:



c) *Titulação* - A solução de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$ foi titulada com uma solução de HCl 0,02N previamente padronizada.



Fator de conversão - O fator de conversão utilizado para transformar a porcentagem de nitrogênio total em proteína bruta foi de 6,25 (proteína com 16% de N) levando-se em conta que esse é o fator universalmente usado.

Cálculo - Foi realizado de acordo com a seguinte equação:

$$\%N = \frac{V \times N \times f \times 14 \times 100}{P}$$

onde: V: o volume em ml de HCl

N: a normalidade

f: o fator operacional do ácido

P: peso da amostra (mg)

$$\% \text{ Proteína} = \%N \times 6,25$$

6.1.6. Cinzas

O resíduo mineral ou cinzas, foi determinado em forno elétrico, com aquecimento a 550°C, durante quatro horas⁽³⁾.

6.1.7. Matéria seca

A porcentagem de matéria seca (ou teor de umidade) foi determinada de acordo com o método de LENKEIT BECKER (1956), em estufa elétrica para secagem e esterelização na temperatura de 105°C, por uma noite, condição suficiente para a amostra atingir peso constante⁽²⁷⁾.

6.1.8. Extrato etéreo

O extrato etéreo ou gordura bruta, foi determinado em extrator Soxhlet, usando-se éter sulfúrico como solvente, durante 20 horas⁽³⁾.

6.1.9. Fibra bruta

A fibra bruta foi determinada na amostra seca e desengordurada, através de digestões sucessivas com ácido sulfúrico a

1,25% e hidróxido de sódio a 1,25%, durante 30 minutos cada uma. As digestões foram realizadas por refluxo brando em aparelho digestor, constituído de 6 aquecedores com controle de temperatura individual, adaptados a condensadores refrigerados a água, de modo a manter o volume constante das soluções durante a digestão.

Depois da digestão, o resíduo orgânico foi recebido em cadinho *gooch* de porcelana, previamente preparado com uma camada de amianto.

A seguir, o cadinho contendo o resíduo foi colocado em forno de mufla a 600°C , por uma hora, e a fibra bruta foi calculada por diferença entre os pesos do cadinho antes e depois da calcinação⁽³⁾.

6.1.10. Solução mineral

A solução mineral foi preparada por via-úmida, através da mistura nitro-perclórica⁽²⁷⁾.

O resíduo de gelatina seco e moído (200mg) foi tratado com 4ml de HNO_3 concentrado, sendo aquecido até reduzir pela metade o volume de ácido adicionado. Depois de frio adicionou-se 1 ml de ácido perclórico a 70-72% e retornou-se ao aquecimento até obter-se solução clara. Transferiu-se depois de frio para balão volumétrico de 100 ml, completando-se o volume com água destilada.

6.1.10.1. Potássio

O potássio foi determinado diretamente na solução mineral por método de emissão espectrofráfica de chama em equipamento COLEMAN⁽³⁾.

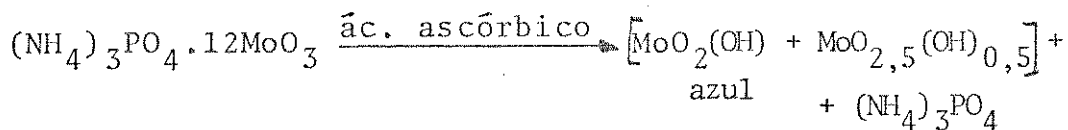
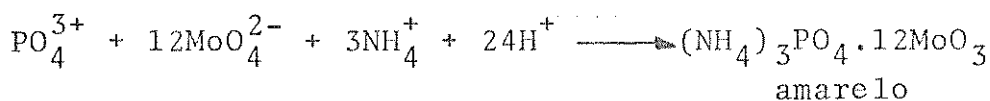
6.1.10.2. Cálcio, magnésio, cobre, zinco e ferro

As concentrações de cálcio, magnésio, cobre, zinco e ferro, foram determinadas diretamente na solução mineral por espectrofotometria de absorção atômica (PERKIN ELMER)⁽²¹⁾.

6.1.10.3. Fósforo total

O fósforo total foi determinado na solução mineral por espectrofotometria (COLEMAN) de acordo com o método descrito por MALAVOLTA (1964).

A solução mineral contendo fosfato foi complexada com molibdato de amônio em solução e, em seguida reduzida com ácido ascórbico, que agiu como redutor moderado, produzindo-se coloração azul com máximo de absorção em 660 nm. O molibdênio tem coloração azul quando apresenta estados de oxidação entre +5 e +6, como no caso da redução de soluções ácidas de MoO_3 em suspensão, com redutores moderados⁽⁹⁾.



6.1.11. Cromo

Determinou-se cromo na forma de Cr(VI) por espectrofotometria de absorção atômica (PYE UNICAM). Partiu-se do resíduo mineral, que foi tratado com uma solução de KBrO_3 , para oxidar todo o cromo para cromo VI, na presença de H_3PO_4 e MnSO_4 , para minimizar as interferências do íon férrico⁽²⁷⁾.

O cromo VI também foi determinado por espectrofotometria (BAUSCH & LOMB SPECTRONIC 20) a 450 nm, tratando-se o resíduo mineral com solução nitro-perclórica e a seguir com amônio sulfato ferroso. A vantagem deste método é a não interferência de ferro e de outros cátions quando presentes em baixas concentrações na amostra⁽³¹⁾.

6.1.12. Nitrito

O íon nitrito foi extraído do resíduo submetendo-se a banho de vapor por duas horas. A determinação do nitrito foi realizada por método espectrofotométrico, através da reação com sulfanilamida (p-aminobenzenosulfonamida), que diazota e se copula com dicloridrato de N-(1-naftil)-etilenodiamina. Estas reações produzem um composto azocolorido estável, com máximo de absorção em 540 nm⁽³⁾.

6.1.13. Aminoácidos totais

As determinações dos aminoácidos totais foram realizadas em analisador automático (BECKMAN 119-CL) com as seguintes características de operação:

Coluna de vidro: 6x460 mm

Comprimento da coluna de resina: 220 mm

Tipo de resina: W-3 H (BECKMAN)

Tampões citrato de sódio:

pH 3,25; 0,20 N Na⁺; 1% de 2-propanol

pH 3,95; 0,40 N Na⁺;

pH 6,04; 1,00 N Na⁺

Taxa de fluxo: Tampões = 44 ml/h

Ninidrina = 22 ml/h

Temperaturas da coluna: Inferior = 50°C

Superior = 65°C

Tempo de análise: 70 minutos, incluindo limpeza e readaptação da coluna.

6.13.1. Preparo da amostra

O procedimento de hidrólise e análise automática foi realizado em amostras desengorduradas (ou não mais de 5% de gordura) e secas, segundo o método adaptado de BLIGH e DYER (1959), seguindo basicamente o método de SPACKMAN et alii (1958). As modificações introduzidas são aquelas testadas e sugeridas pelo fabricante BECKMAN INSTRUMENTS (1977).

Foram pesadas amostras finamente moídas, contendo aproximadamente 25 mg de proteína. Em seguida foram colocadas em tubo Pyrex (9825, de 12x150 mm) e acrescentou-se aproximadamente 35 ml de ácido clorídrico 6N, de modo a minimizar o ar residual no tubo, e tampou-se posteriormente com tampa provida de arruela de teflon. A hidrólise foi realizada em estufa a 110°C, por 22 horas. Após a hidrólise, os tubos foram retirados da estufa e deixados esfriar sobre o balcão e o hidrolisado foi filtrado em funil de vidro sinterizado super fino. A seguir o filtrado foi quantitativamente transferido para o balão volumétrico de 100 ml e finalmente, completado o volume com água destilada. Retirou-se uma alíquota de 20 ml a qual foi evaporada em um sistema de rotoevaporador com resfriamento, bomba de vácuo e banho-maria a 50-55°C, fazendo-se em seguida duas lavagens com 10 ml de água destilada. O material hidrolisado e seco foi dissolvido em 5 ml de tampão citrato de sódio (0,20 N em Na⁺; pH 2,2), e filtrado através de membrana Millipore (poro 0,2 µm) injetando-se 100 µl no aparelho para análise.

6.1.13.2. Aminoácidos padrões

Foi utilizada uma mistura de aminoácidos de calibração BECKMAN INSTRUMENTS (1977), contendo 0,050 μmol dos seguintes aminoácidos: Ácido L-aspartico (ASP), L-treonina (THR), L-serina (SER), ácido L-glutâmico (GLU), L-prolina (PRO), glicina (GLY), L-alanina (ALA), L-valina (VAL), L-metionina (MET), L-isoleucina (ILE), L-leucina (LEU), L-tirosina (TYR), L-fenilalanina (PHE), L-histidina (HIS), L-lisina (LYS), sulfato de amônio, L-arginina (ARG) e 0,025 μmol de L-cistina (CYS). Asparagina e glutamina foram determinados como ácido aspartico e glutâmico, respectivamente. O triptofano não foi considerado nos cromatogramas devido a sua destruição no processo de hidrólise ácida.

6.1.13.3. Cálculo

Para a quantificação, as áreas dos picos das amostras foram comparadas com as respectivas áreas produzidas por uma mistura padrão de aminoácidos. Portanto, considera-se que, na faixa de concentrações usada (10-80 nmol) a lei de Beer é cumprida e assim é possível escrever:

$$\frac{C_x}{C_p} = \frac{A_s}{A_p}$$

onde C é concentração, A absorbância, e os sub-índices x e p denotam amostra e o padrão, respectivamente.

Os resultados podem ser expressos em grama de aminoácido por 16 gramas de nitrogênio ou alternativamente, em gramas de aminoácido por 100 gramas de amostra.

6.1.14. Triptofano

O triptofano durante a hidrólise ácida, é extensivamente destruído (FRIEDMAN e FINLEY, 1975). A determinação foi realizada de acordo com o método proposto por SPIES (1967) e modificado por AMAYA et alii (1977). Amostras desengorduradas (200 mg) foram pesadas em tubo de polipropileno, adicionando-se 8 ml de hidróxido de potássio 5N. A hidrólise foi realizada em autoclaves a 110°C por 4 horas. O produto foi transferido quantitativamente e neutralizado com ácido clorídrico 6N, após o que se completou o volume a 50 ml com água destilada. O material foi então filtrado e utilizou-se alíquotas de 1 ml. Acrescentou-se 0,5 ml de p-dimetilaminobenzaldeído (DAB) e 4,5 ml de ácido sulfúrico 19N, guardando-se por 1 hora em local isento de luz. Adicionou-se 0,1 ml de NaNO_2 (0,04%) e após 20 minutos fez-se a leitura em espectrofotômetro (BAUSCH & LOMB SPECTRONIC 20) a 600 nm, contra um branco livre de aminoácido. A curva padrão foi preparada a partir de uma solução padrão de triptofano puro.

6.1.15. Energia Metabolizável

A energia metabolizável é um valor empírico relacionado com a energia de combustão (oxidação total) da matéria orgânica mas geralmente menor que a mesma, devido à ineficiência associada com a digestão, absorção e metabolismo de cada tipo de componente no alimento.

Ela foi calculada pela somatória dos produtos dos valores dos equivalentes energéticos pelos coeficientes de digestibilidade e pelas percentagens de: proteína, fibra bruta, resíduo mineral, gordura e extrativo não nitrogenado, da amostra do resíduo de gelatina⁽³⁰⁾.

6.1.16. Digestibilidade *in vitro*

A digestibilidade *in vitro* foi determinada com o sistema pepsina-pancreatina pelo método de AKESON e STAHMANN (1964), adaptado como descrito a seguir:

Pesou-se 1 grama de resíduo de gelatina seco, finamente moído, e colocou-se em balão volumétrico de 50 ml.

Adicionou-se 10 ml de solução de HCl 0,1 N, que continha pepsina na proporção de 3 mg por ml de ácido.

Tampou-se o balão volumétrico e submeteu-se à incubação a 37°C por 3 horas, com agitação circular submersa e uniforme, utilizando-se aparelho de velocidade de agitação e temperatura controladas.

A seguir, retirou-se o balão do processo de incubação e neutralizou-se, rapidamente, com 10 ml de NaOH a 0,1 N.

Adicionou-se 10 ml de solução de pancreatina a 0,4% em tampão fosfato pH 8,0 e algumas gotas de timol a 0,01% para prevenir o crescimento bacteriano.

Continuou-se a incubação a 37°C como anteriormente, agora por um tempo de 24 horas.

Finda a segunda digestão, a reação foi detida com 10 ml de ácido tricloroacético a 30% e o volume completado para 50 ml com ácido tricoloacético a 10%.

A matéria insolúvel foi sedimentada por centrifugação durante 30 minutos a 5000 rpm.

Foi retirada uma alíquota de 5 ml, diluída para 25 ml com água destilada e separou-se 10 ml para determinação do nitrogênio total pelo processo semi-micro Kjeldahl⁽²⁷⁾.

Realizou-se para cada amostra, um branco sem enzima e também um branco sem amostra.

A digestibilidade foi calculada como o quociente entre o nitrogênio solubilizado pela digestão enzimática e o nitrogênio total da amostra inicial multiplicado por 100.

6.2. ENSAIOS BIOLÓGICOS

Foram utilizados no experimento 192 pintos de um dia da linhagem comercial *Kennebec*, sendo o trabalho montado e conduzido na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu.

6.2.1. Período experimental

O experimento teve duração de 28 dias, tendo sido iniciado em 16 de março e terminado em 13 de abril de 1984.

6.2.2. Manejo das aves

Logo após a chegada, os pintos foram separados ao acaso em 32 lotes de 6 aves, constituindo-se cada lote uma parcela experimental. A seguir, realizou-se a pesagem coletiva das parcelas e seguindo o esquema de GOMES (1982), foram separadas por sorteio, e alojadas nos compartimentos de dois viveiros de criação, de acordo com o esquema do Quadro 2.

QUADRO 2 - Distribuição das unidades experimentais.

BLOCO I	A ₁	E ₂	C ₃	F ₄	G ₅	B ₆	H ₇	D ₈
BLOCO II	C ₉	B ₁₀	A ₁₁	H ₁₂	D ₁₃	G ₁₄	E ₁₅	F ₁₆
BLOCO III	H ₁₇	F ₁₈	E ₁₉	A ₂₀	G ₂₁	C ₂₂	D ₂₃	B ₂₄
BLOCO IV	D ₂₅	A ₂₆	H ₂₇	G ₂₈	B ₂₉	E ₃₀	C ₃₁	F ₃₂

Os viveiros instalados em sala de alvenaria de tijolos, eram de tipo metálico vertical elevado, com quatro andares, possuindo quatro compartimentos por andar.

6.2.3. Composição das rações

As rações tiveram como matéria prima comum farelo de soja, milho moído, farinha de osso, calcário, suplemento mineral e suplemento vitamínico, além de farinha de carne que foi substituída gradativamente por farinha de resíduo de gelatina puro.

Todos os ingredientes utilizados no preparo das rações foram analisados empregando-se as mesmas técnicas analíticas utilizadas para as determinações dos componentes do resíduo, com exceções feitas dos suplementos mineral e vitamínico que foram de origem comercial FOR-AGRO.

As rações foram balanceadas segundo as exigências de SCOTT et alii (1969) e ROSTAGNO et alii (1983), para conterem 2.900 kcal/kg de energia metabolizável e 22,0% de proteína bruta.

O experimento foi montado para conter 8 tratamentos subdivididos em dois grupos (A, B, C, D e E, F, G, H), ambos com substituição gradual da farinha de carne por farinha de resíduo puro de gelatina nas mesmas proporções. As aves do 2º grupo (E, F, G e H) receberam um suplemento de 0,10% de DL-metionina com objetivo de eliminar o efeito de qualquer deficiência desse aminoácido.

do essencial para a ave em crescimento.

No Quadro 3, estão apresentadas as composições das rações utilizadas no experimento.

QUADRO 3 - Formulação percentual e digestibilidade das rações.
Resultados em g/100g de matéria natural, exceto onde indicado.

MATÉRIA-PRIMA	Tratamento			
	A e E	B e F	C e G	D e H
Milho Moído	57,19	57,51	57,83	58,15
Farelo de Soja	35,60	35,60	35,60	35,60
Farinha de Osso	0,13	0,85	1,57	2,29
Sal Comum	0,25	0,25	0,25	0,25
Sup. Vitamínico	0,40	0,40	0,40	0,40
Sup. Mineral	0,25	0,25	0,25	0,25
Calcário	0,18	0,22	0,26	0,30
Farinha de Carne	6,00	4,00	2,00	-
Farinha de Resíduo	-	0,92	1,84	2,76
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00
Matéria Seca	88,70	88,64	88,52	88,40
Digestibilidade in vitro	84,88	86,37	87,41	87,96
Energia Metabolizável kcal/kg	2911	2923	2941	2943
Proteína Bruta	21,99	22,00	22,01	22,02
Cálcio	0,97	0,98	0,99	1,00
Fósforo Disponível	0,48	0,49	0,49	0,49
Metionina (1)	0,35	0,35	0,34	0,35
Lisina	1,26	1,26	1,25	1,24
Metionina (1) + Cistina	0,72	0,72	0,70	0,70

(1) As composições das reações E, F, G e H devem ser acrescidas 0,10% de DL-metionina por tratamento.

As exigências nutricionais para frangos de 1 a 28 dias de acordo com o nível energético da ração são: energia metabolizável 2900 kcal/kg de ração; proteína bruta 22,0%; cálcio 0,966%; fósforo disponível 0,484%; metionina 0,432%; lisina 1,067% e metionina mais cistina 0,786%⁽²³⁾.

6.2.4. Peso corporal

Foi obtido o peso corporal coletivo de cada unidade experimental no 1º, 14º, 21º e 28º dias, calculando-se depois o peso médio por ave. Todas as pesagens foram executadas em balança com capacidade para 10 kg e sensibilidade de 1 grama.

6.2.5. Consumo de ração

O consumo de ração por unidade experimental foi medido no 14º, 21º e 28º dias. A ração correspondente a cada tratamento era pesada, registrada e colocada em saco plástico nas caixas de ração das respectivas divisões. Nos dias estabelecidos para a medida do consumo, as sobras de ração de cada comedouro e da caixa de ração correspondente, eram pesadas e devolvidas aos seus correspondentes lugares, sendo por diferença determinada a ração consumida.

O suplemento mineral e vitamínico utilizados nas rações tinham a mesma composição em todos os tratamentos, fornecendo os seguintes níveis de vitaminas e minerais por quilo de ração preparada:

Vitamina A	11.000	UI
Vitamina D ₃	1.000	UI
Vitamina E	15,00	mg
Vitamina K ₃	2,20	mg
Vitamina B ₁	2,20	mg
Vitamina B ₂	4,40	mg
Vitamina B ₁₂	3,00	µg
Niacina	33,00	mg
Ácido Pantotênico	14,30	mg
Colina	172,48	mg
Manganês	81,75	mg
Ferro	26,50	mg
Zinco	25,50	mg
Cobre	2,92	mg
Cobalto	1,60	mg
Iodo	1,75	mg
Farelo de trigo (veículo).		

As rações foram manipuladas no misturador da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, instalado próximo aos viveiros. Utilizou-se lotes de matérias primas previamente analisados e coletou-se amostras de todas as rações para também serem analisadas.

6.2.6. Mortalidade

A mortalidade das aves foi registrada no dia do evento sendo estas descartadas depois de pesadas.

6.2.7. Conversão alimentar

A conversão alimentar (CA), definida como sendo o quo ciente entre o consumo de ração e o peso corporal das aves, em cada unidade experimental foi calculada a cada intervalo que houve registro de consumo de ração. Estes intervalos foram: 1º-14º , 15º-21º e 22º-28º dias.

6.2.8. Delineamento experimental

Foram utilizados quatro blocos estatísticos com oito tratamentos, submetidos ao delineamento experimental de blocos ca sualizados, seguindo o esquema de GOMES (1982), o qual representa mos no Quadro 4.

QUADRO 4 - Delineamento experimental

CAUSA DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
<i>Tratamentos</i>	7
<i>Blocos</i>	3
<i>Resíduos</i>	21
T O T A L	31

6.2.9. Análise estatística dos dados

A análise estatística dos dados foi realizada seguin do as orientações de GOMES (1982), e EUCLIDES e SILVA (1979).

Inicialmente a análise estatística foi realizada atra vés do método dos quadrados mínimos, conforme o modelo:

$$Y_{ijk} = \psi + T_i + B_j + \epsilon_{ijk}$$

onde: Y_{ijk} = Variável estudada

ψ = Média

T_i = Efeito do tratamento i para $i = 1, \dots, 8$

B_j = Efeito do bloco j , para $j = 1, 2, 3$ e 4

ϵ_{ijk} = Resíduo

A seguir os tratamentos foram agrupados dois a dois, com níveis iguais de nutrientes, desprezando-se a DL-metionina adicionada. Procedeu-se a análise dos dados através do modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \psi + T_i + N_j + (TN)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

onde: Y_{ijk} = Variável estudada

ψ = Média

T_i = Efeito do tratamento i , para $i = 1, 2, 3$ e 4

N_j = Efeito do nível j de metionina, para $j = 0$ e $0,1\%$

$(TN)_{ij}$ = Efeito do tratamento i com nível j de metionina

ϵ_{ijk} = Resíduo

Com objetivo de se conhecer o efeito de tratamento dentro dos dois níveis de metionina, procedeu-se a análise dos dados seguindo o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \psi + (T/N)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

onde: Y_{ijk} = Variável estudada

ψ = Média

$(T/N)_{ij}$ = Efeito do tratamento i dentro do nível j de metionina, para $i = 1, 2, 3$ e 4 ; e $j = 0$ e $0,1\%$

ϵ_{ijk} = Resíduo

7 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

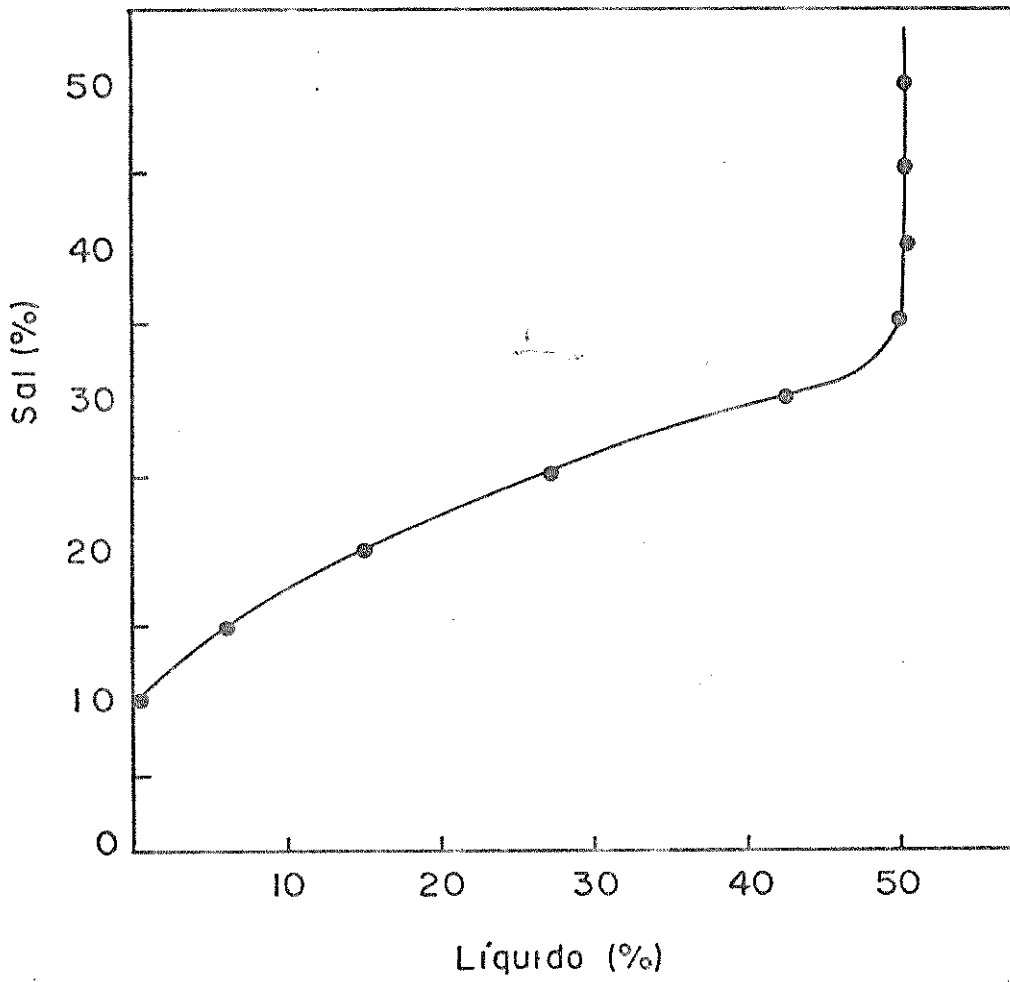
7.1. UMIDADE DO RESÍDUO

O resíduo sólido recebido da indústria de gelatina solúvel apresentou com cerca de 90% de umidade, sendo este, sem dúvida alguma, o principal problema para o seu aproveitamento como ingrediente na produção de rações. Isto justifica o nosso interesse em conseguir um processo que não implicasse dispêndio energético, na desidratação da matéria-prima.

7.1.1. Uso de um sal comum, secagem em dois estágios

Com o objetivo de se estudar a pré-desidratação com sal comum, foi construída uma curva de perda de umidade na temperatura ambiente, em função da quantidade de sal adicionado ao resíduo. A Figura 1 mostra o efeito do sal partindo-se de quantida-

FIG. 1 - Gráfico de desidratação do resíduo com uso de sal comum e em repouso por 24 horas.



de de resíduo (100 g) e variando-se a quantidade de sal (10 a 50 g). A mistura foi deixada em repouso por 24 horas. No gráfico pode-se observar que a porcentagem máxima de líquido extraído foi de 50%, constante para teores acima de aproximadamente 35% de sal comum.

A adição de sal comum ao resíduo, apesar de facilitar a eliminação de grande quantidade de líquido por escoamento, durante as 24 horas de repouso na temperatura ambiente apresentou duas dificuldades:

- a) a quantidade de água eliminada, foi insignificante quando se usou baixas concentrações de sal (Gráfico 1) o que implicou no emprego de quantidades excessivas de sal e na presença de altos teores de cloreto de sódio no produto final, e,
- b) o sal retido pelo sólido dificultou a segunda fase da secagem.

As desvantagens do processo de pré-secagem com sal foram evidentes, quando a massa foi submetida a desidratação final tanto em estufa elétrica a 80°C como em destilador solar a 70°C . Em relação ao resíduo fresco, a massa salgada desidratou em tempo aproximadamente 50% mais longo; não contando as 24 horas de pré-secagem.

A umidade final foi aproximadamente 10 e 4% para os produtos puro e com sal, respectivamente, (Quadro 5), garantindo-se assim consistência o que permite moagem e manuseio dos mesmos na temperatura ambiente. O produto seco estocado em invólucros de polietileno na temperatura ambiente apresentou estabilidade durante todo o ano em que se desenvolveu a pesquisa.

7.1.2. Reidratação do resíduo

Os resíduos secos, com e sem sal, em estufa elétrica ou em destilador solar foram secos a 105°C durante aproximadamente 15 horas e, seguidamente submetidos a reidratação em câmara de ambiente controlado durante 55 horas.

Na Figura 2 são apresentadas as curvas de reidratação dos resíduos e da gelatina solúvel. Na umidade relativa (UR) de 60%, os três produtos atingiram a maior parte (~90%) da umidade de equilíbrio em pouco mais de 24 horas. Na base da massa das amostras, o resíduo com sal foi o que mostrou a menor capacidade de reidratação, enquanto que a gelatina apresentou a maior.

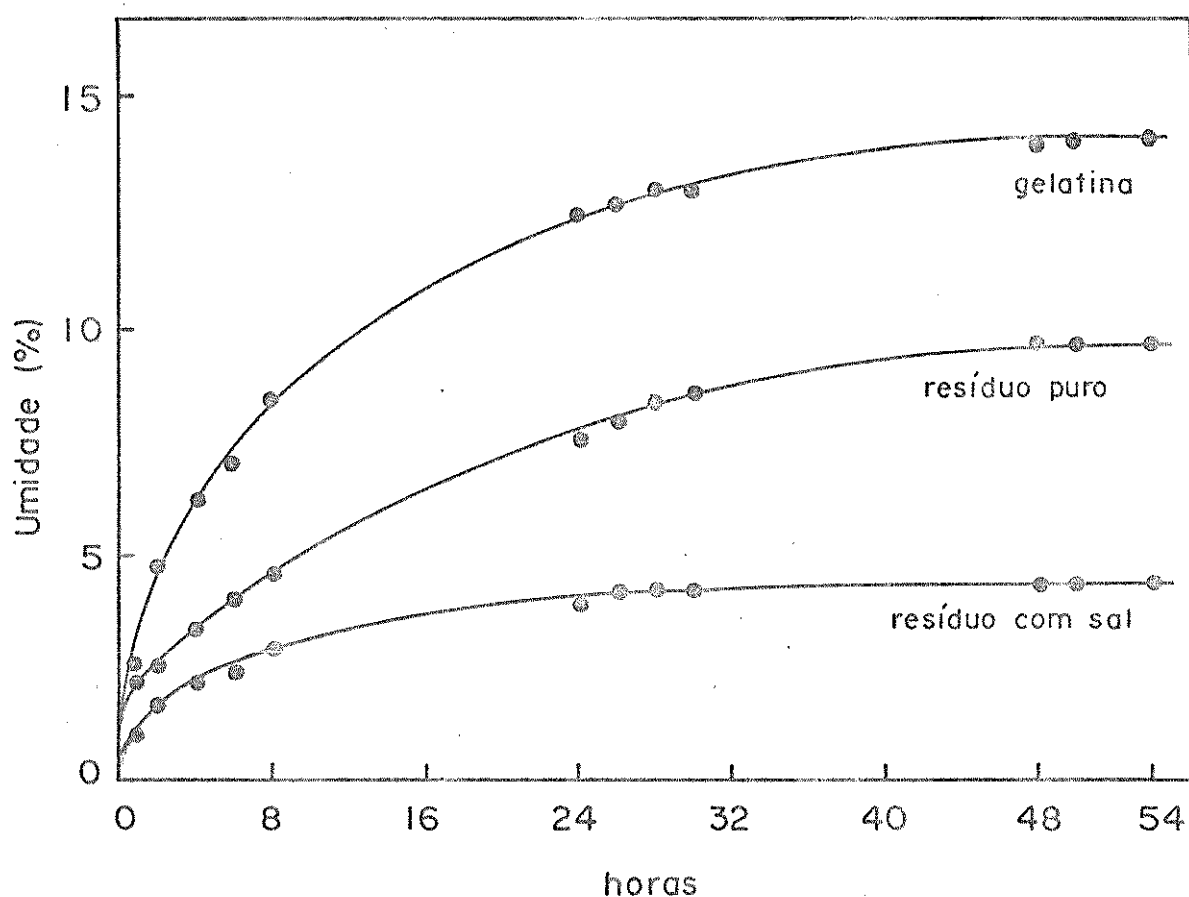
A verdadeira diferença em capacidade de hidratação entre os resíduos com e sem sal não foi evidente devido ao efeito higroscópico do NaCl. Isto pode ser visto de outra forma ao considerar-se a capacidade de reidratação na base protéica. Caso fosse calculada a capacidade em base protéica, o resíduo com sal apresentaria capacidade 70% superior a do resíduo sem sal.

Em contraste com a reidratação por ar úmido, o produto seco em temperatura entre 70 e 80°C foi reidratado até aproximadamente 95%, quando colocado em excesso de água e mantido a 25°C durante 10 minutos.

Quando o resíduo foi seco até peso constante na temperatura de 105°C , reidratou-se até aproximadamente 92%, quando em contato com excesso de água mantido a 25°C durante 20 minutos.

Os resultados sugerem que o produto obtido do resíduo seco em condições mais drásticas que a da própria gelatina industrial retém características de reidratação vantajosas, vista a baixa capacidade de reidratação por exposição ao ar e a alta reidratação em presença de excesso de água.

FIG. 2 - Gráfico de reidratação em câmara de ambiente controlado (20°C e 60% UR), partindo-se de produtos secos a 105°C .



7.2. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO RESÍDUO

Estão apresentados nos Quadros 5 a 9, os resultados das determinações analíticas realizadas com o resíduo dos componentes protéico-energéticos, de rações para aves e em rações formuladas com o resíduo preparado neste trabalho.

QUADRO 5 - Composição química parcial da gelatina e do resíduo seco puro e com sal. Resultados em g/100g de matéria natural exceto onde indicado de outra forma.

COMPONENTE	GELATINA	RESÍDUO PURO	RESÍDUO COM SAL
Matéria Seca	85,87	90,40	95,80
Proteína Bruta	83,37	80,13	24,92
Gordura	0,13	6,84	1,50
Fibra Bruta	0,18	0,26	0,08
Extrato não Nitrogenado	0,06	0,01	0,00
Cinza	2,13	3,16	69,30
Cálcio	0,43	1,11	0,02
Fósforo Total	0,01	0,11	0,03
Fósforo disponível ⁽¹⁾	0,01	0,11	0,03
Magnésio	0,09	0,19	0,10
Potássio	0,01	0,11	0,03
Nitrito mg/kg	ND	ND	ND
Cromo mg/kg	ND	ND	ND
Zinco mg/kg	155	271	489
Manganês mg/kg	22	45	13
Cobre mg/kg	3	2	3
Ferro mg/kg	216	863	243

(1) Calculado do fósforo total, considerando-se disponibilidade de 100% nos produtos de origem animal⁽²³⁾.

ND = Não detectável.

A digestibilidade enzimática determinada para gelatina, resíduo puro seco e resíduo com sal foram de 100%.

Para a energia metabolizável foram encontrados os valores de 3004, 3287 e 927 kcal/kg na matéria seca ao ar, para gelatina, resíduo puro seco e resíduo com sal, respectivamente.

QUADRO 6 - Composição química parcial dos ingredientes proteico-energéticos das rações. Resultado em g/100g de matéria natural exceto onde indicado de outra forma.

COMPONENTE	FARINHA DE CARNE	FARELO DE SOJA	MILHO
Matéria Seca	93,95	88,33	87,80
Proteína Bruta	37,79	41,36	8,75
Gordura	11,46	0,84	3,32
Fibra Bruta	1,52	6,93	1,80
Extrato não nitrogenado	5,51	32,62	72,04
Cinza	37,67	6,58	1,89
Cálcio	11,97	0,36	0,02
Fósforo total	5,82	0,54	0,27
Fósforo disponível ⁽¹⁾	5,82	0,18	0,09
Magnésio	0,49	0,40	0,18
Potássio	0,56	1,10	0,18
Nítrito mg/kg	ND	-	-
Zinco mg/kg	71	26	11
Manganês mg/kg	23	25	3
Cobre mg/kg	14	19	3
Ferro mg/kg	380	139	33

(1) Calculado do fósforo total, considerando-se disponibilidade de 100% nos produtos de origem animal e 33% nos de origem vegetal⁽²³⁾.

ND = Não detectável.

A energia metabolizável determinada na matéria seca ao ar, para farinha de carne, farelo de soja e milho, deram como resultados 1705, 2420 e 3416 kcal/kg, respectivamente.

QUADRO 7 - Composição em aminoácidos da gelatina e do resíduo puro seco. Resultados em g/100 g de matéria seca.

AMINOÁCIDO	GELATINA	RESÍDUO PURO
Ácido Aspártico	6,06	5,47
Treonina	2,05	2,09
Serina	3,27	3,36
Ácido Glutâmico	11,82	11,68
Prolina	14,15	12,27
Glicina	27,60	22,09
Alanina	9,15	8,36
Cistina	ND	ND
Valina	2,28	2,90
Metionina	0,32	0,80
Isoleucina	1,45	1,47
Leucina	3,00	2,95
Tirosina	0,31	0,48
Fenilalanina	1,87	2,22
Histidina	1,36	0,25
Lisina	3,37	3,36
Triptofano	ND	ND
Hidroxilisina	0,96	0,90
Amônia	0,36	0,71
Arginina	7,97	7,55
TOTAIS	97,35	88,91

ND = não detectável.

QUADRO 8 - Composição em aminoácidos dos ingredientes proteico-energéticos das rações. Resultados em g/100 g de matéria seca.

AMINOÁCIDO	FARINHA DE CARNE	FARELO DE SOJA	MILHO
Ácido Aspártico	3,17	6,09	0,64
Treonina	1,58	1,82	0,44
Serina	1,91	2,38	0,47
Ácido Glutâmico	5,73	9,72	2,37
Prolina	3,40	1,75	0,61
Glicina	6,28	2,15	0,34
Alanina	3,43	2,23	0,78
Cistina	0,38	0,78	0,21
Valina	1,21	2,14	0,52
Metionina	0,42	0,74	0,19
Isoleucina	1,19	2,29	0,41
Leucina	2,72	3,18	1,12
Tirosina	1,04	1,51	0,31
Fenilalanina	1,53	2,29	0,42
Histidina	0,64	0,83	0,25
Lisina	1,88	3,25	0,26
Triptofano	0,24	0,76	0,09
Amônia	0,68	1,27	0,32
Arginina	3,33	3,16	0,51
TOTAIS	40,76	48,34	10,26

QUADRO 9 - Composição em aminoácidos das rações. Resultados em g/100 g de matéria seca.

AMINOÁCIDO	RAÇÕES			
	A e E	B e F	C e G	D e H
Ácido Aspártico	2,72	2,71	2,70	2,69
Treonina	0,99	0,98	0,97	0,97
Serina	1,31	1,31	1,30	1,29
Ácido Glutâmico	5,16	5,15	5,14	5,14
Prolina	1,18	1,23	1,27	1,32
Glicina	1,35	1,42	1,49	1,55
Alanina	1,44	1,45	1,46	1,47
Cistina	0,42	0,41	0,40	0,40
Valina	1,13	1,14	1,14	1,15
Metionina ⁽¹⁾	0,40	0,40	0,38	0,40
Isoleucina	1,12	1,12	1,12	1,11
Leucina	1,94	1,91	1,90	1,88
Tirosina	0,78	0,76	0,74	0,73
Fenilalanina	1,15	1,14	1,13	1,12
Histidina	0,47	0,46	0,45	0,44
Lisina	1,42	1,41	1,41	1,40
Triptofano	0,34	0,33	0,33	0,32
Amônia	0,68	0,67	0,66	0,65
Arginina	1,62	1,62	1,62	1,63
TOTAL	25,62	25,62	25,61	25,66

(1) Análise realizada antes do acréscimo de 0,10% de DL-metionina as rações E, F, G e H.

Como pode ser observado no Quadro 5, o teor de matéria seca do resíduo, tanto seco com sal como sem sal, foi maior do que da gelatina comercial. Com isso, os níveis de umidade atingidos durante qualquer dos tipos de secagem foram suficientes para garantir concentração máxima do produto.

Quanto à proteína bruta, o produto puro divergiu drasticamente do produto com sal. Como era de se esperar, na impossibilidade de se retirar toda a salmoura durante a pré-secagem com sal, o conteúdo de proteína foi diminuído para 25% neste produto. No entanto, o resíduo puro mostrou concentração de proteína de aproximadamente 80%, concentração esta mais próxima da encontrada na gelatina em pó.

Os teores de lipídeos ou gordura totais apresentaram variações, dependendo do lote da matéria-prima recebido pela fábrica. De toda forma, no Quadro 5 observa-se que enquanto a gelatina solúvel é praticamente isenta os resíduos contêm mais de 8% do teor de proteína em gordura.

A fibra bruta, fração quimicamente heterogênea e relativamente abundante em produtos de origem vegetal, é normalmente escassa em tecidos animais. Tanto o resíduo como a gelatina solúvel apresentaram teores de fibra entre 0,2 e 0,3% da proteína.

A fração denominada extrato não nitrogenado na realidade corresponde à diferença entre a matéria seca pesada e a matéria não detectada por nenhuma das determinações analíticas. Tal fração poderá conter carboidratos hidrolisáveis (não fibras) possíveis de serem liberados pelo colágeno. Devido ao baixíssimo teor desta fração, não podemos afirmar com certeza de que se trate de carboidratos e não de simples erro experimental.

A cinza total, ou resíduo mineral após a calcinação, obviamente representou o grosso do resíduo com sal. Todavia, no

produto seco sem sal, o conteúdo de cinza é consideravelmente maior do que na gelatina solúvel. Em parte, esta diferença é devida ao processo de purificação a que é submetida a gelatina solúvel com terra diatomácea e sequestramento dos cátions Ca^{2+} provenientes da hidrólise alcalina. É possível também observar no Quadro 5 que a maior parte do excesso de cinza do resíduo puro é devido à presença de cálcio.

Uma preocupação com a matéria-prima usada na fabricação de gelatina é a eventual contaminação com íons nitrito e cromo VI indevidamente usados como conservante das peles nos curtumes. As concentrações dos dois íons nos produtos estiveram abaixo do limite de detecção dos métodos analíticos utilizados.

O fósforo determinado como fósforo total, apresentou baixo valor como era de se esperar para o colágeno de pele, ao invés do colágeno de osso (Quadro 6). O cálculo do fósforo disponível é apresentado para efetuar o balanceamento posterior de rações. Ele representa a fração de fósforo possível de ser aproveitado pelas aves.

Outros elementos como Mg^{2+} , K^+ , Mn^{2+} e Cu^{2+} foram encontrados em baixas concentrações. Entretanto, Zn^{2+} e Fe^{2+} apresentaram-se ocasionalmente em concentrações elevadas, dependendo do lote de raspa. No caso do íon Fe^{2+} , os resíduos seco puro e com sal apresentaram teores relativamente altos de ferro, talvez devido à contaminação da matéria-prima, ou de gelatina e seu resíduo, em algum passo do processamento. Em nenhum dos casos foi possível apontar a causa dos altos teores de Zn^{+2} e Fe^{+2} , porém, devido à tolerância destes elementos pelo organismo humano⁽⁶⁾ e as baixas quantidades requeridas de resíduo para formulação de rações os mesmos não apresentam risco algum.

No Quadro 6 podemos observar que o teor de proteína da

farinha de carne é aproximadamente 50% do teor do resíduo de colágeno seco. Esta diferença significa que o resíduo seria na formulação, duas vezes mais eficiente que a farinha de carne.

Quanto aos íons inorgânicos da farinha de carne, podemos observar que os mesmos aparecem em concentrações consideravelmente maiores que no resíduo de colágeno. Isto é devido à inclusão de osso na farinha de carne, rico em Ca^{2+} e PO_4^{3-} .

O conteúdo de ferro na farinha de carne é vantajoso visto que o ferro de carnes vermelhas é do tipo *hemo*, ou seja, complexo de Fe^{2+} , de fácil utilização pelos animais.

Nos Quadros 7 e 8 aparecem a gelatina solúvel, o resíduo seco sem sal, a farinha de carne, o farelo de soja e o milho integral com suas respectivas composições em aminoácidos.

Os cromatogramas da gelatina e do resíduo não apresentaram maiores diferenças exceto com respeito aos teores de histidina e metionina. Os resultados indicam que o resíduo possui uma pequena vantagem sobre a gelatina em termos de metionina, enquanto que a gelatina possui maior teor de histidina. De qualquer forma, a metionina é um aminoácido essencial para o crescimento de aves e a histidina não.

Comparando a composição em aminoácidos do resíduo com a da farinha de carne, vemos que esta última possui o aminoácido essencial triptofano e o semi-essencial cistina.

Por outro lado, a proteína do resíduo possui concentração de lisina e metionina duas vezes maior que a farinha de carne e teor comparável do aminoácido arginina, os três essenciais para aves.

7.3. AVALIAÇÃO DO RESÍDUO COM FRANGOS DE CORTE

7.3.1. Ganho de peso

Após avaliação química do produto, fez-se necessário realizar um teste *in vivo* onde o resíduo foi um dos ingredientes da ração. Tanto para frangos de corte como para toda espécie animal de importância comercial a composição química ou balanço ótimo dos nutrientes já é matéria largamente conhecida.

O objetivo deste teste foi então avaliar o efeito resultante da substituição do ingrediente da ração que guardava maior semelhança química com o resíduo. Esse ingrediente é, sem dúvida a farinha de carne, subproduto de frigoríficos que contém um alto teor de osso, material que por sua vez é rico em colágeno.

Os parâmetros normalmente usados nos testes são: o ganho de peso corporal, o consumo de ração e a conversão alimentar (peso ganho por unidade de peso de ração consumida).

Encontram-se no Quadro 10, o peso corporal médio por parcela experimental e por tratamento, tomados no 1º, 14º, 21º e 28º dias de idade das aves. Observa-se também neste Quadro o índice de mortalidade por parcela até o final do período de alimentação de quatro semanas.

Os resultados do experimento mostraram uniformidade na resposta biológica dos animais durante o período de alimentação escolhido.

Em geral, podemos observar que os animais mantidos com a ração experimental (B,C,D,F,G e H) registraram crescimento ligeiramente inferior ao dos animais com a ração controle (A e E). Durante o experimento, a tendência do ganho de peso foi no sentido $A > C > B > D$, para os grupos sem DL-metionina suplementar e $E > G > F > H$ para aqueles com DL-metionina.

QUADRO 10 - Peso corporal médio, em gramas, e mortalidade (%) por parcela e tratamento, nas idades estudadas.

TRATAMENTO	IDADE DAS AVES EM DIAS				MORTALIDADE
	1	14	21	28	
A(I)	41	361	613	1008	0,00
A(II)	41	356	576	956 ¹	16,67
A(III)	42	395	656	1003	0,00
A(IV)	38	311	528	1019	0,00
A	41	356	593	997	4,17
B(I)	38	350	555	991 ¹	16,67
B(II)	38	316	542	927	0,00
B(III)	38	352	611	940	0,00
B(IV)	48	352	603	923	0,00
B	41	343	578	945	4,17
C(I)	41	338	614	989	0,00
C(II)	41	330	557	933	0,00
C(III)	42	374	618	972	0,00
C(IV)	42	345	553	976 ¹	16,67
C	42	347	586	968	4,17
D(I)	41	269	490	830	0,00
D(II)	41	347	606	996	0,00
D(III)	39	319	550	940	0,00
D(IV)	40	309	506	854	0,00
D	40	311	538	905	0,00

QUADRO 10 - Peso corporal médio, em gramas, e mortalidade (%) por parcela e tratamento, nas idades estudadas (continuação)

TRATAMENTO	IDADE DAS AVES EM DIAS				MORTALIDADE
	1	14	21	28	
E(I)	40	373	619	956	0,00
E(II)	39	385	646	1020	0,00
E(III)	41	365	607	1001	0,00
E(IV)	46	317	619	901	0,00
E	42	360	623	970	0,00
F(I)	41	376	639	1001	0,00
F(II)	38	340	578	942	0,00
F(III)	41	340	473	955 ²	33,33
F(IV)	40	327	558	911	0,00
F	40	346	562	952	8,33
G(I)	40	337	595 ¹	987	16,67
G(II)	41	344	569	938	0,00
G(III)	41	332	580	974	0,00
G(IV)	41	353	578	887	0,00
G	41	342	581	947	4,17
H(I)	40	325	572	942	0,00
H(II)	41	298	530	877	0,00
H(III)	40	325	548	920	0,00
H(IV)	42	351	542	986 ¹	4,17
H	41	325	548	931	4,17
$\bar{X} \pm s_{\bar{X}}$	41 $\pm$ 2	341 $\pm$ 26	576 $\pm$ 44	952 $\pm$ 48	3,65
C.V. (%)	4,88	7,62	7,64	5,04	-

Dietas de A a H de acordo com o Quadro 3.

($\bar{X} \pm s_{\bar{X}}$) Média geral e estimativa do desvio padrão

C.V. = Coeficiente de variação

Essas diferenças, todavia, não foram estatisticamente significativas a nível de 5%, donde concluiu-se que as substituições podem ser realizadas sem o efeito significativo.

Os coeficientes de variação (C.V.) dos pesos individuais, indicadores da precisão do experimento, não ultrapassaram o valor de 7,64%, que foi registrado na pesagem do 21º dia. Segundo GOMES (1982), C.V. menor ou igual a 10% nos assegura uma precisão dentro do permitido em experimentos que envolvem o uso de animais.

Os índices de mortalidade obtidos (Quadro 10) foram consideravelmente menores do que o permitido por GOMES (1982), que admite 10 a 15% de mortalidade. A maior mortalidade por tratamento (24 animais) foi em F onde se obteve um índice de 8,33%. A mortalidade global (192 animais) foi de 3,6%.

O resumo da análise de variância dos pesos médios tomados segundo a idade está apresentado no Quadro 11.

QUADRO 11 - Quadrados médios dos pesos corporais em gramas.
Resumo da análise de variância.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO			
		1º DIA	14º DIA	21º DIA	28º DIA
Tratamentos	7	1,27	1014,29	2857,10	3261,29
Blocos	3	7,49	333,67	999,98	1735,33
Resíduo	21	4,93	666,67	1762,10	2022,74
TOTAL	31				
C.V. %		5,41	7,94	7,29	4,72

C.V. = Coeficiente de variação.

De acordo com a análise de variância, os pesos corporais das aves coletadas no 1º, 14º, 21º e 28º dias de idade, não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Os C.V. calculados considerando oito tratamentos, continuaram menores que 10%.

Quando os tratamentos foram desdobrados para ver a interação entre as diversas causas de variação, foi observado que, não considerando a suplementação com metionina, houve diferença significativa entre tratamentos (A+E, B+F, C+G e D+H) no 14º e 21º dias, como está apresentado no Quadro 12. A interação entre tratamentos foi devida somente ao polinômio não ortogonal linear.

QUADRO 12 - Quadrado médio do peso corporal em grama. Resumo da análise de variância e desdobramento do tratamento nos polinômios não ortogonais.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO		
		14º DIA	21º DIA	28º DIA
Tratamentos	3	2237,49*	5865,34*	5716,68
Linear	1	5759,98*	13231,35*	13894,22*
Quadrada	1	312,50	7,03	42,78
Cúbica	1	640,01	4357,71	3213,11
Nível de MET	1	128,00	175,78	108,78
Trat. x Nível	3	120,83	170,28	1235,78
Resíduo	24	599,79	1686,59	2064,43
TOTAL	31			
C.V. %		7,54	7,13	4,77

* $P < 0,05$;

C.V. = coeficiente de variação.

As equações de regressões lineares para os pesos corporal (Quadro 12) que ligam os valores dos tratamentos (X) aos dados analisados (Y) estão apresentados no Anexo 2.

Apesar de serem observadas no Quadro 12 regressões lineares significativas ($P < 0,05$) os desvios das regressões não foram significativas nas três idades estudadas, apresentando valores de quadrado médio iguais a 476,25, 2182,34 e 1627,91, respectivamente.

Com o objetivo de se identificar a causa da interação detectada no Quadro 12, foi realizado teste de Tukey que revelou diferenças significativas entre os grupos A+E e D+H para as idades de 14 e 21 dias como pode ser apreciado nos Quadros 13 e 14.

QUADRO 13 - Peso corporal médio, em gramas, tomado no 14º dia de idade: Teste de Tukey.

	A+E 358	C+G 345	B+F 345	D+H 318
A+E 358	-	NS	NS	*
C+G 345	-	-	NS	NS
B+F 345	-	-	-	NS
D+H 318	-	-	-	-

* $P < 0,05$; $\Delta = 34$

QUADRO 14 - Peso corporal médio, em gramas tomado no 21º dia de idade: Teste de Tukey.

	A+E 608	C+G 584	B+F 570	D+H 543
A+E 608	-	NS	NS	*
C+G 584	-	NS	NS	NS
B+F 570	-	-	-	NS
D+H 543	-	-	-	-

* $P < 0,05$; $\Delta = 57$

A reação das aves à suplementação com DL-metionina não foi nítida. Como aparece no Quadro 15, desdobramento da experiência em quatro tratamentos sem e quatro tratamentos com 0,10% de DL-metionina, mostra diferenças significativas no 14º e 28º dias para o grupo sem e no 21º dia para o grupo com DL-metionina.

Note-se porém que essa interação aparece apenas na parte linear do desdobramento, fato consistente com o exposto no Quadro 12 donde conclui-se que não há interação entre o nível de DL-metionina e os tratamentos.

QUADRO 15 - Quadrado médio do peso corporal em gramas, dentro de cada nível de DL-metionina. Resumo da análise de variância e desdobramento dos tratamentos nos polinômios não ortogonais.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO		
		14º DIA	21º DIA	28º DIA
Tratamento s/ MET	3	1515,83	2416,41	5953,72
Linear	1	3380,00*	4992,80	12725,95*
Quadrada	1	506,25	1024,00	126,56
Cúbica	1	661,27	1232,44	5008,72
Tratamento c/ MET	3	842,50	4219,22	998,75
Linear	1	2420,00	8466,58*	2904,04
Quadrada	1	6,25	798,05	4,00
Cúbica	1	101,25	3393,02	88,21
Resíduo	25	580,92	1626,16	1986,20
TOTAL	31			
C.V. %		7,42	7,00	4,68

* $P < 0,05$

C.V. = Coeficiente de Variação

As equações de regressão linear para as correspondências funcionais significativas a 5% de probabilidade, conforme Quadro 15, que ligam os valores dos tratamentos (X) aos dados analisados (Y), estão apresentados no Anexo 3.

Apesar de serem observadas no Quadro 15 regressões lineares significativas ($P < 0,05$), os desvios não foram significativos nas três idades estudadas, apresentando valores de quadrado médio iguais a 583,74, 2095,54 e 2567,61, respectivamente.

7.3.2. Consumo de ração

Além das informações sobre crescimento ou ganho de peso, é igualmente importante fornecer e avaliar os dados sobre consumo de ração em teste biológico de qualquer substância. Isto porque, deles dependem a determinação dos índices de eficiência ou qualidade.

No Quadro 16 são apresentados os consumos médios de ração por parcela e por tratamento ou grupo no final da 2.^a, 3.^a e 4.^a semanas.

A tendência geral observada foi a diminuição do consumo em função do aumento do nível de resíduo na ração. Nos 21.^o e 28.^o dias foi encontrada a sequência de consumo $A > B > C > D$ e $E > F > G > H$, ou seja, consumos de sequência paralela para os grupos com e sem DL-metionina suplementar. No 14.^o dia porém, houve alteração da sequência no conjunto de grupos sem metionina suplementar que apresentou $A > C > B > D$. De toda forma esta tendência foi consistente com os dados do ganho de peso do Quadro 10.

A homogeneidade ou precisão dos resultados de consumo de ração foram corroborados pelos baixos coeficientes de variação que aparecem no final do Quadro 16. Coeficientes menores ou iguais a 10%, são considerados baixos⁽¹⁶⁾.

QUADRO 16 - Consumo médio de ração, em gramas, por parcela e tratamento. Dados apurados no final da 2.^a, 3.^a e 4.^a semanas.

TRATAMENTO	14º DIA	21º DIA	28º DIA
A(I)	464	820	1386
A(II)	457	804	1349
A(III)	489	882	1463
A(IV)	418	778	1587
A	457	821	1446
B(I)	452	770	1464
B(II)	426	778	1358
B(III)	435	855	1438
B(IV)	468	857	1440
B	445	815	1425
C(I)	446	803	1363
C(II)	435	771	1310
C(III)	477	867	1447
C(IV)	463	792	1294
C	455	808	1354
D(I)	376	693	1155
D(II)	435	838	1419
D(III)	421	791	1341
D(IV)	435	824	1378
D	417	787	1323

QUADRO 16 - Consumo médio de ração, em gramas, por parcela e tratamento. Dados apurados no final da 2.^a, 3.^a e 4.^a semanas. (Continuação).

TRATAMENTO	14º DIA	21º DIA	28º DIA
E(I)	458	829	1351
E(II)	471	866	1446
E(III)	463	825	1386
E(IV)	439	876	1456
E	458	849	1410
F(I)	480	861	1440
F(II)	441	845	1421
F(III)	435	677	1689
F(IV)	447	771	1351
F	451	789	1475
G(I)	449	900	1482
G(II)	446	785	1312
G(III)	448	811	1382
G(IV)	458	797	1382
G	450	823	1390
H(I)	419	794	1338
H(II)	406	755	1332
H(III)	440	819	1368
H(IV)	453	739	1468
H	430	777	1377
$\bar{X} \pm s_{\bar{X}}$	445 $\pm$ 23	809 $\pm$ 51	1400 $\pm$ 92
C.V. %	5,17	6,30	6,57

$(\bar{X} \pm s_{\bar{X}})$ Média geral e estimativa de desvio padrão.

C.V. = Coeficiente de variação.

O resumo da análise de variância dos consumos médios de ração coletados nos 14º, 21º e 28º dias de idade das aves, sem considerar os dois níveis diferentes de metionina, está apresentada no Quadro 17.

QUADRO 17 - Quadrado médio do consumo de ração, em gramas.
Resumo da análise de variância.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO		
		14º DIA	21º DIA	28º DIA
Tratamentos	7	980,24	2256,29	9885,67
Blocos	3	198,88	221,53	9333,23
Resíduo	21	583,17	3107,59	7847,63
TOTAL	31			
C.V. %		5,43	6,89	6,58

C.V. = Coeficiente de variação.

De acordo com a análise de variância dos oito tratamentos em conjunto, os consumos médios de ração não apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade, apesar da tendência detectada no Quadro 16.

O efeito de tratamentos, quando agrupados dois a dois de acordo com o nível de resíduo da ração, (Quadro 18), mostrou-se significativo ($P < 0,05$) somente para o consumo médio no 14º dia. Entretanto não houve diferença significativa entre as médias do conjunto dos quatro tratamentos com DL-metionina em relação ao conjunto dos tratamentos sem DL-metionina. Também pode-se observar que adição de DL-metionina à ração não influi no consumo de ração quando a comparação foi feita entre duas rações com o mesmo conteúdo de resíduo.

Desdobrando-se o efeito de tratamentos nos polinômios não ortogonais sobre as causas de variação, verificou-se efeito linear significativo a 5% de probabilidade nos 14º e 28º dias, conforme apresentado no Quadro 18.

QUADRO 18 - Quadrado médio do consumo de ração em gramas. Resumo da análise de variância e desdobramento dos tratamentos nos polinômios não ortogonais.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO		
		14º DIA	21º DIA	28º DIA
Tratamentos	3	1867,54 *	4060,35	17656,55
Linear	1	3841,58 *	8540,97	39187,61*
Quadrada	1	820,12	1,53	3828,12
Cúbica	1	940,91	3638,61	9954,26
Nível de MET	1	98,00	22,78	5304,50
Trat. x Nível	3	112,92	1196,61	3557,74
Resíduo	24	424,31	2746,84	8083,34
TOTAL	31			
C.V. %		4,53	6,48	6,42

* $P < 0,05$

C.V. = Coeficiente de variação

As equações de regressões lineares significativas ($P < 0,05$), que ligam os valores dos tratamentos (X) aos dados analisados (Y), (Quadro 18) estão apresentados no Anexo 4.

Apesar de serem observadas no Quadro 18 regressões lineares significativas ($P < 0,05$), os desvios das regressões não foram significativos aos 14 e 28 dias, apresentando valores de quadrado médio iguais a 880,52 e 6891,02, respectivamente.

No efeito de tratamento onde se verificou diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, foi aplicado o teste de Tukey para se detectar aqueles estatisticamente diferentes, como mostra o Quadro 19.

QUADRO 19 - Consumo médio de ração em gramas, tomado no 14º dia: Teste de Tukey.

	A+E 458	C+F 453	B+G 448	D+H 424
A+E 458	-	NS	NS	*
C+F 453	-	-	NS	*
B+G 448	-	-	-	NS
D+H 424	-	-	-	-

* $P < 0,05$;

$\Delta = 28$

Os resultados do teste de Tukey conforme Quadro 19, mostrou que as médias de consumo de ração para os tratamentos A+E e C+F foram significativamente maiores ($P < 0,05$) que a média D+H nos 14º dia.

Ao analisarmos os dados de consumo de ração para se verificar o efeito de tratamentos dentro de cada nível de DL-metionina, desdobrando-se seus graus de liberdade numa regressão polinomial não ortogonal, verificou-se a existência de diferença significativa ($P < 0,05$) no polinômio linear do grupo sem DL-metionina para os consumos apurados nos 14º e 28º dias. Observou-se também, que, no 14º dia, a diferença significativa era evidente entre os tratamentos sem metionina, conforme mostra o Quadro 20.

As razões que levaram as aves a consumirem ração de forma a proporcionar uma diferença linear irregular (Quadro 20) ,

ou seja, significativa nos 14º e 28º dias, e não significativa no 21º dia, nos tratamentos sem adição de DL-metionina, podem estar ligadas ao comportamento bioquímico-fisiológico individual e que dificilmente serão explicadas sem experiências mais específicas.

QUADRO 20 - Quadrado médio de consumo de ração, em gramas dentro de cada nível de DL-metionina. Resumo da análise de variância e desdobramento dos tratamentos nos polinômios não ortogonais.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO		
		14º DIA	21º DIA	28º DIA
Tratamento s/ MET	3	1385,23*	906,56	13531,15
Linear	1	2453,11*	2431,01	38807,88*
Quadrada	1	715,56	248,06	81,00
Cúbica	1	987,03	40,61	1674,38
Tratamento c/ MET	3	595,23	4350,41	7693,16
Linear	1	1453,51	6624,78	882,03
Quadrada	1	289,05	198,00	6162,23
Cúbica	1	143,12	6230,48	10035,02
Resíduo	25	411,26	2637,88	7972,17
TOTAL	31			
C.V. %		4,56	6,35	6,38

* $P < 0,05$

C.V. = Coeficiente de variação

No Quadro 21, apresenta-se o resultado do teste de Tukey para os tratamentos sem adição de DL-metionina no 14º dia de idade das aves, onde observamos diferença significativa a 5% de probabilidade.

QUADRO 21 - Consumo médio de ração em gramas. Dados tomados aos 14 dias de idade das aves. Teste de Tukey.

	A 457	C 455	B 445	D 417
A 457	-	NS	NS	*
C 455	-	-	NS	NS
B 445	-	-	-	NS
D 417	-	-	-	-

* $P < 0,05$;

$\Delta = 39$

As equações de regressões lineares para as correspondências funcionais significativas a 5% de probabilidade, (Quadro 20), que ligam os valores dos tratamentos (X) sem adição de DL-metionina, aos dados analisados (Y), estão apresentados no Anexo 5.

Apesar de no Quadro 20 serem observadas regressões lineares significativas ($P < 0,05$), os desvios das regressões não foram significativos nos 14º e 28º dias de idade das aves, apresentando valores de quadrado médio iguais a 851,29 e 3571,14, respectivamente.

O teste de Tukey (Quadro 21) indicou que o consumo médio de ração para o tratamento "D", foi significativamente ($P < 0,05$) menor que o tratamento "A", aos 14 dias de idade, não havendo significâncias estatísticas nas demais diferenças.

7.3.3. Conversão alimentar

A ração consumida dividida entre o ganho de peso é chamada de conversão alimentar, importante parâmetro do valor nutritivo da ração.

No Quadro 22, apresentam-se as conversões alimentares médias por parcela experimental e por tratamento, calculadas para

os 14º, 21º e 28º dias de idade das aves.

QUADRO 22 - Índice médio de conversão alimentar, por parcela e tratamento, nas idades estudadas.

TRATAMENTO	14º DIA	21º DIA	28º DIA
A(I)	1,284	1,337	1,375
A(II)	1,284	1,397	1,411
A(III)	1,239	1,345	1,459
A(IV)	1,344	1,471	1,557
A	1,288	1,388	1,451
B(I)	1,292	1,387	1,477
B(II)	1,346	1,435	1,465
B(III)	1,236	1,399	1,530
B(IV)	1,329	1,420	1,560
B	1,301	1,410	1,508
C(I)	1,319	1,308	1,378
C(II)	1,320	1,385	1,404
C(III)	1,276	1,401	1,490
C(IV)	1,341	1,432	1,326
C	1,314	1,382	1,400
D(I)	1,396	1,414	1,392
D(II)	1,252	1,383	1,425
D(III)	1,319	1,439	1,427
D(IV)	1,406	1,629	1,614
D	1,343	1,466	1,465

QUADRO 22 - Índice médio de conversão alimentar, por parcela e tratamento, nas idades estudadas. (Continuação)

TRATAMENTO	14º DIA	21º DIA	28º DIA
E(I)	1,229	1,338	1,413
E(II)	1,223	1,341	1,418
E(III)	1,266	1,360	1,385
E(IV)	1,383	1,414	1,616
E	1,275	1,363	1,458
F(I)	1,227	1,349	1,438
F(II)	1,297	1,461	1,508
F(III)	1,280	1,427	1,768
F(IV)	1,367	1,382	1,483
F	1,305	1,405	1,549
G(I)	1,332	1,513	1,501
G(II)	1,295	1,380	1,398
G(III)	1,350	1,399	1,419
G(IV)	1,298	1,383	1,559
G	1,319	1,419	1,469
H(I)	1,288	1,388	1,420
H(II)	1,363	1,425	1,519
H(III)	1,354	1,493	1,486
H(IV)	1,290	1,364	1,489
H	1,324	1,418	1,479
$\bar{X} \pm s_{\bar{X}}$	1,309 $\pm$ 0,048	1,406 $\pm$ 0,062	1,472 $\pm$ 0,089
C.V. %	3,66	4,41	6,05

($\bar{X} \pm s_{\bar{X}}$) Média geral e estimativa de desvio padrão

C.V. = Coeficiente de variação.

Em geral, a tendência observada para os índices médios de conversão alimentar foi crescente no sentido dos grupos controle para os experimentais. Assim, para o 14º dia de idade, a sequência foi D>C>B>A e H>G>F>E. Nos 21º e 28º dias houve alterações nas sequências, sendo que os tratamentos C e E renderam as mais baixas conversões nos conjuntos sem e com DL-metionina, respectivamente.

Verificou-se ainda que o tratamento E foi o que apresentou a melhor conversão alimentar entre os oito tratamentos, nas idades de 14 e 21 dias, enquanto que C foi melhor no 28º dia.

O índice médio de conversão alimentar, conforme Quadro 22, apresentou um baixo coeficiente de variação para as idades estudadas, admitindo-se até 10% como valor baixo⁽¹⁶⁾.

O resumo da análise de variância dos índices médios de conversão alimentar entre os oito tratamentos calculados para as idades de 14, 21 e 28 dias, apresenta-se no Quadro 23.

QUADRO 23 - Quadrado médio do índice de conversão alimentar.
Resumo da análise de variância.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO		
		14º DIA	21º DIA	28º DIA
Tratamentos	7	0,0018184	0,0038370	0,007580
Blocos	3	0,0048480	0,0045290	0,015410
Resíduo	21	0,0021385	0,0036667	0,007060
TOTAL	31			
C.V. %		3,53	4,31	6,07

C.V. = Coeficiente de variação.

De acordo com a análise de variância apresentada no Quadro 23, os índices de conversão alimentar não se diferiram significativamente a 5% de probabilidade.

O efeito de tratamentos, quando estes foram agrupados dois a dois segundo o conteúdo de resíduo na ração, isto é, sem levar em conta o índice de DL-metionina adicionado (Quadro 23), mostrou-se não significativo ($P < 0,05$) nas idades estudadas. Quaisquer diferenças entre os níveis de DL-metionina e o nível de DL-metionina versus tratamentos não foram significativos.

Desdobrando-se o efeito de tratamentos nos polinômios não ortogonais sobre as características contempladas, verificou-se efeito linear significativo a 5%, no 14º e 28º dias, conforme revela o Quadro 24.

QUADRO 24 - Quadrado médio do índice de conversão alimentar. Resumo da análise de variância e desdobramento dos tratamentos nos polinômios não ortogonais.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO		
		14º DIA	21º DIA	28º DIA
Tratamentos	3	0,003749	0,006031	0,013166
Linear	1	0,011172*	0,014765	0,000723
Quadrada	1	0,000026	0,000185	0,002775
Cúbica	1	0,000049	0,003142	0,036001*
Nível de MET	1	0,000294	0,000851	0,008778
Trat. x Nível	3	0,000315	0,002638	0,001620
Resíduo	24	0,002506	0,003774	0,007977
TOTAL	31			
C.V. %		3,82	4,37	6,07

* $P < 0,05$

C.V. = Coeficiente de variação

As equações de regressão linear com significância ao nível de 5% de probabilidade, que ligam os valores dos tratamentos (X) aos dados analisados (Y), são apresentadas no Anexo 6.

Apesar de serem observadas no Quadro 24 regressões lineares significativas ($P < 0,05$), os desvios das regressões não foram significativos aos 14 e 28 dias, apresentando os seguintes valores de quadrado médio: 0,0000375 e 0,0193875, respectivamente.

Ao analisarmos os índices de conversão alimentar para se verificar o efeito de tratamentos dentro de cada nível de DL-metionina, verificou-se a não existência de diferenças significativas ($P < 0,05$), conforme revela o Quadro 25.

QUADRO 25 - Quadrado médio do índice de conversão alimentar dentro de cada nível de DL-metionina. Resumo da análise de variância e desdobramento dos tratamentos nos polinômios não ortogonais.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO		
		14º DIA	21º DIA	28º DIA
Tratamento s/ MET	3	0,002166	0,005967	0,007998
Linear	1	0,006143	0,008611	0,000884
Quadrada	1	0,000315	0,003844	0,000056
Cúbica	1	0,000041	0,005445	0,023052
Tratamento c/ MET	3	0,001898	0,002702	0,006788
Linear	1	0,005056	0,006248	0,000068
Quadrada	1	0,000625	0,001828	0,006724
Cúbica	1	0,000013	0,000030	0,013572
Resíduo	25	0,002418	0,003657	0,008009
TOTAL	31			
C.V. %		3,76	4,30	6,08

C.V. = Coeficiente de variação.

7.3.4. Correlações

Nos 14º, 21º e 28º dias de idade, as correlações entre os dados de peso corporal, consumo de ração e índice de conversão alimentar, todos corrigidos aos efeitos de tratamentos, níveis de DL-metionina e dos tratamentos pelos níveis de DL-metionina, estão relacionadas no Quadro 26.

QUADRO 26 - Peso corporal, consumo de ração e conversão alimentar médios. Correlações.

	P ₁	P ₂	P ₃	C ₁	C ₂	C ₃	CA ₁	CA ₂	CA ₃
P ₁	-	0,68*	0,57*	0,89*	0,47*	0,23	-0,83*	-0,39*	-0,18
P ₂	-	-	0,40*	0,63*	0,81*	-0,05	-0,52*	-0,43*	-0,35*
P ₃	-	-	-	0,43*	0,25	0,44*	-0,58*	-0,30	-0,31
C ₁	-	-	-	-	0,57*	0,20	-0,48*	-0,16	-0,10
C ₂	-	-	-	-	-	0,11	-0,21	0,18	-0,05
C ₃	-	-	-	-	-	-	-0,21	0,24	0,71
CA ₁	-	-	-	-	-	-	-	0,55*	0,24
CA ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50*
CA ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-

P - Peso corporal ; C - Consumo de ração ; * - $P < 0,05$

CA - Conversão alimentar; (1,2,3) = 14, 21 e 28 dias

Analisando os resultados das correlações entre as variáveis estudadas, notamos que o consumo foi o principal fator limitante no ganho de peso das aves nos 14º (89%) e 21º dias (81%). Já no 28º dia, o fator consumo foi ainda significativo, porém bastante menor (44%), quando a conversão alimentar passou a ser a mais importante (-58%).

8 - CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos e nas condições do presente trabalho, onde se buscou a caracterização química e avaliação do resíduo industrial da fábrica de gelatina como ingrediente de ração para aves, podemos concluir que:

- a) O produto pode ser seco a $70-80^{\circ}\text{C}$, tanto em estufa elétrica como em destilador solar, sem perder as propriedades de reidratação. O resíduo seco também não é higroscópico.
- b) Pelo seu alto conteúdo de proteína total, rico em aminoácidos essenciais como lignina e arginina, o produto poderá ser utilizado como suplemento proteico ou em substituição da farinha de carne na formulação de rações para aves. O resíduo seco apenas apresenta deficiência dos aminoácidos cistina

e triptofano.

- c) A solubilidade e digestibilidade enzimática do resíduo seco são comparáveis com as da gelatina comercial.
- d) Por se tratar de produto da industrialização destinada ao consumo humano, o resíduo como a gelatina, apresenta-se livre de nitrito e de cromo VI, tornando-o um ingrediente que nestas condições é normalmente superior às farinhas de couro e de carnaça pesquisadas para o fabrico de rações.
- e) A substituição da farinha de carne pelo resíduo seco provocou pequenos decréscimos nos rendimentos das rações que no entanto não foram estatisticamente significativos ($P < 0,05$).
- f) O resíduo seco acrescido ou não de DL-metionina pode substituir totalmente a farinha de carne sem comprometer estatisticamente ($P < 0,05$) o ganho de peso das aves até os seus 28 dias de idade.
- g) Havendo disponibilidade do produto, podemos recomendar a substituição parcial da farinha de carne (4%) da ração por 1,84% de resíduo seco, sem a necessidade de de adição de DL-metionina. Esta foi a concentração que forneceu a melhor conversão alimentar para aves no final das quatro semanas de vida.

9 - BIBLIOGRAFIA

1. AKESON, W. R. and STAHMANN, M. A. 1964. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evolution. Journal of Nutrition, Baltimore, 83: 257.
2. AMAYA, J: F., YOUNG, C.T. and HAMONS, R. O. 1977. The Tryptophan content of the U.S. commercial and some South American will genotypes of the genes Arachis. A survey Oleagineux 32: 225.
3. A. O. A. C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1980. Official Methods of Analysis. 13th edition, Washington D.C. 1018 p.

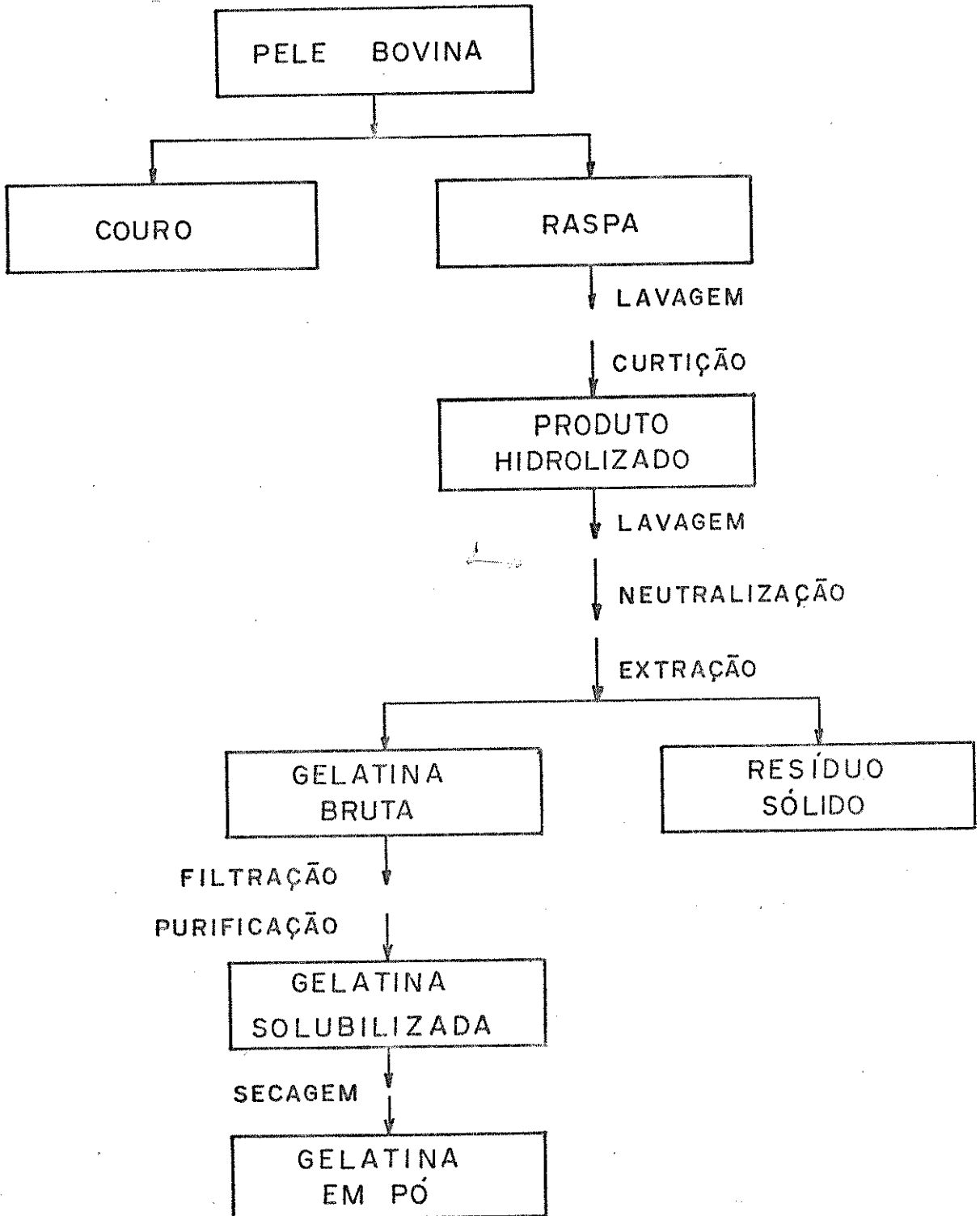
4. BECKMAN INSTRUMENTS. Application notes hydrolizate analysis 002. Physiological fluid analysis. Palo Alto, Spinco Division of Beckman Instruments, 1977. (Beckman 118/119 CL).
5. BLIGH, E.G. and DYER, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extration and purification. Journal of Biochemistry and Phisiology, Canadian, 37: 911-917.
6. CASARETT & DULL'S TOXICOLOGY, 1980. The Basic Science of Poisons. 2º Ed. Macmillan Publishing Co., Inc., New York. 658 p.
7. CENNI, B. e VERITA, P. 1976. Utilizzazioni degli idrolizati di cuoio nell'alimentazione de broilers. Zoot. Nutr. Anim., 2: 213-216.
8. CENNI, B. e VERITA, P. 1976. Composizione chemica di un sostituto proteico ottenuto da idrolisi di sottoprodotti della lavorazione del cuoio. Zoot. Nutri. Anim., 2: 159-161.
9. COTTON, F.A. y WILKINSON, G.F.R.S. Química Inorgánica Avanzada. Traducción y revisión LEVITUS, R. y BUSCH, R.H. 1978. Editorial Limusa, México, 1145.
10. CRAMPTON, E.W. and HARRIS, L.E. 1969. Applied Animal Nutrition. 2º Ed. Freeman and Company, San Francisco, USA, 749 p.
11. DICKERSON, R.E. and GEIS, I. 1969. The Structure and Action of Proteins. Harper and Row, Publishers, New York.

12. DILWORTH, B.C. and DAY, E.J. 1970. Hydrolised leather meal in chick diets. Poultry Science, Menasha, 49(4): 1090-1093.
13. EUCLIDES, R.F. e SILVA, M.A. 1979. Manual de utilização do programa A.V.R. Pol. (Análise de Variância e Regressão Polinomial). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-M.G., 10 p.
14. FRIEDMAN, M. & FINLEY, J.W. 1975. Evolution of methods for tryptophan analysis in proteins. IN: FRIEDMAN, M. Ed. Protein nutritional quality of foods and feeds, Part I. Assay methods - Biological, biochemical and chemical. New York, Marcel Dekker. p. 423.
15. GLOVER, I.T. and JOHNSON, F.T. 1973. Determination of nitrite in meat samples. J. Chem. Educ., Easton, 50: 426-427.
16. GOMES, F.P. 1982. Curso de Estatística Experimental. 10º Ed. Editora Livraria Nobel S.A., São Paulo, 430 p.
17. GREENSTEIN, J.P. and WINITZ, M. 1961. Chemistry of the Amino Acids, Volume 2. John Wiley and Sons Inc., New York. 1816 p.
18. HILLARD, C. M. and WALDROUP, P.W. 1969. Evaluation of hydrolised leather meal in poultry diets. Assoc. of Southern Ag. Workers, 66th Annual Proceedings.
19. KINSELLA, J.E. 1976. Functional properties of proteins in foods: A survey Critical Reviews in Food Science and Nutrition. CRC Press Inc., Cleveland OH.

20. LKB BIOCROM Ltda. Amino Acid Analysis. Handbook and Applications. Cambridge Science Park Milton Road. Cambridge CB4-4BH, England.
21. MALAVOLTA, E. 1964. Análise química dos teores totais. Curso Internacional de Diagnose Foliar. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba-SP, 36 p.
22. MARKSENKO, Z. Spectrophotometric Determination of Elements. Translation by RAMSEY, C.G. 1976. John Wiley and Sons Inc., New York, 621 p.
23. ROSTAGNO, H.S. e outros, 1983. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos. Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 59 p.
24. RUŽIČKA, J. and HANSEN, E.H. 1981. Flow Injection Analysis. Vol. 62. John Wiley and Sons Inc., New York.
25. SCALLES, F.M. and HARRISON, A.P. 1920. Boric acid modification of the Kjeldahl method for crop and soil analysis. J. Ind. Eng. Chem. 12: 350-352.
26. SCOTT, M.L., NESHEIM, M.C. and YOUNG, R.J. 1969. Nutrition of the Chicken. M.L. Scott Associates, Ithaca, New York, 511 p.
27. SILVA, D.J. 1981. Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos). Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 166 p.

28. SPACKEMAN, D.H., STEIN, W.H. and MOORE, S., 1958. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of aminoacids. *Analytical chemistry*, 30(3): 1190-1209.
29. SPIES, J.R. 1967. Determination of Tryptophan in proteins. *Anal. Chem.* 39: 1412.
30. TITUS, H.W. Alimentación Científica de las Gallinas. Traducido por el BURILLO, I.Z. 1960. Ed. Acriba, Zaragoza, 276 p.
31. VOGEL, A. I. Química Analítica Cuantitativa (Teoría y Práctica). Versión castellana de CATALANO, M. y CATALANO, E. 1969. Ed. Kapelusz, S.A. buenos Aires, Argentina. 1157 p.
32. WALDROUP, P. W.; HILLARD, C.M.; ABBOTT and LUTHER, L. W. 1970. Hydrolised leather meal in broiler diets. *Poultry Science*, Menasha, 49: 1259-1264.
33. WISMAN, E.H. and ENGEL, R.W. 1961. Tannery by product meal as a source of protein for chicks. *Poultry Science*, Menasha, 40: 1761-1763.
34. WHITAKER, J.R. and TANNENBAUM, S.R. 1977. Food Proteins. Ed. Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. 602 p.
35. WOLTER, R. 1974. Valuer alimentaire d'une farine de carnasse chez le poulet. *Revue Med. Vet.*, 125(8-9): 1103-1110.

ANEXO 1 - FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DA FABRICAÇÃO DE GELATINA.



ANEXO 2 - EQUAÇÕES DAS REGRESSÕES LINEARES SIGNIFICATIVAS ($P < 0,05$)
PARA O PESO CORPORAL MÉDIO (QUADRO 11).

a) Peso no 14º dia: $Y = \psi - b(X - \bar{X})$

$\psi = 341$; $b = -12,00$; $X = 358, 345, 345 \text{ e } 318$;

$\bar{X} = 2,50$

b) Peso no 21º dia: $Y = \psi - b(X - \bar{X})$

$\psi = 576$; $b = -18,19$; $X = 608, 584, 570 \text{ e } 543$;

$\bar{X} = 2,50$

c) Peso no 28º dia: $Y = \psi - b(X - \bar{X})$

$\psi = 952$; $b = -18,64$; $X = 984, 958, 949 \text{ e } 918$;

$\bar{X} = 2,50$

ANEXO 3 - EQUAÇÕES DAS REGRESSÕES LINEARES SIGNIFICATIVAS ($P < 0,05$)
PARA O PESO CORPORAL MÉDIO (QUADRO 14).

a) Peso no 14º dia: $Y = \psi - b(X - \bar{X})$

$\psi = 341$; $b = -1,30$; $X = 356, 347, 343 \text{ e } 311$;

$\bar{X} = 26,00$

b) Peso no 21º dia: $Y = \psi - b(X - \bar{X})$

$\psi = 576$; $b = -2,057$; $X = 623, 581, 562 \text{ e } 548$;

$\bar{X} = 27,00$

c) Peso no 28º dia: $Y = \psi - b(X - \bar{X})$

$\psi = 952$; $b = 2,52$; $X = 997, 968, 945 \text{ e } 905$;

$\bar{X} = 26,00$

ANEXO 4 - EQUAÇÕES DE REGRESSÕES LINEARES SIGNIFICATIVAS ($P < 0,05$)
PARA O CONSUMO MÉDIO DE RAÇÃO (QUADRO 17).

a) Consumo de ração no 14º dia: $Y = \psi - b(X - \bar{X})$

$\psi = 445$; $b = -9,80$; $X = 458, 453, 448$ e 424 ;

$\bar{X} = 2,50$

b) Consumo de ração no 28º dia: $Y = \psi - b(X - \bar{X})$

$\psi = 1400$, $b = 31,30$; $X = 1450, 1428, 1372$, e 1350

$\bar{X} = 2,50$

ANEXO 5 - EQUAÇÕES DE REGRESSÕES LINEARES SIGNIFICATIVAS ($P < 0,05$)
PARA O CONSUMO MÉDIO DE RAÇÃO (QUADRO 19).

a) Consumo de ração no 14º dia: $Y = \psi - b(X - \bar{X})$

$\psi = 445$, $b = -1,108$; $X = 457, 455, 445$ e 417 ;

$\bar{X} = 26,00$

b) Consumo de ração no 28º dia: $Y = \psi - b(X - \bar{X})$

$\psi = 1400$, $b = 4,405$; $X = 1446, 1425, 1354$ e 1323 ;

$\bar{X} = 26,00$

ANEXO 6 - EQUAÇÕES DE REGRESSÕES LINEARES SIGNIFICATIVAS ($P < 0,05$)
PARA OS ÍNDICES DE CONVERSÃO ALIMENTAR (QUADRO 23).

a) Consumo alimentar no 14º dia: $Y = \psi - b(X - \bar{X})$

$\psi = 1,309$; $b = 0,0167$; $X = 1,334; 1,317; 1,303$ e $1,282$

$\bar{X} = 2,50$

b) Consumo alimentar no 28º dia: $Y = \psi - b(X - \bar{X})$

$\psi = 1,472$; $b = 0,00425$; $X = 1,529; 1,472; 1,455$ e $1,435$

$\bar{X} = 2,50$