

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA NUTRIÇÃO - MESTRADO**

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL**  
**DE NOVOS CULTIVARES DE AVEIA**

**(*Avena sativa*, L.)**

**IVONE PEDÓ**

**Campinas, 1996**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**  
**DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO ALIMENTAR E NUTRIÇÃO**

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL DE NOVOS**  
**CULTIVARES DE AVEIA (*Avena sativa*, L.)**

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por IVONE PEDÓ e aprovada pela Comissão Julgadora em 19.08.96.

Campinas, 19 de agosto de 1996

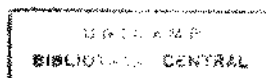
PROF. DR. VALDEMIRO C. SGARBIERI  
Presidente da Banca

**IVONE PEDÓ**  
Nutricionista-CRN 2051

**Prof. Dr. VALDEMIRO CARLOS SGARBIERI**  
Orientador

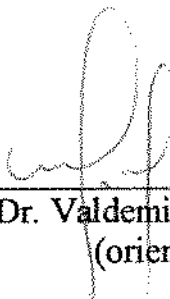
Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Ciência da Nutrição - Área de Nutrição Básica e Experimental

**Campinas - São Paulo**  
**1996**



19/08/96

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Valdemiro Carlos Sgarbieri  
(orientador)

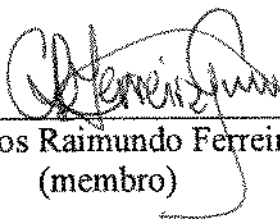
---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Celina Raquel de Oliveira Camargo  
(membro)



---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Débora de Queiroz Tavares  
(membro)



---

Prof. Dr. Carlos Raimundo Ferreira Grosso  
(membro)

Campinas, 19 de agosto de 1996.

"A liberdade deve ser sobretudo  
a liberdade de quem pensa  
diferente de nós"

Rosa Luxemburgo

Ao Luiz Carlos pelo apoio, carinho e  
compreensão nos momentos mais difíceis  
da realização deste trabalho

Ao Eduardo, energia pura,  
que me faz prosseguir

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Valdemiro Carlos Sgarbieri pela orientação e apoio dedicado a este trabalho.

À Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia de Alimentos e ao Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição, pela oportunidade e facilidades oferecidas para a execução deste trabalho.

À Faculdade de Agronomia da Universidade de Passo Fundo-RS, pela cessão dos cultivares de aveia.

Ao Laboratório de Pesquisa da Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP, em especial ao Prof. Dr. Lewis Joel Greene, pela concessão da realização das análises de composição em aminoácidos.

Ao Centro de Química de Alimentos e Nutrição Aplicada do Instituto de Tecnologia de Alimentos-ITAL, pela concessão da realização das análises de minerais, vitaminas e eletroforese.

Ao Laboratório de Óleos e Gorduras do Departamento de Tecnologia de Alimentos-FEA/UNICAMP pela concessão da análise de composição em ácidos graxos.

Ao Laboratório de Cereais do Departamento de Tecnologia de Alimentos-FEA/UNICAMP pela possibilidade da utilização dos equipamentos para a moagem dos grãos de aveia utilizados nas análises e dietas experimentais.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos e à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro.

Aos professores, funcionários, colegas e a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xi
SUMMARY.....	xiii
<b>1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
2.1 - GRÃO DE AVEIA.....	3
2.1.1 - <i>Proteínas</i> .....	4
2.1.2 - <i>Lipídios</i> .....	9
2.1.3 - <i>Carboidratos</i> .....	14
2.1.4 - <i>Minerais</i> .....	18
2.1.5 - <i>Vitaminas</i> .....	20
2.2 - VALOR NUTRITIVO DAS PROTEÍNAS.....	21
2.2.1 - <i>In vitro</i> .....	22
2.2.2 - <i>In vivo</i> .....	24
2.3 - FRACIONAMENTO DAS PROTEÍNAS DE AVEIA.....	27
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
3.1 - MATERIAL.....	32
3.1.1 - <i>Matéria-prima</i> .....	32
3.1.2 - <i>Ensaio biológico</i> .....	32
3.1.3 - <i>Reagentes</i> .....	33
3.2 - MÉTODOS.....	33
3.2.1 - <i>Composição centesimal aproximada</i> .....	33

3.2.2 - Energia bruta .....	34
3.2.3 - Energia metabolizável .....	34
3.2.4 - Contribuição energética das proteínas da dieta (NDPCal) .....	34
3.2.5 - Determinação de vitaminas .....	35
3.2.6 - Determinação de minerais .....	36
3.2.7 - Composição em ácidos graxos .....	36
3.2.8 - Composição em aminoácidos .....	37
3.2.9 - Escore químico .....	38
3.2.10 - Determinação de lisina disponível .....	38
3.2.11 - Digestibilidade da proteína <i>in vitro</i> .....	39
3.2.12 - Índice de aminoácidos essenciais modificado (MEAAI) .....	39
3.2.13 - Digestibilidade correlacionada com escore químico (PDCAAS) .....	40
3.2.14 - Coeficiente de utilização protéica líquida calculado (NPU-C) .....	40
3.2.15 - Ensaio biológico .....	41
3.2.16 - Obtenção das frações protéicas de aveia e determinação de pesos moleculares das unidades estruturais .....	45
3.2.17 - Análise estatística .....	47
<b>4 - RESULTADOS .....</b>	<b>49</b>
4.1 - COMPOSIÇÃO CENTESIMAL APROXIMADA .....	49
4.2 - ENERGIA BRUTA, METABOLIZÁVEL E NDPCAL .....	50
4.3 - ANÁLISE DE VITAMINAS .....	51
4.4 - ANÁLISE DE MINERAIS .....	52
4.5 - COMPOSIÇÃO EM AMINOÁCIDOS .....	53
4.6 - COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS .....	55
4.7 - ÍNDICES DE AVALIAÇÃO <i>IN VITRO</i> .....	56
4.8 - ÍNDICES DE AVALIAÇÃO <i>IN VIVO</i> .....	58
4.9 - BALANÇO DE MASSA E CONTRIBUIÇÃO PROTÉICA DAS FRAÇÕES ISOLADAS .....	66
4.10 - DETERMINAÇÃO DE PESOS MOLECULARES DAS UNIDADES ESTRUTURAIS .....	71



<b>5 - DISCUSSÃO.....</b>	<b>78</b>
5.1 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA .....	78
5.2- VALOR NUTRITIVO DAS PROTEÍNAS.....	85
5.2.1. - <i>In vitro</i> .....	85
5.2.2 - <i>In vivo</i> .....	89
5.3 - FRACIONAMENTO DAS PROTEÍNAS DE AVEIA E ELETROFORESE.....	92
<b>6 - CONCLUSÕES.....</b>	<b>95</b>
<b>7 - ANEXO DE TABELAS.....</b>	<b>97</b>
<b>8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>100</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 -Formulação da mistura mineral utilizada para o preparo das dietas.....	41
Tabela 02 -Formulação da mistura vitamínica utilizada para o preparo das dietas .....	42
Tabela 03 -Composição das dietas utilizadas no ensaio biológico (1000 g) .....	42
Tabela 04 -Distribuição dos animais em blocos completamente casualizados, de acordo com os seus pesos individuais, média e desvio padrão.....	43
Tabela 05 -Composição centesimal aproximada dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 .....	49
Tabela 06 -Determinação de energia bruta (EB), energia metabolizável (EM) e contribuição energética das proteínas da dieta (NDPCal) dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 .....	51
Tabela 07 -Teores de vitaminas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14.....	52
Tabela 08 -Teores de macromelementos dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 .....	53
Tabela 09 -Teores de microelementos dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 .....	53
Os aminogramas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e seus respectivos escores químicos, bem como o padrão teórico da FAO/WHO/UNU (1985) encontram-se na Tabela 10.....	53
Tabela 10 -Composição em aminoácidos e escore químico (EQ) de proteínas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 .....	54
Tabela 11 -Composição em ácidos graxos de óleo dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 .....	55
Tabela 12 -Determinação de lisina total, disponível e porcentagem de disponibilidade dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14.....	56
Tabela 13 -Digestibilidade <i>in vitro</i> (D), índice médio dos aminoácidos essenciais modificado (MEAAI), digestibilidade da proteína correlacionada com escore químico (PDCAAS) e coeficiente de utilização protéica líquida calculado (NPU-C) dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14.....	57
Tabela 14 -Nitrogênio ingerido, fecal, urinário e retido de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e caseína, ao fim do balanço de sete dias .....	59
Tabela 15 -Digestibilidade aparente (Da), valor biológico aparente (VBa), quociente de utilização líquida aparente da proteína (NPUa) e razão NPUa teste/NPUa caseína em ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e de caseína, ao fim do balanço de sete dias .....	60

Tabela 16 -Consumo de ração, consumo de proteínas, ganho de peso e quociente de eficiência protéica (PER) de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e caseína, ao fim de 28 dias de ensaio.....	62
Tabela 17 -Quociente de eficiência protéica corrigido (PERc) e razão PER teste experimental/PER caseína de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e caseína, ao fim de 28 dias de ensaio.....	63
Tabela 18 -Comparação entre os dados de valor nutritivo <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> das proteínas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 .....	66
Tabela 19 -Quantidade de proteína extraída (PE) e teor protéico (TP) de cada uma das frações isoladas no fracionamento da proteína de aveia, cultivares UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14, a partir de 20g de farinha .....	67
Tabela 20 -Variação de peso molecular (kDa) das frações globulina, albumina, prolamina e glutelina dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14.....	72
Tabela 1a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação de proteínas, lípidios, cinzas, umidade e energia .....	97
Tabela 2a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação de fibra alimentar total, fibra alimentar solúvel, fibra alimentar insolúvel, açúcares e amido .....	97
Tabela 3a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação de nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio fecal (NF), nitrogênio urinário (NU) e nitrogênio retido (balanço de nitrogênio - BN) .....	97
Tabela 4a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação de digestibilidade aparente (Da), valor biológico aparente (VBa) e utilização líquida da proteína aparente (NPUa).....	98
Tabela 5a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação de consumo de ração, consumo de proteína, ganho de peso e quociente de eficiência protéica .....	98
Tabela 6a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação de digestibilidade <i>in vitro</i> e de energia das dietas .....	98
Tabela 7a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação dos minerais cálcio, fósforo, potássio, sódio e magnésio .....	99
Tabela 8a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação dos minerais ferro, zinco, manganês, cobre e bário.....	99
Tabela 9a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação de índice médio dos aminoácidos essenciais (MEAAI), digestibilidade da proteína correlacionado com escore químico (PDCAAS) e coeficiente de utilização líquida calculado (NPU-C) .....	99

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 01 -Esquema do fracionamento utilizado para a obtenção das frações protéicas globulina, albumina, prolamina e glutelina..... 46
- Figura 02 -Efeito do tempo de ensaio biológico no ganho de peso de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e caseína. .... 64
- Figura 03 -PER semanal de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14..... 65
- Figura 04 -Porcentagem de extração protéica das frações globulina e albumina dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14. .... 69
- Figura 05 -Porcentagem de extração protéica das frações prolamina e glutelina dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14. .... 70
- Figura 06 -Curva padrão dos pesos moleculares de eletroforese em gel de poli(acrilamida) contendo dodecil sulfato de sódio.  $y = 6,2961 - 0,03393X$ .  $R = -0,9977$ . .... 71
- Figura 07 -Eletroforese em gel de poli(acrilamida) contendo dodecil sulfato de sódio das frações protéicas globulina, albumina, prolamina e glutelina do cultivar de aveia UPF-15. Concentração de 100 $\mu$ g de proteína/gel..... 74
- Figura 08 -Eletroforese em gel de poli(acrilamida) contendo dodecil sulfato de sódio das frações protéicas globulina, albumina, prolamina e glutelina do cultivar de aveia UPF-16. Concentração de 100 $\mu$ g de proteína/gel..... 75
- Figura 09 -Eletroforese em gel de poli(acrilamida) contendo dodecil sulfato de sódio das frações protéicas globulina, albumina, prolamina e glutelina do cultivar de aveia CTC-03. Concentração de 100 $\mu$ g de proteína/gel. .... 76
- Figura 10 -Eletroforese em gel de poli(acrilamida) contendo dodecil sulfato de sódio das frações protéicas globulina, albumina, prolamina e glutelina do cultivar de aveia UFRGS-14. Concentração de 100 $\mu$ g de proteína/gel. .... 77

## RESUMO

A aveia é única entre os cereais em função de seu alto teor de proteínas, lipídios e fibra alimentar. A qualidade nutricional, avaliada através de índices químicos e biológicos também é relativamente alta e muito superior quando comparado com os demais cereais. Estes indicadores, no entanto, variam com o local de cultivo, clima e genótipo. No Brasil, os programas de melhoramento genético já lançaram mais de 30 cultivares de aveia adaptados às condições edafoclimáticas e de alto potencial de rendimento de grãos, porém, a preocupação com as características químicas e nutricionais é recente. Com o presente trabalho se objetivou caracterizar química e nutricionalmente os cultivares de aveia (*Avena sativa*, L.) UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14, recentemente selecionados por instituições que integram o Programa de Melhoramento Genético de Aveia no Brasil e lançados no mercado a partir de 1992. Os estudos foram realizados com a farinha de grãos de aveia descascados e, colhidos em 1993 no Centro Experimental da Faculdade de Agronomia, localizado em Passo Fundo-RS. A caracterização química foi realizada através das determinações de composição centesimal, minerais, vitaminas, energia, aminoácidos e ácidos graxos. A qualidade protéica foi avaliada *in vivo* e *in vitro* através da determinação de índices que indicam o valor nutritivo. As proteínas foram sequencialmente fracionadas com base na solubilidade, em globulina, albumina, prolamina e glutelina e caracterizadas por eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE). Os resultados do presente trabalho permitem concluir que os grãos de aveia descascados, provenientes de cultivares UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 apresentaram altos teores de proteínas (13,95 e 16,52%) e lipídios (6,33 e 7,50%) em sua composição química. Os teores de fibra alimentar solúvel e insolúvel também foram relativamente altos nestes cultivares (4,76 e 6,36%, respectivamente), conseqüentemente, o de amido foi baixo, cerca de 53,26%. A composição em aminoácidos foi adequada e similar com o padrão teórico da FAO, porém, a lisina foi o primeiro aminoácido limitante, seguido de treonina. O óleo apresentou altas

concentrações de ácidos graxos insaturados, sendo que o linoléico, oléico e palmítico representaram 96% do total de ácidos graxos presentes no óleo. O cultivar UFRGS-14 quando comparado com UPF-15, UPF-16 e CTC-03 foi o que apresentou maior teor de proteína bruta (16,52%), melhor balanço aminoacídico e, quanto a qualidade da proteína os maiores índices de aminoácidos essenciais (70,34%), escore químico (70,68%), digestibilidade correlacionada com escore químico (64,15%), coeficiente de utilização protéica líquida calculado (64,76%), contribuição energética das proteínas totalmente utilizáveis da dieta (10,40) e digestibilidade aparente (85,67%). Os maiores teores de vitaminas e minerais foram encontrados no UPF-15. O cultivar UPF-16 apresentou o maior porcentagem de disponibilidade de lisina (92,00). Os índices de digestibilidade *in vitro*, valor biológico aparente, quociente de utilização líquida aparente da proteína e quociente de eficiência protéica não apresentaram variações significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os cultivares estudados. Quanto às frações protéicas, a glutelina foi a fração extraída em maior quantidade, seguida de globulina, prolamina e albumina, perfazendo um total de 89,5%, em média. A eletroforese revelou que a globulina foi a fração com maior variação de peso molecular e a glutelina apresentou contaminação com polipeptídios das demais frações. Mesmo não ocorrendo grandes variações entre os cultivares estudados, observa-se que o UFRGS-14 se destacou em várias características químicas e nutricionais o que nos leva a concluir que o mesmo foi superior quando comparado com os cultivares UPF-15, UPF-16 e CTC-03.

## SUMMARY

Among all cereals oat is considered unique regarding its high rate of protein, fat and dietary fiber. The nutritional quality evaluated through chemical and biological parameters is, to a certain extent, high and significantly superior when compared to other cereals. However, these characteristics vary as to the local of cultivation, climate and genetic factors. In Brazil genetic improvement programs have created over thirty oat cultivates adapted to climate conditions which have been found to present high yielding potential in grain production, although the concern with nutritional and chemical characteristics is recent. The present research had as objectives the characterization the oat cultivates (*Avena sativa*, L.) UPF-15, UPF-16, CTC-03 and UFRGS-14 with respect to both chemical and nutritional properties. These have been selected by the institutions that joined The Oat Improvement Programs of Brazil which was launched in the market in 1992. Studies have conducted with husked oat grain flour, harvested in 1993 at Experimental Center of Agronomy located at the city of Passo Fundo-RS. Chemical characterization was carried out through determination of proximate percent composition, minerals, vitamins, energy, amino acids and fatty acids. The protein quality was assessed *in vitro* and *in vivo* trough parameters that indicate the nutritional value. Proteins were fractionated taking into account their solubility as follows: globulin, albumin, prolamin, glutelin and were characterized by sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE). The results of the above mentioned determination led to the conclusion that husked oat grain of UPF-15, UPF-16, CTC-03 and UFRGS-14 showed high amount of protein (13.95 and 16.52%) and fat (6.33 and 7.50%) in its chemical composition. The dietary soluble and insoluble fiber fractions were also considered high (4.76 and 6.36%, respectively). As a consequence the starch content was low (53.26%). The amino acid composition was considered high when compared with the FAO theoretical standard. However lysine was the first limiting amino acid, followed by threonine. The oat oil showed high insaturated fatty acids concentration. Linoleic, oleic and palmitic acids account for 96% of the total fatty acids in oil. The UFRGS-14 showed the highest crude protein content (16.52%) and the best amino acids balance. As for the protein quality UFRGS-14 presented the highest rate of essential amino acid index (70.34%), chemical score (70.68), protein quality evaluation by protein digestibility-corrected amino acid scoring (64.15%), calculated coefficient of net protein utilization (64.76%), energetic contribution of completely usable dietary protein (10.40) and apparent digestibility (85.67%) when compared to the other cultivates. The highest contents of vitamins and minerals were found in UPF-15. The cultivate UPF-16 showed the highest amount of availability percent of lysine (92.00). Parameters of digestibility *in vitro*, apparent biological value, apparent net protein utilization (NPUa) and protein efficiency ratio (PER) did not show any significant variation ( $p \leq 0,05$ ) among the studied cultivates. Glutelin was the largest fraction extracted followed by globulin, prolamin and albumin, summing up 89.5% of the total. The electrophoresis revealed that globulin was the fraction that presented the highest variation of molecular weights and glutelin showed contamination of the other fractions. Although statistical significant variations have not been found it has been observed that UFRGS-14 outstanced the other cultivates studied as to its chemical and nutritional characteristics.

## 1 - INTRODUÇÃO

A aveia se apresenta como uma importante alternativa de cultivo de inverno no sistema de produção do Sul do Brasil. É utilizada na formação de pastagens, cobertura verde do solo e produção de grãos. O cultivo de aveia para grãos por muito tempo foi pouco expressivo no país, embora venha ocorrendo um progressivo incremento na área cultivada a partir de 1930 até os dias de hoje. A pequena área de cultivo foi atribuída sobretudo à falta de cultivares adaptados às condições climáticas e aos problemas causados por doenças, especialmente à ferrugem da folha.

Com o melhoramento genético tem-se criado cultivares de alto potencial de rendimento de grãos e adaptados às condições climáticas da região Sul do Brasil. Os programas de melhoramento devem continuar criando e testando novos materiais anualmente, com os objetivos de incrementar o teor protéico, a estabilidade e o rendimento de grãos (CARVALHO et alii, 1987). Os resultados de pesquisas permitiram lançar no mercado mais de 30 cultivares de aveia. Com isto, a produtividade e o rendimento industrial se elevaram sendo obtidas plantas mais precoces e resistentes às doenças fúngicas. Seu porte tornou-se menor e menos sujeito ao acamamento o que, no passado, prejudicava lavouras inteiras.

Em 1993 o Brasil plantou 268.018 ha obtendo uma produção de 262.816 t (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE). Este desempenho pode ser atribuído a maior demanda interna pelos produtos de aveia e a maior disponibilidade de cultivares com potencial de rendimentos superiores. O estado do Rio Grande do Sul se destaca como maior produtor, seguido pelo Paraná e Santa Catarina. As principais regiões de cultivo de aveia para a produção de grãos estão localizadas nos municípios de Passo Fundo, Lagoa Vermelha, Vacaria e Ijuí, no Rio Grande do Sul, na região de Guarapuava no Paraná e nos municípios de Lages e Campos Novos em Santa Catarina.



O emprego de aveia na alimentação humana e arraçoamento animal se justifica pelo elevado valor nutritivo, em função do alto teor protéico e bom balanço de aminoácidos. O uso de aveia na alimentação humana também tem sido justificada pela qualidade de sua fibra alimentar e efeitos hipocolesterolêmicos (ANDERSON & CHEN, 1986; SHINNICK et alii, 1991; RIPSIN & KEENAN, 1992).

Embora a caracterização química e nutricional de cultivares de aveia tenha sido intensivamente estudada (SHUKLA, 1975; EGGUN & GULLORD, 1983; ASP et alii, 1992), a mesma ainda não foi realizada para os cultivares de aveia recentemente desenvolvidos pelos programas de melhoramento genético do Brasil, o que justifica o presente trabalho de pesquisa. Acrescenta-se a isto a grande diversidade genética dos materiais que deram origem aos cultivares brasileiros, bem como, as condições de solo e de clima em que os mesmos foram selecionados.

A presente pesquisa é uma contribuição ao Programa de Melhoramento Genético de Aveia no Brasil, através da geração de informações sobre a caracterização química e nutricional dos novos cultivares de aveia: UPF-15, UPF-16, CTC-03 e URGS-14.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - Grão de Aveia

A organização morfológica e química do grão de aveia foi descrita por vários autores (BETCHEL & POMERANZ, 1981; FULCHER, 1986; HOSENEY, 1990). As cariopses dos grãos de aveia se desenvolvem dentro de coberturas florais que, na realidade, são folhas modificadas. Estas se chamam glumas e formam parte da palha. Estas coberturas florais envolvem as cariopses tão firmemente que permanecem aderidas a elas após a colheita e se constituem na casca dos grãos de aveia (HOSENEY, 1990). Em trigo, milho, centeio, sorgo e aveia nuda, os grãos se desprendem facilmente da casca durante a colheita, sendo denominados de grãos desnudos.

A cariopse representa em torno de 65-75% do grão, enquanto as cascas os restantes 25-35%. A proporção de cariopse e cascas é influenciada pelas condições ambientais e genótipos. YOUNGS (1972) encontrou um rendimento industrial entre 68,2-76,4% e peso de mil cariopses variando entre 18,7-22,7 g, em sete genótipos de aveia cultivados nas mesmas condições ambientais. A *palea* e a *lemma* dos cultivares de aveia nuda são mais membranosas e facilmente removidas por ocasião da colheita.

A cariopse do grão de aveia apresenta tamanho e cor variável, formato fusiforme e as extremidades pontiagudas. Está encoberta por numerosos pelos ou tricomas. Numa das extremidades encontra-se o germe e na outra, cabelos finos. A reentrância ou *crease* está localizada no lado oposto do embrião e se estende por todo o comprimento da cariopse (FULCHER, 1986).

A cariopse recobre o fruto e adere fortemente a ela. Esta por sua vez é constituída pelo embrião e pelo endosperma, cercados pelas camadas hialina e testa. O endosperma é composto pela camada de aleurona e pelo endosperma amiláceo. As

células do aleurona secretam enzimas hidrolíticas durante a germinação que digerem e mobilizam as reservas de amido, lipídios e proteínas. As camadas externas e o aleurona formam a fração de moagem conhecida como farelo. YOUNGS (1972), dessecando manualmente cariopses de aveia de sete genótipos encontram uma variação no teor de farelo entre 28,7 a 41,4%. A variação na espessura de farelo variou entre 580-1.010  $\mu\text{m}$ .

O endosperma é composto de grande quantidade de células amiláceas e contribui com 55,8-68,3% do peso total da cariopse, compreendendo a fração endosperma amiláceo na moagem comercial (BETCHEL & POMERANZ, 1981). O endosperma é a fonte primária de nutrientes para ser usado pelo embrião durante a germinação.

O embrião de aveia, compreendendo escutelo e eixo embrionário, está localizado na porção anterior, perto da base da cariopse. O escutelo está em contato com o endosperma e secreta enzimas durante a germinação. O eixo embrionário consiste da plúmula e da radícula, que são responsáveis pela origem da nova plântula.

Segundo KENT (1984) a proporção em porcentagem das estruturas do grão de aveia com casca e descascado é de 25% de casca, 9 e 12% de pericarpo, 63 e 84% de endosperma, 2,8 e 3,7% de germe, respectivamente. O grão de aveia possui comprimento de 6 a 13 mm, largura de 1 a 4,5 mm, peso médio de 32 mg e densidade de 520 a 756  $\text{kg/m}^3$  (SHUKLA, 1975).

### 2.1.1 - Proteínas

O teor de proteínas do grão de aveia varia consideravelmente entre cultivares, bem como no mesmo cultivar quando exposto a diferentes locais de cultivo. MIDDLETON et alii (1954), avaliando o teor protéico de 70 materiais encontraram uma variação de 11,44 a 16,21%. O balanço de aminoácidos não altera

significativamente com o aumento do teor de proteínas. Assim, a aveia pode ser cultivada sob condições que maximizam o teor protéico sem que ocorram perdas na qualidade de proteínas (PETERSON, 1976).

**a- Concentração e distribuição.** A concentração e a distribuição de proteínas no grão de aveia com casca foi estudada por YOUNGS (1972). Com o aumento da concentração de proteínas no grão ocorreu um aumento da concentração de proteínas no farelo e no endosperma. O eixo embrionário e o escutelo, frações que formam o germe, compreendem em torno de 3% do total de peso do grão e são ricos em proteínas, porém, representam somente 6% do total de proteínas do grão. A maior concentração de proteínas está no farelo e endosperma, correspondendo em torno de 48,6% e 45,1%, respectivamente. Estas frações representam de 42,3 a 54,8% do peso total do grão.

A concentração de proteínas também pode variar com o uso de diferentes dosagens de fertilizantes e locais de cultivo. YOUNGS & GILCHRIST (1976) verificaram, em estudos com fertilizantes, uma variação média de proteínas de 2,4% entre oito cultivares de baixa quantidade de proteínas e oito cultivares de alta quantidade de proteínas. Com o aumento da concentração de proteínas no grão, geralmente ocorre um aumento concomitante de proteínas nas frações germe, farelo e endosperma. Ao avaliar a influência das condições ambientais na concentração de proteínas de sete cultivares de aveia com altos e baixos teores protéicos, os autores não observaram diferenças significativas tanto no grão quanto nas frações. Entretanto, em cinco dos sete cultivares estudados, o farelo apresentou um aumento de 2% de proteínas quando comparado com o endosperma.

A qualidade das proteínas nas frações do grão de aveia foi estudada por POMERANZ et alli (1973) através de avaliação da composição em aminoácidos. Eles observaram similaridades entre a composição em aminoácidos do embrião e do escutelo e entre o farelo e o endosperma. O germe apresentou maior quantidade dos

aminoácidos treonina, glicina, alanina e valina e ácido aspártico, enquanto o endosperma maiores quantidades de ácido glutâmico, prolina, cistina, tirosina e fenilalanina. Diferenças similares foram observadas por DRAPER (1973) ao estudar o eixo embrionário e o endosperma, exceto para a arginina que foi menor no eixo embrionário e metionina, isoleucina e leucina, que foram maiores quando comparados com o endosperma. A partir dos resultados destas análises concluiu-se que as proteínas do germe e do endosperma são diferentes e que as proteínas do farelo e do endosperma também apresentaram algumas diferenças (PETERSON & BRINEGAR, 1986).

**b- Composição em aminoácidos.** A aveia apresenta uma composição em aminoácidos superior em qualidade e quantidade quando comparada aos demais cereais. ROBBINS et alii (1971), estudando 289 cultivares de aveia verificaram uma alta concentração de ácido glutâmico no grão, porém, a lisina foi nutricionalmente limitante, com uma concentração média de 4,2g/16g N. Este valor embora alto, quando comparado com os demais cereais, está abaixo dos teores recomendados pela FAO que é de 5,8g/16g N (FAO/WHO/UNU,1985). A treonina foi o segundo aminoácido limitante. O valor médio encontrado por ROBBINS et alii (1971) foram 3,3g/16g N e ficaram abaixo do valor de 3,4g/16g N recomendado pela FAO. Nos cultivares estudados, a variação em relação aos teores dos aminoácidos limitantes, não foi significativa.

POMERANZ et alii (1973) estudaram a composição em proteínas e aminoácidos nas diferentes frações de cultivares de aveia com casca. A proteína do germe mostrou-se rica nos aminoácidos lisina, histidina, arginina, ácido aspártico e treonina e pobre em ácido glutâmico, prolina e cistina. As concentrações relativamente altas, de lisina, ácido aspártico e treonina e baixas, de ácido glutâmico, prolina e aminoácidos sulfurados da casca foram refletidas na composição em aminoácidos dos cultivares de aveia com alta porcentagem de casca, em contraste com aqueles com menos casca.

A aplicação de grandes quantidades de nitrogênio no solo afetou levemente a composição em aminoácidos do grão de aveia. Com o aumento da concentração de nitrogênio no grão diminuíram levemente os teores de lisina, prolina, glicina, metionina e triptofano, enquanto que ácido aspártico, ácido glutâmico e fenilalanina aumentaram. Baseado nos resultados destes aminogramas EPPENDORFER (1977) concluiu que na aveia, em contraste com o que ocorre nos demais cereais, a concentração de aminoácidos foi praticamente independente da quantidade de nitrogênio aplicado no solo.

Noutro trabalho, EPPENDORFER (1978) estudou o efeito da aplicação de nitrogênio, fosforo e potássio na composição em aminoácidos de aveia, bem como a relação entre o teor de nitrogênio e aminoácidos no grão. A composição em aminoácidos foi dependente da quantidade de nitrogênio aplicado no solo enquanto que os efeitos do P e K foram indiretos, pois interferiram no aumento da concentração de nitrogênio do grão. Os aminoácidos lisina, metionina e cistina diminuíram com o aumento da concentração de nitrogênio no grão enquanto que arginina, ácido aspártico e fenilalanina aumentaram.

ZARCADAS (1982), analisando dois cultivares de aveia quanto à composição em aminoácidos encontraram altos valores de metionina (3,76 e 3,23%) em relação ao total de aminoácidos. Estes valores são significativos, pois a metionina aparece citada em vários trabalhos como um aminoácido nutricionalmente limitante em aveia (BRESSANI et alli, 1963; KIES et alli, 1972). Os valores obtidos para metionina excederam aqueles reportados em trabalhos com outros cultivares de aveia, sendo 10 a 15% maior que a soma de lisina, treonina e metionina.

EGGUM & GULLORD (1983), estudando a composição química de 12 cultivares de aveia com casca verificaram que o teor de proteína variou entre 10,25 e 17,31%. Quanto à composição em aminoácidos, a lisina foi o primeiro limitante, apresentando valores entre 3,78 e 4,29g/16g N. A treonina foi o segundo aminoácido

limitante, com valores entre 3,03 e 3,40g/16g N. No entanto conteúdo de aminoácidos sulfurados (metionina + cistina) foi de 4,0g/16g N sendo superior aos 2,5g/16g N recomendados pela FAO/WHO/UNU (1985).

WU (1983), estudando o efeito da germinação no teor de lisina verificou um aumento de 4,4 para 5,3 g/16g N depois de seis a oito dias de germinação. Além de lisina, os aminoácidos isoleucina e treonina também aumentaram com a germinação. Porém diminuíram os aminoácidos metionina, cistina, fenilalanina e tirosina.

A relação entre concentração e qualidade de proteínas merece algumas considerações. HISCHKE et alii (1968) analisaram sete cultivares de aveia e correlacionaram o teor de proteína bruta com as quantidades de lisina, ácido glutâmico e glicina. A lisina e glicina apresentaram correlação negativa enquanto que o ácido glutâmico teve correlação positiva com o teor de proteínas. ROBBINS et alii (1971) também encontraram correlações negativas entre as concentrações de lisina, treonina e metionina com teor de proteína bruta, valores de -0,18, -0,47 e -0,39, respectivamente.

Quanto aos perfis de aminoácidos das frações globulina, albumina, prolamina e glutelina de aveia. A prolamina apresentou os maiores teores de ácido glutâmico e prolina e baixos de lisina e treonina em relação às demais frações. Esta fração é nutricionalmente pobre em alguns aminoácidos essenciais. A albumina apresentou alta concentração de ácido glutâmico, lisina e treonina, sendo a fração de melhor valor nutritivo. Já a composição em aminoácidos das frações globulina e glutelina ficou em posição intermediária entre albumina e prolamina, com concentrações similares em aminoácidos essenciais (DRAPER, 1973).

O balanço de aminoácidos do grão de aveia é relativamente estável devido ao bom balanceamento da fração globulina. Ao ocorrer um aumento do total de proteínas no grão, a fração globulina é a que, proporcionalmente, aumenta em maior velocidade quando comparado com as demais frações (PETERSON, 1976).

PETERSON & SMITH (1976), estudando as mudanças na concentração de aminoácidos com o desenvolvimento do grão de seis cultivares de aveia verificaram que lisina, ácido aspártico, treonina, alanina, valina e isoleucina diminuíram com a maturação da semente. Entretanto, houve aumento de ácido glutâmico, cisteína, tirosina e fenilalanina. Com relação aos demais aminoácidos não foram verificadas diferenças significativas. Os seis cultivares apresentaram composição similar em aminoácidos. Uma das conclusões dos autores foi de que a melhoria do balanço em aminoácidos através do melhoramento genético de aveia poderia ocorrer, provavelmente, pela diminuição de concentração da fração prolamina.

A composição em aminoácidos da proteína fornece informações importantes sobre o seu valor nutritivo. Entretanto, a hidrólise e os procedimentos analíticos para obtenção desses dados são imprecisas. Além disso, a imprecisão aumenta com as várias interpretações dos aminoácidos essenciais para o homem, resultando em três diferentes padrões de referência para o cálculo de escore químico, o que leva a diferentes avaliações e dados relativos à qualidade (SELIGSON & MACKEY, 1984).

### 2.1.2 - Lipídios

A aveia apresenta alta concentração de lipídios quando comparada aos demais cereais. A porcentagem de lipídios no grão de aveia varia entre 5,0 e 9,0% sendo superior as porcentagens encontradas em trigo (2,1-3,8), arroz (1,83-2,5), milho (3,9-5,8), cevada (3,3-4,6) e centeio (2,0-3,5) (MORRISON, 1978).

Os lipídios da aveia são considerados importantes nutricionalmente pela composição em ácidos graxos essenciais, responsáveis, juntamente com as enzimas hidrolíticas, pela baixa estabilidade dos produtos (YOUNGS, 1978; PETERSON, 1992).



Embora existam poucos estudos nutricionais dos lipídios de aveia, pode-se afirmar que o alto conteúdo dos ácidos oléico e linoléico resultam em relação favorável de ácidos graxos insaturados para ácidos graxos saturados, ficando em torno de 3,0. Este índice é superior ao mínimo recomendado pelos órgãos de saúde que é 1,0 e, acrescentado de suas propriedades antioxidantes, sugere-se o emprego de aveia em dietas para diminuir os níveis de colesterol sanguíneo (LOCKHART & HURT, 1986).

**a- Concentração e distribuição.** Os grãos de aveia contém de 5 a 9% de lipídios e estão distribuídos em todo o grão. BROWN & GRADDOCK (1972), analisando mais de 4.000 cultivares de uma coleção mundial encontraram valores entre 3,1 e 11,6%.

A casca apresenta baixa porcentagem de lipídios em relação ao total. A maior quantidade de lipídios se encontra no germe, com 33,2%, mas sua relação com a quantidade total soma somente 7,7% devido o germe compreender apenas 3% do peso do grão. O farelo tem em torno de 40% de lipídios e o endosperma os restantes 52,1% (YOUNGS 1972). No trabalho de YOUNGS (1986), as porcentagens de lipídios encontradas foram de 12,5% no germe, 22-25% no farelo e 60% no endosperma, em relação ao total de lipídios do grão de aveia.

Os componentes lipídicos foram medidos nas frações farelo, endosperma, escutelo e eixo embrionário do grão de aveia por YOUNGS et alii (1977). Os componentes encontrados em maiores quantidades foram os triglicerídeos. O palmítico e o linoléico foram os ácidos graxos mais abundantes. Dos lipídios ligados, somente o mirístico não estava proporcionalmente distribuído entre as frações. Os lipídios livres, em geral, apresentaram concentrações comparáveis entre as frações farelo e endosperma. No escutelo e no eixo embrionário foram encontradas baixas concentrações do ácido oléico e altas de palmítico, linoléico e linolênico quando comparado com o grão inteiro. O farelo e endosperma foram

similares quanto à concentração de ácido mirístico, apresentando maiores quantidades de fosfolípidios e glicolípidios quando comparado com o germe. Uma das conclusões dos autores foi de que a composição dos lipídios de aveia é aparentemente similar aos demais cereais, porém, o grão apresenta maiores quantidades de lipídios totais.

KARUNAJEEWA et alii (1989) estudaram a composição de lipídios e ácidos graxos em 11 cultivares de aveia. A quantidade de lipídios livres variou entre 3,8 e 6,1%. A concentração dos ácidos palmítico, esteárico, oléico, linoléico e linolênico variou significativamente ( $p \leq 0,01$ ) entre os cultivares. A quantidade de lipídios ligados variou entre 3,3 e 8,6%. A proporção dos ácidos palmítico, esteárico, oléico e linolênico também foi significativa ( $p \leq 0,01$ ). Não houve diferenças significativas em relação ao ácido linoléico. A variação nos teores de lipídios livres e ligados entre os cultivares de aveia estudados foi devido, provavelmente, às diferenças genéticas e às influências ambientais.

**b- Composição em ácidos graxos.** A composição em ácidos graxos dos lipídios de aveia foi determinada por vários autores (YOUNGS et alii, 1977; SAHASRABUDHE, 1979; YOUNGS, 1986). Existem diferenças significativas entre cultivares quanto à composição em ácidos graxos. Em todos os estudos, palmítico, oléico e linoléico foram os principais ácidos graxos, representando em torno de 95% do total. Os ácidos mirístico, esteárico e linolênico ocorreram em menores quantidades e apenas traços dos ácidos graxos de cadeia longa (YOUNGS, 1986). Cultivares com altas concentrações de lipídios tendem a ter maior quantidade de ácido oléico e menor de palmítico e linoléico quando comparado aos cultivares de baixos teores de lipídios (WELCH, 1975; YOUNGS et alii, 1977). Isto é explicado pelo fato de que com o aumento de lipídios totais ocorreu um aumento relativamente grande de triglicerídeos em relação a fosfolípidios e glicolípidios e, os triglicerídeos apresentaram maior proporção de ácido oléico (SAHASRABUDHE, 1979).

KAROW et alii (1984) estudaram comparativamente dois métodos de extração de lipídios quanto ao perfil em ácidos graxos. Os métodos de extração não mostraram diferenças significativas quanto aos ácidos esteárico, oléico, linoléico e linolênico, porém, houve pequena variação para o palmítico. A maior variação no perfil de ácidos graxos foi verificada entre cultivares. YOUNGS (1986) observou diferenças no perfil de ácidos graxos de aveia ao empregar diferentes métodos de extração de lipídios.

SAHASRABUDHE (1979) estudou a composição de lipídios de seis cultivares de aveia extraídos com os solventes n-hexano, álcool isopropílico, n-hexano+éter dietílico (8:2), clorofórmio+metanol (2:1), água saturada em butanol, álcool metílico a 85% e álcool etílico. A separação dos lipídios foi realizada por cromatografia em coluna. O total de lipídios extraídos com os diferentes solventes ficou entre 5,6 e 8,8%. Todos os solventes extraíram mais triglicerídeos (3,13-3,61). Solventes contendo éter dietílico ou álcool extraíram parcialmente os gliceróis, ácidos graxos livres e fosfolipídios. Álcool etílico e água saturada com butanol extraíram mais ésteres quando comparado com os demais solventes.

O autor também extraiu os lipídios, por soxhlet com n-hexano, e analisou a composição em ácidos graxos por cromatografia em coluna. Os ácidos mais abundantes foram palmítico, oléico e linoléico com 88,2 a 95% do total de ácidos graxos. O mirístico representou 4,9% enquanto que os ácidos esteárico e o linolênico ficaram em torno de 1,6 a 3,9%. Os demais ácidos graxos identificados representaram de 0,1 a 3,2%.

Quando a extração foi realizada por clorofórmio e metanol, o total de lipídios extraídos foi entre 4,6 e 11,6% e verificou-se correlação significativa ( $r = 0,99$ ) entre o total de lipídios e os lipídios neutros. Ao analisar os lipídios por cromatografia em coluna o autor observou que os triglicerídeos foram os componentes neutros presentes em maior quantidade e cuja concentração aumentava com o aumento do

total de lipídios extraídos. O coeficiente de correlação entre o total de lipídios e de triglicerídeos, gliceróis e ácidos graxos livres foi 0,99. Os fosfolipídios representaram de 57 a 81% do total de lipídios polares. O conteúdo de glicolipídios foi maior em aveias com altos teores de lipídios em relação às aveias que apresentaram baixos teores de lipídios. O conteúdo de fosfolipídios foi similar em todos os cultivares, mas os glicolipídios mostraram um aumento quando aumentava a concentração de lipídios totais.

Resultados de estudos com genótipos de aveia e análises de correlação asseguram a hipótese de que pode ser selecionado três diferentes tipos de óleo: óleos com altas quantidades de ácidos graxos saturados, óleos com altas quantidades de ácidos graxos poliinsaturado, desejáveis nutricionalmente e óleos com quantidades relativamente altas dos ácidos palmítico e linoléico e baixas de linolênico (THRO et alii, 1983).

A influência da variação genética e ambiental no conteúdo de lipídios e na composição em ácidos graxos de aveia foi estudada por SAASTAMOINEN et alii (1989). O conteúdo de lipídios e a composição em ácidos graxos foi determinada em nove cultivares de aveia, plantados em seis diferentes locais e por dois anos. Em baixas temperaturas houve aumento da síntese de ácidos oléico e linoléico e diminuição de ácidos palmítico, esteárico e erúico. Pequenas diferenças, mas significativas, foram encontradas entre o conteúdo de lipídios totais e a composição em ácidos graxos nos cultivares estudados. A baixa concentração de ácido linoléico foi associada com a alta concentração de ácido oléico. Foi encontrado correlação negativa entre os conteúdos dos ácidos oléico e linoléico nos diferentes cultivares (-0,76 e -0,91, respectivamente), o que pode ser explicado pela síntese do ácido linoléico e pela sucessiva degradação do ácido oléico.

Os autores verificaram diferenças significativas, especialmente em relação a concentração dos ácidos oléico e linoléico entre os cultivares estudados. Contudo,

fatores ambientais, especialmente o cultivo de aveia em temperaturas baixas, aumentou a síntese dos ácidos oléico e linoléico. Fatores genéticos influenciaram no aumento da concentração do ácido linoléico e a uma diminuição simultânea do ácido oléico. Entretanto, fatores genéticos e ambientais diferiram em alguns efeitos como o da atividade de síntese dos diferentes ácidos graxos.

### 2.1.3 - Carboidratos

Os carboidratos totais de aveia variam entre 60,4 e 71,3% (PETERSON & SMITH, 1976). O teor de de amido está entre 43,7 a 61% e é considerado a principal fonte de energia do grão. As concentrações de açúcares são semelhantes aos demais cereais, sendo sacarose e rafinose as mais importantes. A aveia também apresenta quantidades apreciáveis de glicofructosanas (HOSENEY, 1990).

O grão de aveia é uma importante fonte de fibra alimentar. A fibra alimentar se encontra principalmente nos tecidos externos do grão, onde estes têm funções estruturais e de proteção. Estes tecidos contém acima de 70% do total da fibra alimentar enquanto o endosperma apresenta quantidades relativamente pequenas. O teor de fibra alimentar varia com o cultivar, condições de desenvolvimento, práticas culturais e tamanho de grão (TORRE et alii, 1991).

**a- Açúcares.** MacARTHUR & D'APPOLONIA (1979) reportaram concentrações totais de açúcares nas frações cariopse, farelo e farinha de aveia de 1,1, 2,6-3,4 e 0,9-1,3%, respectivamente. Com a maturação da semente ocorreu um aumento de rafinose. No processamento, por outro lado, ocorreu diminuição de glicose e maltose e aumento de frutose (MacARTHUR-GRANT, 1986).

Entre os açúcares normalmente determinados nas frações cariopse, casca, farelo e farinha de aveia estão sacarose, rafinose, glicose, frutose, maltose, estaquiase, glicodifrutose e frutosanas. HENRY & SAINI (1989) verificaram que a sacarose foi o açúcar presente em maior quantidade na aveia, seguido de rafinose. A

concentração dos demais açúcares foi considerada baixa, com exceção de estaquiase na fração farelo.

**b- Amido.** O amido é um constituinte muito abundante no grão de aveia, com teores médios entre 43,7 e 61,0% (PATON, 1977), porém, abaixo das concentrações encontradas nos grãos de centeio, cevada e trigo, valores que variam entre 63,2 e 69,0% (AMAN & HESSELMAN, 1984). Em geral, amido e proteínas apresentam uma correlação inversa.

O amido está localizado no endosperma, com pouco ou quase nada no germe e na camada de aleurona (FULCHER, 1986). O amido está melhor distribuído em cultivares de aveia com baixas quantidades de proteínas. Os grânulos individuais apresentam dimensões de 2-5  $\mu\text{m}$ , forma poliédrica e estão agrupados. Os grânulos compostos são grandes e de forma esférica (PATON, 1986).

Quanto às propriedades de gelatinização HOSENEY (1990) verificou que suspensões aquosas de amido de aveia (50%) gelatinizam em temperaturas relativamente baixas (cerca de 50°C) quando comparado com o amido de arroz (cerca de 70°C) na mesma concentração.

O amido é constituído basicamente por polímeros de  $\alpha$ -D-glicose. Os demais constituintes estão presentes em quantidades mínimas. Os lipídios associados ao amido são geralmente apolares e que necessitam de solventes polares, como metanol-água, para a sua extração. A quantidade de lipídios no amido está entre 0,5 e 1%. Outras substâncias como minerais e nitrogênio também estão presentes (HOSENEY, 1990). Quimicamente pode se distinguir dois tipos de polímeros no amido, a amilose, de estrutura linear e a amilopectina que se encontra intensamente ramificada. A amilose é um polímero de  $\alpha$ -D-glicose unidas por pontes de hidrogênio  $\alpha$ -1,4. Seu peso molecular é de 250.000, mas varia entre os cultivares e com o estágio de maturação da semente. A amilopectina está formada por  $\alpha$ -D-

glicose, unidas por pontes  $\alpha$ -1-4 e  $\alpha$ -1-6. O peso molecular da amilopectina de aveia é de  $10^8$  dáltons. A amilopectina é uma molécula de alto peso molecular, sendo considerada uma das maiores que se encontram na natureza (HOSENEY, 1990).

Embora os conteúdos de amilose e amilopectina do amido de aveia sejam similares aos de trigo, 16-27 e 81-74%, respectivamente, a amilose se apresenta mais na forma linear e a amilopectina mais ramificada (BECKER & HANNERS, 1991).

**c- Fibra.** A fibra alimentar foi definida por PETERSON (1992) como a soma de polissacarídeos e ligninas de vegetais que não são digeridos por enzimas enquanto que fibra bruta é o resíduo obtido após tratamentos ácido e alcalino, realizados em laboratório. A fibra alimentar é composta por celulose, hemicelulose, gomas, pectinas e mucilagens. Quanto à solubilidade em água a fibra alimentar tem componentes insolúveis como lignina, celulose, várias hemiceluloses e componentes solúveis como pectinas, gomas, algumas hemiceluloses e amidos resistentes (WALKER, 1993).

A concentração de fibra alimentar solúvel do grão de aveia é relativamente maior quando comparado com a dos demais cereais. O componente mais importante da fibra solúvel são os  $\beta$ -glicanos, moléculas lineares compostas de ligações  $\beta$ -1,3 e  $\beta$ -1,4 entre as unidades D-glicopiranosil, presentes numa taxa de 1:2,6 (ASPINALL & CARPENTER, 1984). O único cereal com teores de  $\beta$ -glicanos comparáveis aos de aveia é a cevada. No centeio, os valores variam de 1 a 3% e em arroz, sorgo, triticales e trigo estão em quantidades abaixo de 1%. A proporção de fibra alimentar solúvel no farelo e no grão de aveia descascado foi de 35-50% e 40-50%, respectivamente (MARLETT, 1993).

O conteúdo de fibra alimentar no grão de aveia com casca é maior que no grão sem casca. A casca do grão (25-30%) é eliminada no processamento, com isto, ocorre diminuição do teor de fibra alimentar. O teor de fibra alimentar total do grão

de aveia descascado varia entre 7,1 e 12,1%. Esta variação é devida aos vários métodos de determinação utilizados e às diferenças entre cultivares (FROLICH & NYMAN, 1988). No farelo, o conteúdo de fibra alimentar varia entre 15 e 19%. Deste total, 34-48% são fibras solúveis e o restante insolúveis (SHINNICH et alii, 1988).

WOOD et alii (1991), analisando 11 cultivares de aveia encontraram no grão descascado teores de 3,0 a 6,8% de  $\beta$ -glicanos. No farelo, a quantidade variou entre 5,8 e 8,9. Entretanto, a maior proporção (29%) dos  $\beta$ -glicanos do farelo foi de fibra insolúvel quando comparado com o grão de aveia descascado (14%).

Vários mecanismos têm sido propostos para explicar o efeito da fibra solúvel na diminuição de colesterol no plasma. A fibra solúvel pode reduzir a absorção de colesterol e ácidos graxos no intestino delgado, como resultado do decréscimo da difusão devido a viscosidade da fibra solúvel ou como consequência da diminuição na formação de micelas de gordura, pelo fato de a fibra se ligar com os ácidos biliares ou lipídios (SHINNICK, et alii 1991).

Pesquisas referentes à capacidade da aveia em reduzir o colesterol no plasma indicaram que este efeito se deve principalmente à fração solúvel, rica em  $\beta$ -glicanos e mostraram que o farelo de aveia reduziu seletivamente as lipoproteínas de baixa densidade (LDL) sem afetar as lipoproteínas de alta densidade (HDL). Provavelmente, os ácidos graxos de cadeia curta produzidos durante a fermentação da fibra no cólon intervêm de forma direta na redução de colesterol no plasma. Concentrações fisiológicas de ácidos graxos de cadeia curta reduzem a síntese de colesterol no fígado. Além disso, ocorre um incremento na perda fecal de ácidos biliares junto com a redução da síntese hepática de colesterol, diminuindo com isto a secreção de lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL), precursoras das LDL (ANDERSON, 1985).



O consumo moderado de aveia pode reduzir os níveis de colesterol total em torno de 5% na maioria das pessoas. A porcentagem de redução é maior em pessoas com altos níveis de colesterol sérico e a fração lipídica inicialmente afetada é a LDL. Além disso, mulheres na menopausa podem compreender um subgrupo que é grandemente beneficiado com o consumo de produtos de aveia, porém, maiores estudos são necessários para confirmar esta hipótese. Profissionais de saúde têm recomendado produtos de aveia como uma forma de prevenir a hipercolesterolemia (RIPSIN & KEENAN, 1992).

ANDERSON & GUSTAFSON (1987a e 1987b) mostraram em seus estudos que as fibras da dieta produzem vários efeitos benéficos no controle de indivíduos diabéticos, permitindo melhor controle glicêmico, aumento da sensibilidade periférica à insulina, redução às doses necessárias de insulina exógena e diminuição do colesterol plasmático total. WOOD (1994) em estudo realizado com fibra solúvel de aveia verificou que os  $\beta$ -glicanos reduziram a glicose pós-prandial de forma similar ao uso de goma-guar.

#### 2.1.4 - Minerais

A aveia é boa fonte de manganês, magnésio, ferro e apresenta quantidades satisfatórias de cálcio, zinco e cobre. Em estudos nutricionais também foram identificados elementos traços de cromo, níquel, flúor, molibdênio, cobalto, vanádio, selênio e estanho. Aveia flocada apresentou 0,014mg/100 g de cromo e 0,3mg/100 g de níquel enquanto que os demais elementos traços não foram quantificados (WEAVER et alii, 1981).

O conteúdo de minerais varia significativamente entre os cultivares de aveia. Isto é devido, provavelmente, à quantidade de minerais presentes no solo, tipo de fertilizante usado e ao genótipo. MORGAN (1968) e PETERSON et alii (1975), realizando estudos de composição de minerais em diferentes cultivares de aveia, plantados em diferentes tipos de solo e em cinco épocas de cultivo verificando que

as concentrações de fósforo, potássio, magnésio e zinco foram relativamente estáveis, entretanto, as de ferro, manganês, cálcio e cobre variaram significativamente. O grão inteiro apresentou maior concentração de fósforo e magnésio em relação ao grão flocado, porém, quanto aos demais minerais analisados, as diferenças não foram significativas.

Ao comparar as frações de moagem farelo e endosperma PETERSON et alii (1975) verificaram que o farelo apresentou maior concentração de minerais.

A concentração de minerais na aveia foi comparado com a de trigo duro de inverno por POMERANZ & DIKEMAN (1983). As quantidades encontradas na aveia foram 48,7mg/100 g de cálcio, 0,5mg/100 g de ferro e 2,8mg/100 g de zinco. A aveia forneceu minerais em quantidades equivalentes ao trigo duro (*T. durum*).

FROLICH & NYMAN (1988), estudando a distribuição dos minerais no grão de aveia encontraram 31-47% na casca, 15-30% no farelo grosso, 16-22% no farelo fino e 8-47% na farinha. Os minerais encontrados em maiores quantidades nas frações de aveia foram cálcio, magnésio, fósforo e potássio. A casca apresentou grande quantidade de cálcio, significativa nutricionalmente, mas não disponível para a absorção por estar ligado com outros constituintes.

Os mesmos autores verificaram que 58% do fósforo total do grão de aveia esteve sob forma de ácido fítico e aumentou para 71% no farelo fino e 80% na farinha (FROLICH & NYMAN, 1988). O ácido fítico é importante nutricionalmente por se ligar com os minerais, diminuindo a disponibilidade dos mesmos. A deficiência de minerais é bem conhecida em humanos e animais monogástricos que se alimentam com dietas contendo predominantemente grãos e legumes ricos em ácido fítico. POMERANZ & DIKEMAN (1983) encontraram 0,7% de ácido fítico no grão de aveia, valor considerado baixo quando comparado com 1,0-1,2% do trigo duro (*T. durum*).

### 2.1.5 - Vitaminas

A aveia contribui com pequena quantidade de vitaminas na dieta, destacando-se as do complexo B e vitamina E. O grão apresenta, em média, para cada 100g, 0,67mg de tiamina, 0,14mg de riboflavina, 0,98mg de niacina, 1,48mg de ácido pantotênico e 3mg de vitamina E (SHUKLA, 1975).

A tiamina está distribuída em todo grão de aveia (HOLMAN & GODDEN, 1947). A concentração é maior no germe, mas proporcionalmente o farelo a contém maior quantidade. O endosperma tem pouca quantidade de tiamina, contribuindo com apenas 6% do total. Como o grão de aveia é consumido na forma integral, a distribuição de vitaminas no grão não é significativa, a não ser quando as frações são separadas durante a moagem.

FULCHER et alii (1981) observaram por microscopia de fluorescência e por reação microquímica com brometo de cianogênio e ácido para-aminobenzóico que a niacina está localizada dentro de inclusões dos grânulos de aleurona. A niacina se encontra associada aos polímeros de carboidratos e aminas aromáticas. Devido a esta associação química a niacina pode estar nutricionalmente indisponível para os seres humanos, conforme estudos realizados por MASON & KODICEK (1973) com a niacina de trigo.

Embora a biotina esteja presente na aveia em grandes quantidades (1,3g/100g), somente 32% deste total está disponível (FRIGG, 1976). O autor observou que no milho, diferentemente do que ocorre na aveia, a mesma está disponível em 100%.

A composição dos tocóis nos tecidos das plantas é complexo, consistindo basicamente de quatro homólogos de tocoferóis e de tocotrienóis. Na aveia,  $\alpha$ -tocotrienol é a maior fração, compreendendo mais de 40% dos tocóis e  $\alpha$ -tocoferol

com 18%.  $\beta$ -tocoferol e  $\beta$ -tocotrienol estão em baixas concentrações na aveia (MORRISON 1978).

QURESHI et alii (1986) verificaram que aveia e cevada têm conteúdos semelhantes de  $\alpha$ -tocoferol e  $\alpha$ -tocotrienol, mas a cevada apresentou maior quantidade de  $\gamma$ -tocotrienol. O trigo é rico em  $\beta$ -tocotrienol, com boas quantidades de  $\alpha$ -tocoferol. O milho contém altas concentrações de  $\gamma$ -tocoferol e baixas de tocotrienóis. Esta discussão é importante pois mostrou que os tocotrienóis são inibidores da síntese de colesterol. Testes realizados em animais alimentados com tocotrienóis mostraram uma diminuição dos níveis séricos de colesterol total e de lipoproteínas de baixa densidade.

PETERSON (1995), estudando a concentração de tocóis no grão e nas frações farelo e farinha de aveia encontraram em porcentagem 4,09, 3,48 e 2,77, respectivamente. Em relação a porcentagem total de tocóis, as maiores quantidades encontradas foram de  $\alpha$ -tocotrienol,  $\alpha$ -tocoferol,  $\beta$ -tocoferol e  $\beta$ -tocotrienol. Também foram verificadas quantidades significativas de  $\gamma$ -tocoferol e  $\delta$ -tocotrienol.

## 2.2 - Valor Nutritivo das Proteínas

O valor nutritivo das proteínas de cereais é determinada através de três características principais: concentração, balanço em aminoácidos e digestibilidade. Nos Estados Unidos a ingesta média de proteínas pelos indivíduos das seis faixas etárias está acima do recomendado diariamente, devido ao alto consumo de produtos de origem animal (PETERSON, 1992). As proteínas de cereais têm pouca importância nestes indivíduos, entretanto, para as pessoas que praticam o vegetarianismo ou aquelas de baixo poder aquisitivo, principalmente as de países subdesenvolvidos, os cereais são as principais fontes protéicas.

A avaliação do valor nutritivo é realizada através de índices obtidos *in vitro* e *in vivo*, os quais servem para expressar a qualidade da proteína em estudo

### 2.2.1 - *In vitro*

A qualidade de uma proteína é refletida pelo seu balanço em aminoácidos e pela sua digestibilidade. Entre os aminoácidos essenciais, a lisina normalmente é limitante nos cereais, seguido de treonina, metionina e isoleucina (FAO/WHO/UNU, 1985).

O valor nutritivo de alimentos protéicos não depende somente do conteúdo de aminoácidos essenciais, mas também, da disponibilidade fisiológica dos mesmos. Em trabalhos onde se estuda o valor nutricional das proteínas, a determinação de lisina disponível é muitas vezes mais importante que a de lisina total. Também está estabelecido que a lisina deve ter um grupo epsilon amino livre para ser biologicamente disponível (EKLUND, 1976). A deficiência de lisina alimentar pode afetar o crescimento de animais. Em muitos alimentos a lisina é limitante não só pela pequena quantidade incorporada à proteína durante a biossíntese, mas também devido a reações químicas secundárias e fatores como luz, calor, álcali e açúcares redutores, que tornam a mesma nutricionalmente indisponível (HOLGUIN & NAKAI, 1980).

TAVERNER & FARREL (1981b) determinaram a lisina disponível em 52 amostras de trigo e nove de cevada. As amostras de trigo apresentaram uma variação entre 81 e 92%, ficando 86% em média. Na cevada foi determinado em uma amostra e o valor encontrado foi de 84%. Em estudo com flocos de aveia CARPENTER et alii (1989) compararam a lisina disponível *in vivo* e *in vitro* e verificaram uma disponibilidade de 96 e 98%, respectivamente.

Em função da utilização biológica de uma proteína estar diretamente relacionada com a velocidade e ordem de liberação e a composição dos aminoácidos essenciais resultante de sua hidrólise pelas proteases gástricas, pancreáticas e intestinais, os métodos de determinação da digestibilidade protéica *in vitro* têm sido utilizados como base da estimativa do valor nutritivo das proteínas e da

disponibilidade de seus aminoácidos essenciais. Estes vêm sendo amplamente utilizados em substituição aos ensaios biológicos que normalmente requerem grandes quantidades de amostras, são caros, demorados e impróprios para análises de rotina (WOLZAK et alii, 1981, SWAISGOOD & CATIGNANI, 1991).

Farinha de milho, arroz, farinha de trigo e trigo integral apresentaram digestibilidade aparente *in vivo* de 86,5, 86,0, 90,7 e 81,6%, respectivamente, enquanto que a digestibilidade *in vitro* foi de 84,0, 84,8, 85,8 e 83,7% (WOLZAK et alii, 1981). Observa-se que os resultados de digestibilidade *in vivo* estão levemente superiores quando comparados aos *in vitro*, exceto para os dados de trigo integral.

HERNÁNDEZ et alii (1984) determinaram a digestibilidade da proteína *in vivo* e *in vitro* em cereais crus e cozidos. Os cereais estudados foram arroz, trigo e milho. A digestibilidade aparente *in vivo* foi similar em ambas as formas de preparo, exceto para arroz em que na forma cozida apresentou menor digestibilidade. Quanto a digestibilidade *in vitro* o trigo cozido apresentou valor superior quando comparado com o não cozido. Porém, em arroz e milho, os maiores valores de digestibilidade foram verificados nas amostras cruas.

ZARCADAS et alii (1995a) avaliaram o perfil dos aminoácidos essenciais e a qualidade da proteína em relação a digestibilidade correlacionada com o escore químico do grão de aveia com casca e descascado de dois cultivares. Os cultivares de aveia apresentaram entre 44,2 e 45,4% de aminoácidos essenciais, sendo similar nos dois cultivares. Estes valores são altos quando comparado com os recomendados pela FAO que é de 33,9%. O escore químico nos dois cultivares variou entre 67,2 e 77,6% para grãos com casca e foi 72,4% para grãos descascados, ou seja, não apresentou diferenças significativas. Estes valores foram calculados levando em consideração o padrão teórico da FAO/WHO/UNU (1985) para crianças de 2-5 anos. Não houve diferenças entre grãos de aveia com casca e descascados nos cultivares estudados. Porém, entre cultivares, verificou-se variação significativa com

valores de IAAE entre 86,2 e 90,6. O escore químico correlacionado com a digestibilidade em grãos de aveia descascado foi igual para os dois cultivares, ou seja, 62,3% e para grãos de aveia com casca variou entre 58 e 66,7%.

ZARKADAS et alii (1995b) também estudaram o escore químico correlacionado com a digestibilidade da proteína de três cultivares de aveia nuda (*Avena sativa*, var. nuda) e os valores encontrados variaram entre 55 e 59%, enquanto que nos grãos de aveia descascados o valor foi 62%, bem superior aos 29% encontrados no milho e a baixo dos valores verificados em soja e ovo, ou seja, 86% e 95%, respectivamente. O índice de aminoácidos essenciais (IAAE) variou de 84 a 90% entre os cultivares estudados.

### 2.2.2 - *In vivo*

Baseado nos estudos em humanos, a proteína de aveia apresenta valor nutritivo maior quando comparada aos demais cereais (PETERSON, 1992). O efeito da suplementação de aminoácidos na proteína de aveia foi bem investigado. Em estudo feito com mulheres jovens que receberam 5g de nitrogênio por dia (4g de farinha de aveia, 0,2g de uréia e 0,8g de dieta basal), onde foi suplementado com metionina, mas não lisina e treonina, se verificou significativa melhoria do balanço nitrogenado (KIES et alii, 1972). Em outro estudo com crianças, onde foi fornecido flocos de aveia como fonte protéica, na quantidade de 2g de proteína por kilograma corporal e suplementação com treonina se observou uma melhoria no balanço nitrogenado, porém, ao suplementar com metionina ou lisina não foram verificados efeitos significativos (BRESSANI et alii, 1963). Estes dois estudos mostraram que existem diferenças entre os requerimentos de crianças e adultos com relação aos aminoácidos treonina e metionina.

MARUYAMA et alii (1975) estudaram o valor nutritivo de novos cultivares de aveia com altos teores de proteínas. Foi determinado o PER de dietas com diferentes concentrações de proteínas e avaliado o efeito da suplementação na dieta

com 0,8g/16 g N de lisina mais 1,4g/16 g N de metionina. Na dieta controle foi utilizada proteína de ovo inteiro. O PER das dietas controle, proteína de aveia e proteína de aveia mais lisina e metionina foi 3,35, 2,15 e 2,41, respectivamente. O valor nutritivo da aveia aumentou de 59 para 67% com a suplementação de lisina e metionina quando comparado com a proteína de ovo. KIES et alii (1972) também obtiveram grandes melhorias no valor nutritivo da proteína de aveia ao adicionar metionina na dieta.

A variação do valor nutritivo no grão de aveia normalmente é devido às variações das proporções entre as frações protéicas do mesmo. Estas variações afetam principalmente o conteúdo de lisina. Com o aumento do teor de proteínas no grão ocorre um aumento relativamente maior da prolamina, fração protéica esta que apresenta baixa concentração de lisina (TAVERNER & FARREL, 1981a).

EPENDORFER,(1977), estudando o valor nutritivo da proteína de aveia em grãos com diferentes concentrações de nitrogênio verificou um aumento na digestibilidade verdadeira de 83,3 para 92,9% com o aumento do teor de nitrogênio de 1,02% para 2,60%, bem como o de utilização líquida da proteína. Porém, o valor biológico diminuiu de 78,5 para 76,3%.

EGGUM & GULLORD (1983), avaliando a qualidade protéica de cariopses de aveia em dietas administradas a ratos, com teores protéicos variando entre 10,25 e 15,68%, observaram alta digestibilidade verdadeira, acima de 90%, para todos os cultivares estudados. Por outro lado, o valor biológico foi baixo, ficando entre 74,5 e 79,6%. Diferentemente do que nos demais grãos de cereais, a qualidade das proteínas de aveia não foi afetada pela concentração de proteínas na dieta.

SOSULSKI et alii (1985) avaliaram comparativamente dietas de aveias cultivada, silvestre e com adição de caseína (1:2), nas concentrações de 8, 13 e 18% de proteínas em ratos. A digestibilidade aparente nas dietas controle e de aveias cultivada e silvestre com 8% de proteínas foi 92,9, 80,7 e 85,6%, respectivamente. O



PER foi respectivamente, 2,55, 1,64 e 1,63 para as dietas controle com aveias cultivada e silvestre. Ao usar a concentração de 13% de proteínas a digestibilidade aparente melhorou, passando para 83,4 e 86,9 nas aveias cultivada e silvestre, respectivamente. O PER das dietas de aveias cultivada e silvestre também aumentou para 2,00 e 1,86, respectivamente. O ganho de peso dos animais nas dietas com 18% de proteínas foi superior quando comparado com as demais concentrações usadas. Quanto a digestibilidade aparente verificou-se menor valor para a aveia silvestre e maior quando usado aveia mais caseína. O PER apresentou um desempenho semelhante.

Os autores também avaliaram o desempenho de aveias cultivada e silvestre com relação ao processamento. A digestibilidade aparente da proteína foi maior na aveia cultivada crua (86,1%) quando comparado com a processada (84,3%) e não houve diferenças para a aveia silvestre. O PER, por outro lado, não variou significativamente entre as dietas testadas.

A digestibilidade verdadeira e lisina disponível de aveia, trigo e farinha de trigo foram determinadas em ratos: a aveia apresentou os maiores valores em ambas as análises. A digestibilidade verdadeira de aveia, trigo e farinha de trigo foram 94, 91 e 90%, respectivamente. Em relação a lisina disponível os valores encontrados foram 90, 80 e 79%, respectivamente (SARWAR, 1987).

EGGUM et alii (1989) encontraram para a aveia em flocos 93,8% de digestibilidade verdadeira, 74,8% de valor biológico e 70,2% de utilização líquida da proteína. Os valores obtidos por SARWAR et alii (1989a) para a digestibilidade verdadeira e digestibilidade aparente foram de 91 e 82%, respectivamente.

Em relação a digestibilidade individual *in vivo* dos aminoácidos lisina, metionina e treonina de flocos de aveia EGGUM et alii (1989) e SARWAR et alii (1989a) encontraram 90, 92 e 90%, respectivamente.

MONGEAU et alii (1989) estudaram *in vivo* a relação entre digestibilidade da proteína e teores de fibra alimentar ou fermentabilidade em 15 dietas, sendo uma de aveia em flocos. Os autores observaram uma correlação inversa entre a digestibilidade verdadeira e o conteúdo de fibra, embora a digestibilidade verdadeira não tenha apresentado correlação significativa com a fermentabilidade. Resultados indicam que várias frações da fibra alimentar e possíveis substâncias associadas influenciaram na digestibilidade das proteínas.

Quanto aos fatores antinutricionais ou são desconhecidos ou pouco conseqüentes na aveia (YOUNGS, 1982). Inibidor de tripsina foi encontrado na farinha, mas inativado com o processamento. Substâncias fenólicas (taninos), que se ligam com proteínas diminuindo a digestibilidade, também não têm sido relatados em aveia. O ácido fítico, nutricionalmente importante por se ligar com minerais essenciais como cálcio, zinco e magnésio, diminuindo a biodisponibilidade destes, também não tem efeitos documentados nos produtos de aveia.

### **2.3 - Fracionamento das Proteínas de Aveia**

O fracionamento das proteínas de aveia é realizado normalmente a partir de extração seqüencial com soluções salina, alcoólica e ácida ou básica, obtendo as frações albumina, globulina, prolamina e glutelina respectivamente. Na maioria dos cereais a fração prolamina é altamente solúvel em álcool, mas as de aveia e arroz são exceções (PETERSON & BRINEGAR, 1986).

Existem várias implicações na extração das proteínas de cereais. Entre os parâmetros físicos, químicos e fisiológicos que afetam a solubilidade das frações protéicas têm-se pH, ligações com membranas, interações fenólicas, temperatura, tamanho de partículas e tipo de solvente. Embora a globulina seja definida como uma proteína solúvel em sais, o resíduo de extração ainda pode apresentar globulina remanescente. As frações albumina, globulina e prolamina de aveia normalmente são solúveis nos solventes usados para extrair glutelinas. Assim, dados que indicam alta

proporção de glutelina, provavelmente ocorreram devido a uma extração incompleta das demais frações, especialmente globulina (ROBERT et alii, 1983a).

PETERSON & SMITH (1976) reportaram que a globulina é a maior fração protéica de aveia correspondendo a 46-50% do total de proteínas. Em outro estudo PETERSON (1976) encontrou 52% de globulina entre cultivares de aveia obtidos em diferentes locais de cultivo. A fração glutelina apresentou 12 a 19% do total de proteínas. Estes resultados diferem de trabalhos desenvolvidos na Alemanha, onde foram encontrados maiores quantidades de glutelina. A baixa quantidade de globulina obtido pelos autores alemães é atribuído, provavelmente, às condições usadas na extração.

Com a maturação do grão de aveia PETERSON & SMITH (1976) verificaram aumento no rendimento de extração das frações globulina e prolamina e diminuição nas de albumina e glutelina. WU (1983), estudando o efeito da germinação na extração de frações protéicas de aveia observaram que após 6-8 dias de germinação a concentração de globulina diminuiu de 41 para 25% e a de prolamina de 14 para 7%. A fração albumina aumentou de 6 para 10% enquanto que a glutelina de 13 para 15%.

KIM et alii (1978) estudaram a extração da prolamina de aveia nuda usando várias porcentagens de álcool. Em 10-30% (p/p) de álcool a quantidade extraída foi pequena. Na concentração de 45% foi obtido o melhor rendimento de extração, o qual diminuiu com o aumento da concentração de álcool para até 80%. A concentração de 45% (p/p que corresponde a 52% v/v) foi escolhida para extrair a prolamina. Nessas condições, 20,5% do total de proteína foi extraído, aproximadamente a metade (10,6%) precipitou com uma solução de cloreto de sódio à 1,5%.

Modificações do método de extração alcoólica através de uma extração preliminar das proteínas solúveis com cloreto de sódio foi realizado pelos mesmos

autores. Farinha de aveia desengordurada foi submetida a extração com cloreto de sódio 1M por duas vezes e após centrifugação, extração com 52% de etanol. Nessas condições, 25,8% do total de proteínas foi extraído e aproximadamente a metade (10,5%) foi precipitado com uma solução salina a 1,5%. A quantidade de prolamina extraída foi exatamente a mesma com a extração de etanol feita diretamente na farinha desengordurada. Além disso, as proteínas extraídas pelos dois métodos apresentaram os mesmos constituintes quando examinadas qualitativamente em géis de amido.

A fração prolamina de aveia foi extraída com 52% de etanol e 55% de isopropanol mais 2-mercaptoetanol a 60°C e analisada por eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE) e isoeletrofocalização. A maior quantidade de prolamina foi extraída com isopropanol mais 2-mercaptoetanol do que com somente etanol. A prolamina apresentou polipeptídios com peso molecular de 22 a 43 kDa. O alto peso molecular da prolamina pode ser atribuído à quebra das pontes dissulfeto intramoleculares, causando uma desnaturação dos polipeptídios e retardando a migração (ROBERT et alii, 1983a).

BRINEGAR & PETERSON (1982) estudaram a separação e a caracterização da globulina de aveia. A globulina do grão de aveia foi separada por cromatografia de troca iônica com 6M de uréia nos polipeptídios ácido ( $\alpha$ ) e básico ( $\beta$ ) e, ambos caracterizados por eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE). Os pesos moleculares dos polipeptídios  $\alpha$  e  $\beta$  foram de 32,5-37,5 e 22-24 kDa, respectivamente.

ROBERT et alii (1983b) estudaram a relação entre o total de proteínas no grão, peso molecular e a distribuição de cargas da globulina em nove cultivares de aveia com diferentes teores de proteínas. A concentração de proteína no grão variou de 11,9 a 19,1%. A globulina nativa analisada por eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE) apresentou um grupo de polipeptídios com peso

molecular de 52-70 kDa. Em presença de um agente redutor a globulina foi separada em duas subunidades:  $\alpha$  e  $\beta$ , que apresentaram, respectivamente os pesos moleculares de 33 a 43 e de 20 a 25 kDa.

BURGESS et alii (1983) estudaram a estrutura e propriedades da subunidade 12S da fração globulina de aveia através de análise por eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE). A principal banda apresentou peso molecular em torno de 55 kDa. Esta banda foi purificada para obter duas novas subunidades, uma maior com peso molecular de 35-42 kDa e outra menor, apresentando um peso molecular de 19-25 kDa. Uma das conclusões dos autores foi a de que as globulinas de aveia apresentaram certas similaridades com as globulinas presentes em grãos de leguminosas.

MA & HARWALKAR (1984) estudaram a caracterização química e funcional das frações protéicas de aveia: a globulina representou o maior conteúdo de nitrogênio seguido de prolamina, glutelina e albumina. O resíduo representou somente 0,8% da nitrogênio. A globulina, solúvel em sal, foi a fração predominante com 38%. As frações albumina, prolamina e glutelina representaram 11,7%, 13,6% e 13,6%, respectivamente, ficando 13,4% no resíduo de extração. A soma das quatro frações totalizou em torno de 90% de extração.

GALLE et alii (1988) estudaram a relação entre diferentes concentrações de NaCl e extração de cada grupo de proteínas solubilizadas seqüencialmente. A extração seqüencial das proteínas do grão de aveia ficou bem visualizado com o aumento da concentração de cloreto de sódio entre 0,1 e 2,0M. Na molaridade de 0,1 a 0,25M, o aumento da solubilização de globulina foi em torno de 25%; com 0,25 a 0,5M ocorreu um aumento para 42% e, acima de 0,5M o aumento da extração foi bem acentuado. A solubilização da albumina variou entre 3,6 e 4,8%. Esta variação não foi diretamente correlacionada com a concentração de NaCl usado e pareceu ocorrer ao acaso.

Quanto à porcentagem de solubilização da prolamina os autores verificaram uma variação de 6,4 a 6,7% e foi independente da concentração de NaCl usado. Dois tipos de gluteninas foram identificados, uma solúvel em ácido acético 0,1N (H-Ac glutelinas) e outra insolúvel após sucessivas extrações (glutelinas residuais). A porcentagem de solubilização da glutelina solúvel em ácido acético aumentou com a concentração de NaCl enquanto que a de insolúvel diminuiu. Estes resultados sugerem que as extrações de globulina e glutelina solúvel em ácido acético foram dependentes da concentração de cloreto de sódio usada.

A eletroforese (SDS-PAGE) da globulina nativa revelou três tipos de polipeptídeos com bandas de 52-67 kDa, 34-45 kDa e 25 kDa. Ao aumentar a concentração de NaCl, as bandas de 52-67 kDa e 34-45 kDa foram mais intensas e acima de 0,8M de NaCl novas bandas se formaram com peso em torno de 25 kDa. Quando a globulina foi submetida à redução de grupos -S-S- as bandas de 52-67 kDa desapareceram e concomitantemente apareceram dois tipos de proteínas, uma com bandas de 28-39 kDa e outra de 21-25 kDa.

A eletroforese da fração albumina não variou com o aumento da concentração de cloreto de sódio. Na análise do perfil eletroforético de prolamina nativa, três grupos de bandas foram distinguidos, 29-45 kDa, 20-22 kDa e 14-17 kDa. Com a redução da mesma apareceram bandas de baixo peso molecular (10-20 kDa). Na prolamina reduzida também foram identificados três grupos de bandas com peso molecular de 35-43 kDa, 23-29 kDa e 17 kDa.

A eletroforese nativa da glutelina solúvel em ácido acético apresentou bandas de peso molecular em torno de 67 kDa. Estas bandas desapareceram com a redução da proteína e se formaram dois grupos de bandas com peso molecular de 35-40 kDa e 25 kDa, respectivamente (GALLE et alii, 1988).

## 3 - MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 - Material

#### 3.1.1 - Matéria-prima

Foram utilizados grãos de aveia (*Avena sativa*, L.), cultivares UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14. Os cultivares UPF-15 e UPF-16 foram selecionados e avaliados pela Universidade de Passo Fundo, o CTC-03 pela Cooperativa Regional Triticola Serrana Ltda-COTRIJUÍ e UFRGS-14 pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e lançados no mercado a partir de 1992.

Estes materiais foram colhidos no Centro Experimental da Faculdade de Agronomia da UPF, localizado em Passo Fundo-RS, no ano agrícola de 1993, beneficiados, selecionados e descascados em descascador piloto de aveia. Os grãos de aveia descascados foram imediatamente acondicionados em sacos plásticos de polietileno e armazenados a  $-18^{\circ}\text{C}$  até o momento de sua utilização nos experimentos. Antes da realização dos ensaios, os grãos de aveia descascados foram moídos em moinho de facas Renard, modelo MFC-180-71-01 (32 mesh), com granulometria inferior a 500  $\mu\text{m}$ .

#### 3.1.2 - Ensaio biológico

**Animais:** foram utilizados 35 ratos albinos machos da linhagem Wistar, livres de patógenos específicos (SPF), com 21-25 dias de idade e pesando  $51,27 \pm 4,12\text{g}$ , procedentes do Centro de Bioterismo da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - Campinas, SP.

**Ingredientes para dieta:** os ingredientes comerciais adquiridos para o preparo das dietas foram óleo de soja "Violeta"; açúcar refinado "União"; amido de milho "Maizena"; celulose microfina e de grau farmacêutico "Microcel", da Blanver e caseína comercial, adquirida da FURLAB-Campinas, SP.

**Fontes protéicas:** foram utilizados grãos de aveia descascados e moídos (<500  $\mu\text{m}$ ), dos cultivares UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14, como fonte protéica nos ensaios biológicos e caseína comercial como fonte protéica da dieta controle.

### 3.1.3 - Reagentes

Os reagentes utilizados nas análises da matéria-prima, de várias procedências, apresentam as especificações requeridas para as metodologias empregadas.

## 3.2 - Métodos

### 3.2.1 - Composição centesimal aproximada

**Umidade.** Realizada segundo o método número 44-15A da AACC (1983) usando um estágio e temperatura de  $130\pm 3^\circ\text{C}$  por 1 hora.

**Proteína bruta.** A determinação de proteína bruta ( $\text{N} \times 6,25$ ) foi realizada pelo método micro-Kjeldahl, conforme procedimento número 46-13 da AACC (1983).

**Lipídios totais.** Foram determinados segundo a metodologia proposta por BLIGH & DYER (1959), através do emprego de clorofórmio, metanol e água.

**Cinzas.** Foram determinadas pela calcinação das amostras a  $580^\circ\text{C}$  por 5 horas, segundo método 08-12 da AACC (1983).

**Fibra alimentar solúvel e insolúvel.** Foram determinadas segundo o método de ASP et alii. (1983).

**Açúcares totais.** Os açúcares foram extraídos com solução de clorofórmio-metanol e água, solução de 1:1:1 (v/v/v). A camada superior (metanólica) foi separada, filtrada e evaporada. O resíduo (açúcares) foi ressuspenso em água destilada, em concentração conveniente e determinados espectrofotometricamente pelo uso de fenol a 5% em ácido sulfúrico, de acordo com o método de DUBOIS et alii (1956). A curva padrão foi realizada com sacarose na absorvância de 490 nm.



**Amido.** Foi estimado por diferença, subtraindo-se de 100 a somatória dos teores de umidade, proteína bruta, lipídios totais, cinzas, fibra alimentar total e açúcares totais.

### 3.2.2 - Energia bruta

A energia bruta dos grãos de aveia foi determinada em bomba calorimétrica adiabática PARR, modelo 1261 e referida como a quantidade de calor liberado pela amostra, quando esta foi completamente oxidada em ambiente contendo 25 a 30 atm de oxigênio. O calor de combustão da amostra foi comparado com o padrão de ácido benzóico e o resultado expresso em kcal/100 g (SILVA, 1981).

### 3.2.3 - Energia metabolizável

A energia metabolizável foi calculada a partir dos dados de composição química dos cultivares de aveia (Tabela 5). No cálculo foi usado o fator de Atwater, ou seja, 4, 9 e 4 kcal/g para proteína bruta, lipídios e carboidratos (ANDERSON et alii, 1988) e os valores expressos em kcal/100 g. O teor de carboidratos foi obtido pela soma dos componentes amido, açúcares totais e fibra alimentar solúvel.

### 3.2.4 - Contribuição energética das proteínas da dieta (NDPCal)

O NDPCal foi determinado de acordo com a metodologia de SILVA & NAVES (1994) e expressa a contribuição energética da proteína totalmente utilizável em relação ao valor energético total. A proteína totalmente utilizável foi definida a partir da quantidade de proteína bruta nos cultivares, corrigida em função de sua qualidade pelo NPU e calculada através da seguinte relação:

$$NDPcal(\%) = \frac{(proteina\ bruta(\%) \times NPU) \times 4}{valor\ energetico\ total(Kcal)} \times 100$$

### 3.2.5 - Determinação de vitaminas

**Vitaminas B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>.** As vitaminas B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> foram extraídas após hidrólise ácida e enzimática, que converte a forma combinada em forma livre (STRHECHER & HENNING, 1967). A quantificação das vitaminas B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> foi realizada por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) conforme metodologia proposta por VAN DE WEERDHOFF et alii (1973). O cromatógrafo utilizado foi o Varian 8500 com integrador acoplado Varian 2070. As condições usadas para a determinação de vitamina B<sub>1</sub> foram: coluna empacotada C18, 12,5 cm, 5 µm; a fase móvel, solução do complexo B e água de 50:50 (v/v); fluxo da fase móvel de 0,5 mL/min; reator pós coluna com fluxo de 0,6 mL/min; detector de fluorescência, λ de excitação 362 nm; λ de emissão 464 nm.

As condições usadas para a determinação da vitamina B<sub>2</sub> foram as mesmas usadas na vitamina B<sub>1</sub> com exceção do λ de excitação = 432 nm e λ de emissão = 545 nm. O volume de amostra injetado para a determinação das vitaminas B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> foi de 100 µL.

**Niacina.** A niacina foi extraída por uma solução de ácido sulfúrico 1 N (LARA et alii, 1976). A quantificação foi realizada por CLAE, conforme metodologia proposta por LAN et alii (1984). O cromatógrafo utilizado foi o Varian 5000 com integrador acoplado ao aparelho. As condições usadas foram: coluna C18, 12,5 cm, 5 µm; temperatura de 45°C; a fase móvel, solução do complexo B e água de 40:60 (v/v); fluxo da fase móvel de 0,2 mL/min; detector ultravioleta; comprimento de onda de 270 nm. O volume de amostra injetado foi de 10 µL.

**Vitamina E.** Os tocoferóis totais (vitamina E) foram determinados de acordo com a metodologia proposta por CONTRERAS-GUZMAN & STRONG (1982) através da extração com etanol e heptano, separação por sulfato de sódio a 1,25% e quantificação dos mesmos. A quantificação se baseou na redução dos íons cúpricos,

complexação dos íons cuprosos com cuproína e leitura em espectrofotômetro a 545 nm.

### 3.2.6 - Determinação de minerais

Cálcio, fósforo, potássio, sódio, magnésio, ferro, zinco, manganês, cobre e bário foram determinados após mineralização em mufla a 480°C e diluição em ácido nítrico a 5% (ANGELUCCI & MANTOVANI, 1986). A quantificação foi realizada em espectrômetro de emissão de plasma de argônio (I.C.P-2000 BAIRD), versão simultânea, gerador de frequência de 40 Mhz, nebulizador pneumático concêntrico e tocha de baixo fluxo. Os fluxos de amostra e de argônio foram de 2 mL/min e 14 mL/min, respectivamente (IMO INDUSTRIES INC. I.P.C.-2000 BAIRD, 1990).

### 3.2.7 - Composição em ácidos graxos

A composição em ácidos graxos foi determinada por cromatografia gasosa, conforme o método Ce 1-62 da AOCS (1988). O cromatógrafo utilizado foi o Perkin Elmer Sigma 3B com integrador acoplado LCI-100 da Perkin Elmer. As condições usadas no cromatógrafo foram coluna empacotada de 4m de comprimento x 1/8" de diâmetro, com 10% de Silar 10C sob Cromossorb W (80 a 100 mesh) e detector de ionização de chama. Fluxo de nitrogênio (gás de arraste) de 25mL/min. Temperaturas do injetor e do detector de 225°C e da coluna de 175°C. O volume de amostra injetado foi de 1 µL.

A identificação dos ácidos graxos foi realizada comparando-se os tempos de retenção dos componentes das amostras com os de padrões de ésteres de ácidos graxos (Standard NU Check - Prep. Inc. ). A quantificação de cada componente foi obtido pela área do pico, calculada pelo integrador e dada como porcentagem da área total (somatória das áreas dos picos).

A extração do óleo foi realizada pelos solventes clorofórmio, metanol e água, conforme o método de BLIGH & DYER (1959) e a preparação das amostras para injeção no cromatógrafo, na forma de ésteres metílicos dos ácidos graxos, segundo o método proposto por HARTMAN & LAGO (1973).

### 3.2.8 - Composição em aminoácidos

**Hidrólise com HCl.** Foram determinados os aminoácidos totais com exceção de metionina, cisteína e triptofano. As amostras foram submetidas a hidrólise com HCl 6 N em ampolas de vidro (18 x 150mm), seladas a vácuo e mantidas a 110°C por 22 horas. Após este período de incubação, o ácido clorídrico foi evaporado em dessecador. O conteúdo foi então diluído e transferido quantitativamente para um balão de 5 mL com tampão citrato de sódio 4M, pH 2,2 com 15% de polietilenoglicol 400.

**Hidrólise após prévia oxidação com ácido perfórmico.** Foram determinados os aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína). Após oxidação prévia com ácido perfórmico, seguiu-se a hidrólise com HCl 6 N. Metionina e cisteína foram detectados como metionina sulfona e ácido cistéico, respectivamente. O método proposto por MOORE (1963) consiste na utilização do ácido perfórmico, preparado com 1 mL de peróxido de hidrogênio a 30% em 9 mL de ácido fórmico a 88%, deixado reagir por 1 hora à temperatura ambiente. Em seguida é colocado em banho de gelo para uso imediato. O material a ser oxidado foi colocado em ampolas de vidro (18 x 150mm), sob banho de gelo e adicionou-se 2 mL de ácido perfórmico. As ampolas foram mantidas em banho de gelo durante 4 horas. Após este período, o excesso do reagente foi destruído pela adição de 300 µL de ácido bromídrico a 48%, também gelado. O conteúdo da ampola foi seco em dessecador e o resíduo submetido à hidrólise com HCl 6 N, conforme descrito no item anterior.

**Hidrólise com hidróxido de lítio.** Para determinação do triptofano, as amostras foram hidrolisadas com LiOH 4 N, segundo metodologia proposta por

LUCAS & SOTELO (1980). As amostras (500 mg de proteína) foram colocadas em ampolas de vidro (18 x 150 mm) e adicionou-se 0,5 mL de LiOH 4 N. As ampolas foram seladas à vácuo e mantidas a 100°C por 24 horas. Após este período de incubação, o conteúdo da ampola foi neutralizado (pH 7-7,5) com ácido ortofosfórico a 85%. O conteúdo da ampola foi transferido quantitativamente para um balão e o volume completado para 5 mL.

**Aminograma.** A composição qualitativa e quantitativa de aminoácidos das amostras foi determinada em cromatógrafo Beckman 7300, pelo método de SPACKMAN et alii (1958). Este analisador consiste de um sistema de duas colunas, uma curta (0,6 x 17 cm) e uma longa (0,6 x 42 cm), empacotadas com resina de troca iônica. A detecção foi realizada a 570 nm e 440 nm, na escala de 0,0 até 0,1 de absorvância. O sistema foi calibrado com uma solução de aminoácidos padrão Pierce H, através do qual é determinado a constante em relação à concentração/altura do pico de absorção.

### 3.2.9 - Escore químico

O escore químico foi estabelecido pela relação de cada um dos aminoácidos essenciais da proteína em estudo com o aminoácido correspondente do padrão de referência da FAO/WHO/UNU (1985), crianças de 2 a 5 anos. Os quocientes indicaram a ordem dos aminoácidos limitantes e o valor encontrado para o aminoácido mais limitante é considerado uma estimativa do valor biológico da proteína em estudo, ou seja:

$$E.Q. = \frac{\text{mg de aminoacido / g N da proteina teste}}{\text{mg de aminoacido / g N do padrao de referencia}} \times 100$$

### 3.2.10 - Determinação de lisina disponível

Foi realizada segundo o método de KAKADE & LIENER (1969) pelo uso de TNBS 0,1% em água. A mostra foi dissolvida em NaHCO<sub>3</sub> a 4%. Uma alíquota foi

misturada com solução de TNBS, reagindo a 40°C por 2 horas, no escuro. A seguir foi adicionado HCl 8N, autoclavado por 1 hora (120°C), extraídos os subprodutos amarelos com éter etílico e a leitura realizada na absorvância de 346 nm. A quantificação da lisina disponível foi efetuada aplicando-se a equação colorimétrica de Lambert Beer e coeficiente de extinção molar (E) de  $1,46 \times 10^4 \text{M}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$ .

### 3.2.11 - Digestibilidade da proteína *in vitro*

A digestibilidade da proteína *in vitro* foi realizada de acordo com AKESON & STAHMANN (1964) pela digestão das amostras com pepsina e pancreatina e o hidrolisado separado da fração não digerida (sólida) por precipitação em ácido tricloroacético a 30 g/100mL e centrifugação. O mesmo processo foi utilizado para obter os brancos da enzima e da amostra. Para o cálculo de digestibilidade foi considerado o nitrogênio do hidrolisado, obtido por micro-Kjeldahl e empregado a seguinte relação:

$$D = \frac{NH - (NBE + NBA)}{NA} \times 100$$

onde:

D = digestibilidade da proteína;

NH = nitrogênio do hidrolisado;

NBE = nitrogênio do branco da enzima;

NBA = nitrogênio do branco da amostra;

NA = nitrogênio da amostra.

### 3.2.12 - Índice de aminoácidos essenciais modificado (MEAAI)

O procedimento para o cálculo do índice de aminoácidos essenciais de Oser, modificado por Mitchell (MEAAI) foi realizado segundo a metodologia proposta por SHEFFNER (1967). A partir do padrão-referência de proteína de ovo integral (His=2,6; Lys=7,8; Met+Cys=5,3; Phe+Tyr=9,3; Leu=8,8; Ile=5,9; Val=7,1;

Thr=4,9 e Trp=1,4 g/16g N), calculou-se a razão-ovo (RO) de cada um dos aminoácidos essenciais. Em seguida, fez-se uma correção das RO, pela redução a 100 daqueles que ultrapassaram este valor. Calculou-se então os logaritmos decimais de cada RO corrigida, estabelecendo-se a seguir a média aritmética destes valores. O MEAAI corresponde ao antilogaritmo desta média.

### 3.2.13 - Digestibilidade correlacionada com escore químico (PDCAAS)

A avaliação da qualidade protéica por digestibilidade correlacionada com escore químico (PDCAAS) foi determinada de acordo com a metodologia proposta por HENLEY & KUSTER (1994), relacionando o escore químico (EQ) dos cultivares de aveia, calculado conforme o item 3.2.9, com a digestibilidade verdadeira (Dv). O valor de digestibilidade verdadeira (0,90) foi obtido do apêndice B de regulamentos de nutrição da "Food and Drug Administration" - FDA (1993), ou seja:

$$PDCAAS = \frac{EQ \times Dv}{100}$$

### 3.2.14 - Coeficiente de utilização protéica líquida calculado (NPU-C)

O coeficiente de utilização protéica líquida calculado (NPU-C) foi determinado segundo a metodologia proposta por PELLET & YOUNG (1980) com base na seguinte relação:

$$NPU - C = \frac{MEAAI \times D}{100}$$

onde:

MEAAI=Índice de aminoácidos essenciais modificado (item 3.2.10);

D = Digestibilidade da proteína *in vitro* (item 3.2.12).

### 3.2.15 - Ensaio biológico

A composição centesimal das dietas e o procedimento geral dos ensaios biológicos foram realizados seguindo-se as especificações da AOAC (1975), com exceção das misturas mineral e vitamínica, que foram de acordo com a AIN (1976) e AIN (1993), respectivamente. As dietas foram preparadas para conter os nutrientes segundo recomendações para determinação dos índices da qualidade protéica, ou seja, 10% de proteínas, 8% de lipídios, 1% de mistura vitamínica, 3,5% mistura mineral e 2% de fibras. O teor de lipídios da aveia foi considerado na formulação das dietas, acrescentando-se a quantidade necessária de óleo para completar 8%. A fibra foi adicionada somente na dieta controle. As misturas salina e vitamínica estão descritas nas Tabelas 01 e 02, respectivamente. Foi acrescentada às dietas uma mistura de carboidratos composta por amido de milho e açúcar, na proporção de 3:1 (p/p).

Tabela 01 -Formulação da mistura mineral utilizada para o preparo das dietas

Componentes <sup>1</sup>	Fórmula	Porcentagem
Fosfato de cálcio dibásico	CaHPO <sub>4</sub>	50
Cloreto de sódio	NaCl	7,4
Citrato de potássio mono	K <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	22
Sulfato de potássio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,2
Óxido de magnésio	MgO	2,4
Carbonato de manganês	(43-48% Mn)	0,35
Citrato férrico	(16-17% Fe)	0,60
Carbonato de zinco	(Zn0 70%)	0,16
Carbonato cúprico	(Cu 53-55%)	0,03
Iodato de potássio	KIO <sub>3</sub>	0,001
Sulfato crômico de potássio	CrKSO <sub>4</sub>	0,055
Sacarose	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	11,804

(1) conforme AIN (1976).



Tabela 02 -Formulação da mistura vitamínica utilizada para o preparo das dietas

Componentes <sup>1</sup>	Porcentagem
Acido nicotínico	3,00
Pantotenato de cálcio	1,60
Piridoxina	0,07
Tiamina	0,06
Ácido fólico	0,02
Riboflavina	0,06
D-biotina	0,002
Vitamina B <sub>12</sub>	2,50
Vitamina E (500 UI/g)	1,50
Vitamina D (400.000 UI/g)	0,025
Vitamina A (500.000 UI/g)	0,08
Vitamina K	0,007
Sacarose	91,07

(1)- conforme AIN, 1993.

As dietas foram preparadas de forma que sua composição centesimal não diferisse da dieta padrão (exceto nos conteúdos de vitaminas, minerais e fibra). Sua composição está apresentada na Tabela 03.

Tabela 03 -Composição das dietas utilizadas no ensaio biológico (1000 g)

Ingredientes	Dietas				
	UPF-15	UPF-16	CTC-03	UFRGS-14	Caseína
Farinha de aveia <sup>1</sup>	665,82	716,86	688,78	605,33	-
Caseína	-	-	-	-	123,47
Óleo de soja	30,07	28,53	28,68	41,68	80,00
Mistura mineral <sup>2</sup>	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Mistura vitamínica <sup>3</sup>	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Celulose	-	-	-	-	20,00
Sacarose	64,78	52,40	59,38	76,99	182,88
Amido de milho	174,33	157,21	179,16	231,00	568,65

(1)- a quantidade foi calculada de forma a fornecer 10% de proteína bruta;

(2)- conforme AIN-76;

(3)- conforme AIN-93.

O experimento foi realizado no Laboratório de Ensaio Biológicos do Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição da Faculdade de Engenharia de Alimentos (DEPAN/FEA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

O delineamento usado foi o em blocos completamente casualizados, segundo COCHRAN & COX (1964), formando-se cinco grupos de sete animais (Tabela 04). As médias de peso obtidas para cada grupo não diferiram significativamente ( $p \leq 0,05$ ). Para que os animais fossem distribuídos entre os tratamentos de forma que as médias de peso não diferissem significativamente foram eliminados os de pesos extremos.

Durante o ensaio biológico, os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas individuais, com alimentação e água à vontade. A temperatura ambiente foi mantida a 22°C com alternância automática dos ciclos de luz e escuro a cada 12 horas. O ensaio teve duração de vinte e oito dias, onde foram computados a evolução de peso dos animais a cada sete dias e o consumo de ração. Após uma semana de ensaio, procedeu-se a coleta de fezes e urina por sete dias, para realizar o balanço de nitrogênio.

Tabela 04 -Distribuição dos animais em blocos completamente casualizados, de acordo com os seus pesos individuais, média e desvio padrão

Animais	Diets				
	UPF-15	UPF-16	CTC-03	UFRGS-14	Caseína
1	44,83	45,98	45,04	46,05	44,81
2	47,84	48,82	49,48	47,09	46,24
3	49,74	50,24	50,10	50,14	49,87
4	51,01	51,24	50,63	51,29	50,90
5	51,52	52,10	51,39	51,33	51,78
6	55,92	53,79	52,89	53,72	57,07
7	59,56	59,40	58,02	57,29	57,48
Média	51,49	51,63	51,08	50,98	51,16
Desvio padrão	4,93	4,23	3,91	3,82	4,86

Os índices relativos ao valor protéico das rações foram calculados considerando-se o nitrogênio ingerido nas dietas e o excretado na urina e fezes. O balanço de nitrogênio foi calculado conforme descrito por SGARBIERI (1987). A digestibilidade aparente (Da), segundo PELLET & YOUNG (1980); valor biológico aparente (VBa), de acordo com MITCHELL (1924), sem o uso de ratos em dieta aprotéica; quociente de utilização líquida aparente da proteína (NPUa), conforme MILLER & BENDER (1955), sem o uso de ratos em dieta aprotéica.

Através de cômputo de ganho de peso dos animais e consumo de ração determinou-se o quociente de eficiência protéica (PER), segundo procedimentos 43.183-43.187 da AOAC (1975). Em função do PER foram calculados ganho de peso dos ratos e PER semanal para a elaboração das curvas de crescimento médio de cada uma das dietas.

$$Da = \frac{NI - NF}{NI} = \frac{NA}{NI} \times 100$$

$$VBa = \frac{NI - (NF + NU)}{NI - NF} \times 100$$

$$NPUa = \frac{NI - (NF + NU)}{NI} \times 100$$

$$PER = \frac{\text{ganho peso}(g)}{\text{proteína consumida}(g)}$$

onde:

NI = nitrogênio ingerido;

NA = nitrogênio absorvido;

NF = nitrogênio fecal;

NU = nitrogênio urinário.

### 3.2.16 - Obtenção das frações protéicas de aveia e determinação de pesos moleculares das unidades estruturais

**Obtenção das frações protéicas de aveia.** A extração seqüencial das proteínas foi realizada de acordo com GALLE et alii (1988), com modificações. Porções de 20g de farinha de aveia desengordurada foram submetidas à extração por 1 hora (1:10, p/v). As globulinas e albuminas foram extraídas com NaCl 1M, sob agitação contínua e temperatura de 5°C. A seguir, a suspensão foi centrifugada a 15.000xg a 4°C por 30 min, obtendo-se o resíduo I e o sobrenadante I.

O sobrenadante I, contendo albuminas e globulinas solúveis em soluções fracamente alcalinas, foi dialisado contra água destilada, onde a redução da força iônica do meio induziu a precipitação das globulinas. Após a centrifugação do dialisado, o precipitado resultante foi liofilizado, constituindo-se na fração globulina. Paralelamente, a fração albumina foi obtida após a liofilização do sobrenadante.

O resíduo I foi ressuspenso em etanol a 70%, agitado por uma hora à temperatura ambiente e centrifugado a 15.000xg a 4°C por 30min. Após a centrifugação foram obtidos o resíduo II e o sobrenadante II. Este, depois de liofilizado constituiu a fração prolamina.

O resíduo II foi ressuspenso em dodecil sulfato de sódio 0,5% mais 0,6% de 2-mercaptoetanol em pH 7,6 e agitado por 1 hora à temperatura ambiente. Após centrifugação (15.000xg a 4°C por 30min) obteve-se o resíduo III e o sobrenadante III. Este, depois de liofilizado constituiu-se na fração glutelina (ROBERT et alii, 1983a).

O resíduo III, contendo basicamente, amido, proteínas insolúveis e substâncias da fração fibra alimentar foi descartado. O fluxograma de fracionamento utilizado na obtenção das frações protéicas está representado na Figura 1.

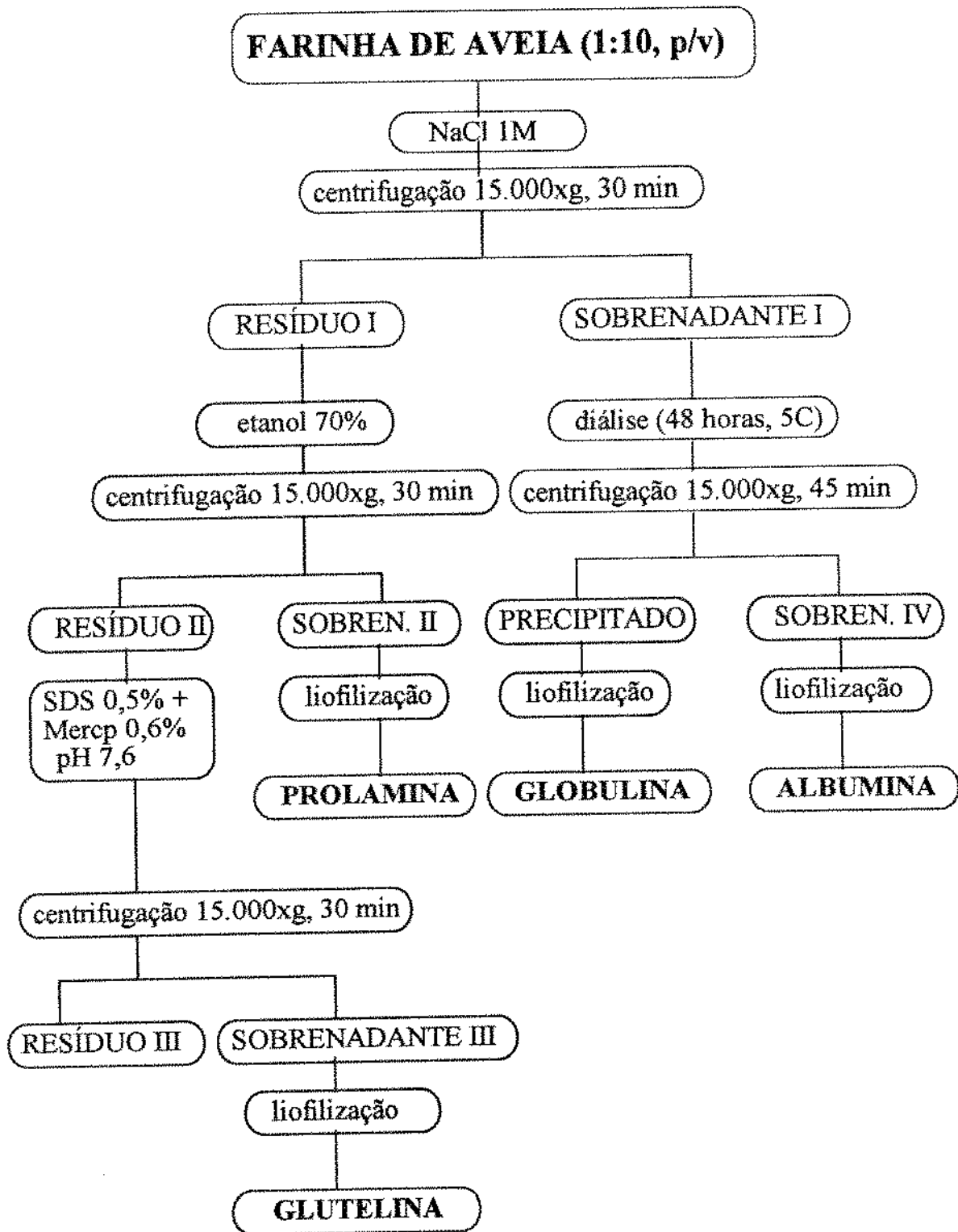


Figura 01 -Esquema do fracionamento utilizado para a obtenção das frações protéicas globulina, albumina, prolamina e glutelina.

**Determinação de pesos moleculares das unidades estruturais.** As frações protéicas dos cultivares de aveia foram analisadas em géis de poliacrilamida na presença de dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE), usando o *Phastsystem* da *Pharmacia* (Pharmacia-LKB Biotechnology-Bromma, Sweden).

Para obter os perfis das frações foi usado miniatura de géis gradiente 12,5% da *Pharmacia*. As condições de análise foram: 15°C, 250V, 10mA, 3W e por um total de 70Vh. A coloração e a descoloração foram de acordo com o método de separação n°200 da *Phastsystem*, com a exceção que o tempo de coloração foi aumentado para 10 min e a descoloração foi completada pela imersão dos géis em placa de Petri com solução descorante por 3 horas.

As frações protéicas foram dissolvidas em tampão contendo 0,01M de Tris-HCl, pH 7,0, 2,5% de SDS, 0,01 M de EDTA, 10% de sacarose e 5% de 2-mercaptoetanol. A seguir aquecidas a 100°C por 15 min, resfriadas e aplicadas no topo do gel.

As proteínas padrões utilizadas foram: fosforilase b (94 kDa), albumina bovina (67 kDa), ovalbumina (44 kDa), anidrase carbônica (30 kDa), inibidor de tripsina (20,1 kDa) e  $\alpha$ -lactoalbumina (14,4 kDa), todas procedentes da *Pharmacia*.

### 3.2.17 - Análise estatística

O delineamento usado foi o completamente casualizado, exceto no ensaio biológico onde empregou-se o de blocos completamente casualizados. Para avaliar os resultados foi empregado o método de análise estatística univariada, obtendo a análise descritiva dos dados como média, desvio padrão ou através da análise de variância (ANOVA) e verificação da significância dos modelos pelo teste F (COCHRAN & COX (1964)).

Nos modelos significativos pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), as médias das respostas foram comparadas entre si empregando o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Foram ainda realizadas análises de correlação dos dados de avaliação nutricional *in vitro* e *in vivo*, verificando a existência de significância nos níveis de 1, 5 e 10% ( $p \leq 0,01$ ; 0,05 e 0,10).

O processamento de dados e a análise estatística foi elaborada com o auxílio de um computador Pentium e o uso do programa estatístico SAS<sup>®</sup> (Statistical Analysis System, 1985).

## 4 - RESULTADOS

### 4.1 - Composição Centesimal Aproximada

A composição centesimal aproximada dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 está apresentada na Tabela 05.

Observa-se que o cultivar UFRGS-14 foi o que apresentou maior porcentagem de proteínas, enquanto os valores nos cultivares UPF-16 e CTC-03 diferiram estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ). O teor médio de proteínas nos cultivares estudados foi de 15,01%.

O teor de lipídios variou de 6,33 a 7,50% e somente o cultivar UFRGS-14 diferiu significativamente ( $p \leq 0,05$ ) apresentando um valor inferior às demais amostras.

Tabela 05 - Composição centesimal aproximada dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14

Componentes	Cultivares de aveia <sup>1</sup>				Média
	UPF-15	UPF-16	CTC-03	UFRGS-14	
Proteínas (N x 6,25)	15,08b	13,95c	14,53bc	16,52a	15,01
Lipídios	7,50a	7,18a	7,45a	6,33b	7,12
Cinzas	1,73c	1,72c	1,81b	2,00a	1,81
Umidade	10,56ns	10,73	10,46	10,42	10,54
Fibra alimentar total	11,35ns	10,77	11,77	10,58	11,12
Fibra solúvel	4,63ns	4,79	4,77	4,84	4,76
Fibra insolúvel	6,72ab	5,98ab	7,0a	5,72b	6,36
Açúcares totais	1,27a	1,37a	0,97b	0,90b	1,12
Amido <sup>2</sup>	52,51b	54,28a	53,01b	53,25ab	53,26

(1)- médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ );

(ns)- não significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ );

(2)- calculado por diferença.



Quanto aos teores de cinzas, o cultivar UFRGS-14 foi o que apresentou as maiores concentrações, seguido de CTC-03, UPF-15 e UPF-16. Esta determinação indica o grau de pureza da amostra. Observa-se que todos os cultivares apresentaram concentrações inferiores a 2%.

As fibras alimentares total e solúvel não variaram significativamente ( $p \leq 0,05$ ) e os valores médios obtidos nos cultivares estudados foram de 11,12 e 4,76%, respectivamente. O cultivar CTC-03 apresentou o maior valor de fibra alimentar insolúvel (7,0%), seguido de UPF-15, UPF-16 e UFRGS-14. Do total de fibra alimentar mais de 40% correspondeu a fração solúvel, valor de interesse nutricional devido aos efeitos benéficos sobre a saúde.

A concentração de açúcares totais variou entre 0,9 e 1,37%. Os cultivares UPF-15 e UPF-16 apresentaram teores significativamente superiores ( $p \leq 0,05$ ) quando comparados com CTC-03 e UFRGS-14.

Como a aveia apresenta maiores teores de proteínas, lipídios e fibra alimentar quando comparado aos demais cereais, o teor de amido é relativamente menor. Neste estudo, o teor de amido variou entre 52,51 e 54,28%, sendo encontrado o maior valor no cultivar UPF-16, seguido pelo UFRGS-14 e CTC-03.

#### **4.2 - Energia Bruta, Metabolizável e NDPCal**

Os resultados de energia bruta, energia metabolizável e NDPCal dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 encontram-se na Tabela 06.

A aveia apresentou 423,32 kcal/100g, em média de energia bruta. O maior valor foi o do cultivar UPF-15, seguido pelo CTC-03, UPF-16 e UFRGS-14. A menor energia bruta apresentada pelo cultivar UFRGS-14 foi devido, provavelmente, ao seu menor teor de lipídios.

Quanto a energia metabolizável, observa-se que o comportamento foi semelhante ao de energia bruta, porém, com teores mais baixos devido a forma como a mesma é calculada. Na determinação de energia bruta é considerado a combustão total da amostra em bomba calorimétrica. Já na energia metabolizável se considera somente os constituintes químicos digeríveis pelo organismo, assim, os valores encontrados são relativamente menores. O cultivar UFRGS-14 apresentou a menor energia metabolizável, 381,9 kcal/100g.

O cultivar UFRGS-14 apresentou maior NDPCal, devido a alta porcentagem de proteína bruta no grão. Nos demais cultivares os valores foram inferiores e não diferiram significativamente ( $p \leq 0,05$ ). Neste estudo, todos os cultivares apresentaram valores de 8,9 a 10,4% de NDPCal.

Tabela 06 -Determinação de energia bruta (EB), energia metabolizável (EM) e contribuição energética das proteínas da dieta (NDPCal) dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14

Cultivares	EB (kcal/100 g)	EM (kcal/100 g)	NDPCal (%)
UPF-15	429,10	388,34	9,23
UPF-16	422,20	386,10	8,90
CTC-03	425,06	388,17	9,24
UFRGS-14	416,92	381,97	10,40

### 4.3 - Análise de Vitaminas

Os resultados das vitaminas E, tiamina, riboflavina e niacina dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 encontram-se na Tabela 07.

Tabela 07 -Teores de vitaminas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14

Vitaminas (mg/100 g)	Cultivares de aveia				RDA <sup>1</sup>
	UPF-15	UPF-16	CTC-03	UFRGS-14	
Vitamina E	4,61	4,96	2,46	6,45	7,0
Tiamina	0,12	0,08	0,08	0,10	0,9
Riboflavina	0,02	0,02	0,02	0,01	1,1
Niacina	traços	traços	traços	traços	12

(1)- Recommended Dietary Allowances- RDA, 1989 - crianças de 4-6 anos.

Os teores de vitamina E (tocoferóis totais) variaram entre 2,46 e 6,45mg/100g. Os maiores valores foram observados no cultivar UFRGS-14, seguido de UPF-16 e UPF-15.

O cultivar UPF-15 apresentou o maior teor de tiamina, seguido de UFRGS-14, CTC-03 e UPF-16. Em relação à riboflavina o UFRGS-14 apresentou o menor teor. Para os demais cultivares estudados não foram verificadas variações significativas ( $p \leq 0,05$ ). A niacina não foi quantificada, provavelmente, devido a baixa sensibilidade do método utilizado ou à dificuldades na extração da mesma.

#### 4.4 - Análise de Minerais

Nas Tabelas 08 e 09 encontram-se os teores de macro e microelementos dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14.

Os teores dos macro e microelementos diferiram significativamente ( $p \leq 0,05$ ) entre os cultivares estudados, exceto o potássio. O UFRGS-14 apresentou as menores quantidades de cálcio, sódio, magnésio, ferro, manganês e cobre. Nos demais cultivares os valores encontrados foram maiores, porém, sem grandes variações entre os mesmos.

Tabela 08 -Teores de macroelementos dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14

Minerais (mg/100g)	Cultivares de aveia <sup>1</sup>				RDA <sup>2</sup>
	UPF-15	UPF-16	CTC-03	UFRGS-14	
Cálcio	48a	45a	47a	36b	800
Fósforo	270c	340b	350b	380a	800
Potássio	320ns	320	350	350	1.600
Sódio	23a	18ab	25a	15b	400
Magnésio	120ab	110bc	130a	110bc	120

(1)- médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ );

ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ );

(2)- Recommended Dietary Allowances- RDA, 1989 - crianças de 4-6 anos.

Tabela 09 -Teores de microelementos dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14

Minerais (mg/100g)	Cultivares de aveia <sup>1</sup>				RDA <sup>2</sup>
	UPF-15	UPF-16	CTC-03	UFRGS-14	
Ferro	3,63a	3,52ab	3,59ab	3,36b	10
Zinco	2,16b	2,48a	2,57a	2,52a	10
Manganês	3,79a	2,60b	3,37b	2,80b	1,0-1,5
Cobre	0,66a	0,72a	0,61ab	0,51b	1,5-2,0
Bário	0,28a	0,19c	0,21c	0,22b	

(1)- médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ );

(2)- Recommended Dietary Allowances- RDA, 1989 - crianças de 4-6 anos.

#### 4.5 - Composição em Aminoácidos

Os aminogramas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e seus respectivos escores químicos, bem como o padrão teórico da FAO/WHO/UNU (1985) encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10 - Composição em aminoácidos e escore químico (EQ) de proteínas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14

Aminoácido (g/16g N) <sup>1</sup>	UPF-15	UPF-16	CTC-03	UFRGS- 14	Padrão teórico <sup>2</sup>
Valina	3,68	3,73	3,33	3,89	3,5
Isoleucina	3,32	3,80	3,66	3,18	2,8
Leucina	7,98	6,94	6,35	6,84	6,6
Treonina	2,68	2,83	2,88	2,41	3,4
½ Cistina	2,22	1,89	2,97	2,27	
Metionina	1,12	1,76	1,28	1,57	
<b>Sulf. totais</b>	<b>3,34</b>	<b>3,65</b>	<b>4,25</b>	<b>3,84</b>	<b>2,5</b>
Tirosina	2,51	3,48	2,63	2,75	
Fenilalanina	3,79	5,20	3,81	4,34	
<b>Arom. totais</b>	<b>6,30</b>	<b>7,68</b>	<b>6,44</b>	<b>7,09</b>	<b>6,3</b>
Histidina	2,19	1,86	1,64	2,48	1,9
Lisina	4,00	3,62	3,52	4,10	5,8
Triptofano	1,16	1,12	1,74	1,75	1,1
Ac. aspártico	3,58	6,03	5,01	5,68	
Serina	2,12	3,60	2,83	3,22	
Ac. glutâmico	12,25	14,56	12,58	15,89	
Prolina	2,55	4,64	4,35	3,49	
Glicina	2,55	4,03	3,04	3,42	
Alanina	2,37	3,95	2,97	3,15	
Arginina	7,25	6,13	5,32	6,47	
<b>EQ (%)</b>	<b>68,96</b>	<b>62,41</b>	<b>60,68</b>	<b>70,68</b>	

(1)- valores médios de análises realizadas em duplicata;

(2)- Padrão teórico da FAO/WHO/UNU, 1985.

Na aveia o primeiro aminoácido citado como limitante é a lisina, seguido de treonina. Neste trabalho a lisina foi o primeiro aminoácido limitante para todos os cultivares. O maior teor de lisina ocorreu no cultivar UFRGS-14 com 4,10g/16g N, seguido de UPF-15, e UPF-16. A treonina também foi limitante nos cultivares estudados e o seu teor variou entre 2,41 e 2,88g/16g N, portanto, abaixo do recomendado pela FAO/WHO/UNU (1985) que é 3,4g/16g N.

Com relação aos demais aminoácidos essenciais não foram verificadas deficiências e os mesmos estão na sua maioria em quantidades superiores quando comparados com as recomendações da FAO/WHO/UNU (1985).

Os escores químicos dos cultivares estudados variaram entre 60,68 e 70,68%. O maior valor foi para o cultivar UFRGS-14, seguido de UPF-15 e UPF-16.

#### 4.6 - Composição em Ácidos Graxos

A composição em ácidos graxos obtida para os óleos dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 encontra-se na Tabela 11.

Os ácidos graxos insaturados contribuíram em média com 81,05% do total, enquanto que os saturados, os restantes 18,96%. A maior concentração de ácidos graxos (82,77%) foi verificada no cultivar no UPF-15.

Do total de ácidos graxos, 41,05% correspondeu ao linoléico, 38,14% ao oléico e 16,85% ao palmítico em média. Já os ácidos graxos mirístico, esteárico e linolênico contribuíram com apenas 3,96%. Verifica-se pelos dados da Tabela 11 que os cultivares estudados não apresentaram grandes variações na composição em ácidos graxos.

Tabela 11 - Composição em ácidos graxos de óleo dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14

Ácidos graxos(%)	UPF-15	UPF-16	CTC-03	UFRGS-14	Média
<b>Total saturados</b>	<b>17,23</b>	<b>19,88</b>	<b>19,81</b>	<b>18,90</b>	<b>18,96</b>
Mirístico C14:0	0,16	0,23	0,21	0,20	0,20
Palmítico C16:0	15,21	17,20	17,39	17,61	16,85
Esteárico C18:0	1,86	2,45	2,21	1,09	1,90
<b>Total insaturados</b>	<b>82,77</b>	<b>80,12</b>	<b>80,19</b>	<b>81,10</b>	<b>81,05</b>
Oléico C18:1	39,66	38,80	38,43	35,66	38,14
Linoléico C18:2	41,37	39,60	40,10	43,13	41,05
Linolênico C18:3	1,74	1,72	1,66	2,31	1,86

#### 4.7 - Índices de Avaliação *In vitro*

Os resultados de lisina total, lisina disponível e porcentagem de disponibilidade dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 estão apresentados na Tabela 12.

Os valores de lisina disponível variaram de 2,90 a 3,49mg/16g N. O maior teor de lisina disponível foi verificado no cultivar UFRGS-14, seguido de UPF-16 e UPF-15. Este índice indica a quantidade do total de lisina ingerida como parte da proteína que é absorvida em forma metabolicamente ativa e utilizada pelo organismo. Assim, o UFRGS-14, apresenta-se melhor balanceado metabolicamente quando comparado com os demais cultivares.

Quanto à porcentagem de disponibilidade de lisina observa-se pela Tabela 12 que o cultivar UPF-16 foi superior, seguido de CTC-03 e UFRGS-14. Esta determinação é obtida através da relação entre lisina disponível e total e serve para avaliar a porcentagem da lisina total disponível na dieta.

Tabela 12 -Determinação de lisina total, disponível e porcentagem de disponibilidade dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14

Cultivares	Lisina total (mg/16g N)	Lisina disponível (mg/16g N)	Porcentagem de disponibilidade
UPF-15	4,00	3,20	80,0
UPF-16	3,62	3,33	92,0
CTC-03	3,01	2,90	88,1
UFRGS-14	4,10	3,49	87,0

Os resultados de digestibilidade *in vitro*, índice dos aminoácidos essenciais modificado (MEAAI), digestibilidade da proteína correlacionada com escore químico (PDCAAS) e coeficiente de utilização protéica líquida calculado (NPC-C) dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 encontram-se na Tabela 13.

Os valores de digestibilidade *in vitro* variaram entre 90,04 e 91,08%, não apresentando diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os cultivares de aveia estudados.

Os valores de MEAAI variaram entre 59,48 e 70,34%, sendo que os cultivares UFRGS-14 e UPF-16 foram significativamente superiores ( $p \leq 0,05$ ), enquanto que os demais cultivares não apresentaram diferenças estatísticas ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 13 - Digestibilidade *in vitro*(D), índice médio dos aminoácidos essenciais modificado (MEAAI), digestibilidade da proteína correlacionada com escore químico (PDCAAS) e coeficiente de utilização protéica líquida calculado (NPU-C) dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14

Cultivares <sup>1</sup>	D	MEAAI	PDCAAS	NPU-C
UPF-15	90,05ns	59,48b	62,85a	55,83b
UPF-16	90,04	69,30a	55,06b	63,39a
CTC-03	90,98	63,29ab	53,80b	58,84b
UFRGS-14	91,08	70,34a	64,15a	64,76a

(1)- médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ );

(ns)- não significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ).



Os resultados de PDCAAS foram significativamente superiores ( $p \leq 0,05$ ) nos cultivares UFRGS-14 e UPF-15. Este índice foi determinado a partir dos valores de escore químico e digestibilidade verdadeira, apresentado portanto, um comportamento semelhante ao verificado no escore químico, uma vez que a digestibilidade usada foi a mesma para todos os cultivares. O PDCAAS vêm sendo recomendado em substituição ao PER e serve para prever a eficiência da proteína em estudo. Neste estudo, a eficiência variou entre 54,61 e 63,61%.

Quanto ao NPU-C observa-se que os cultivares UFRGS-14 e UPF-16 foram significativamente superiores ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos, os quais não diferiram significativamente entre si ( $p \leq 0,05$ ). O menor valor de NPU-C foi verificado no cultivar UPF-15.

#### **4.8 - Índices de Avaliação *In vivo***

Os resultados do balanço nitrogenado, referentes aos nitrogênios ingerido, fecal, urinário e retido de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e caseína encontram-se na Tabela 14.

Em todas as determinações houve diferenças significativas entre as dietas testadas ( $p \leq 0,05$ ). Quanto ao nitrogênio ingerido, o maior teor foi verificado na dieta controle, o qual não diferiu significativamente nas dietas dos cultivares UFRGS-14, UPF-15 e UPF-16.

Quanto ao nitrogênio fecal observa-se que o menor valor ocorreu na dieta de caseína, enquanto que nas dietas dos cultivares UPF-15 e UPF-16 foram verificadas as maiores excreções. Os maiores teores de nitrogênio fecal das dietas testes em relação ao controle foram devidos, provavelmente, aos altos teores de fibra alimentar total. Além disso, a contaminação das fezes com a ração fornecida, sempre maior nas dietas testes do que na controle, também pode ter contribuído

para ocorrer estes teores. No cultivar UFRGS-14, entretanto, os valores encontrados foram relativamente menores, embora superiores aos de caseína.

O nitrogênio urinário apresentou um comportamento inverso ao verificado no nitrogênio fecal. Os ratos alimentados com dietas de caseína e UFRGS-14 apresentaram valores significativamente superiores ( $p \leq 0,05$ ) às demais dietas.

Quanto ao nitrogênio retido observa-se que nas dietas controle e de UFRGS-14 os valores foram significativamente superiores ( $p \leq 0,05$ ). O menor valor foi verificado no CTC-03, porém sem diferir significativamente dos demais cultivares.

Tabela 14 -Nitrogênio ingerido, fecal, urinário e retido de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e caseína, ao fim do balanço de sete dias

Dietas	Nitrogênio (mg/24h) <sup>1</sup>			
	ingerido	fecal	urinário	retido
UPF-15	226,0ab	41,7a	35,8ab	148,5b
UPF-16	213,3ab	41,9a	28,3b	143,1b
CTC-03	202,1b	34,8ab	32,5ab	136,8b
UFRGS-14	229,8ab	33,0b	46,0a	150,8ab
Caseína	236,9a	14,4c	44,4a	178,0a
Média	221,60	33,16	37,41	151,45
C.V. (%)	8,91	16,41	25,00	11,45

1- médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Na Tabela 15 encontram-se os valores obtidos para digestibilidade aparente (Da), valor biológico aparente (VBa), quociente de utilização líquida aparente da proteína (NPUa) e NPUa teste/NPUa caseína em ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e de caseína, ao fim de sete dias de balanço nitrogenado.

A digestibilidade aparente da dieta de caseína foi superior, seguido pela UFRGS-14. Para as dietas com CTC-03, UPF-16 e UPF-15 não foram verificadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ). Com o aumento da digestibilidade aparente ocorreu o aumento dos valores de digestibilidade *in vitro* (Tabela 13), mostrando existir uma correlação positiva entre os dois indicadores, porém, a mesma não foi estatisticamente significativa, provavelmente, em função do baixo número de tratamentos usados.

Tabela 15 -Digestibilidade aparente (Da), valor biológico aparente (VBa), quociente de utilização líquida aparente da proteína (NPUa) e razão NPUa teste/NPUa caseína em ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e de caseína, ao fim do balanço de sete dias

Dietas <sup>1</sup>	Da(%)	VBa (%)	NPUa (%)	NPUa teste/ NPUa caseína (%)
UPF-15	81,61c	80,56ns	65,70b	87,60
UPF-16	80,41c	81,42	65,34b	87,12
CTC-03	82,80bc	81,41	66,10b	88,13
UFRGS-14	85,67b	78,78	67,20b	89,60
Caseína	93,80a	79,76	75,00a	100,00
Média	84,86	80,39	67,86	-
C. V. (%)	2,47	4,50	4,56	-

(1)- médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

O valor biológico aparente variou entre 78,78 e 81,42%. Embora não apresentando diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre as dietas testadas, o menor valor verificado foi para o UFRGS-14, seguido de caseína e UPF-15. O VBa determina a fração do nitrogênio total que é retido no organismo, ou seja, o seu comportamento varia em função do teor de nitrogênio urinário. Com a diminuição de nitrogênio excretado na urina ocorreu um aumento de VBa.

Quanto ao NPUa observa-se que na dieta de caseína o seu valor foi significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) quando comparado com as dietas testes, as quais não diferiram estatisticamente entre si ( $p \leq 0,05$ ). O NPUa avalia a fração do total de nitrogênio que é utilizado pelo organismo, ou seja, é igual ao valor biológico multiplicado pela digestibilidade aparente. Embora a digestibilidade aparente tenha apresentado variações significativas entre os cultivares, o mesmo não ocorreu na determinação do NPUa, devido ao comportamento da Da ser inverso (Tabela 13) ao observado no VBa (Tabela 15), anulando assim a variação existente entre os dois índices ao calcular o NPUa.

A razão NPUa teste/NPUa caseína variou entre 87,60 e 89,60%, apresentando um comportamento similar ao verificado na determinação de NPUa, porém, com valores relativamente superiores.

Os valores obtidos para consumo de ração, consumo de proteínas, ganho de peso e quociente de eficiência protéica (PER) de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e caseína, ao fim de 28 dias de ensaio encontram-se na Tabela 16.

Observa-se que os consumos das rações e os de proteínas foram semelhantes. A dieta de caseína apresentou valores significativamente superiores ( $p \leq 0,05$ ), seguido de UFRGS-14, e UPF-15. Nos cultivares UPF-16 e CTC-03 os valores encontrados foram inferiores, porém, sem diferir de UPF-15.

Quanto ao ganho de peso e PER também se verificou um comportamento similar. As dietas dos cultivares UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 não apresentaram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ), sendo inferiores estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) quando comparadas com a de caseína. Os ganhos de peso dos ratos alimentados durante 28 dias com as dieta dos cultivares, foi 83,6 e 91,9g, estão dentro de limites aceitáveis. O PER, por outro lado, ficou com um valor médio relativamente alto (2,43), mostrando o bom desempenho da proteína nos ratos alimentados com os cultivares de aveia em estudo.

Na Tabela 17 encontram-se os valores de PER corrigido considerando-se PER da caseína de 2,5, bem como a razão PER teste/PER caseína de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e caseína, ao fim de 28 dias de ensaio.

Tabela 16 -Consumo de ração, consumo de proteínas, ganho de peso e quociente de eficiência protéica (PER) de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e caseína, ao fim de 28 dias de ensaio

Dietas <sup>1</sup>	Consumo de ração (g)	Consumo de proteínas (g)	Ganho de peso (g)	PER
UPF-15	339,62ab	36,20ab	87,40b	2,41b
UPF-16	333,59b	34,40b	83,63b	2,43b
CTC-03	325,89b	32,81b	79,98b	2,44b
UFRGS-14	354,61ab	37,32ab	91,98b	2,46b
Caseína	372,65a	41,24a	122,27a	2,96a
Média	345,27	36,39	93,05	2,54
C.V. (%)	7,09	7,21	10,48	5,05

(1)- médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 17 -Quociente de eficiência protéica corrigido (PERc) e razão PER teste experimental/PER caseína de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e caseína, ao fim de 28 dias de ensaio

Dietas <sup>1</sup>	PER corrigido	PER teste/PER caseína
UPF-15	2,04	81,60%
UPF-16	2,05	82,00%
CTC-03	2,06	82,40%
UFRGS-14	2,08	83,20%
Caseína	2,50	100,00%

Os valores de PER corrigidos variaram de 2,04 a 2,08. O maior PER correspondeu ao cultivar UFRGS-14, seguido de CTC-03 e UPF-16. Quanto a razão PER teste/PER caseína observa-se que ficou acima de 81,6%, mostrando o bom desempenho da proteína de aveia.

A Figura 02 ilustra o efeito do tempo de ensaio biológico no ganho de peso de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14. O maior ganho de peso ocorreu nos ratos alimentados com caseína, seguido de UFRGS-14 e UPF-15.

O PER semanal de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e caseína (Figura 03) diminuiu com o aumento do tempo de ensaio biológico comprovando que a idade dos ratos exerce um papel preponderante nos valores de PER. O maior PER ocorreu nos ratos alimentados com caseína, seguido de UFRGS-14 e CTC-03.

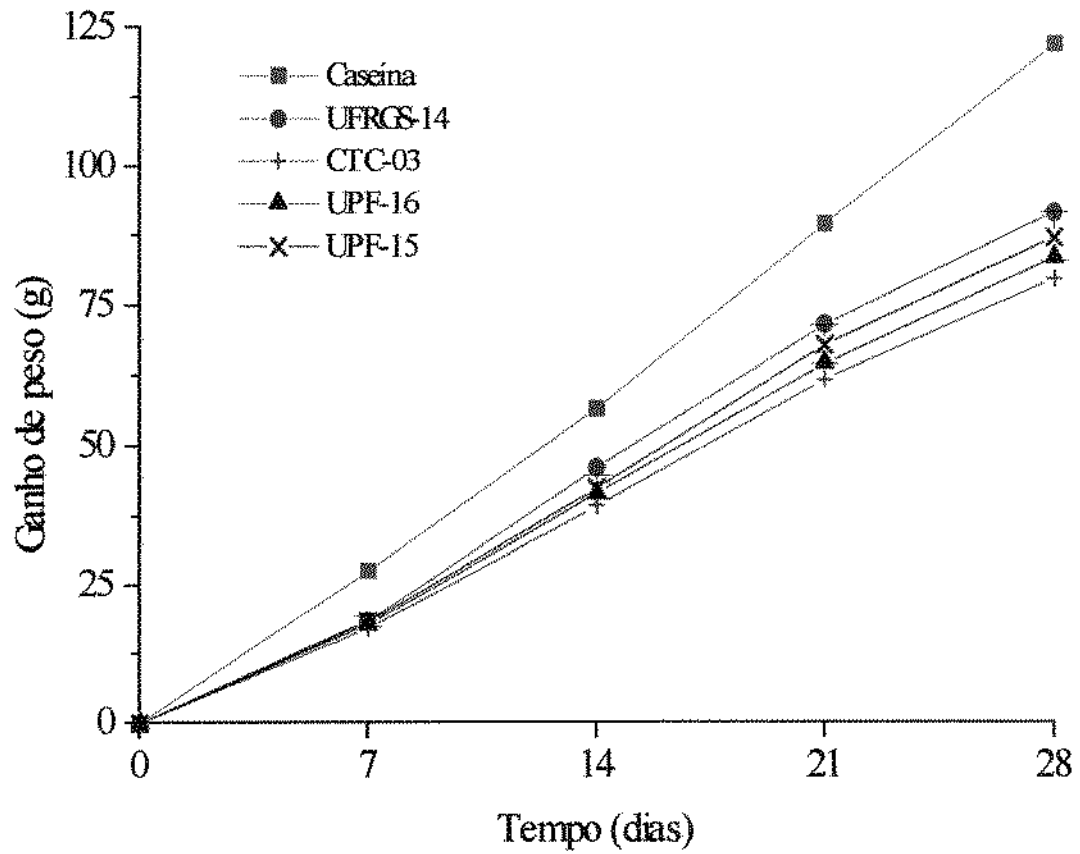


Figura 02 -Efeito do tempo de ensaio biológico no ganho de peso de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14 e caseína.

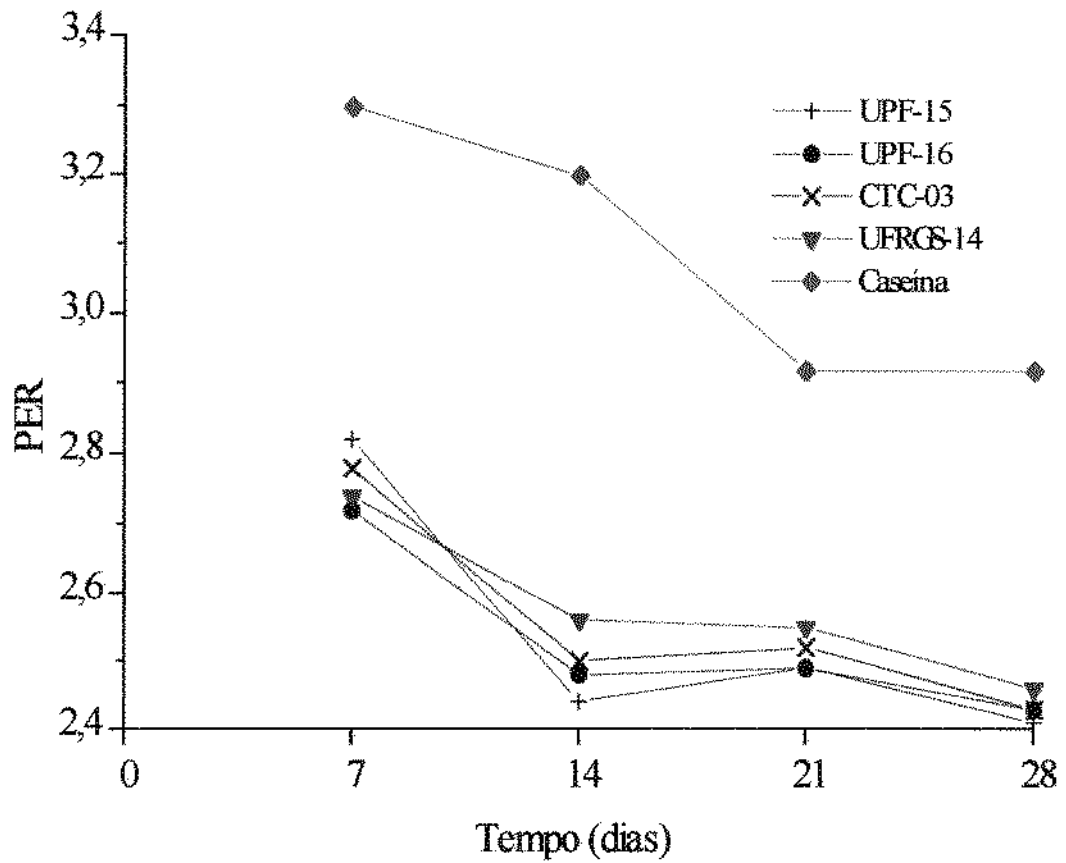


Figura 03 -PER semanal de ratos Wistar alimentados com dietas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14.



**Correlações.** O valor biológico aparente da proteína (VBa) apresentou correlação significativa positiva ( $p \leq 0,05$ ,  $r = 0,96$ ) com o teor de treonina. O teor de metionina correlacionou significativa e positivamente com o MEAAI ( $p \leq 0,05$ ,  $r = 0,94$ ). O teor de lisina correlacionou significativamente ( $p \leq 0,01$ ,  $r = 0,99$ ) com o PDCAAS. A correlação entre PDCAAS e NPUa ( $r = 0,55$ ) não foi significativa ao nível de 5% ( $p \leq 0,05$ ). Os resultados do valor nutritivo *in vivo* e *in vitro* das proteínas dos cultivares de aveia estudados estão apresentados de forma comparativa na Tabela 18.

Tabela 18 - Comparação entre os dados de valor nutritivo *in vivo* e *in vitro* das proteínas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03, UFRGS-14

Cultivares	Digestibilidade		Valor biológico			Utilização liq. da proteína		
	<i>In vivo</i>	<i>In vitro</i>	VBa	MEAAI	EQ	NPUa	NPU-C	PDCAAS
UPF-15	90,05	81,61	80,56	59,48	68,96	65,70	55,83	62,85
UPF-16	90,04	80,41	81,42	69,30	62,41	65,34	63,39	55,06
CTC-03	90,98	82,80	81,41	63,29	60,68	66,10	58,84	53,80
UFRGS-14	91,08	85,67	78,78	70,34	70,68	67,20	64,76	64,15

#### 4.9 - Balanço de Massa e Contribuição Protéica das Frações Isoladas

Para estudar o balanço de massa e a contribuição protéica de cada uma das frações foram realizadas, seqüencialmente, duas extrações a partir de 20g de farinha de aveia, utilizando-se as mesmas condições ambientais e de extração.

A quantidade de material recuperado após o fracionamento, representado pela soma das quantidades obtidas de cada fração mais o resíduo, foi 18,7g, correspondendo a uma recuperação de 93,5% do total de amostra usado.

Na Tabela 19 estão apresentados os valores médios da quantidade de proteína extraída (PE) e teor protéico (TP) de cada uma das frações isoladas no fracionamento de proteína de aveia, cultivares UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14, a partir de 20g de amostra.

A glutelina foi a fração extraída em maior quantidade, valores entre 3,22 e 4,04g/20g, seguido de albumina e prolamina. Quanto à pureza da proteína extraída, porém, o comportamento foi exatamente o inverso, onde a fração globulina mostrou-se superior, com 97% de proteínas, seguido de prolamina e albumina.

Tabela 19 -Quantidade de proteína extraída (PE) e teor protéico (TP) de cada uma das frações isoladas no fracionamento da proteína de aveia, cultivares UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14, a partir de 20g de farinha

Cultivares		Frações protéicas				Resíduo	Total (g/20g)
		Globulina	Albumina	Prolamina	Glutelina		
UPF-15	PE (g)	0,38	0,78	0,45	4,04	13,10	18,75
	TP (%)	97,36	37,31	55,53	34,72	1,78	
UPF-16	PE (g)	0,60	0,70	0,65	3,24	13,63	18,84
	TP (%)	97,19	37,53	49,28	30,64	1,57	
CTC-03	PE (g)	0,65	0,87	0,67	3,24	13,41	18,84
	TP (%)	96,25	33,63	54,72	30,46	2,68	
UFRGS -14	PE (g)	0,70	0,80	0,72	3,22	12,92	18,36
	TP (%)	96,79	36,24	54,96	40,61	2,36	

O UPF-15 apresentou maior quantidade de extração de glutelina, enquanto que nas frações globulina e prolamina os valores foram inferiores quando comparados com os demais cultivares. Estes, por outro lado, não apresentaram variações quanto a quantidade de proteína extraída (PE). Em relação ao teor protéico (TP) de cada uma das frações isoladas não se verificou variações entre os cultivares estudados.

As Figuras 04 e 05 expressam, em porcentagem, a contribuição de cada uma das frações protéicas isoladas em relação ao total de proteínas extraídas dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14.

O total de extração foi de 89,5%, em média, sendo 21,4% globulina, 10,8% albumina, 12,7% prolamina e 44,6% glutelina. A glutelina foi a fração extraída em maior quantidade, seguida de globulina e prolamina.

Em relação a porcentagem de extração das frações a globulina foi menor no UPF-15 não ocorrendo variações entre os demais cultivares estudados. Já para a albumina o menor valor ocorreu no cultivar UFRGS-14 e não houve diferenças entre UPF-15, UPF-16 e CTC-03 (Figura 04).

O cultivar UPF-15 apresentou a menor porcentagem de extração de prolamina e a maior de glutelina. Nos demais cultivares estudados a contribuição das frações de prolamina e glutelina foi semelhante (Figura 05).

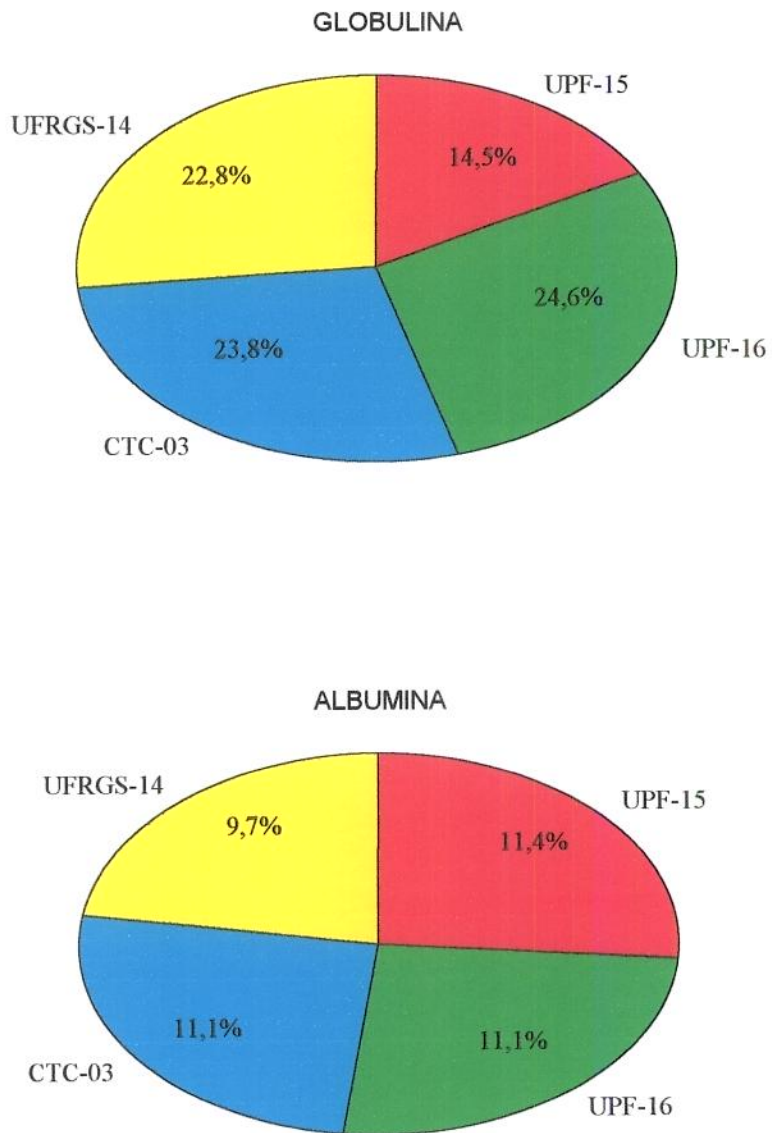


Figura 04 -Porcentagem de extração protéica das frações globulina e albumina dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14.

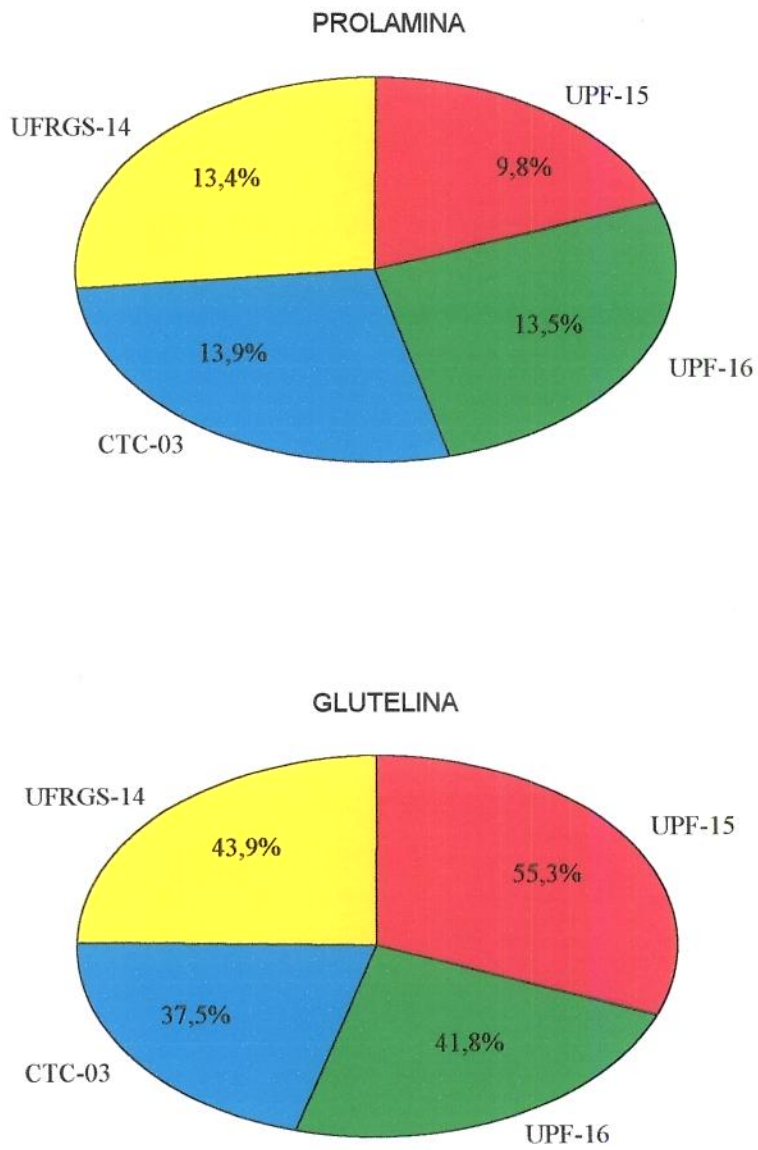


Figura 05 -Porcentagem de extração protéica das frações prolamina e glutelina dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14.

#### 4.10 - Determinação de Pesos Moleculares das Unidades Estruturais

Na Figura 06 está representada a curva padrão de pesos moleculares utilizados na eletroforese em gel de poliacrilamida contendo dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE). O coeficiente de correlação foi de -0,9977, para um total de seis pontos (n=6), mostrando que a equação obtida está adequada para calcular os pesos moleculares das unidades estruturais das frações de aveia, cultivares UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14.

As variações de pesos moleculares das frações globulina, albumina, prolamina e glutelina dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 encontram-se na Tabela 20.

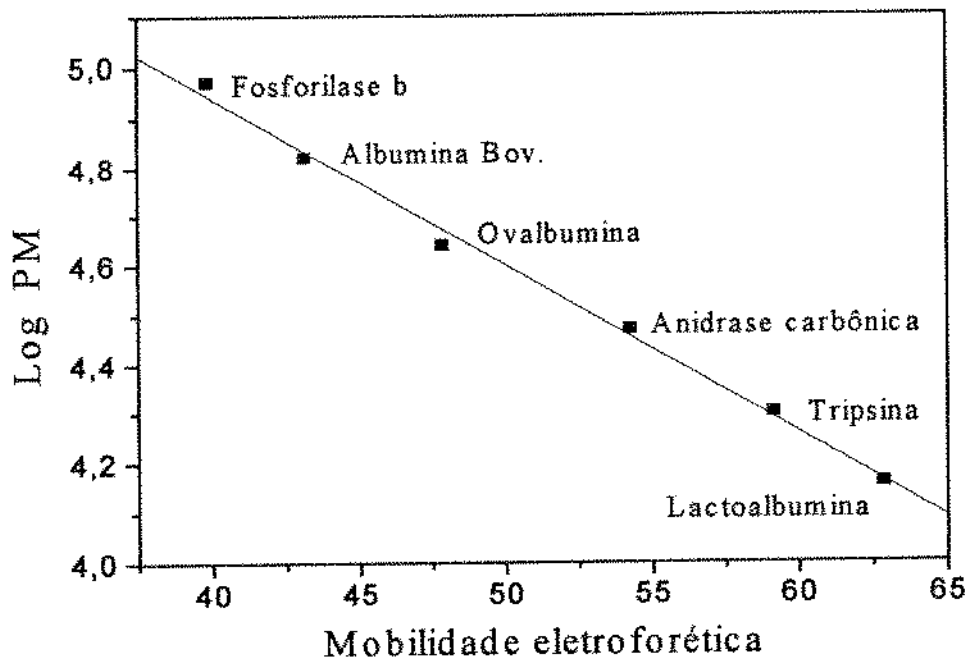


Figura 06 -Curva padrão dos pesos moleculares de eletroforese em gel de poliacrilamida contendo dodecil sulfato de sódio.  $y = 6,2961 - 0,03393X$ .  $R = -0,9977$ .

Tabela 20 -Variação de peso molecular (kDa) das frações globulina, albumina, prolamina e glutelina dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14

Cultivares	Frações protéicas			
	Globulina	Albumina	Prolamina	Glutelina
UPF-15	14,5-67,2	14,6-42,0	17,0-29,0	14,8-54,5
UPF-16	14,5-67,3	17,5-41,4	17,5-36,6	14,5-52,8
CTC-03	14,8-66,3	17,1-42,8	17,9-37,10	14,0-51,5
UFRGS-14	14,9-66,4	15,1-42,0	17,0-35,0	14,5-50,0

O peso molecular da fração globulina variou de 14,5 a 67,3 kDa entre os cultivares estudados. A maior variação de peso molecular foi verificada no UFP-16, seguido de UPF-15. Esta foi a fração que apresentou o maior intervalo de variação de pesos moleculares.

Na fração albumina, o peso molecular variou de 14,6 a 42,8 kDa, sendo a maior variação observada no cultivar UPF-15. O UPF-16 foi o cultivar a apresentar menor variação de peso molecular, 17,5 a 41,4 kDa, seguido de CTC-03 e UFRGS-14.

Na prolamina, a variação encontrada foi de 17 a 37,1 kDa. Esta fração apresentou o menor intervalo de variação quando comparado com globulina, albumina e glutelina.

Os pesos moleculares da fração glutelina variaram entre 14 e 54,5 kDa. O cultivar UPF-15 foi o que apresentou maior intervalo de variação, seguido de UPF-16 e CTC-03.

Os perfis eletroforéticos das frações protéicas globulina, albumina, prolamina e glutelina dos cultivares UPF-15, UPF-16, CTC -03 e UFRGS-14 encontram-se nas Figuras 07, 08, 09 e 10, respectivamente. Observa-se pelos resultados obtidos nos perfis eletroforéticos das frações que os cultivares apresentaram um comportamento semelhante.

A fração globulina revelou três grupos de bandas com pesos moleculares de 14-25, 33-35 e 44-67 kDa, comportamento este verificado em todos os cultivares estudados.

Na fração albumina dos cultivares UPF-15 e UPF-16 também foram verificados três grupos de bandas eletroforéticas, com pesos moleculares de 14-17, 20-25 e 29-42 kDa. Já para os cultivares CTC-03 e UFRGS-14 os grupos de proteínas variaram de 14-17, 28-32 e 34-42 kDa.

A prolamina também revelou a presença de três grupos de bandas, com pesos moleculares de 17, 23-29 e 32-37 kDa. Este comportamento foi semelhante em todos os cultivares.

Quanto a fração glutelina foram observados dois grandes grupos de proteínas com pesos moleculares de 25, 33-42 kDa, além de bandas com pesos moleculares de 14-16 e 45-55 kDa.



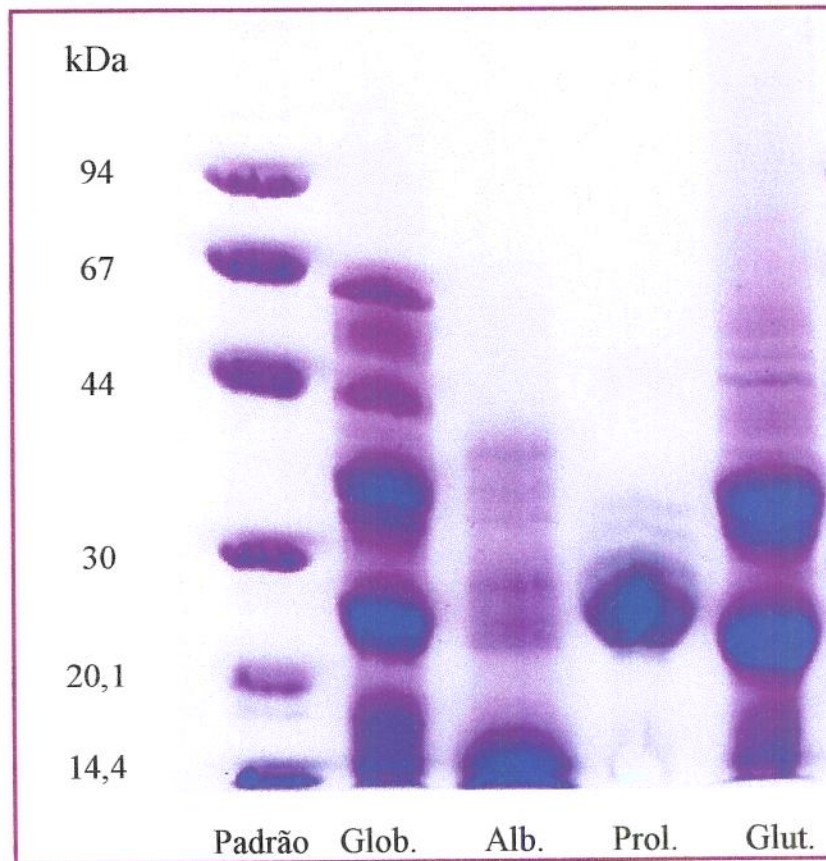


Figura 07 -Eletroforese em gel de poliacrilamida contendo dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE) das frações protéicas globulina, albumina, prolamina e glutelina do cultivar de aveia UPF-15. Concentração de 100 $\mu$ g de proteína/gel.

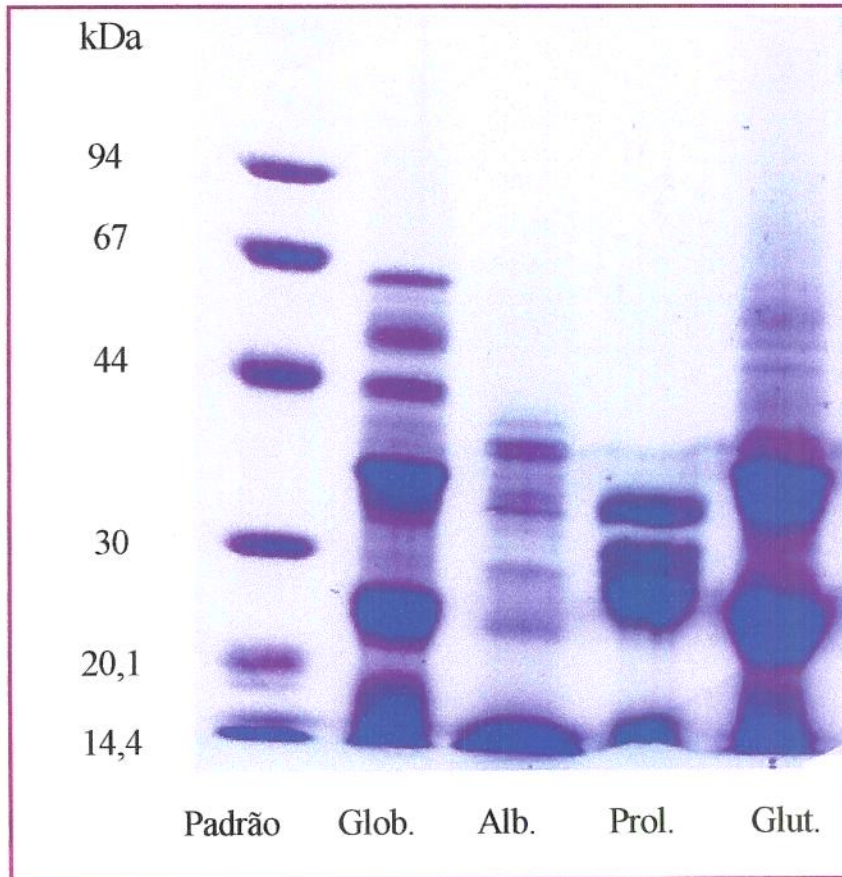


Figura 08 -Eletroforese em gel de poliacrilamida contendo dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE) das frações protéicas globulina, albumina, prolamina e glutelina do cultivar de aveia UPF-16. Concentração de 100 $\mu$ g de proteína/gel.

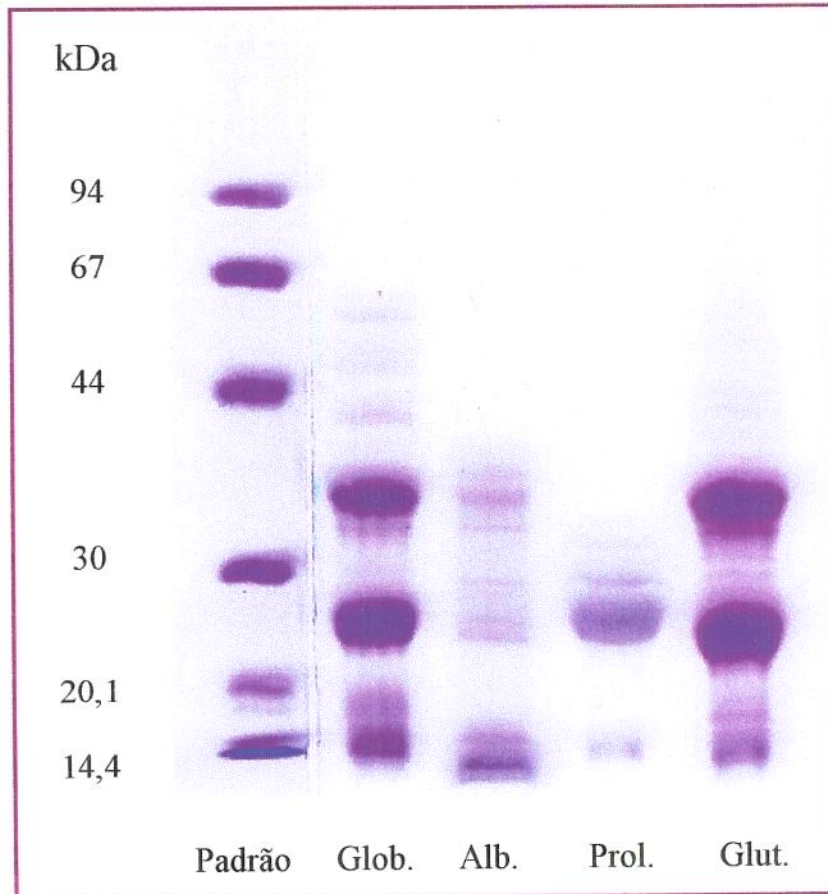


Figura 09 -Eletroforese em gel de poliacrilamida contendo dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE) das frações protéicas globulina, albumina, prolamina e glutelina do cultivar de aveia CTC-03. Concentração de 100 $\mu$ g de proteína/gel.

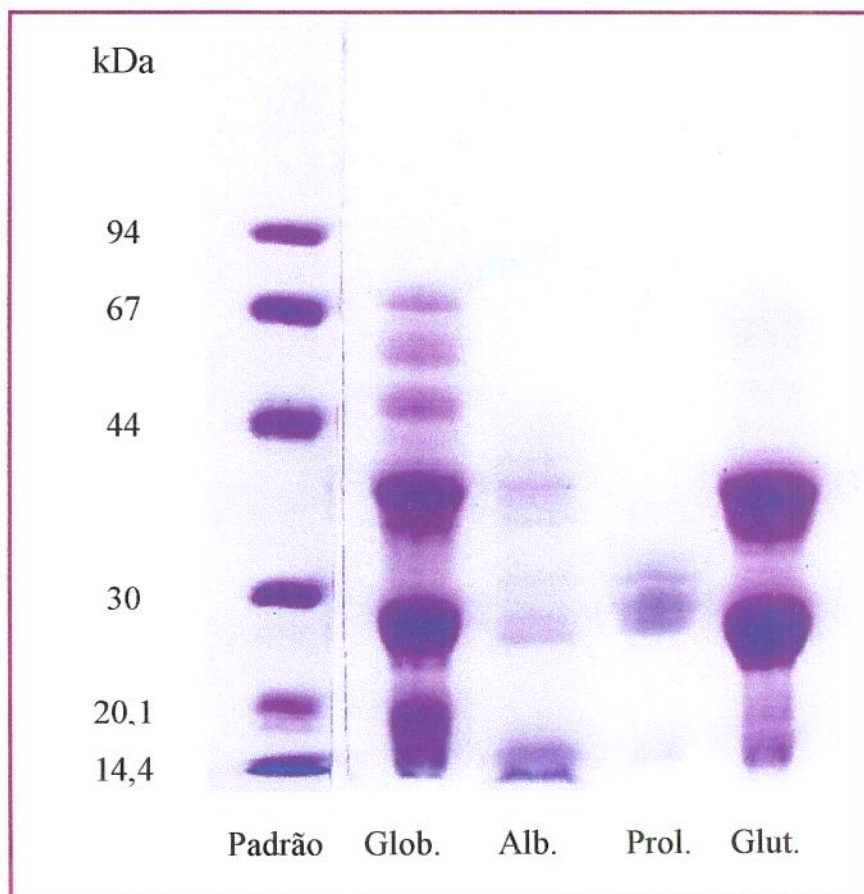


Figura 10 -Eletroforese em gel de poliacrilamida contendo dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE) das frações protéicas globulina, albumina, prolamina e glutelina do cultivar de aveia UFRGS-14. Concentração de 100 $\mu$ g de proteína/gel.

## 5 - DISCUSSÃO

### 5.1 - Caracterização Química

A aveia é superior nutricionalmente quando comparada com os demais cereais não só pela composição química privilegiada, ou seja, mais altos teores de proteínas, lipídios e fibra alimentar total, como também devido a forma de consumo. A aveia, diferentemente dos demais cereais, é consumida na forma integral, sendo eliminada somente a casca no processamento. Nos demais cereais, o processamento implica na eliminação parcial das porções externas do grão, diminuindo o valor nutricional destes produtos.

A concentração de proteínas nos grãos de aveia descascados dos cultivares UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 foi 15,01%, em média, bem próximo aos 15,9% obtido por ASP et alii (1992) ao caracterizar quimicamente 12 cultivares de aveia.

O teor protéico do grão de aveia varia consideravelmente entre cultivares, bem como no mesmo cultivar quando é exposto a diferentes locais de cultivo (PETERSON, 1976). O cultivar UFRGS-14 apresentou maior porcentagem de proteínas, enquanto que os cultivares UPF-16 e CTC-03 não diferiram estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) mas foram inferiores em quantidade de proteínas (Tabela 05).

O teor de lipídios variou entre 6,33 e 7,5%, com o menor valor ocorrendo no UFRGS-14 (Tabela 05). Estes teores estão de acordo com os encontrados por BROWN & GRADDOCK (1972) e YOUNGS (1986).

Segundo MORRISON (1978), a aveia apresentou alta concentração de lipídios quando comparada aos demais cereais, com teores variando entre 5,0 e 9,0%. Em trigo, arroz, milho, cevada e centeio os valores encontrados foram 2,1-3,8%, 1,0-2,5%, 3,9-5,8%, 3,3-4,6% e 2,0-3,5%, respectivamente.

O cultivar UFRGS-14 apresentou os maiores teores de cinzas (2,0%), seguido de CTC-03, UPF-15 e UPF-16 com 1,81, 1,73 e 1,72%, respectivamente (Tabela 05), valores estes que estão próximos aos citados por MARLETT (1993), os quais ficaram entre 1,7 e 2,9%.

O conteúdo de cinzas no grão de aveia descascado foi similar ao grão de cevada, porém, superior quando comparado com centeio e trigo (MARLETT, 1993).

Quanto ao teor de fibra alimentar, ASP et alii (1983) classificaram os produtos alimentícios em baixo ou intermediário teor de fibra, sendo aqueles que apresentam 1,3 a 26,1% de fibra insolúvel, 1,1 a 8,3% de fibra solúvel e 2,4 a 30,5% de fibra alimentar total. Para serem classificados em alto teor de fibra os produtos deveriam possuir 83,7 a 88,3% de fibra insolúvel, 1,8 a 3,7 de fibra solúvel e 85,8 a 91,2% de fibra alimentar total em sua composição química. Baseado nos intervalos propostos por ASP et alii (1983) os produtos obtidos a partir dos cultivares de aveia estudados, após descascamento e moagem, podem ser classificados como intermediários em fibra alimentar.

Os teores de fibra alimentar total obtidos para os cultivares de aveia estão de acordo com os encontrados por ASP et alii (1992). O valor médio de fibra alimentar total foi de 11,12%, sendo que 40% correspondeu a fibra solúvel (Tabela 05), o que é importante, pois é na fração solúvel da fibra que se encontram os  $\beta$ -glicanos, responsáveis pelos efeitos benéficos à saúde humana (SHINNICK et alii, 1991). A fibra alimentar é benéfica no homem pelos efeitos no trânsito intestinal, na eliminação de ácidos biliares, no alívio de doenças como diverticulite e síndrome do cólon irritável, diminuição do colesterol plasmático total, lipoproteína LDL-colesterol e triglicerídeos plasmáticos, além de favorecer a saciedade e promover a perda de peso corporal. As fibras solúveis se sobressaem quanto aos efeitos hipocolesterolêmicos (WEISBURGER, 1987; TOPPING, 1991; SHINNICK et alii, 1991).

Em relação aos valores encontrados para os açúcares totais observa-se que os mesmos variaram entre 0,9 e 1,37%. Os cultivares UPF-15 e UPF-16 apresentaram maior teor, diferindo estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) dos cultivares CTC-03 e UFRGS-14 (Tabela 05).

A concentração de açúcares totais livres na aveia foi relativamente inferior ao verificado em cevada, trigo e centeio, mas similar ao milho, contudo, maior que os teores encontrados no arroz (HENRY, 1985). A concentração de açúcares totais reportados por MacARTHUR & D'APPOLONIA (1979) para farinha de aveia e farelo foram 0,9-1,3% e 2,6-3,4%, respectivamente.

Na aveia, assim como nos demais cereais, o amido é o componente químico presente em maior quantidade. Neste estudo os teores de amido variaram de 52,5 a 54,3% (Tabela 05). O amido foi o constituinte químico mais abundante grão de aveia, com teores médios entre 43,7 e 61,0% (PATON, 1977), porém, abaixo das concentrações encontradas nos grãos de centeio, cevada e trigo, valores que variaram entre 63,2 e 69,0% (AMAN & HESSELMAN, 1984).

Quanto à energia bruta, os cultivares de aveia estudados apresentaram em média, 423,32 kcal/100g (Tabela 06), estando abaixo do encontrado em trigo com 442,15 kcal/100g, arroz com 439,76 kcal/100g e milho com 449,32 kcal/100g (PEDERSEN & EGGUM, 1983a, 1983b e 1983c).

O NDPCal expressa a contribuição energética da proteína totalmente utilizável em relação ao valor energético total. Uma proteína para ser considerada de boa qualidade deve apresentar um NDPCal em torno de 10%. Como referência aceita-se que os alimentos infantis tenham um NDPCal não inferior a 8 ou superior a 12% e para indivíduos adultos valores entre 6 e 8% (SILVA & NAVES, 1994). Baseado no exposto acima a proteína dos cultivares de aveia estudados pode ser considerada de boa qualidade, destacando-se o UFRGS-14, com um NDPCal de 10,4%, seguido de CTC-03 e UPF-15 (Tabela 06).

A aveia contribui com pequena quantidade de vitaminas na dieta, destacando as do complexo B e vitamina E. O grão apresenta em média por 100g, 0,67mg de tiamina, 0,14mg de riboflavina, 0,98mg de niacina, 1,48mg de ácido pantotênico e 3mg de vitamina E (SHUKLA, 1975).

Os teores de vitamina E (tocoferóis totais) variaram entre 2,46 e 6,45mg/100g nos cultivares estudados. Os maiores valores foram observados no UFRGS-14, seguido de UPF-16 e UPF-15 (Tabela 07).

Assume-se que uma dieta com elevados teores de ácidos graxos poliinsaturados, geralmente, contém maiores concentrações de  $\alpha$ -tocoferol, desde que a razão de  $\alpha$ -tocoferol: ácido linoléico permaneça em uma faixa adequada. Tal posição foi baseada no fato de que as mais importantes fontes de ácido linoléico (óleos vegetais) são boas fontes de  $\alpha$ -tocoferol (PARKER, 1989). Entre os cultivares estudados, o UFRGS-14 apresentou maior conteúdo de ácido linoléico e vitamina E (Tabelas 07 e 11).

O UPF-15 apresentou maior teor de tiamina enquanto que CTC-03 e UPF-16 não apresentaram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) e foram inferiores aos demais cultivares. Em relação à riboflavina o UFRGS-14 apresentou menor teor. Já nos demais cultivares estudados não foram verificadas variações (Tabela 07).

As vitaminas adicionadas aos alimentos são facilmente quantificadas, porém, aquelas naturalmente presentes são de difícil determinação devido às dificuldades na extração das mesmas (CARVALHO, 1988). Observa-se que os teores obtidos de tiamina, riboflavina e niacina dos cultivares estudados estão abaixo do citado em literatura para os produtos de aveia. Isto deveu-se, provavelmente, às metodologias empregadas na determinação das mesmas.

Os minerais encontrados em maiores quantidades nos cultivares UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 foram potássio, fósforo, magnésio, cálcio e sódio



(Tabelas 08 e 09), dados que estão em acordo com os reportados por FROLICH & NYMAN (1988). Em relação à distribuição de minerais no grão de aveia FROLICH & NYMAN (1988) encontraram 31-47% na casca, 15-30% no farelo grosso, 16-22% no farelo fino e 8-47% na farinha. Ao analisar o grão descascado os autores observaram que potássio, fósforo, magnésio e cálcio foram os minerais presentes em maiores concentrações.

Verifica-se que os teores de minerais variaram significativamente entre os cultivares estudados ( $p \leq 0,05$ ), exceto potássio. O teor de magnésio foi 117,5mg, em média, atendendo à 97,9% do recomendado pela RDA (1989). O manganês apresentou teores acima do recomendado, porém, nos demais minerais estudados os valores por 100g de farinha ficaram abaixo do recomendado pela RDA (1989).

Os cultivares estudados apresentaram um balanço de aminoácidos essenciais bom, porém, como nos demais cereais a lisina foi o primeiro aminoácido limitante, seguido de treonina (Tabela 10). Este fato é semelhante ao verificado por EGGUM & GULLORD (1983) e ZARCADAS et alii (1995a).

A concentração de lisina nos cultivares estudados foi 3,81g/16g N, valor abaixo do recomendado pela FAO/WHO/UNU (1985) que é 5,8g/16g N, porém, maior que os 2,9g/16g N encontrados no trigo (MATTERN, 1991), 2,95g/16g N milho (PEDERSEN & EGGUM, 1983c) e 3,52g/16g de N no arroz (PEDERSEN & EGGUM, 1983b).

A treonina foi o segundo aminoácido limitante apresentando uma concentração de 2,7g/16g N entre os cultivares estudados. ROBBINS et alii (1971), estudando a composição química de cultivares de aveia encontraram 3,3g/16g N de treonina, valor ligeiramente inferior aos 3,4g/16g N recomendado pela FAO/WHO/UNU (1985). Os autores não verificaram diferenças significativas entre cultivares quanto aos teores de aminoácidos limitantes.

Já o conteúdo de aminoácidos sulfurados (metionina+cistina) foi 3,77g/16g N, ficando acima dos 2,5g/16g N recomendado pela FAO/WHO/UNU (1985). EGGUM & GULLORD (1983) encontraram para o conteúdo de aminoácidos sulfurados (metionina+cistina) uma concentração de 4,0g/16g N.

Em relação aos demais aminoácidos essenciais observa-se que os cultivares UPF-15, UPF-16 e UFRGS-14 atendem as recomendações de FAO/WHO/UNU (1985). Já o cultivar CTC-03 apresentou teores mais baixos de valina, leucina e histidina, estando os demais aminoácidos em quantidades suficientes.

Com o aumento da concentração de proteína bruta ocorreu um aumento no teor de lisina, embora a correlação não tenha sido significativa ( $r= 0,84$ ), ou seja, aumentando o teor de proteína melhorou o balanço de aminoácidos essenciais, pois a lisina foi o primeiro aminoácido limitante. Para metionina a correlação foi apenas -0,09, portanto não significativa ( $p \leq 0,10$ ). Comportamento semelhante foi verificado por MARUYAMA et alii (1975), porém, HISCHKE et alii (1968), ROBBINS et alii (1971) e EPPENDORFER (1977) encontraram correlações negativas entre os teores de lisina e metionina com a concentração de proteína bruta.

Quanto ao teor de treonina verificou-se uma correlação negativa com o conteúdo de proteínas ( $r= -0,95$ ) e significativa ao nível de 5% ( $p \leq 0,05$ ). Este resultado está em acordo com os obtidos por HISCHKE et alii (1968) e ROBBINS et alii (1971), porém, foi o contrário do verificado por MARUYAMA et alii (1975).

O escore químico deve ser visto como uma forma de identificar, quantificar e prever os fatores limitantes das proteínas, permitindo obter uma idéia do valor nutricional das mesmas (BETSCHART, 1982).

Neste trabalho, os escores químicos apresentaram valores de 62,41-70,68%, sendo o maior no cultivar UFRGS-14, seguido de UPF-15, UPF-16 e CTC-03 (Tabela 10). Estes índices estão acima dos encontrados em trigo, arroz e milho que

foram de 44,3, 56,4 e 50,8%, respectivamente (PEDERSEN & EGGUM, 1983a, 1983b e 1983c).

Os valores médios encontrados para os ácidos graxos totais, insaturados e saturados, nos óleos de aveia estudados foram de 81,05 e 18,96%, respectivamente. Os ácidos graxos palmítico, oléico e linoléico foram encontrados em maiores quantidades, somando cerca de 96% do total, enquanto que mirístico, esteárico e linolênico contribuíram com o restante (cerca de 4%) (Tabela 11). Estes valores estão de acordo com os resultados obtidos por KAHN (1989) e PETERSON (1992).

A composição em ácidos graxos do óleo de aveia é favorável aumentando o seu valor nutricional para humanos (SASTAMOINEN et alii, 1989) devido a alta concentração dos ácidos graxos essenciais, linoléico e linolênico, totalizando em média, 42,9%, nos cultivares estudados. O ácido linoléico, mesmo não sendo utilizado diretamente para fins estruturais, é importante na formação das estruturas mielínicas e indispensável para o crescimento humano, particularmente o tecido nervoso, onde pode servir de precursor na biossíntese de vários ácidos graxos poliinsaturados (TAHIN, 1985).

O alto conteúdo dos ácidos oléico e linoléico resultam numa relação favorável de ácidos graxos insaturados para ácidos graxos saturados, ficando em torno de 3,0. Este índice é superior ao mínimo recomendado pelos órgãos de saúde (1,0) e acrescentado de suas propriedades antioxidantes, sugere-se o emprego de aveia em dietas para diminuir os níveis de colesterol sanguíneo (LOCKHART & HURT, 1986).

Estudos recentes demonstraram que os ácidos graxos insaturados juntamente com as fibras alimentares solúveis possuem o mesmo efeito quanto a redução de colesterol total, lipoproteína de baixa (LDL) e muito baixa (VLDL) densidade (CHAN et alii, 1991; HAYES & KHOSLA, 1992).

## 5.2 - Valor Nutritivo das Proteínas

### 5.2.1 - In vitro

Não é suficiente que a proteína apresente os aminoácidos em quantidades e proporções adequadas para atender os requerimentos dos vários organismos que necessitam dessa proteína como fonte de nitrogênio e de aminoácidos essenciais. É necessário que os aminoácidos, particularmente os essenciais, estejam biodisponíveis. Os aminoácidos são considerados biodisponíveis quando absorvidos em sua forma metabolicamente ativa, podendo desempenhar suas funções específicas nos vários tecidos e órgãos. Define-se, portanto, como biodisponível a fração do total de um aminoácido ingerido como parte da proteína, que é absorvida em forma metabolicamente ativa e utilizável pelo organismo (SGARBIERI, 1996).

Quanto a lisina disponível dos cultivares estudados, os valores variaram entre 2,90 e 3,49g/16g N, representando em média, uma porcentagem de disponibilidade de 86,77. Estes valores estão abaixo dos 98% encontrados por CARPENTER et alii (1989) ao estudar a lisina disponível em aveia, provavelmente, devido às diferenças na extração e metodologias usadas, as quais não foram as mesmas. Porém, os valores encontrados nos cultivares estudados são comparáveis aos 90,8% de trigo, 91% de milho e levemente inferiores aos 94% de cevada (TAVERNER & FARREL, 1981a). O maior teor de lisina disponível foi verificado no UFRGS-14, mostrando estar melhor balanceado em relação aos aminoácidos, quando comparado com os cultivares UPF-16, UPF-15 e CTC-03 (Tabela 12).

No estudo do valor nutricional das proteínas, a determinação de lisina disponível é muito importante, juntamente com a de lisina total. Também está estabelecido que a lisina deve ter um grupo epsilon amino livre para ser biologicamente disponível (EKLUND, 1976). Em muitos alimentos a lisina é limitante não só pela pequena quantidade incorporada à proteína durante a biossíntese, mas também devido às reações químicas secundárias e fatores como luz,

calor, álcali e açúcares redutores, que a tornam nutricionalmente indisponível (HOLGUIN & NAKAI, 1980).

A utilização de índices calculados a partir da composição aminoacídica, corrigidos pela digestibilidade e/ou pela biodisponibilidade dos aminoácidos essenciais é atualmente indicado pelo "Codex Committee on Vegetable Proteins"(CCVP) da FAO/WHO (1984 e 1989) como modo mais adequado de avaliar a qualidade protéica de proteínas alimentares.

O índice de aminoácidos essenciais de Oser, modificado por Mitchell (MEAAI) foi determinado em 48 proteínas alimentares a partir de ensaios com ratos, porcos e cães em crescimento, apresentando uma excelente correlação ( $r=0,95$ ) com o valor biológico verdadeiro (SHEFFNER, 1967).

Neste trabalho o MEAAI variou entre 59,48 e 70,34, sendo superior nos cultivares UFRGS-14 e UPF-16 (Tabela 13), fato atribuído ao melhor perfil de aminoácidos essenciais, quando comparados com UPF-15 e CTC-03 (Tabela 10). Estes valores ficaram abaixo dos reportados por ZARCADAS et alii (1995a), que foram 86,9 a 91,1%, ao estudar o valor nutricional de dois novos cultivares de aveia de altos teores de proteína, desenvolvidos no Canadá.

O MEAAI, diferentemente de escore químico, estima o valor biológico da proteína em estudo, considerando todos os aminoácidos essenciais em relação a proteína de referência do ovo. Neste estudo para o cálculo do escore químico foi utilizado como proteína referência o padrão da FAO/WHO/UNU (1985) e considerado somente a relação encontrada para o aminoácido mais limitante. Além disso, deve-se ressaltar que a proteína do ovo apresenta um perfil de aminoácidos essenciais superior ao recomendado pela FAO/WHO/UNU (1985), para crianças de dois a cinco anos. Tanto na avaliação de escore químico quanto de MEAAI o cultivar UFRGS-14 foi superior, porém, este comportamento se alterou em relação aos demais estudados (Tabelas 10 e 13).

Segundo PELLET & YOUNG (1980), os escores aminoacídicos devem ser comparáveis à fração de nitrogênio absorvido e efetivamente retido no organismo, ou seja, ao valor biológico (VB). Afirmam que, particularmente nas proteínas de origem vegetal, é possível obter uma estimativa do quociente de utilização líquida da proteína (NPU), fração do nitrogênio ingerido que é retido pelo organismo, multiplicando-se o MEAAI pela digestibilidade *in vitro*. Assim, o produto da digestibilidade *in vitro* dos cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CT-03 e UFRGS-14 foi multiplicado pelo MEAAI correspondente e empregado para estimar o coeficiente de utilização protéica líquida calculado (NPU-C) de cada um deles.

Observa-se que UFRGS-14 e UPF-16 não apresentaram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) quanto ao NPU-C e foram significativamente superiores aos demais cultivares. Os valores variaram entre 55,83 e 64,76%, sendo atribuído basicamente ao comportamento de MEAAI, já que a digestibilidade *in vitro* não apresentou diferenças significativas (Tabelas 13 e 16).

Os índices de NPU-C e NPUa apresentaram um comportamento semelhante no cultivar UFRGS-14, ou seja, ambos foram superiores. Porém, nos demais cultivares estudados a tendência observada não foi a mesma, razão da não existência de correlação entre estes dois indicadores.

Em função de fatores como a inadequação do quociente de eficiência protéica (PER) e de outros ensaios biológicos, melhorias feitas nos métodos de análises de aminoácidos, digestibilidade de proteínas e da disponibilidade de dados de digestibilidade verdadeira da proteína e dos aminoácidos individuais em grande variedade de alimentos, o grupo de estudo "Codex Committee on Vegetable Proteins" (CCVP) da FAO/WHO tem recomendado a digestibilidade da proteína correlacionado com escore químico (PDCAAS) como adequado para prever a qualidade protéica de alimentos em humanos (SARWAR & McDONOUGH, 1990).

Segundo a FAO/WHO (1990) a digestibilidade da proteína correlacionada com o escore químico (PDCAAS) é considerado um índice mais apropriado e regular para avaliar a qualidade da proteína em alimentos e fórmulas infantis. O índice utiliza os requerimentos dos aminoácidos essenciais para humanos, sendo mais apropriado quando comparado com os ensaios em animais comumente usados para prever a qualidade da proteína dos alimentos.

Esta metodologia se baseia em três parâmetros para avaliar a qualidade da proteína: perfil de aminoácidos essenciais nos alimentos protéicos, digestibilidade e a habilidade de suprir o total dos aminoácidos essenciais requeridos em humanos. Como os requerimentos de aminoácidos em humanos variam com o crescimento, é recomendável que no cálculo de escore químico sejam usados os requerimentos para crianças de dois a cinco anos de idade (HENLEY & KUSTER, 1994).

Nos cultivares de aveia estudados a variação de PDCAAS foi entre 53,80 e 64,15%, tendo o UFRGS-14 o maior valor, seguido de UPF-15, UPF-16 e CTC-03 (Tabela 13). Este fato foi devido às variações ocorridas no escore químico, pois, o índice de digestibilidade verdadeira da proteína foi o mesmo para todos os tratamentos. Em geral, os resultados encontrados foram semelhantes aos reportados por outros autores (FAO/WHO, 1989, ZARCADAS et alii, 1995a e 1995b). Porém, superiores aos PDCAAS de trigo e glúten que foram de 40 e 26%, respectivamente (SARWAR, 1987).

Tradicionalmente a digestibilidade da proteína é medida através de ensaios com ratos, mas com o objetivo de reduzir tempo e custo desta determinação, têm-se estabelecido procedimentos *in vitro* capazes de substituir os métodos *in vivo* (SWAISGOOD & CATIGNANI, 1991).

AKESON & STAHRMAN (1964) comprovaram que o sistema enzimático pepsina-pancreatina permite excelente correlação com os resultados *in vivo* e tem

sido empregado para a determinação da digestibilidade *in vitro* em diversos alimentos, com bons resultados.

Na determinação da digestibilidade *in vitro* não se observou diferenças entre os cultivares estudados, os quais foram significativamente inferiores ( $p \leq 0,05$ ) à caseína. Os valores foram em média, 90,5%, ficando abaixo dos resultados da digestibilidade aparente *in vivo*.

### 5.2.2 - *In vivo*

Os animais apresentaram ganho de peso e balanço nitrogenado positivo ao fim dos sete dias de balanço. Não houve diferença estatística no nitrogênio ingerido pelos animais alimentados com dieta de aveia como única fonte protéica, entre os cultivares estudados e a dieta controle, porém, o nitrogênio retido pelos ratos alimentados com dietas do cultivar UFRGS-14 e controle diferiu significativamente ( $p \leq 0,05$ ) dos demais cultivares (Tabela 14).

Em relação ao nitrogênio excretado nas fezes observou-se que as maiores perdas foram para os cultivares UPF-15 e UPF-16 e a menor para o cultivar UFRGS-14 quando comparados com a dieta controle. Isto deveu-se, provavelmente, ao alto teor de fibra nas dietas testes, que foi de 11,12%, em média. Na dieta controle, por outro lado, o teor de fibra foi apenas 2%. Quanto ao nitrogênio excretado na urina não foram verificadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os cultivares UPF-15, CTC-03 e UFRGS-14 da dieta controle, apenas o UPF-16 foi inferior.

Com relação a digestibilidade aparente da proteína constatou-se que o cultivar UFRGS-14 foi o que obteve maior valor, 85,67%, seguido de CTC-03, UPF-15 e UPF-16, representando 91,3% de digestibilidade quando comparado com a dieta controle (Tabela 15).



A digestibilidade contribui para a biodisponibilidade dos aminoácidos contidos na proteína, o que pode justificar a melhor digestibilidade do cultivar UFRGS-14, pois, este apresentou um melhor perfil de aminoácidos essenciais e uma maior quantidade de lisina disponível quando comparado com os cultivares UP-15, UPF-16 e CTC-03.

HERNÁNDEZ et alii (1984) estudaram a digestibilidade aparente de trigo, arroz e milho encontrando valores de 77,1%, 67,6% e 80,7%, respectivamente. Baseado nestes resultados observa-se que a digestibilidade aparente dos cultivares de aveia estudados, com 82,62%, em média, foi superior ao trigo, arroz e milho, mas semelhante aos 82% obtidos por SARWAR et alii (1989a) ao estudar a digestibilidade aparente de aveia.

WOLZAK et alii (1981), analisando farinha de milho, arroz, farinha de trigo e trigo integral encontraram uma digestibilidade aparente *in vivo* levemente superior quando comparada com a digestibilidade *in vitro*. Os autores verificaram a existência de correlação entre os métodos *in vivo* e *in vitro* ( $r=0,683$ ,  $p\leq 0,01$ ,  $n=23$ ). Neste estudo não foi verificada correlação significativa ( $p\leq 0,05$ ) entre as digestibilidades *in vitro* e *in vivo*, provavelmente, devido ao baixo número de amostras usados nos experimentos ( $r=0,86$ ,  $n=4$ ).

O valor biológico aparente variou entre 78,78 e 81,42% (Tabela 15) e não foram verificadas diferenças significativas ( $p\leq 0,05$ ) entre os cultivares estudados e a dieta controle. Estes resultados estão acima dos observados por KJAERGAARD & BRUZELIUS (1979) e EGGUM et alii (1989) que foram 72,7 e 74,8%, respectivamente. Ao comparar com os demais cereais verifica-se que os dados do presente experimento foram ainda maiores. PEDERSEN & EGGUM (1983a, 1983b e 1983c) encontraram para trigo, arroz e milho um valor biológico de 61,3, 64,4 e 61,7%, respectivamente. Esta diferença seria, provavelmente, devido ao maior teor

de lisina e a menor porcentagem de fibra insolúvel da aveia quando comparado com os demais cereais, já que estes índices são para o produto integral.

Em relação ao NPUa observa-se que a dieta de caseína foi significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) quando comparado com as dietas testes, as quais não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 15). O valor médio encontrado para o NPUa foi 66,08%, estando abaixo dos 70,8 e 70,2% observados por EGGUM & GULLORD (1983) e EGGUM et alii (1989), respectivamente, mas superior ao NPUa dos demais cereais como trigo, arroz e milho, que foi 58,9, 63,9 e 56,2%, respectivamente (PEDERSEN & EGGUM, 1983a, 1983b e 1983c).

O NPUa teste/NPU caseína variou 87,12 e 89,60%, sendo o maior índice obtido para o cultivar UFRGS-14, seguido de CTC-03 e UPF-15 (Tabela 15). Estes valores estão altos o que mostra a boa qualidade nutricional das proteínas testadas.

Em relação à determinação dos índices de qualidade protéica por ensaios biológicos, a contaminação das fezes por ração espalhada pelo animal além dos limites toleráveis, pode resultar em superestimação do teor de nitrogênio fecal, com a conseqüente redução dos índices de digestibilidade e NPUa. Neste caso, o valor biológico não é afetado, uma vez que relaciona apenas a proporção do nitrogênio retido em relação ao nitrogênio absorvido, desconsiderando, portanto, o nitrogênio excretado nas fezes. Os baixos valores obtidos para os índices de digestibilidade aparente e NPUa neste estudo, possivelmente, ocorreram em função do exposto acima.

O consumo de proteína dos ratos alimentados com caseína foi significativamente superior às dietas dos cultivares UPF-16 e CTC-03, porém, não diferiu de UPF-15 e UFRGS-14. Em relação ao ganho de peso as dietas contendo os cultivares não apresentaram diferenças, sendo significativamente inferiores ( $p \leq 0,05$ ) à dieta controle (Tabela 16).

Quanto ao quociente de eficiência protéica observa-se que o comportamento foi semelhante ao verificado no ganho de peso. Isto deveu-se, provavelmente, ao melhor balanço de aminoácidos essenciais da caseína, quando comparado com a proteína dos cultivares de aveia. O PER corrigido variou de 2,04 a 2,08 nos cultivares estudados (Tabela 17) e está acima do verificado por SARWAR et alii (1989b) que foi de 1,8, porém, menor que o encontrado por HISCHKE et alii (1968), que obtiveram um valor de 2,30 (variação entre 2,25-2,38) ao estudar o valor nutricional de sete cultivares de aveia. Já os cereais milho, arroz e trigo apresentaram um PER corrigido de 1,2, 1,7 e 1,5, respectivamente (LOCKHART & HURT, 1986).

SOSULSKI et alii (1985), estudando o valor nutritivo da proteína de aveia em ratos verificaram que nos animais alimentados com 8% de proteína o ganho de peso foi 50% menor que a dieta de caseína. Em relação ao PER, os cultivares de aveia corresponderam a 64% do PER da caseína. Ao ajustar o teor protéico para 13%, o ganho de peso dos animais foi maior e o PER correspondeu a 82,5% do PER da caseína.

### **5.3 - Fracionamento das Proteínas de Aveia e Eletroforese**

Separadas com base na solubilidade característica, inerente a cada grupo protéico dos grãos de aveia, as frações globulina e prolamina apresentaram em média, um grau de pureza de 96,9 e 53,6%, respectivamente. Já a fração albumina apresentou uma pureza de 36,15% e a glutelina 34,10%. Isto seria devido, provavelmente, as condições empregadas na extração destas proteínas, capazes de solubilizar componentes não protéicos presentes na farinha de aveia, como açúcares, amido, fibras entre outros (Tabela 19).

Analisando as Figuras 04 e 05 verifica-se que a glutelina foi a fração extraída em maior quantidade em todos os cultivares estudados. Este comportamento pode ser atribuído a incompleta extração das demais frações, especialmente globulina,

uma vez que vários trabalhos citam esta como a maior fração protéica de aveia, em torno de 50 a 56% (PETERSON, 1976), porém, neste estudo o valor encontrado foi 21,40%, em média.

As variações observadas na extração das frações albumina e prolamina dos cultivares de aveia estudados estão de acordo com os dados de literatura (MA & HARWALKAR, 1984).

A aveia e o arroz apresentam baixas concentrações da fração prolamina e altas da globulina quando comparado com os demais cereais. Na aveia o conteúdo da fração prolamina variou entre 7 e 13%, a albumina entre 10 e 19%, a globulina entre 52 e 56% e a glutelina entre 21 e 27% em relação ao total de proteína do grão (PETERSON, 1976). Em estudo mais recente ROBERT et alii (1983a) encontrou 70 a 80% do total de proteína na fração globulina. GALLE et alii (1988) conseguiram uma extração de 13,6% de globulina, 3,6% de albumina, 6,5% de prolamina e 25,8% de glutelina. Neste trabalho as porcentagens extraídas das frações globulina, albumina, prolamina e glutelina foram 21,4, 10,8, 12,7 e 44,6%, respectivamente.

Com base na análise dos perfis eletroforéticos obtidos, verifica-se que não houve diferenças na faixa de pesos moleculares entre os cultivares de aveia UPF-15, UPF-16, CTC-03 e UFRGS-14 estudados (Figuras 07, 08, 09 e 10).

Os perfis eletroforéticos da fração globulina apresentaram três grupos de proteínas. Os polipeptídios de pesos moleculares entre 50-67 kDa são representados por globulinas não dissociadas enquanto que os polipeptídios com pesos moleculares entre 33-43 e 21-25 kDa são subunidades ácidas e básicas, respectivamente. Estes resultados foram semelhantes aos verificados por BRINEGAR & PETERSON (1982), ROBERT et alii (1983b) e GALLE et alii (1988).

Quanto aos perfis eletroforéticos da fração albumina verifica-se que os polipeptídios apresentaram pesos moleculares variando entre 14 e 42 kDa. Já as bandas eletroforéticas da fração prolamina revelaram pesos moleculares entre 17 e

37 kDa. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por ROBERT et alii (1983b) e GALLE et alii (1988).

Na fração glutelina foram observados dois grandes grupos de proteínas com pesos moleculares de 25, 33 a 42 kDa. A presença de bandas com pesos moleculares entre 14 e 16 e 45 e 55 kDa indicam, provavelmente, contaminação por polipeptídios das demais frações, especialmente globulina. ROBERT et alii (1983a) encontraram pesos moleculares entre 25 e 43 kDa, o mesmo verificado por GALLE et alii (1988).

## 6 - CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que:

- 1 -Os cultivares de aveia UPF-15, UPF,16, CTC-03 e UFRGS-14 confirmam o bom valor nutritivo e a presença de quantidades relativamente elevadas de proteínas e lipídios em sua composição química. Os teores de fibra alimentar solúvel e insolúvel foram relativamente altos também, e por conseqüência, o de amido foi baixo quando comparado aos demais cereais.
- 2 -A composição em aminoácidos das proteínas dos cultivares de aveia estudados foi adequada e comparável com o padrão teórico da FAO/WHO/UNU, porém, a lisina foi o primeiro aminoácido limitante, seguido da treonina.
- 3 -O óleo de aveia dos cultivares estudados apresentou uma relação de ácidos graxos insaturados para ácidos graxos saturados de 4,27:1. Linoléico, oléico e palmítico representaram 96% do total de ácidos graxos presentes.
- 4 -O cultivar de aveia UFRGS-14 apresentou o maior teor de proteína bruta e o melhor balanço aminoacídico. Neste cultivar também foram obtidos os maiores índices de aminoácidos essenciais (MEAAI), escore químico, digestibilidade correlacionada com escore químico (PDCAAS), coeficiente de utilização protéica líquida calculado (NPU-C), contribuição energética das proteínas totalmente utilizáveis da dieta (NDPCal) e digestibilidade aparente quando comparado com UPF-15, UPF-16, CTC-03.

- 5 - O cultivar UPF-16 apresentou o maior porcentagem de disponibilidade de lisina.
- 6 -Os cultivares estudados não apresentaram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) quanto aos índices de digestibilidade *in vitro*, valor biológico aparente, quociente de utilização líquida aparente da proteína (NPUa) e quociente de eficiência protéica (PER).
- 7 -O UPF-15 diferiu dos demais cultivares quanto ao fracionamento com base na solubilidade das proteínas apresentando taxas de extração relativamente maiores de glutelina e menores de globulina e prolamina. A glutelina foi a fração extraída em maior quantidade, seguida de globulina, prolamina e albumina, perfazendo um total de 89,5%, em média.
- 8 -Os cultivares de aveia foram semelhantes em relação aos perfis eletroforéticos, frações globulina, albumina, prolamina e glutelina, obtidos por eletroforese em gel de poliacrilamida contendo dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE). A globulina foi a fração com maior variação de peso molecular, seguida de prolamina, glutelina e albumina.
- 9 -Mesmo não ocorrendo grandes diferenças entre as aveias estudadas, os resultados são conclusivos quanto a superioridade do UFRGS-14 quanto as características químicas e nutricionais.

## 7 - ANEXO DE TABELAS

Tabela 1a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação de proteínas, lipídios, cinzas, umidade e energia

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios				
		Proteína	Lipídios	Cinzas	Umidade	Energia
Tratamentos	3	3,64**	0,88**	0,051**	0,058ns	78,68**
Resíduo	8	0,13	0,037	0,00095	0,14	0,19
C.V. (%)		2,43	2,71	1,71	3,57	0,10

ns- não significativo ( $p \leq 0,05$ );

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ ).

Tabela 2a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação de fibra alimentar total, fibra alimentar solúvel, fibra alimentar insolúvel, açúcares e amido

F.de variação	G.L.	Quadrados médios				
		Fibra total	F. solúvel	F.insolúvel	Açúcares	Amido
Tratamentos	3	2,74*	2,74*	1,838**	157361*	3,73*
Resíduo	8	0,446	0,109	0,165	2839	0,714
C.V. (%)		8,13	9,74	8,44	4,74	1,50

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ );

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ ).

Tabela 3a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação de nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio fecal (NF), nitrogênio urinário (NU) e nitrogênio retido (balanço de nitrogênio - BN)

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios			
		NI	NF	NU	BN
Tratamentos	4	1364**	879**	405*	1752**
Blocos	6	2490	49	152	1125
Resíduo	24	390	30	87	301
C.V. (%)		8,92	16,41	25,00	11,45

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ );

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ ).



Tabela 4a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação de digestibilidade aparente (Da), valor biológico aparente (VBa) e utilização líquida da proteína aparente (NPUa)

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
		Da	VBa	NPUa
Tratamentos	4	201,63**	8,97ns	114,58**
Blocos	6	3,57	4,57	9,72
Resíduo	24	4,40	13,16	9,58
C.V. (%)		2,47	4,50	4,56

ns- não significativo ( $p \leq 0,05$ );

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ ).

Tabela 5a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação de consumo de ração, consumo de proteína, ganho de peso e quociente de eficiência protéica

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios			
		Consumo ração	Consumo proteína	Ganho de peso	PER
Tratamentos	4	2416**	72,08**	2006**	0,40**
Blocos	6	5343	59,03	574	0,025
Resíduo	24	600	6,89	95	0,016
C.V. (%)		7,10	7,22	10,48	5,05

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ ).

Tabela 6a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação de digestibilidade *in vitro* e de energia das dietas

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios	
		Digestibilidade <i>in vitro</i>	Energia das dietas
Tratamentos	4	39,97**	124,63**
Resíduo	10	6,56	0,58
C.V. (%)		2,78	0,18

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

Tabela 7a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação dos minerais cálcio, fósforo, potássio, sódio e magnésio

F.de variação	G.L.	Quadrados médios				
		Cálcio	Fósforo	Potássio	Sódio	Magnésio
Tratamentos	3	0,000094* *	0,0166**	0,0030ns	0,00019*	0,00042**
Resíduo	8	0,0000035	0,0056	0,0010	0,000064	0,00014
C.V. (%)		4,26	2,35	4,99	14,43	2,61

ns- não significativo ( $p \leq 0,05$ );

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ );

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ ).

Tabela 8a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação dos minerais ferro, zinco, manganês, cobre e bário

F.de variação	G.L.	Quadrados médios				
		Ferro	Zinco	Manganês	Cobre	Bário
Tratamentos	3	12,56*	31,91*	263,33*	6,95*	1,28*
Resíduo	8	4,19	10,64	87,77	2,32	0,43
C.V. (%)		2,82	3,05	5,09	6,60	4,47

ns- não significativo ( $p \leq 0,05$ );

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ );

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ ).

Tabela 9a. Resumo das análises de variância e coeficiente de variação de índice médio dos aminoácidos essenciais (MEAAI), digestibilidade da proteína correlacionado com escore químico (PDCAAS) e coeficiente de utilização líquida calculado (NPU-C)

F.de variação	G.L.	Quadrados médios		
		MEAAI	PDCAAS	NPU-C
Tratamentos	3	78,93**	83,93**	50,85**
Resíduo	8	10,15	0,80	2,06
C.V. (%)		4,85	1,52	2,37

ns- não significativo ( $p \leq 0,05$ );

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ ).

## 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC - AMERICAN ASSOCIATION CEREAL CHEMISTS. **Approved methods.** 8. ed., Saint Paul, 1983.
- AIN-76 - Report of the Institute of Nutrition Ad Hoc Committee on Standards for nutritional Studies. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.107, n.7, p.1340-1348, 1977.
- AIN-93 - Report of the Institute of Nutrition Ad Hoc Committee on Standards for nutritional Studies. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.123, n.11, p.1939-1951, 1993.
- AKESON, N. R.; STAHMANN, M. A. A pepsin-pancreatin digested index of protein quality and evaluation. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.83, p.257-261, 1964.
- AMAN, P.; HESSELMAN, K. Analysis of starch and other main constituents of cereal grains. **Swedish Journal of Agricultural Research**, Uppsala, v.14, p.135-139, 1984.
- ANDERSON, J.W. Physiological and metabolic effects of dietary fiber. **Federation Proceedings**, Washington, v.44, n.14, p.2902-2906, 1985.
- ANDERSON, J. W.; CHEN, W. L. Cholesterol-lowering properties of oats products. In: WEBSTER, F. H. **Oats chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. p. 309-333.
- ANDERSON, J.W.; GUSTAFSON, N.J. Dietary fiber in disease prevention and treatment. **Comprehensive Therapy**, Ayer, v.13, n.1, p.43-53, 1987a.
- ANDERSON, J.W.; GUSTAFSON, N.J. High-carbohydrate, high-fiber diet. **Postgraduate Medicine**, Minneapolis, v.82, n.4, p.40-50, 1987b.
- ANDERSON, J.W.; ANDERSON, L.A; DIBBLE, M.V.; TURKKI, P.R.; MITCHELL, H.S.; RYNBERGEN, H.J **Nutrição**. Trad. Nadia M. F. Truggo. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. Cap.10, p.179-187. (Original em Inglês)
- ANGELUCCI, E.; MANTOVANI, D.M.B. **Minerais em Alimentos: manual técnico**, Campinas: ITAL/SBCTA, 1986. 131p.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12 ed. Washington, 1975.

- AOCS - AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices**. 3. ed., Champaign, 1988.
- ASP, N.-G.; JOHANSSON, C.-G.; HALLMER, H.; SILJESTROM, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal Agriculture of Food Chemistry**, Washington, v. 31, n.3, p.476-482, 1983.
- ASP, N.-G.; MATTSSON, B.; ONNING, G. Variation in dietary fibre,  $\beta$ -glucan, starch, protein, fat and hull content of oats grown in Sweden 1987-1989. **European Journal Clinical Nutrition**, London, v.46, n.1, p.31-37, 1992.
- ASPINALL, G.O.; CARPENTER, R.C. Structural investigations on the non-starch polysaccharides of oat bran. **Carbohydrate Polymers**, Linton, v.4, n.4, p.271-282, 1984.
- BECKER, R.; HANNERS, G. Carbohydrate composition of cereal grains. In: LORENZ, K.J., KULP, K. **Handbook of Cereal Science and Technology**, New York: Marcel Dekker, Inc., 1991. p.469-496.
- BETCHEL, D.B.; POMERANZ, Y. Ultrastructure and cytochemistry of mature oat (*Avena sativa*, L.) endosperm. The aleurone layer and starchy endosperm. Saint Paul, **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.58, n. 1, p. 61-69, 1981.
- BETSCHART, A. Protein content and quality of cereal grains and selected cereal foods. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.27,n.9, p.395-401, 1982.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiology**, Ottawa, v.37, p.911-917, 1959.
- BRESSANI, R.; WILSON, D.L.; CHUNG, M.; BÉHAR, M.; SCRIMSHAW, N.S. Supplementation of cereal proteins with amino acid VI Effect of amino acid supplementation of rolled oats as measured by nitrogen retention in young children. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.91, p.399-404, 1963.
- BRINEGAR, A.C.; PETERSON, D.M. Separation and characterization of oat globulin polypeptides. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v.219, n.1, p.71-79, 1982.
- BROWN, C. M.; CRADDOCK, J. C. Oil content and groat weight of entries in the world oat collection. **Crop Science**, Madison, v.12, n.3, p.514-515, 1972.
- BURGESS, S. R.; SHEWRY, P. R.; MATLASHEWSKI, G. J.; ALTOSAAR, I.; MIFLIN, B. J. Characteristics of oat (*Avena sativa*, L.) seed globulins. **Journal Experimental Botany**, Irvington, v.34, n.147, p.1320-1332, 1983.

- CARPENTER, K.J.; STEINKE, F.H.; CATAGNANI, G.L.; SWAISGOOD, H.E.; ALLRED, M.C.; MacDONALD, J.L.; SCHELSTRAETE, M. The estimation of "available lysine" in human foods by three chemical procedures. **Plant Foods for Human Nutrition**, The Hague, v.39, n.1, p.129-135, 1989.
- CARVALHO, F.I.; BARBOSA, J.F.; FLOSS,E.L.; FERREIRA FILHO, A.W.; FRANCO, F.A.; FEDERIZZI, L.C.; NODARI, R.O. Potencial genético da aveia, como produtora de grãos, no sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.71-82, 1987.
- CARVALHO, P.R.N. **Análises químicas de vitaminas em alimentos: manual técnico**. Campinas: ITAL, 1988. 108p.
- CHAN, J.K.; BRUCE, V.M.; McDONALD, B.E. Dietary  $\alpha$ -linolenic acid is as effective as oleic acid and linoleic acid in lowering blood cholesterol in normolipidemic men. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.55, n.5, p.1230-1234, 1991.
- COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. 2. ed. New York: Jonh Wiley, 1964. p. 335-370.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E.S.; STRONG, F.C. Determination of tocopherol (Vitamina E) by redution of cupric ion. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v.65, n.5, p.1215-1221, 1982.
- DRAPER, S. R. Amino acid profiles of chemical and anatomical fractions of oat grains. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.24, n.11, p.1241-1250, 1973.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH,F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.28, n.3, p.350-356, 1956.
- EGGUM, B. O.; GULLORD, M. The nutritional quality of some oat varieties cultivated in Norway. **Qualitas Plantarum Plant Foods Human Nutrition**, The Hague, v.32, n.1, p.67-73, 1983.
- EGGUM, B.O.; HANSEN, I.; LARSEN, T. Protein quality and digestible energy of selected foods determined in balance trials with rats. **Plant Foods for Human Nutrition**, The Hague, v.39, n.1, p.13-21, 1989.
- EKLUND, A. On the determination of available lysine in casein and rapeseed protein concentrates using 2,4,6-trinitrobenzenesulphonic acid (TNBS) as a reagent for free epsilon amino group of lysine. **Analytical Biochemistry**, New York, v.70, n.2 ,p. 434-439, 1976.

- EPPENDORFER, W. H. Nutritive value of oat and rye grain protein as influenced by nitrogen and amino acid composition. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.28, n.2, p.152-156, 1977.
- EPPENDORFER, W.H. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium on amino acid composition and on relationships between nitrogen and amino acids in wheat and oat grain. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.29, n.12, p.995-1001, 1978.
- FAO/WHO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION. Codex Alimentarius Commission Document. Linorm 85-30 Working Groups Report to the Third Session of Codex Committee on Vegetable Proteins (CCVP) on Methods for Evaluating Protein Quality. Roma, 1984.
- FAO/WHO/UNU - Energy and protein requirements; FAO/WHO nutrition meetings. Geneva: Food and Agriculture Organization/World Health Organization, 1985. Report series 724.
- FAO/WHO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION. Codex Alimentarius Commission Document. Linorm CX/VP 89/4 Working Groups Report to the Fifth Session of Codex Committee on Vegetable Proteins (CCVP) on Methods for Evaluating Protein Quality. Ottawa, 1989.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/ WORLD HEALTH ORGANIZATION. Protein Quality Evaluation. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Roma, 1990.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Statistical production yearbook**. New York, 1992.
- FDA - FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Appendix B of the nutrition labeling regulations. **Federal Register**, Washington, v.58, n.3, p.2193-2195, Jan., 6th, 1993.
- FRIGG, M. Bio-availability of biotin in cereals. **Poultry Science**, Champaign, v.55, n.6, p.2310-2318, 1976.
- FROLICH, W.; NYMAN, M. Minerals, phytate and dietary fibre in different fractions of oat-unique grain. **Journal of Cereal Science**, New York, v.7, n.1, p.73-82, 1988.
- FULCHER, R.G.; O'BRIEN, T.P.; WONG, S.I. Microchemical detection of niacin, aromatic amine, and phytin reserves in cereal bran. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.58, n.3, p.130-135, 1981.

- FULCHER, R.G. Morphological and chemical organization of the oat kernel. In: WEBSTER, F. **Oats chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. p. 47-74.
- GALLE, A-M.; SALLANTIN, M.; PERNOLLET, J-C. Influence of ionic strength on the extraction of oat seed storage proteins. **Plant Physiology and Biochemistry**, Oxford, v.26, n.6, p.733-739, 1988.
- HARTMAN, L.; LAGO, R. C. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, London, v.22, n.8, p.475-476, 1973.
- HAYES, K.C.; KHOSLA, P. Dietary fatty acid thresholds and cholesterolemia. **FASEB Journal**, Bethesda, v.6, n.8, p.2600-2607, 1992.
- HENLEY, E.C.; KUSTER, J.M. Protein quality evolution by protein digestibility-corrected amino acid scoring. **Food Technology**, Chicago, v.48, n.4, p.74-77, 1994.
- HENRY, R.J. A comparison of the non-starch carbohydrates in cereal grains. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.36, n.12, p.1243-1253, 1985.
- HENRY, R. J.; SAINI, H. S. Characterization of cereal sugars and oligosaccharides. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.66, n.5, p.362-365, 1989.
- HERNÁNDEZ, M.; VEGA, A.; SOTELO, A. Determinacion de la digestibilidad proteinica in vitro e in vivo em cereales y leguminosas crudos y cocidos. **Archivos latinoamericanos de nutricion**, Guatemala, v.34, n.3, p.513-522, 1984.
- HISCHKE, H.H.; POTTER, G.C.; GRAHAM, Jr.W.R. Nutritive value of oat protein. I. Varietal differences as measured by amino acid analysis and rat growth responses. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.45, n.4, p.374-378, 1968.
- HOLGUIN, M.; NAKAI, S. Accuracy and specificity of the dinitrobenzenesulfonate methods for available lysine in proteins. **Journal Food Science**, Chicago, v.45, n.5, p.1218-1222, 1980.
- HOLMAN, W.I.M.; GODDEN, W. The aneurin (vitamin B1) content of oat. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.37, p.51-57, 1947.
- HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and technology**. 2.ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1990. 327p.

- IBGE - **Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Diretoria Técnica, Departamento de Estatísticas Agropecuárias, 1993.
- IMO INDUSTRIES INC. I.C.P. 2000 BAIRD. **Analytical Instruments Division**. Bedford, Massachussets, USA, 1990.
- KAHLON, T.S. Nutritional implications and uses of wheat and oat kernel oil. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.34, n.10, p.872-874, 1989.
- KAKADE, M.L.; LIENER, I.F. Determination of available lysine in protein. **Analytical Biochemistry**, New York, v.27, n.2, p.273-280, 1969.
- KAROW, R.S.; FORSBERG, R.A.; PETERSON, D.M. A comparison of two rapid oat-lipid extraction procedures in terms of fatty-acid profile. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.61, n.2, p.196-197, 1984.
- KARUNAJEEWA, H.; THAM, S.H.; BROUWER, J.B.; BARR, A.R. Lipid and fatty acid composition of oat (*Avena sativa*) cultivars grown in three Australian States. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.48, n.3, p.339-345, 1989.
- KENT, N.L. Oats. In: KENT, N.L. **Tecnology of cereals**. 3.ed. Oxford: Pergamon Press, 1984. p.154-174.
- KIES, C.; PETERSON, M.R.; FOX, H.M. Protein nutritive value of amino acid supplemented and unsupplemented pre-cooked dehydrated oatmeal. **Journal of Food Science**, Chicago, v.37, n.2, p.306-309, 1972.
- KIM, S.I.; CHARBONNIER, L.; MOSSÉ, J. Heterogeneity of avenin, the oat prolamin fractionation, molecular weight and amino acid composition. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 537, n.1, p.22-30, 1978.
- KJAERGAARD, L.; BRUZELIUS, E. Protein for human consumption from oats. **Food Process Engineering**, Finlândia, v.1, n.1, p.856-859, 1979.
- LAN, F.L.; HOLCOMB, I.J.; FUSARI, S.A. Liquid chromatography assay of ascorbic acid, niacinamide, piridoxine, thiamine and riboflavin in multivitamin - mineral preparations. **Journal of Association of Official Analytical Chemisty**, Arlington, v.67, n.5, p.1007-1011, 1984.
- LARA, A.B.W.; NAZÁRIO, G.; ALMEIDA, M.E.W.; PREGNOLATTO, W. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1976. 331p.



- LOCKHART, H.B.; HURT, H.D. Nutrition of oats. In: WEBSTER, F. H. **Oats chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Science, 1986. p. 297-308.
- LUCAS, B.; SOTELLO, A. Effect of different alkalies, temperature and hydrolysis times on tryptophan determination of pure proteins and of foods. **Analytical Biochemistry**, New York, v.107, n.1, p.192-197, 1980.
- MA, C.-Y.; HARWALKAR, V.R. Chemical characterization and functionality assessment of oat protein fractions. **Journal of Agriculture Food and Chemistry**, Washington, v.32, n.1, p.144-149, 1984.
- MacARTHUR, L.A.; D'APPOLONIA, B.L. Comparison of oat and wheat carbohydrates. I. Sugars. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.56, n.5, p.455-457, 1979.
- MacARTHUR-GRANT, L.A. Sugars and nonstarchy polysaccharides in oats. In: WEBSTER, F. H. **Oats chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. p.75-88.
- MARLETT, J.A. Comparisons of dietary fiber and selected nutrient compositions of oat and other grain fractions. In: WOOD, P.J. **Oat Bran**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1993. p.49-82.
- MARUYAMA, K.; SHANDS, H.L.; HARPER, A.E.; SUNDE, M.L. An evaluation of the nutritive value of new high protein oat varieties (cultivars). **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.105, n.8, p.1048-1054, 1975.
- MATTERN, P.J. Wheat. In: LORENZ, K.J., KULP, K. **Handbook of Cereal Science and Technology**. New York: Marcel Dekker, 1991, p.1-53.
- MASON, J.B.; KODICEK, E. The chemical nature of the bound nicotinic acid of wheat bran: studies of partial hydrolysis products. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.50, n.6, p.637-646, 1973.
- MIDDLETON, G.K.; COFFMAN, F.A.; MOSEMAN, J.G.; BELL, F.J. Protein content of certain fall-sown oat varieties. **Agronomy Journal**, Madison, v.46, n.5, p.281-284, 1954.
- MILLER, D.S.; BENDER, A.E. The determination of the net utilization of proteins by a shortened method. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.9, p.382, 1955.
- MITCHELL, H.H. A method of determining the biological value of protein. **Journal Biological Chemistry**, Baltimore, v.58, n.3, p.873-903, 1924.

- MONGEAU, R.; SARWAR, G.; PEACE, R.W.; BRASSARD, R. Relationship between dietary fiber levels and protein digestibility in selected foods as determined in rats. **Plant Foods for Human Nutrition**, The Hague, v.39, n.1, p.45-51, 1989.
- MOORE, S. On determination of cystine as cysteic acid. **Journal Biological Chemistry**, Bethesda, v.238, n.1/3, p.235-237, 1963.
- MORGAN, D.E. Note on variations in the mineral composition of oat and barley grain grown in wales. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.19, p.393-395, 1968.
- MORRISON, W. R. Cereal lipids. In: POMERANZ, Y. **Advances in Cereal Science and Technology**, Saint Paul, v.2, p. 221-288, 1978.
- PARKER, R.S. Dietary and biochemical aspects of vitamin E. In: KINSELLA, J.E., ed. **Advances in food and nutrition research**, v.33. Academic press: London, 1989. p.157-232.
- PATON, D. Oat starch. Part 1. Extraction, purification and pasting properties. **Starch/Stärke**, Stuttgart, v.29, p.149-153, 1977.
- PATON, D. Oat starch: Physical, chemical, and structural properties. In: WEBSTER, F.H. **Oat chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. p.93-120.
- PEDERSEN, B.; EGGUM, B.O. the influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains.2. Wheat. **Qualitas Plantarum Plant Foods Human Nutrition**, The Hague, v.33, n.1, p.51-61, 1983a.
- PEDERSEN, B.; EGGUM, B.O. the influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains.4. Rice. **Qualitas Plantarum Plant Foods Human Nutrition**, The Hague, v.33, n.1, p.267-278, 1983b.
- PEDERSEN, B.; EGGUM, B.O. the influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains.5. Maize.. **Qualitas Plantarum Plant Foods Human Nutrition**, The Hague, v.33, n.1, p.299-311, 1983c.
- PELLET, P.L.; YOUNG, U.R. **Nutritional Evaluation of protein Foods**. Report of a working groups sponsored by the International Union of Nutritional Sciences and the United Nations University World Hunger Programs. Tokyo, The United Nations University, 1980.

- PETERSON, D.M.; SENTURIA, J.; YOUNGS, V.L.; SCHRADER, L.E. Elemental composition of oat groats. **Journal of Agriculture Food and Chemistry**, Washington, v.23, n.1, p.09-13, 1975.
- PETERSON, D. M. Protein concentration of protein fractions, and amino acid balance in oats. **Crop Science**, Madison, v.16, n.5, p.663-666, 1976.
- PETERSON, D.M.; SMITH, D. Changes in nitrogen and carbohydrate fractions in developing oat groats. **Crop Science**, Madison, v.16, n.1, p.67-71, 1976.
- PETERSON, D.M.; BRINEGAR, A.C. Oat storage proteins. In: WEBSTER, F. H. **Oats chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. p.153-197.
- PETERSON, M.P. Composition and Nutritional Characteristics Oat Grain and Product. In: MARSHALL, H.g.; SOLLELLS, M.S. **Oat science and tecnologia**. Madison: American Society of Agronomy, Inc., 1992. p. 266-287.
- PETERSON, D. Oat tocots: concentration and stability in oat products and distribution within the kernel. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.72, n.1, p.21-24, 1995.
- PHARMACIA PHASTSYSTEM. Owners manual laboratory separation division. Uppsala: Pharmacia, 1986.
- POMERANZ, Y.; YOUNGS, V.L.; ROBBINS, G.S. Protein content and amino acid composition of oat species and tissues. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.50, n.6, p.702-707, 1973.
- POMERANZ, Y.; DIKEMAN, E. Minerals and protein contents in hard red winter wheat flours. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.60, n.1, p.80-82, 1983.
- QURESHI, A.A.; BURGER, W.C.; PETERSON, D.M.; ELSON, C.E. The structure of an inhibitor of cholesterol biosynthesis isolated from barley. **Journal Biological Chemistry**, Bethesda, v.261, n.23, p.10544-10550, 1986.
- RDA - RECOMMENDED DIETARY ALLOWANCES. Subcommittee on the Tenth Edition of the RDAs, Food and Nutrition Board, Commission on Life Sciences. Washington: National Academy Press, 1989. 284p.
- RIPSIN, C.M.; KEENAN, J.M. The effects of dietary oat products on blood cholesterol. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v.3, p.137-141, 1992.

- ROBBINS, G.S.; POMERANZ, Y.; BRIGGLE, L. W. Amino acid composition of oat groats. **Journal Agriculture of Food Chemistry**, Washington, v.19, n.3, p.536-539, 1971.
- ROBERT, L.S.; NOZZOLILLO, C.; CUDJOE, A.; ALTOSAAR, I. Total solubilization of groat proteins in high protein oat (*Avena sativa* L. cv. Hinoat): evidence that glutelins are a minor component. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v.16, n.3, p.196-200, 1983a.
- ROBERT, L.S.; MATLASHEWSKI, G.P.; ADELI, K.; NOZZOLILLO, C.; ALTOSAAR, I. Eletrophoretic and developmental characterization of oat (*Avena sativa* L.) globulins in cultivars of different protein content. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.60, n.3, p.231-234, 1983b.
- SAASTAMOINEN, M.; KUMPULAINEN, J.; NUMMELA, E. Genetic and environmental variation in oil content and fatty acid composition of oat. **Cereal Chemistry**, Saint. Paul, v.66, n.4, p.296-300, 1989.
- SAHASRABUDHE, M.R. Lipid composition of oats (*Avena sativa* L.). **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.56, n.2, p.80-84, 1979.
- SARWAR, G. Digestibility of protein and bioavailability of amino acids in foods. **World Review of Nutrition and Dietics**, New York, v.54, p.26-70, 1987.
- SARWAR, G.; PEACE, R.W.; BOTTING, H.G.; BRULÉ, D. Digestibility of protein and amino acid in selected foods as determined by a rat balance method. **Plant Foods for Human Nutrition**, The Hague, v.39, n.1, p.23-32, 1989a.
- SARWAR, G.; PEACE, R.W.; BOTTING, H.G.; BRULÉ, D. Relationship between amino acid scores and protein quality indices based on rat growth. **Plant Foods for Human Nutrition**, The Hague, v.39, n.1, p.33-44, 1989b.
- SARWAR, G.; McDONOUGH, F. E. Evaluation of protein digestibility-corrected amino acid score method for assessing protein quality of food. **Journal Association Official Analytical Chemists**, Arlington, v.73, n.3, p.347-356, 1990.
- SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **User's guide: statistics**. 5 ed. Cary, 1985. 956p.
- SELIGSON, F.H.; MACKEY, L.N. Variable predictions of protein quality by chemical score due to amino acid analysis and reference patter. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.42, n.2, p.682-691, 1984.

- SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento.** São Paulo: Almed, 1987. p.243-261.
- SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: Propriedades, degradação, modificações.** São Paulo: Varela, 1996 p. 337-386.
- SHEFFNER, A.Z. In vitro protein evaluation . In: ALBANESE, A. A. **Newer methods of nutritional biochemistry**, v.3. New York: Academic Press, Inc., 1967. p.125-195.
- SHINNICK, F.L.; LONGACRE, M.J.; INK, S.L.; MARLETT, J.A. Oat fiber: composition versus physiological function in rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.118, n.2, p.144-151, 1988.
- SHINNICH, F.L.; MATHEWS, R.; INK, S. Serum cholesterol reduction by oats and other fiber sources. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.36, n.9, p.815-821, 1991.
- SHUKLA, T.P. Chemistry of oats: proteins foods and other industrial products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.6, n.4, p.383-431, 1975.
- SILVA, D.J. Detrminação da energia bruta. In: SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** Viçosa: UFV, 1981. p.27-32.
- SILVA, M.R.; NAVES, M.M.V. **Manual de Nutrição e Dietética: guia prático para o acadêmico de nutrição.** Goiânia: UFG, 1994. p.129-136.
- SOSULSKI, F.W.; SOSULSKI, K.; OLSON, J.P. Nutritive value of wild oat groats and flakes. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Ottawa, v.18, n.3, p.220-225, 1985.
- SPACKMAN, D.H.; SETEIN, W.H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. **Analytical Chemistry**, Washington, v.30, n.1, p.1190-1958, 1958.
- STRHECHER, R.; HENNING, H.M. **Analisis de Vitaminas: Metodos Comprobados.** Madrid: Paz Montalvo, 1967. p.80-89, 122-133.
- SWAISGOOD, H.E.; CATIGNANI, G.L. Protein digestibility: *in vitro* methods of assessment. In: KINSELLA, J.E. **Advances in Food and Nutrition Research**, California, v.35, p.185-232, 1991.
- TAHIN, Q.S. Importância fisiológica e patológica dos ácidos graxos. **Arquivo Biológico e Tecnológico**, Curitiba, v.28, n.3, p.335-361, 1985.

- TAVERNER, M.R.; FARRELL, D.J. Availability to pigs of amino acids in cereal grains. 3. A comparison of ileal availability values with fecal, chemical and enzymic estimates. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.46, n. 1, p.173-180, 1981a.
- TAVERNER, M.R.; FARRELL, D.J. Availability to pigs of amino acids in cereal grains. 4. Factors influencing the availability of amino acids and energy in grains. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.46, n. 1, p.181-192, 1981b.
- THRO, A.M.; FREY, K.J.; HAMMOND, E.G. Inheritance of fatty acid composition in oat (*Avena sativa* L.) caryopses. **Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition**, The Hague, v.32, n.01, p.29-36, 1983.
- TOPPING, D.L. Soluble fiber polysaccharides: effects on plasma cholesterol and colonic fermentation. **Nutrition Reviews**, New York, v.49, n.7, p.195-203, 1991.
- TORRE, M.; RODRIGUEZ, A.R.; SAURA-CALIXTO, F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.1, n.1, p.1-22, 1991.
- VAN DE WEERDHOFF, T.; WIERSUN, N.M.L.; REISSENWEBER, H. Application of liquid chromatography in food analysis. **Journal Chromatography**, Amsterdam, v.83, p.455-460, 1973.
- WALKER, A.R.P. Does the dietary fiber hypothesis really "work"? **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.38, n.3, p.128-134, 1993.
- WEAVER, C.M.; CHEN, P.H.; RYNEARSON, S.L. Effect of milling on trace element and protein content of oats and barley. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.58, n.2, p.120-124, 1981.
- WEISBURGER, J.H. ON the mechanisms relevant to nutritional carcinogenesis. **Prevent Medicine**, Duluth, v.16, n.4, p.586-590, 1987.
- WELCH, R.W. Fatty acid composition of grain from winter and spring sown oats, barley and wheat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.26, n.4, p.429-435, 1975.
- WOLZAK, A.; BRESSANI, R.; BRENES, R.G. A comparison of in vivo and in vitro estimates of protein digestibility of native and thermally processed vegetable proteins. **Qualitas Plantarum Foods Human Nutrition**, The Hague, v.31, n.1, p.31-43, 1981.

- WOOD, P. J.; WEISZ, J.; FEDEC, P. Potential for  $\beta$ -glucan enrichment in brans derived from oat (*Avena sativa* L.) cultivars of different (1 $\rightarrow$ 3),(1 $\rightarrow$ 4)-  $\beta$ -D-glucan concentrations. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.68, n.1, p.48-51, 1991.
- WOOD, P. J. Evaluation of oat bran as a soluble fibre source. Characterization of oat  $\beta$ -glucan and its effects on glycaemic response. **Carbohydrate polymers**, Linton, v.25, n.4, p.331-336, 1994.
- WU, Y.V. Effect of germination on oats protein. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.60, n.6, p.418-420, 1983.
- YOUNGS, V.L. Protein distribution in the oat kernel. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.49, n.4, p.407-411, 1972.
- YOUNGS, V.L.; GILCHRIST, K.D. Note on protein distribution within oat kernels of single cultivars that differ in protein concentration. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.53, n.6, p.947-949, 1976.
- YOUNGS, V.L.; PÜSKÜLCÜ, M.; SMITH, R.R. Oat lipids. I. composition and distribution of lipid components in two oat cultivars. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.54, n.4, p.803-812, 1977.
- YOUNGS, V.L. Oat lipids. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.55, n.5, p.591-597, 1978.
- YOUNGS, V.L.; PETERSON, D.M.; BROWN, C.M. Oats. **Advances in Cereal Science and Technology**, Saint Paul, v.5, p.49-105, 1982.
- YOUNGS, V.L. Oat lipids and lipid-related enzymes. In: WEBSTER, F.H. **Oat chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. p.205-226.
- ZARKADAS, C.G. A comparison of the amino acid composition of two commercial oat groats. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.59, n.5, p.323-327, 1982.
- ZARKADAS, C.G.; YU, Z.; BURROWS, V. Assessment of the protein of two new canadian-developed oat cultivars by amino acid analysis. **Journal Agriculture of Food Chemistry**, Washington, v.43, n.2, p.422-428, 1995a.
- ZARKADAS, C.G.; YU, Z.; BURROWS, V. Protein quality of three new canadian-developed naked oat cultivars using amino acid compositional data. **Journal Agriculture of Food Chemistry**, Washington, v.43, n.2, p.415-421, 1995b.