



**AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO**

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE POR ATIVAÇÃO COM NÊUTRONS
PARA A DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS ESSENCIAIS E
TÓXICOS EM SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS
UTILIZADOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL**

CARLA MITIE TERUYA

**Dissertação apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do Grau
de Mestre em Ciências na Área de
Tecnologia Nuclear - Aplicações.**

**Orientadora:
Dra. Maria José Aguirre Armelin**

**São Paulo
1999**

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE POR ATIVAÇÃO COM NÊUTRONS PARA
A DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS ESSENCIAIS E TÓXICOS EM
SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS UTILIZADOS NA
ALIMENTAÇÃO ANIMAL**

CARLA MITIE TERUYA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Mestre em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear – Aplicações

Orientadora: Dra. Maria José Aguirre Armelin

São Paulo
1999



APLICAÇÃO DA ANÁLISE POR ATIVAÇÃO COM NÊUTRONS PARA A DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS ESSENCIAIS E TÓXICOS EM SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS UTILIZADOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Carla Mitie Teruya

RESUMO

No presente trabalho as concentrações dos seguintes minerais essenciais Ca (cálcio), Cl (cloro), K (potássio), Mg (magnésio), Na (sódio), Co (cobalto), Cr (cromo), Cu (cobre), Fe (ferro), Mn (manganês), Mo (molibdênio), Se (selênio), V (vanádio) e Zn (zinco), dos elementos tóxicos As (arsênio), Cd (cádmio) e Hg (mercúrio) e dos elementos Br (bromo), Eu (európio), La (lantânio), Rb (rubídio), Sb (antimônio), Sc (escândio), Ta (tântalo), Th (tório) e U (urânio) que não apresentam função definida ao metabolismo animal, foram determinadas em amostras de subprodutos agroindustriais através da análise instrumental por ativação com nêutrons (AIAN).

Foram analisadas quarenta amostras de subprodutos agroindustriais, das quais seis de origem animal e o restante de origem vegetal. Estes materiais são amplamente utilizados na alimentação de bovinos, principalmente em época de estiagem, quando as pastagens estão escassas.

A precisão e exatidão do método foram avaliadas através dos materiais de referência (Rice Flour NIES-CRM-10C, Pig Kidney BCR-CRM, Oyster Tissue NIST-SRM-1566a e Buffalo River Sediment NIST-SRM-2704), foram em geral, menor do que 10 %.

Os resultados das concentrações para a maioria dos minerais essenciais estão abaixo do limite considerado tóxico aos animais, muitas amostras apresentaram concentrações dentro do requerimento mínimo necessário para o bom desenvolvimento do animal, porém em algumas amostras as concentrações foram inferiores ao requerimento.

Para os minerais tóxicos, nenhuma das amostras analisadas apresentaram concentrações acima do limite tóxico.

APLICAÇÃO DA ANÁLISE POR ATIVAÇÃO COM NÊUTRONS PARA A DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS ESSENCIAIS E TÓXICOS EM SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS UTILIZADOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Carla Mitie Teruya

RESUMO

No presente trabalho as concentrações dos seguintes minerais essenciais Ca (cálcio), Cl (cloro), K (potássio), Mg (magnésio), Na (sódio), Co (cobalto), Cr (cromo), Cu (cobre), Fe (ferro), Mn (manganês), Mo (molibdênio), Se (selênio), V (vanádio) e Zn (zinco), dos elementos tóxicos As (arsênio), Cd (cádmio) e Hg (mercúrio) e dos elementos Br (bromo), Eu (európio), La (lantânio), Rb (rubídio), Sb (antimônio), Sc (escândio), Ta (tântalo), Th (tório) e U (urânio) que não apresentam função definida ao metabolismo animal, foram determinadas em amostras de subprodutos agroindustriais através da análise instrumental por ativação com nêutrons (AIAN).

Foram analisadas quarenta amostras de subprodutos agroindustriais, das quais seis de origem animal e o restante de origem vegetal. Estes materiais são amplamente utilizados na alimentação de bovinos, principalmente em época de estiagem, quando as pastagens estão escassas.

A precisão e exatidão do método foram avaliadas através dos materiais de referência (Rice Flour NIES-CRM-10C, Pig Kidney BCR-CRM, Oyster Tissue NIST-SRM-1566a e Buffalo River Sediment NIST-SRM-2704), foram em geral, menor do que 10 %.

Os resultados das concentrações para a maioria dos minerais essenciais estão abaixo do limite considerado tóxico aos animais, muitas amostras apresentaram concentrações dentro do requerimento mínimo necessário para o bom desenvolvimento do animal, porém em algumas amostras as concentrações foram inferiores ao requerimento.

Para os minerais tóxicos, nenhuma das amostras analisadas apresentaram concentrações acima do limite tóxico.

APPLICATION OF NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS TO THE DETERMINATION OF ESSENTIAL AND TOXIC ELEMENTS IN AGROINDUSTRIAL BY-PRODUCTS EMPLOYED IN ANIMAL FEEDING

Carla Mitie Teruya

ABSTRACT

In the present work the concentrations of essential elements Ca (calcium), Cl (chlorine), K (potassium), Mg (magnesium), Na (sodium), Co (cobalt), Cr (chromium), Cu (copper), Fe (iron), Mn (manganese), Mo (molybdenum), Se (selenium), V (vanadium) and Zn (zinc), the toxic elements As (arsenic), Cd (cadmium) and Hg (mercury) and the elements without defined functions to the animal metabolism, such as Br (bromine), Eu (europium), La (lanthanum), Rb (rubidium), Sb (antimonies), Sc (scandium), Ta (tantalum), Th (thorium) and U (uranium) were determined in agroindustrial by-products employed in animal feeding by instrumental neutron activation analysis (INAA).

Forty samples of agroindustrial by-products were analyzed, six of which are from animal origin and the others are from vegetable origin. All these materials are widely used in bovine feeding, mainly in dry season, when the forage become scarce.

The precision and accuracy of the method were evaluated by means of analysis of the following certified reference materials: Rice Flour NIES-CRM-10C, Pig Kidney BCR-CRM, Oyster Tissue NIST-SRM-1566a e Buffalo River Sediment NIST-SRM-2704. The results, in general, are lower than 10 %.

The results for the most of essential minerals were lower than the toxic limit for animals, and they reached the minimum requirements for domestic animals, although some agroindustrial by-products showed concentrations lower than the requirement.

For all samples, the concentrations of toxic minerals were lower than the toxic limit.

Aos meus pais
e irmãos.
À Tata

AGRADECIMENTOS

À Dra. Maria José Aguirre Armelin, pela orientação neste trabalho, pela amizade, empenho, respeito, confiança e oportunidade.

Ao Dr. José Cleto Silva Filho do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, pelo fornecimento das amostras e pela idéia inicial deste projeto.

Ao Dr. Aliomar G. Silva, diretor do Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste (EMBRAPA) pelo incentivo para a execução deste projeto.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos.

Aos amigos da Radioquímica pela amizade, ajuda e convivência.

À equipe de pesquisadores do departamento de Radioquímica pelo incentivo.

À amiga Patrícia S. Uchita pela ajuda na confecção dos gráficos e pela amizade.

Àqueles que embora não tenham sido nominalmente citados, estiveram presentes.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Os subprodutos agroindustriais como fonte alternativa de alimento aos animais	1
1.2. A importância dos minerais na nutrição animal	2
1.3. Técnicas analíticas adequadas para análise de minerais essenciais e traços	4
1.4. Aplicação da análise por ativação com nêutrons (AAN)	5
1.5. Análise instrumental por ativação com nêutrons (AIAN)	7
1.6. Objetivo do presente trabalho	8
2. SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA	9
2.1. Subprodutos de origem animal	9
2.1.1. Farinha de penas e vísceras	9
2.1.2. Farinha de carne	10
2.1.3. Farinha de peixe	10
2.1.4. Farinha de pena	11
2.1.5. Cama de frango	11
2.2. Subprodutos de origem vegetal	13
2.2.1. Farelo de soja	13
2.2.2. Farelo de algodão	13
2.2.3. Carço de algodão	14
2.2.4. Polpa cítrica	15
2.2.5. Casca de arroz	15
2.2.6. Farelo de arroz	15
2.2.7. Subprodutos da cevada na cervejaria	16
2.2.8. Bagaço de tomate	16
2.2.9. Milho	17
2.2.10. Sorgo	17
2.2.11. Farelo de trigo	17
2.2.12. Farelo de canola	18
2.2.13. Bagaço de cana	18
3. PARTE EXPERIMENTAL	21
3.1. Amostragem	21
3.2. Tratamento dos recipientes usados para armazenar as amostras	23
3.3. Reagentes utilizados	23

3.4. Equipamentos utilizados	24
3.5. Preparação das amostras para análise	24
3.6. Preparação de padrões	25
3.7. Determinação do teor de umidade	27
3.8. Avaliação da exatidão e precisão do método	27
3.8.1. Determinação de As, Br, Cd, Co, Cr, Eu, Fe, Hg, La, Mo, Rb, Sb, Sc, Se, Ta, U e Zn	28
3.8.2. Determinação de Ca, Cl, Cu, K, Mg, Mn, Na e V	29
3.9. Teste de homogeneidade	30
3.10. Análise dos subprodutos da agroindústria	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1. Resultados da análise dos materiais de referência	32
4.2. Resultados do teste de homogeneidade.....	37
4.3. Resultados e discussão da análise dos subprodutos da agroindústria	37
4.3.1. Macrominerais essenciais	38
4.3.1.1. Cálcio	39
4.3.1.2. Cloro	41
4.3.1.3. Potássio	43
4.3.1.4. Magnésio	45
4.3.1.5. Sódio	47
4.3.2. Microminerais essenciais	49
4.3.2.1. Cobalto	50
4.3.2.2. Cromo	52
4.3.2.3. Cobre	54
4.3.2.4. Ferro	56
4.3.2.5. Manganês	58
4.3.2.6. Molibdênio	60
4.3.2.7. Selênio	62
4.3.2.8. Vanádio	64
4.3.2.9. Zinco	66
4.3.3. Microminerais tóxicos	68
4.3.3.1. Arsênio	68
4.3.3.2. Cádmio	70
4.3.3.3. Mercúrio	72
4.3.4. Microminerais sem funções definidas	74
5. CONCLUSÃO	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Subprodutos agrícola e agroindustriais são os resíduos para os quais já se desenvolveu algum tipo de uso rotineiro, apresentam uma destinação definida e um valor de comercialização sustentado por uma demanda forte de mercado (Burgi, 1992).

1.1-Os subprodutos agroindustriais como fonte alternativa de alimento aos animais

A produção de resíduos e subprodutos do agronegócio brasileiro chega a ser da ordem de 300 milhões de toneladas anuais. Porém, parte pequena deste material é aproveitada na alimentação de animais, sendo que muito mais poderia ser utilizado.

O aproveitamento dos restos de cultura para alimentação animal é uma prática tradicionalmente utilizada pela disponibilidade local de grandes volumes após as colheitas. Os subprodutos do beneficiamento e processamento de cereais como trigo, milho, sorgo, arroz estão entre os mais utilizados, representados pelos farelos de alto valor nutritivo; existindo também os subprodutos do processamento industrial de tomates; subprodutos da cevada na indústria da cerveja e as polpas de citros gerados na industrialização de produtos cítricos. Além destes subprodutos, a utilização da cama de aviário para preparação de ração animal tem aumentado nos últimos anos, principalmente pela grande quantidade com que é gerada e o elevado valor nutritivo destes resíduos.

Os resíduos agroindustriais apresentam em sua composição basicamente celulose, hemicelulose, lignina e sílica, sendo que a lignina e a sílica não são facilmente digeridos pelo rúmen do animal. Para que os animais tenham um melhor aproveitamento destes materiais destaca-se a necessidade de tratamentos, objetivando a deslignificação e o aumento da digestibilidade dos resíduos. Tais tratamentos, incluem a fragmentação, moagem e adição de álcalis e de fontes nitrogenadas, aumentando assim, o teor de proteína bruta e o valor nutritivo do material.

Segundo Prates (1995), o Brasil produz cerca de 13 milhões de toneladas de grãos de arroz e de cereais de inverno. Considerando que para cada unidade de grão há a produção de 0,6 a 1,2 unidades de resíduos secos e que no beneficiamento dos grãos 25%, em média, são resíduos, o total de cerca de 15 milhões de toneladas de palhas e farelos estão disponíveis a cada ano no país. Esse volume de resíduos fornece energia suficiente para atender grande parte das necessidades do rebanho bovino do país.

A cana-de açúcar é um recurso forrageiro tradicional para bovinos, de uso muito difundido no país. A área total cultivada com cana-de-açúcar no Brasil está próxima de 4 milhões de hectares (0,5% do território nacional). Cerca de 3,3 milhões de hectares são de lavouras destinadas à industrialização, para a produção de açúcar (8.500.000 toneladas/ano) e álcool (12 bilhões de litros/ano). Como resíduos de beneficiamento, a industrialização da cana-de-açúcar gera: o bagaço-de-cana, a torta-de-filtro, a vinhaça, a levedura e o melaço (Burgi, 1995). No entanto, a utilização do bagaço-de-cana como fonte de energia aos animais tem sido questionada, em face das incertezas do aproveitamento desse material pelos animais. Porém devido às grandes quantidades geradas anualmente em diferentes partes do mundo, estudos estão sendo desenvolvidos, afim de viabilizar o seu uso como alimento.

O emprego dos subprodutos tem se tornado cada vez mais freqüente na alimentação animal, principalmente por apresentarem um elevado teor nutricional e, estarem disponíveis em grandes quantidades em qualquer época do ano, podendo assim, alimentar os animais no período de estiagem. O custo de beneficiamento é relativamente baixo, visto que o seu uso gera um produto final, para o consumo humano, de grande valia como: carne, leite, ovos, inclusive manufatura do couro.

1.2-A importância dos minerais na nutrição animal

Tendo em vista o aumento gradativo da utilização dos subprodutos na alimentação animal, torna-se cada vez mais necessário o conhecimento da concentração dos minerais nestes materiais, pois se somam vários fatores tendentes a diminuir o teor dos minerais nos alimentos e a aumentar as necessidades destes elementos: de um lado o empobrecimento dos solos face às sucessivas colheitas, de outro, o melhoramento genético que sofrem os animais fazendo-os crescer mais rapidamente, ou a produzir mais em períodos menores, aumentando as suas necessidades nutricionais.

O conhecimento da composição dos subprodutos é necessário para se ter condições de fazer uma seleção e combinação criteriosa dos alimentos disponíveis, com a finalidade de proporcionar os nutrientes necessários para os animais em seus processos produtivos. Quando as produções são elevadas, em alguns casos, mesmo com a melhor combinação dos alimentos há necessidade de suplementos minerais. Por exemplo, vacas que produzem 30–40 litros diários de leite, necessitam de uma suplementação de cálcio (Underwood, 1981). Desta forma, os suplementos minerais devem ser utilizados em quantidades estabelecidas, baseadas nas necessidades do local, para evitar perdas econômicas bem como, para prevenir possíveis problemas ambientais de contaminação do solo, advindos do aumento da ingestão e, conseqüente produção de fezes com níveis elevados de minerais.

O conteúdo de minerais no organismo animal é um tanto diversificado. Atualmente, dos 90 minerais de ocorrência normal em nosso planeta, apenas 26 dos elementos químicos encontrados no organismo animal apresentam características para serem considerados como essenciais do ponto de vista nutricional (Cavalheiro e col, 1992). Muitos desses minerais essenciais são necessários para a formação de ossos e dentes, para o uso como constituintes de proteínas e lipídeos que fazem parte dos músculos, tecidos conjuntivos, pele, célula sangüínea e outros tecidos, e para o uso em sistemas enzimáticos do organismo. Alguns estão envolvidos na manutenção da pressão osmótica e equilíbrio ácido-base e exercem características e efeitos essenciais sobre a irritabilidade de músculos e nervos (NRC, 1988).

No organismo animal são encontrados outros 20 a 30 elementos-traço, os quais não são considerados essenciais porque não se enquadram nos critérios de essencialidade dos minerais e, além disso alguns deles são considerados tóxicos como: ouro, prata, chumbo, alumínio, mercúrio, antimônio e outros. (Cavalheiro, 1992) Esse grupo de minerais apresenta ocorrência ocasional e, muitas vezes reflete uma contaminação do ambiente. O desenvolvimento industrial e tecnológico tem, em muitos casos, aumentado o problema potencial de toxidez desses elementos, que são freqüentemente encontrados em produtos tais como inseticidas, fungicidas, baterias, tintas, aditivos para gasolina, fertilizantes fosfatados, etc. Os minerais tóxicos são largamente distribuídos nos alimentos, água e solo (Mc Dowell e col, 1976).

Em concentrações excessivamente altas, todos os nutrientes incluindo os minerais essenciais, podem ter efeitos tóxicos, embora o limite entre o nível mínimo requerido e o nível onde ocorre o efeito tóxico é relativamente amplo para muitos dos minerais essenciais, especialmente para aqueles presentes ao nível de traço (NRC, 1988).

Os elementos minerais podem interagir entre si, com outros nutrientes e também alguns fatores não nutritivos da dieta. A interação do tipo sinérgica ou antagônica poderá ocorrer na própria dieta e durante o metabolismo, no trato digestivo, isto significa que um mineral pode não só afetar a disponibilidade de outro nos alimentos, como também interferir na absorção, no transporte, na retenção, na utilização e na excreção do mesmo.

O conhecimento dessas interações assume importância fundamental para a correção das deficiências minerais causadas pela deficiência em si e pelos desequilíbrios entre os elementos minerais, causando deficiência condicionada (Martin, 1993).

A importância de cada elemento mineral na nutrição animal, será discutida no capítulo 4.

1.3-Técnicas analíticas adequadas para análise de minerais essenciais e elementos-traço

Quando se utiliza uma técnica analítica para determinação de metais ou qualquer outro composto, seja ele orgânico ou inorgânico, é importante que se leve em consideração não só a sensibilidade da técnica como também a velocidade, custos e a facilidade de determinação, principalmente em se tratando de metais pesados, que muitas vezes reflete uma contaminação ambiental, sendo necessário o rápido controle desses poluentes.

Durante a década passada surgiram e também foram aperfeiçoadas muitas técnicas analíticas adequadas para análise de elementos-traço e em princípio satisfatoriamente precisas e exatas, tais como: espectrometria de absorção atômica por atomização eletrotérmica (ETA-AAS), espectrometria de absorção atômica com forno de grafite (GFAAS), espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma induzido (ICP-AES), espectrometria de massa com fonte de plasma induzido (ICP-MS), análise por ativação com nêutrons (NAA) entre outras. Com a utilização do forno de grafite o limite de detecção da espectrometria de absorção atômica teve uma excelente melhora. O valor do limite de detecção para o ICP-AES chega a ser 1000 vezes maior para alguns elementos quando comparado com o limite de detecção do ICP-MS para os mesmos elementos. O ICP-MS teve um grande desenvolvimento durante os últimos anos e, por esse motivo tem sido muito aplicado para análises de amostras de interesse em biomedicina e ambiental. O seu limite de detecção varia entre 0,1 e 0,001 ppb (Vandecasteele, 1994).

Técnicas eletroanalíticas como a voltametria e a polarografia são mais adequadas para determinação de alguns metais como o chumbo, o cobre, o cádmio e manganês (Jeffery, 1989).

As técnicas voltamétricas, particularmente a voltametria de redissolução e a voltametria por pulso diferencial tem tido grande demanda para a determinação de elementos-traço em fluido corpóreo e tecidos, além do que esta técnica permite diferenciar entre os estados de oxidação de um determinado metal e assim informar a sua forma reativa. As vantagens das técnicas voltamétricas são: baixíssimos limites de detecção, capacidade multielementar e baixo custo (Wang, 1988).

Para a determinação de elementos essenciais e traço e em amostras sólidas a análise por ativação com nêutrons tem sido muito utilizada, devido sua sensibilidade, e principalmente por ser uma técnica relativamente livre de interferentes (Vandecasteele, 1991).

1.4 - Aplicação da análise por ativação com nêutrons (AAN)

A AAN é uma técnica com capacidade de análise multielementar e tem alta sensibilidade para a determinação de muitos elementos como: Hg, Se, As, Sb, Cr, Cu, Zn, Co, Rb, Fe, Br, Na, K, Mn, V e elementos lantanídeos em geral.

A determinação de mercúrio através da AAN pode ser mais precisa utilizando-se a separação radioquímica (Gonçalves, 1997), eliminando seu principal interferente o selênio.

Mannan e colaboradores (1990) usaram a análise por ativação com nêutrons para determinar a concentração de 10 elementos traço em 5 variedades de arroz e casca de arroz no Paquistão, os elementos analisados foram: Hg, Cd, Pb, Cs, As, Sb, Ni, Se, Br e Al, com exceção do Se, as concentrações dos elementos foram menores no arroz do que na casca.

Jimba e Ige (1990) usaram a AAN para determinar elementos traço (Co, Zn, Fe e Cr) em alguns grãos como: arroz, soja, milho e amendoim. Os resultados sugeriram que uma dieta desses grãos proporciona uma concentração adequada desses elementos essenciais.

Al Jobori e colaboradores (1992) utilizaram a análise por ativação com nêutrons instrumental (AANI) para determinar elementos menores, maiores e traços em algumas amostras de vegetais coletadas de diferentes regiões do Iraque. Os seguintes elementos foram determinados: Mg, Al, Cl, Mn, Na, K, Ca, Br, Sb, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, Rb e Sr. Os elementos Cr e Sc foram encontrados em baixas concentrações, em amostras vegetais colhidas em Bagdá,

enquanto o Sb foi encontrado em amostras de Najaf. O Br estava presente em amostras de beterraba e rabanete em concentrações maiores que o limite máximo aceitável que é de 200 ppm.

Países como a Coréia (Chung e col, 1997) e o Brasil (Maihara e Vasconcelos, 1990) tem o arroz como fonte importante de alimento, sendo uma preocupação verificar a composição de elementos essenciais e tóxicos, para tanto, utilizaram-se da AAN. Até mesmo os elementos terras raras foram determinados no arroz (Huynh, 1997), onde plantações de arroz foram irrigadas com solução contendo terras raras, para aumentar a capacidade de produção e a resistência da planta. A análise foi feita na raiz e no grão do arroz, utilizando-se as técnicas de AANI e ICP-MS. Foram determinados cerca de 40 elementos. Os resultados mostraram que a contaminação permanecia apenas na raiz e era ausente nos grãos do arroz.

A AAN tem sido empregada com freqüência na certificação de materiais de referência (Rodriguez e col, 1996; Kucera e col, 1997), sobretudo por ser uma técnica com elevada exatidão, sensibilidade e reprodutibilidade, assim como por ser um método de análise multielementar e relativamente livre de interferentes.

Plantas medicinais também foram analisadas por espectroscopia de absorção atômica e por AAN (Rajurkar e Damame, 1996; Wang, 1996). Foram determinados elementos como Ca, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, etc. O conhecimento do conteúdo de elementos-traço é importante, pois pode influenciar no constituinte ativo e na ação farmacológica dessas plantas.

Na Supervisão de Radioquímica do IPEN foram analisadas dietas (Fávaro, 1994; Maihara, 1996), e também variedades de milho (Armelin, 1992).

A preocupação em investigar o teor mineral em dietas humanas não ocorre apenas aqui no Brasil. Na Índia alguns componentes alimentares como cereais, grãos, vegetais, legumes e pimentas foram analisados utilizando-se a AANI, determinando muitos minerais como Br, Cl, Co, Cu, Fe, Hg, K, Mn, Mo, P, Rb, Sb, Sc, Se, Sr, Th e Zn. O conteúdo mineral encontrado foi comparado com a de outros países. Observou-se que a dieta indiana, embora vegetariana, era adequada, pois continha o mesmo nível de elementos essenciais quando comparado com dietas não vegetarianas orientais, como em Taiwan e Japão (Singh e Garg, 1997).

Recentemente, Fernandes e col (1998), através da AANI determinaram a concentração de 18 elementos, essenciais e tóxicos, em amostras de diferentes fases da fermentação da cana-de-açúcar. Tem sido constante a preocupação com o teor de minerais presentes nos subprodutos da cana, devido a grande produção anual brasileira, gerada pela produção de álcool e açúcar.

1.5- Análise instrumental por ativação com nêutrons (AIAN)

No presente trabalho, foi usado o método comparativo de análise por ativação com nêutrons (Travesi – 1975; Amiel – 1981).

A análise por ativação comparativa consistiu em submeter simultaneamente amostra e padrão a um fluxo de nêutrons provenientes do reator IEA-R1 do IPEN-CNEN/SP. Assim os elementos constituintes da amostra de subproduto, e padrão interagiram com os nêutrons por meio de reações nucleares formando núclídeos radioativos.

Entre as partículas e radiações emitidas por cada radionuclídeo formado, a radiação gama é a que foi medida para a detecção desses radionuclídeos. Para essas medidas foram empregados detectores de alta resolução, constituídos por cristais de Ge hiperpuro, acoplados a um sistema de contagem com analisadores multicanais e eletrônica associada, permitindo assim análises multielementares.

A atividade induzida, ou o número de desintegrações por unidade de tempo, é diretamente proporcional à quantidade do isótopo de interesse presente na amostra. Isso possibilita que as medidas das radiações gama com uma energia característica de um nuclídeo específico, forneçam as concentrações deste elemento.

A concentração foi obtida pela comparação de áreas de fotopicos referentes a padrões que foram ativados juntamente com as amostras, utilizando-se para o cálculo a seguinte expressão:

$$C_a^i = [(A_a^i \times m_p \times C_p^i) / (A_p^i \times m_a)] \times e^{\lambda t}$$

C_a^i = concentração do elemento i na amostra

C_p^i = concentração do elemento i no padrão

A_a^i = atividade do elemento i na amostra no tempo t

A_p^i = atividade do elemento i no padrão no tempo t=0

m_p e m_a = massa de padrão e amostra

λ = constante de decaimento do radioisótopo formado

t = tempo de decaimento

1.6 - Objetivo do presente trabalho

Os objetivos do presente trabalho foram:

- 1) determinar as concentrações dos elementos Ca, Cl, Co, Cu, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Se, V e Zn considerados essenciais, segundo Underwood (1981), em subprodutos agroindustriais usados na alimentação animal, principalmente no inverno, quando as pastagens tornam-se mais escassas e insuficientes para a manutenção dos rebanhos,
- 2) determinar as concentrações dos elementos As, Cd, Hg e Sb freqüentemente classificados como tóxicos, porque suas atividades biológicas estão ligadas às reações tóxicas. Estes elementos podem ser absorvidos pela planta oriundos da aplicação de produtos químicos utilizados no controle de pragas, doenças e plantas invasoras na agricultura. Dependendo da concentração, os elementos tóxicos poderão se acumular no tecido animal, podendo atingir o homem, através da cadeia alimentar.

Este trabalho foi feito em colaboração com o Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste (CPPSE) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) de São Carlos.

CAPÍTULO 2

SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA

2.1- Subprodutos de origem animal

Os alimentos de origem animal utilizados na elaboração de rações são importantes por apresentarem elevado teor protéico, fornecendo aminoácidos essenciais aos animais. Entre os subprodutos destacam-se: a farinha de penas e vísceras, a farinha de carne, a farinha de peixe, a farinha de pena, a cama de frango, a farinha de sangue, a farinha de ossos, etc.

Ao utilizar esses subprodutos na alimentação animal, é importante levar em consideração o custo e a palatabilidade. Normalmente estes alimentos são mais caros do que aqueles referentes aos farelos de origem vegetal e apresentam pior palatabilidade do que os alimentos tradicionalmente usados na alimentação dos ruminantes.

As fontes protéicas de origem animal, em geral, caras, escassas e de qualidade variável, são muito difundidas no Brasil, nas indústrias de rações para suínos e aves, duas espécies que tem grandes necessidades de proteína de alta qualidade (Zinn e col, 1981).

A seguir será apresentada uma breve descrição do preparo e da utilização dos subprodutos de origem animal analisados neste trabalho, como alimento para os animais domésticos.

2.1.1- Farinha de penas e vísceras:

É uma mistura de penas e vísceras de aves.

Para viabilizar sua retirada dos abatedouros, adicionam-se penas às vísceras, uma vez que as indústrias de rações ou mesmo os criadores não tem grande interesse somente na pena de aves. Porém o tempo e a temperatura para melhorar a digestibilidade da pena é diferente do das

vísceras, o que eleva o preço do produto. Por esse motivo, é reduzida a utilização da farinha de penas e vísceras na dieta de bovinos (Tiesenhausen, 1984).

2.1.2- Farinha de carne:

Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Rações – ANFAR, a farinha de carne é produzida em abatedouros-frigoríficos com resíduos de tecidos animais e não deve conter cascos, chifres, conteúdo estomacal, sangue ou outras matérias estranhas (Silvestre, 1984).

A farinha de carne de boa qualidade contém geralmente 60 a 70 % de proteína, deve conter menos de 4 % de sal comum e o teor de gordura deve estar em torno de 9 % (Silvestre, 1984).

A farinha de carne é muito empregada em rações de aves e suínos, porque apresenta um excelente valor protéico, porém não é um produto de uso comum entre os bovinos, por apresentar um odor não muito agradável.

Para melhorar a palatabilidade da farinha de carne recomenda-se a adição de melaço.

2.1.3- Farinha de peixe:

É um produto desidratado e moído, obtido pela cocção do peixe inteiro ou de pedaços de peixes, dos quais foi extraída ou não parcela de óleo (Andrigueto e col, 1984).

As farinhas de peixe de boa qualidade devem apresentar taxa de proteína superior a 62 %, teor de sal comum abaixo de 2 % e não devem ter cor e nem odor desagradável (Silvestre, 1984).

A farinha de peixe pode ser empregada com a finalidade de enriquecer misturas de concentrados para bezerros criados com uma quantidade reduzida de leite.

O emprego desta farinha é limitado para os bovinos devido ao seu preço e à sua qualidade e também por existir o risco de influenciar desfavoravelmente o sabor do leite, da manteiga e da carne (Silvestre, 1984).

2.1.4- Farinha de pena:

É um resíduo de abatedouros avícolas resultante do tratamento sob pressão, de penas limpas e não decompostas, de aves abatidas, livre de aditivos (Tiesenhausen, 1984).

Esse tratamento é necessário para hidrolizar parcialmente a queratina, principal proteína contida nas penas, facilitando assim a digestibilidade deste subproduto pelos animais (Andrigueto e col, 1984).

2.1.5- Cama de frango:

A cama de frango tem sido identificada como todo resíduo que se deposita no piso do aviário, incluindo fezes de aves, detritos de rações e fragmentos de material sólido e orgânico usados como piso de galinheiro (el Faresi, 1995).

Os tipos de camas mais utilizados são: sabugo de milho triturado, casca de amendoim, palhas de arroz, soja ou feijão desintegrados, pé de milho desintegrado e fenos de capim ou de rama de mandioca desintegrados. Estes apresentam boa higroscopicidade e bom valor nutritivo (Tiensenhausen, 1984).

Ao utilizar a cama de frango na alimentação de bovinos deve-se ter a preocupação com o aspecto sanitário e também a transmissão de doenças e de resíduos de drogas usualmente empregados nas rações de aves (Velloso e col, 1970).

A cama de frango apresenta uma boa aceitabilidade pelos animais e é normalmente fornecida a eles como substituto principalmente dos farelos de algodão e de soja.

A Figura 1 apresenta algumas amostras de subprodutos de origem animal.

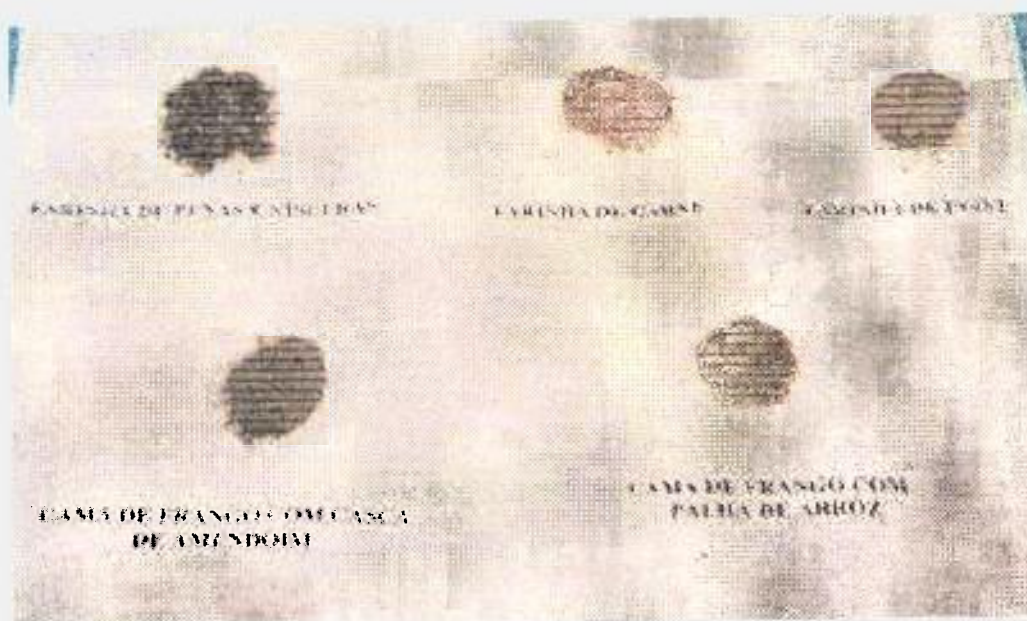


Figura 1 – Amostras de alguns subprodutos de origem animal

2.2- Subprodutos de origem vegetal:

Os grãos de cereais pertencem ao grupo dos chamados alimentos básicos, largamente empregados na alimentação animal (Andrigueto e col, 1984).

Os cereais são essencialmente energéticos devido aos elevados teores de carboidratos, com destaque para o amido.

A disponibilidade de subprodutos agroindustriais em nosso país é bastante alta, porém estes subprodutos não têm sido convenientemente utilizados na alimentação animal, embora o potencial alimentício representado por estes resíduos seja muito grande.

Dentre os subprodutos agroindustriais disponíveis, encontram-se: cascas e sementes de frutas, polpas de citrus, melaço e pontas de cana-de-açúcar, subprodutos da cervejaria, subprodutos de destilarias, palhas ou resíduos culturais, etc.

2.2.1- Farelo de soja:

O farelo de soja é o produto resultante dos grãos de soja moídos após processo industrial para extração do óleo, devendo ser isento de matérias estranhas à sua composição, são especificados três tipos de farelo com 44 %, 46 % e 48 % de proteína bruta (Day e McNaughton, 1975).

A soja integral, quando prensada pela indústria, é desdobrada em aproximadamente 81 a 82 % de farelo de soja e 18 a 19 % de óleo bruto (Day e McNaughton, 1975).

O farelo de soja é um excelente suplemento para qualquer espécie animal, mesmo para as mais exigentes em proteína e aminoácidos. Tem boa palatabilidade e bom balanço de aminoácidos de alta disponibilidade (Silva, 1995).

2.2.2- Farelo de algodão:

O farelo de algodão tem sido amplamente usado na alimentação de ruminantes. De todos os subprodutos do algodão, os farelos são os mais conhecidos e utilizados. Resultam da remoção

do óleo, que pode ser feita tanto pelo esmagamento mecânico do caroço como através do uso de solventes (Silva, 1995).

O farelo de algodão é muito rico em proteínas (45 a 50 % de proteína bruta) e vitaminas do complexo B, motivo pelo qual começou a ser empregado na alimentação animal (Rodrigues, 1972).

Entretanto, quando o farelo é adicionado à dieta diária de algumas espécies de animais domésticos, principalmente monogástricos, têm sido observados efeitos nocivos. No final do século passado, durante a extração do óleo de algodão, foi obtido um pigmento amarelo, polifenólico, utilizado como substância corante, que recebeu o nome de gossipol pela origem da planta que o produziu. Mais tarde, verificou-se ser o responsável por uma ação tóxica sobre os animais (Rodrigues, 1972).

2.2.3- Caroço de algodão:

O caroço de algodão é resultante da fibra de algodão e apresenta uma composição química com cerca de 20 % de proteína bruta (Cunha, 1996).

O caroço de algodão é utilizado na alimentação de ruminantes há muito tempo, tem importância como suplemento energético. Devido ao teor de gordura, é considerado um alimento de alta energia, tornando um alimento bastante adequado para o balanceamento de dietas de vacas leiteiras em produção (Cunha, 1996).

O teor energético do caroço de algodão é devido à grande quantidade de óleo. Este fato pode trazer respostas positivas à alimentação de ruminantes, uma vez que as rações com óleo podem promover benefícios, quando os animais estiverem em condições de estresse calórico, suprimindo os requisitos energéticos nas condições de consumo diminuído (Zeoula e col, 1995).

O caroço de algodão integral apesar de possuir elevado teor de fibra, entra nas rações principalmente como substituto dos suplementos protéicos.

2.2.4- Polpa cítrica:

A polpa cítrica peletizada deve ser considerada um alimento concentrado energético, com características sob o aspecto de fermentação ruminal que a colocam como um produto intermediário entre volumosos e concentrados, semelhantemente ao que ocorre com outros subprodutos agroindustriais, como resíduo da cervejaria e as cascas de soja (Carvalho, 1995).

A qualidade nutricional e a palatabilidade da polpa cítrica dependem da variedade da laranja, da inclusão de sementes e da retirada ou não de óleos essenciais, resultando em produtos distintos quanto ao consumo e à composição nutricional (Carvalho, 1995).

Em geral, o produto é caracterizado pela alta digestibilidade da matéria seca. A polpa cítrica é rápida e extensivamente degradada no rúmen, sendo superior em degradação quando comparada ao milho laminado (Carvalho, 1995).

2.2.5- Casca de arroz:

As cascas que envolvem os grãos do arroz constituem-se em resíduo de baixo valor como alimento para os bovinos em razão dos elevados teores de sílica e lignina, o que lhes confere dureza e aspereza. (Velloso, 1984). A casca de arroz representa 20 % do grão. É rica em fibra bruta e minerais, porém é pobre em proteína bruta (Prates, 1995).

Embora a casca de arroz não forneça energia ou proteína para os ruminantes, seu uso deve ser como fonte barata de fibra nas rações para confinamento com altos níveis de grão, onde outros volumosos não estão disponíveis. Nesse tipo de ração, ela não fornecerá energia mas servirá como um volumoso que ajudará a manter um rúmen saudável e reduzir as chances de problemas por excesso de grãos (Prates, 1995).

2.2.6- Farelo de arroz:

O farelo provém do beneficiamento do arroz. É constituído pelos tegumentos que envolvem o grão, que são removidos no processo de beneficiamento deste cereal para a alimentação humana (Andrigueto e col, 1984).

Tradicionalmente, a maior parte do farelo de arroz produzido no Brasil tem sido usado na alimentação de suínos e aves, somente uma quantidade pequena é utilizada na alimentação de ruminantes. Ultimamente, está sendo incrementado o seu uso como suplemento energético e protéico em rações para bovinos de corte e leiteiros, devido à possibilidade de fornecer proteínas e amido necessárias para esses animais (Prates, 1995).

2.2.7- Subprodutos da cevada na cervejaria:

Praticamente toda a produção de cevada é destinada à produção de malte, sendo menor quantidade empregada na alimentação animal (Andrigueto e col, 1984).

Os resíduos da cevada na cervejaria são o resultado do processamento da industrialização da cerveja.

O teor de proteína bruta dos grãos de cevada é semelhante ao da aveia e oscila entre 6 e 13 % com um valor médio entre 9 e 10 %, sendo a mesma de baixa qualidade. O teor de gordura é bastante baixo e geralmente se apresenta com um valor inferior a 2 %. É um excelente alimento para o gado leiteiro e quando constitui 40 a 60 % da mistura de concentrados das vacas leiteiras, apresenta valor nutricional semelhante ao milho (Andrigueto e col, 1984).

2.2.8- Bagaço de tomate:

O bagaço de tomate constitui um bom alimento para engorda de bovinos e seu emprego pode gerar bons ganhos econômicos para a atividade (Lima, 1995).

Em observações práticas de confinamentos brasileiros, onde o bagaço de tomate é utilizado em larga escala, tem-se verificado grande aceitação deste produto por parte dos animais. Consumos de 4 a 5 kg por animal por dia não têm interferido no ganho de peso esperado e não têm causado problemas sanitários. O maior problema do bagaço de tomate é a sua alta umidade, que encarece o transporte e dificulta o armazenamento (Lima, 1995).

2.2.9- Milho:

Dentre os grãos de cereais o milho é aquele mais largamente empregado na alimentação de animais, e o mais amplamente utilizado como alimento energético (Andrigueto e col, 1984).

O elevado teor em energia deve-se ao fato do grão de milho ser muito rico em amido e também possuir um elevado teor de gordura, oscilando entre 3 e 6 %, rico em ácidos graxos insaturados. O teor de proteína bruta é variável e geralmente oscila entre 8 e 13 % (Andrigueto e col, 1984).

Basicamente o consumo deste cereal pelos animais é feito na forma de grãos moídos, entretanto, quando fornecido na forma de espigas com palhas, o teor de fibra é aumentado, baixando, portanto, o valor de energia (Andrigueto e col, 1984).

2.2.10- Sorgo:

A produção de sorgo no Brasil tem girado em torno de 300 mil toneladas de grãos por ano (Henrique e Bose, 1995).

Os grãos de sorgo são semelhantes aos do milho em composição e valor nutritivo. São constituídos principalmente por amido, são pobres em fibras e ricos em energia. Geralmente o teor de proteína é pouco maior que a do milho, variando de 8 a 18 % em algumas variedades, porém esta não é de boa qualidade (Andrigueto e col, 1984).

O sorgo é cultivado principalmente para alimentação animal, mas também pode ser usado para processamento industrial como o milho produzindo amido, açúcar e óleo (Andrigueto e col, 1984).

2.2.11- Farelo de trigo:

O grão de trigo é constituído de 82 % de endosperma, 15 % de pericarpo, testa e aleurona e 3 % de gérmen. Na produção da farinha de trigo para consumo humano, resultam subprodutos, constituindo em grande parte de farelo, de gérmen e de frações de aleurona do grão, que são adequadas para alimentação do animal. Estes subprodutos são diferenciados de acordo com a

quantidade de fibra. Entretanto, destes, apenas o farelo de trigo tem importância na alimentação de ruminantes (Prates, 1995).

O farelo de trigo contém aproximadamente 18 % de proteína bruta e 10,6 % de fibra bruta. A proteína do farelo de trigo apresenta alta degradabilidade ruminal (maior 73 %). Este subproduto é muito palatável. Constitui uma parte da maioria das rações e é de alto valor para os ruminantes, pois tende a dar excelente acabamento aos animais em confinamento (Prates, 1995).

2.2.12- Farelo de canola

O Brasil, recentemente tornou-se produtor e industrializador da canola. O farelo de canola, subproduto da extração do óleo, tem sido estudado em outros países como fonte alternativa de suplemento protéico em rações para animais. No Brasil existem ainda poucos trabalhos envolvendo o farelo de canola na nutrição animal (Moreira e col, 1996).

A composição química do farelo de canola pode variar dependendo do cultivar, da estação de cultivo, do solo e de fatores ambientais. O farelo de canola possui valor nutricional semelhante ao farelo de soja e pode ser utilizado como fonte alternativa para alimentação de suínos (Moreira e col, 1996).

O farelo de canola contém menor teor de proteína bruta em comparação ao farelo de soja (média de 34,13 e 35,90 %), a digestibilidade da proteína e da energia do farelo de canola é menor que a do farelo de soja, provavelmente em função do alto conteúdo de fibra bruta (Moreira e col, 1996).

O farelo de canola parece ser boa fonte de minerais e vitaminas quando comparado com outros farelos de origem vegetal (Moreira e col, 1996).

2.2.13- Bagaço-de-cana:

A cana-de açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) armazena energia na forma de fibra e açúcares fermentescíveis. Sua cultura é de grande importância na economia de países tropicais, e tem sua utilização com perspectivas interessantes na alimentação animal pelo seu baixo custo, alta produtividade, e ainda pela sua disponibilidade, durante a época seca, quando a presença de outras forragens é escassa (Dietz, 1994).

O bagaço-de-cana é gerado pelo esmagamento da cana-de-açúcar para extração do caldo que será empregado na recuperação de açúcar ou na transformação direta em álcool ou aguardente. A produção de bagaço é da ordem de 180 a 280 kg por tonelada de cana esmagada (Santana e Souza, 1984).

O bagaço-de-cana é um produto com elevado teor de fibra (45 %), baixo teor de proteína bruta (2,5 %) e alto teor de lignina (23%), sendo a digestibilidade baixa (22 %) para bovinos (Santana e Souza, 1984).

A utilização do bagaço-de-cana como fonte de energia aos animais tem sido questionada em face das incertezas do aproveitamento desse material pelos animais. Porém devido às grandes quantidades geradas anualmente em diferentes partes do mundo, estudos estão sendo desenvolvidos, afim de viabilizar o seu uso como alimento (Santana e Souza, 1984).

A Figura 2 apresenta algumas amostras de subprodutos de origem vegetal.

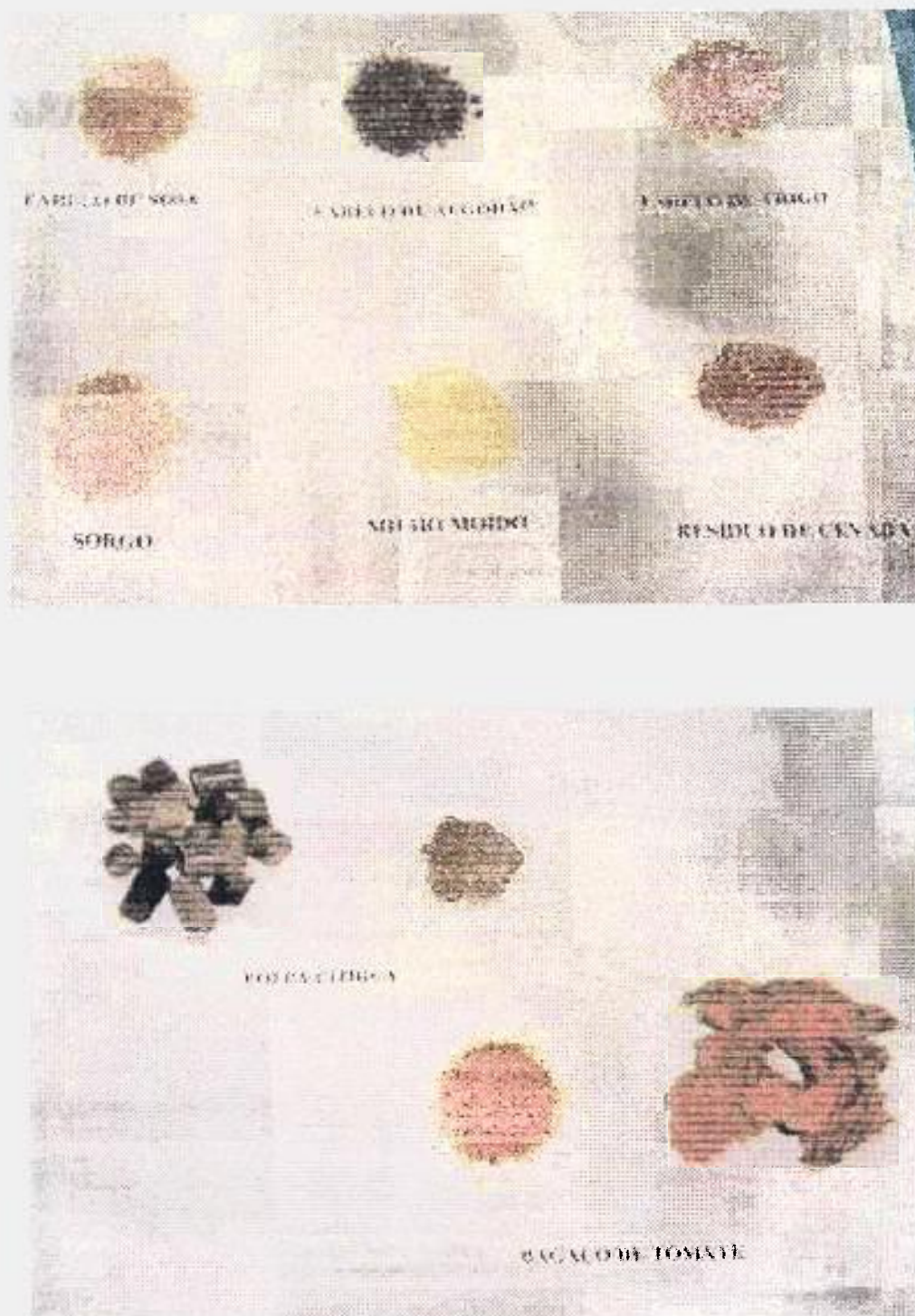


Figura 2 – Amostras de subprodutos de origem vegetal

CAPÍTULO 3

PARTE EXPERIMENTAL

3.1- Amostragem

Algumas amostras de subprodutos da agroindústria, foram conseguidas junto às fábricas de rações, prontas para o consumo animal, e outras junto aos pequenos produtores, que utilizam esses subprodutos como alimento alternativo energético ou mesmo protéico, no período de 1995 a 1997.

As amostras pesavam aproximadamente 500 gramas e, nesta etapa foram armazenadas dentro de sacos plástico, até chegarem ao laboratório. A maioria delas vieram na forma de pó, outras na forma de grãos como a soja em flocos, o caroço de algodão e o sorgo; e as amostras de bagaço de cana e as camas de frango, bagaço e casca de laranja, o bagaço de tomate e a polpa cítrica que são materiais fibrosos vieram em pequenos pedaços. Todas amostras estavam secas.

No laboratório subamostras, pesando cerca de 50 gramas, de cada material foram transferidas e armazenadas dentro de potes de polietileno, previamente tratados, e o restante do material foi conservado em congelador.

A relação dos materiais coletados está listada na Tabela 3.1, onde são apresentadas a procedência e o ano da coleta.

Para facilitar a redação deste trabalho, cada material analisado foi indicado de forma abreviada, conforme mostra a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Subprodutos da agroindústria coletados e analisados no presente trabalho

Material, Procedência, Ano de coleta	Abreviação
Farinha de penas e vísceras, Procedência A, coleta 1996	FPVc.A/96
Farinha de carne, Procedência A, coleta 1996	FCarn.A/96

Farinha de peixe, Procedência B, coleta 1996	FPeixe.B/96
Farinha de pena, Procedência B, coleta 1996	FPena.B/96
Cama de frango com casca de amendoim, Proc. B, coleta 1996	CFCA.B/96
Cama de frango com palha de arroz, Proc. B, coleta 1996	CFPA.B/96
Casca de soja, Procedência B, coleta 1996	CcSoja.C/96
Farelo de soja, Procedência C, coleta 1995	FSoja.C/95
Farelo de soja, Procedência B, coleta 1996	FSoja.B/96
Farelo de soja, Procedência C, coleta 1997	FSoja.C/97
Soja em flocos, Procedência B, coleta 1996	SojaFl.B/96
Soja moída, Procedência B, coleta 1996	SojaMd.B/96
Soja tostada, Procedência B, coleta 1996	SojaTost.B/96
Caroço de algodão, Procedência B, coleta 1996	CçAlg.B/96
Casca de algodão, Procedência B, coleta 1996	CcAlg.B/96
Farelo de algodão, Procedência C, coleta 1996	FAlg.C/96
Farelo de algodão, Procedência D, coleta 1996	FAlg.D/96
Farelo de algodão, Procedência C, coleta 1997	FAlg.C/97
Bagaço seco de laranja, Procedência E, coleta 1995	BSLar.E/95
Casca de laranja, Procedência F, coleta 1995	CcLar.F/95
Polpa cítrica, Procedência G, coleta 1996	PContr.G/96
Polpa cítrica, Procedência H, coleta 1997	PContr.H/97
Casca de arroz, Procedência A, coleta 1996	CcArr.A/96
Arroz cru, Procedência A, coleta 1996	ArrCru.A/96
Farelo de arroz parbolizado, Procedência B, coleta 1996	FArrParb.B/96
Pó-de-malte + casca de cevada, Procedência B, coleta 1995	MCcCv.B/95
Resíduo de cevada, Procedência I, coleta 1995	ResCv.I/95
Resíduo de cervejaria, Procedência B, coleta 1996	ResCj.B/96
Bagaço de tomate, Procedência J, coleta 1995	BTom.J/95
Bagaço de tomate, Procedência K, coleta 1995	BTom.K/95
Bagaço de tomate, Procedência L, coleta 1995	BTom.L/95
Farelo de milho, Procedência A, coleta 1996	FMilho.A/96
Farelo de milho, Procedência C, coleta 1997	FMilho.C/97
Sorgo, Procedência A, coleta 1996	Sorgo.A/96
Sorgo, Procedência B, coleta 1996	Sorgo.B/96
Farelo de trigo, Procedência A, coleta 1996	FTrigo.A/96
Farelo de trigo, Procedência C, coleta 1997	FTrigo.C/97
Canola, Procedência M, coleta 1996	Can.M/96
Bagaço de cana de açúcar, Procedência N, coleta 1996	BCana.N/96
Torta de castanha do Brasil, Procedência B, coleta 1996	TCast.B/96

3.2- Tratamento dos recipientes usados para armazenar as amostras

O polietileno, o teflon e o titânio são os materiais mais indicados para constituir recipientes e instrumentos para serem utilizados no armazenamento e manipulação de amostras de origens biológicas, destinadas para a análise de elementos-traço (Parr-1986).

Por esse motivo as amostras de subprodutos foram transferidas para potes de polietileno. Estes recipientes foram limpos primeiramente com solução EXTRAN[®] MA 01 Alcalino da Merck, foram deixados por 24 horas em solução de ácido nítrico 10% e por fim, enxaguados diversas vezes com água deionizada e destilada em destilador de quartzo.

O plástico usado para a confecção do envelope onde se acondicionou as subamostras pesadas e os padrões pipetados para a análise, foi previamente deixado de molho em HNO₃ (1:5) por aproximadamente 2 dias e depois lavado várias vezes com água deionizada e destilada. Este procedimento foi adotado para eliminar as impurezas que pudessem estar externamente aderidas ao plástico.

3.3- Reagentes utilizados

Os reagentes utilizados foram de grau analítico:

- Ácido nítrico 65% Merck
- Ácido fluorídrico Merck
- Ácido sulfúrico Merck
- Ácido clorídrico Merck
- Hidróxido de Amônio Merck
- Sais, metais e óxidos espectroscopicamente puros dos elementos As, Br, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Cu, Eu, Fe, Hg, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Rb, Sb, Sc, Se, Ta, Th, U, V e Zn.

3.4- Equipamentos utilizados

- Balança analítica, marca Mettler com precisão de $5 \cdot 10^{-5}$ g.
- As medidas da radiação gama foram feitas no detector de Ge hiperpuro da EG & ORTEC POP TOP, modelo 20190P, com uma resolução (FWHM) de 0,80 keV para o fotopico de 121,97 e 1,80keV para o fotopico de 1332,49 keV, determinada para o ^{57}Co e ^{60}Co , respectivamente. O detector foi conectado a um sistema composto por um cartão ACE, modelo 916 A MCB com 8192 canais, marca EG & ORTEC, amplificador, fonte de alta tensão e microcomputador. A função do microcomputador foi analisar os dados na memória do multicanal, através do programa VISPECT 2, em linguagem "Turbo Basic".

O detector de Ge hiperpuro, mantido à temperatura do nitrogênio líquido (-195°C), operou dentro de blindagem de chumbo revestida internamente com folhas de cádmio e cobre que, por possuírem números atômicos inferiores ao do chumbo, reduzem o espalhamento dos raios gama. A distância média entre detector e blindagem era de 35 cm, para reduzir ainda mais esse efeito.

3.5- Preparação das amostras para análise

Muitas das amostras analisadas apresentavam uma granulometria adequada para análise (≈ 80 mesh), com exceção das amostras: polpa cítrica, bagaço e casca de laranja, soja em flocos, caroço de algodão, bagaço de tomate e cana, uma das amostras de sorgo e as camas de frango, que se apresentavam na forma de pedaços maiores, e passaram por um processo de moagem.

A moagem consistiu em submeter as amostras num liquidificador de uso doméstico, composto por um copo de polietileno e adaptado com lâminas de titânio, e com as partes metálicas (como parafusos) revestidas com teflon, para evitar algum tipo de contaminação, decorrentes deste processo.

Depois que todas as amostras estavam na mesma granulometria, pesaram-se subamostras de cerca de 250 mg de cada material, em balança analítica, para a análise. Cada subamostra foi acondicionada dentro de envelope de polietileno, previamente limpo, conforme descrito no item 3.2.

3.6- Preparação de padrões

Quando se utiliza a forma comparativa do método de análise por ativação com nêutrons, a exatidão dos resultados está associado à qualidade dos padrões utilizados.

Desta maneira procurou-se utilizar o elemento metálico ou seus sais e óxidos espectroscopicamente puros para a preparação das soluções padrão dos elementos a serem analisados. Esses compostos foram dissolvidos em ácidos p.a., de preferência ácido nítrico, e/ou em água destilada em destilador de quartzo.

Para a preparação do padrão alíquotas de 25, 50 ou 100 μl das soluções padrão foram pipetadas sobre pequenas tiras de papel de filtro Whatman nº 41, e secas sob lâmpadas de raios infravermelhos ou à temperatura ambiente, dependendo da volatilidade do elemento. Depois de seco o padrão foi colocado em envelope de polietileno, previamente limpo conforme descrito no item 3.2 e selado.

No caso do padrão de mercúrio, este foi preparado pipetando-se alíquotas de 100 μl de solução de tiocetamida de concentração 2,0 mg L^{-1} no papel de filtro antes da solução de mercúrio, assim a tiocetamida e o mercúrio formaram um composto estável, evitando perdas durante a irradiação devido a volatilização

Na tabela 3.2 são mostrados o composto químico utilizado, o procedimento de preparação das soluções padrão de cada elemento analisado e a concentração final do padrão.

Tabela 3.2 – Procedimento para a preparação das soluções padrão

ELEMENTO	FORMA DO COMPOSTO UTILIZADA	PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO	CONCENTRAÇÃO (μg)
As	As_2O_3 (Johnson Matthey)	Dissolução com HNO_3 da Merck, a quente, diluição com água destilada	7,6
Br	KBr (Aldrich Chemical Ltd).	Dissolução e diluição com água destilada	10,6
Ca	CaCO_3 p.a. (Casa Americana)	Dissolução em HNO_3 e diluição com água destilada	1735
Cd	Cd metálico (Johnson Matthey)	Dissolução em HNO_3 a quente; diluição em água destilada	47,3

Cl	NaCl p. a. (Merck)	Calcinado por 2 h a 800°C, dissolução e diluição com água destilada	252
Co	Co metálico (Aldrich)	Dissolução em HNO ₃ e diluição em água destilada	1,1
Cr	Cr metálico (Johnson Matthey)	Dissolução com HF e H ₂ SO ₄ e diluição com água destilada	2,3
Cu	Cu metálico (Johnson Matthey)	Dissolução em HNO ₃ e diluição com água destilada	53
Eu	Eu ₂ O ₃ (Johnson Matthey)	Dissolução com HNO ₃ e diluição com água destilada	2,2
Fe	Fe metálico (Aldrich)	Dissolução com HNO ₃ a quente e diluição com água destilada	181
Hg	Solução Hg ₂ CO ₃ (Merck)	Diluição com água destilada	1,0
K	K ₂ CO ₃ (Johnson Matthey)	Dissolução com HNO ₃ a quente e diluição com água destilada	1000
La	La ₂ O ₃ (Duig Houses Ltd)	Dissolução com HNO ₃ a quente e diluição com água destilada	2,6
Mg	MgO (Chimie Test)	Dissolução com HNO ₃ a quente e diluição com água destilada	827
Mn	Mn metálico (Johnson Matthey)	Dissolução com HNO ₃ e HCl a quente e diluição com água destilada	3,3
Mo	MoO ₃ (Johnson Matthey)	Dissolução com gotas de NH ₄ OH e diluição com água destilada	50
Na	NaCl p.a. (Merck)	Calcinado por 2h a 800°C , dissolução com água destilada	164
Rb	RbCl (Johnson Matthey)	Dissolução e diluição com água destilada	9,9
Sb	Sb metálico (Johnson Matthey)	Dissolução com HNO ₃ e gotas de HF a frio e diluição com água destilada	5,0
Sc	Solução Sc ₂ (NO ₃) ₃ (Spex Chemical)	Diluição com água destilada	0,3

Se	SeO ₂ (Johnson Matthey)	Dissolução com HNO ₃ a quente e diluição com água destilada	10
Th	Solução de Th(NO ₃) ₄ (Spex Chemical)	Diluição com água destilada	9,5
U	U ₃ O ₈ n° 006 (COGEMA)	Calcinado por 1 hora a 800° C, dissolução com HNO ₃ a quente e diluição com água destilada	2,9
V	V ₂ O ₅ p.a (British Drug Houses Ltd)	Dissolução com gotas de HNO ₃ a quente e diluição com água destilada	26,3
Zn	Zn metálico (Johnson Matthey)	Dissolução com HNO ₃ a quente e diluição com água destilada	25,2

3.7- Determinação do teor de umidade

Os resultados das análises são expressos em peso seco então, foi necessário determinar o teor de umidade dos materiais de referência e das amostras dos resíduos da agroindústria às quais, com o passar do tempo absorvem umidade do ar.

O teor de umidade foi obtido pesando-se cerca de 200 mg do material de referência e das amostras em um cadinho de porcelana, previamente tarado. Este cadinho foi deixado na estufa à 100° C por 24 horas.

O valor do teor de umidade dos materiais de referência e das amostras de subprodutos foi obtido através da diferença entre o peso inicial e o final. Este teor foi utilizado para corrigir as massas dos materiais de referência e das amostras.

O valor do teor de umidade variou de 6 % a 20 % nas amostras de subprodutos agroindustriais.

3.8- Avaliação da exatidão e precisão do método

Para avaliar a exatidão e precisão do método e conseqüentemente a qualidade dos padrões foram realizadas análise dos seguintes materiais de referência: Rice Flour NIES-CRM 10C (Toro

et al-1990), Pig Kidney BCR-CRM (Toro et al-1990), Oyster Tissue NIST-SRM 1566a (NIST-1989) e Buffalo River Sediment NIST SRM-2704 (NIST-1990).

O procedimento experimental consistiu em:

3.8.1- Determinação de As, Br, Cd, Co, Cr, Eu, Fe, Hg, La, Mo, Rb, Sb, Sc, Se, Ta, U e Zn:

Primeiramente, alíquotas de cerca de 150 mg de cada material de referência foram pesadas dentro de envelopes de plástico que em seguida foram envoltos em folha de alumínio.

Para garantir que o fluxo de nêutrons incidentes fosse o mesmo para amostra e padrão, amostras e cada padrão do elemento de interesse, preparado conforme item 3.6, foram envolvidos em folha de alumínio formando um “pequeno pacote”. Esse pacote foi colocado dentro de recipiente de alumínio para irradiação. A irradiação foi feita sob fluxo de nêutrons térmicos da ordem de $10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, durante 8 horas.

Após cerca de 3 dias de decaimento, amostra e padrões foram transferidos para plaquetas de aço inoxidável para contagem. Neste caso, as amostras foram contadas individualmente, por aproximadamente 3 horas para as medidas dos radionuclídeos que apresentam meia-vida de poucos dias, isto é ^{76}As , ^{82}Br , ^{115}Cd , ^{197}Hg , ^{140}La , ^{99}Mo , ^{122}Sb e ^{239}Np . Os padrões de As, Br, Cd, Hg, La, Mo, Sb e U foram contados por 10 minutos cada, separadamente.

Na tabela 3.3 são mostrados os radionuclídeos com suas respectivas meia-vida e as energias dos raios gama utilizados para determinação dos elementos.

Uma segunda contagem das amostras, durante cerca de 8 horas foi feita com no mínimo 10 dias de decaimento, para medida dos radioisótopos ^{60}Co , ^{51}Cr , ^{152}Eu , ^{59}Fe , ^{203}Hg , ^{86}Rb , ^{46}Sc , ^{75}Se , ^{182}Ta , ^{233}Pa e ^{65}Zn . Os padrões dos elementos Co, Cr, Eu, Fe, Hg, Rb, Sc, Se, Ta, Th e Zn foram contados durante 10 minutos cada.

Nas amostras em que o mercúrio foi determinado pelo radionuclídeo ^{203}Hg , foi descontado a contribuição de selênio. no fotopico de 279 keV, quando este elemento estava presente na amostra.

Tabela 3.3 - Radionuclídeos utilizados , energia dos raios gama e meia-vida (Amiel-1981)

Elemento	Radionuclídeo utilizado	Energia dos raios gama (keV)	Meia-vida
As	⁷⁶ As	559,09	1,10d
Br	⁸² Br	554,34; 776,50	1,47d
Cd	¹¹⁵ Cd	336,24; 527,86	2,22d
Co	⁶⁰ Co	1173,23; 1332,51	5,14a
Cr	⁵¹ Cr	320,10	27,8d
Eu	¹⁵² Eu	1406	13,2 a
Fe	⁵⁹ Fe	1099,32	44,6d
Hg	¹⁹⁷ Hg	77,60	2,71d
	²⁰³ Hg	279,17	46,9d
La	¹⁴⁰ La	1596,20	1,68d
Mo	⁹⁹ Mo	140,51; 180,97	2,75d
Rb	⁸⁶ Rb	1076,60	18,7d
Sb	¹²² Sb	564,08	2,75d
	¹²⁴ Sb	1690,0	60,2d
Se	⁷⁵ Se	135,89; 264,50; 279,43; 400,44	120d
Th (²³³ Th → β- ²³³ Pa)	²³³ Pa	311,90	27,4d
U (²³⁹ U → β- ²³⁹ Np)	²³⁹ Np	229,10 ; 277,90	2,35d
Zn	⁶⁵ Zn	1115,52	245d

3.8.2- Determinação de Ca, Cl, Cu, K, Mg, Mn, Na e V:

Para este tipo de análise 150 mg de cada um dos materiais de referência, pesados em invólucros de plástico e os padrões dos elementos de interesse também em envelopes de plástico, foram envolvidos em papel, para mantê-los agrupados. O "pacote" formado foi acondicionado dentro de um recipiente de nylon para irradiação no reator nuclear IEA-R1. O envio e o retorno do recipiente de irradiação foi feito por meio de um sistema pneumático. No reator, o material de referência e os padrões foram submetidos à ativação sob fluxo de nêutrons térmicos de $4,25 \times 10^{11} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ por um período de 4 minutos.

Logo após a irradiação transferiu-se rapidamente amostras e padrões para plaquetas de aço inoxidável para contagem, colocando numa mesma plaqueta padrões dos elementos de meias-vidas próximas e que não apresentavam interferência espectral entre si. Os padrões foram

agrupados da seguinte forma Cu e V; Ca e Mg; Mn, Na, Cl e K, desta maneira agilizou-se o processo de contagem, evitando-se perda na medida do radionuclídeo devido ao seu rápido decaimento. Primeiramente as amostras foram contadas durante 4 minutos, em seguida os padrões de Cu e V por 2 minutos; Ca e Mg por 4 minutos e os padrões de Mn, Na, Cl e K por 8 minutos.

Foi feita uma segunda contagem das amostras após uma hora e meia de decaimento para a medida dos radioinúclídeos ^{56}Mn , ^{24}Na , ^{38}Cl e ^{42}K com tempo de meia-vida de algumas horas. Esse tempo de decaimento foi suficiente para eliminar a interferência espectral do ^{27}Mg na determinação do Mn, por meio do fotopico de 846 keV do ^{56}Mn .

Na tabela 3.4 são mostrados os radionuclídeos e as energias dos raios gama utilizados para determinação dos elementos, bem como a meia-vida desses radionuclídeos.

Tabela 3.4 – Radioinúclídeos utilizados , energia dos raios gama e meia-vida (Amiel-1981)

Elemento	Radionuclídeo utilizado	Energia dos raios gama (keV)	Meia-vida
Ca	^{49}Ca	3083	8,8 min
Cl	^{38}Cl	1642,70	37,3 min
Cu	^{66}Cu	1039,20	5,10 min
K	^{42}K	1542,70	12,52 h
Mg	^{27}Mg	843,76; 1014,40	9,45 min
Mn	^{56}Mn	846,60; 1811,20	5,59h
Na	^{24}Na	1368,53	15h
V	^{52}V	1434,40	3,76min

3.9- Teste de homogeneidade

Para verificar se as amostras de subprodutos da agroindústria, na granulometria ≈ 80 mesh, eram homogêneas quando se tomava 250 mg para a análise, escolheu-se um dos materiais (farelo de soja) e, adotou-se o seguinte procedimento: a) da amostra (total ≈ 500 g) tomaram-se aleatoriamente cinco subamostras de aproximadamente 50 g; b) cada subamostra foi transferida para potes de polietileno, previamente tratado conforme o item 3.2; c) de cada uma das 5 subamostras pesaram-se 5 alíquotas de cerca de 250 mg; d) nas 25 alíquotas determinaram-se os

elementos Co, Fe, Sc e Zn, por meio da análise por ativação com nêutrons instrumental, conforme descrito para a análise dos materiais de referência, item 3.8.

3.10 - Análise dos subprodutos da agroindústria

O procedimento experimental para a análise de : As, Br, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Cu, Eu, Fe, Hg, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Rb, Sb, Sc, Se, Ta, Th, U, V e Zn nos subprodutos da agroindústria foi o mesmo utilizado nas análises dos materiais de referência, item 3.8. No caso dos subprodutos pesaram-se 4 alíquotas de cada amostra, com massas variando de 150 a 250mg. As alíquotas foram retiradas diretamente de cada subamostra (\cong 50 gramas) armazenadas em potes de polietileno.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente é apresentado o estudo da exatidão e precisão do método utilizado, feito através de análises dos elementos de interesse, em materiais de referência certificados. Em seguida, os resultados para o teste de homogeneidade do subproduto farelo de soja.

E por fim, são apresentados as concentrações de cada elemento individualmente, obtidas para os subprodutos considerados, juntamente com uma discussão das principais funções do elemento no metabolismo animal, bem como o nível mínimo requerido e o nível considerado como tóxico, de concentração do elemento essencial, ou, o nível máximo tolerável, de concentração do elemento tóxico, para a saúde de determinados animais domésticos.

4.1 - Resultados da análise dos materiais de referência

A exatidão e precisão do método de análise por ativação com nêutrons instrumental foram avaliadas por meio das análises dos seguintes materiais de referência: Rice Flour NIES-CRM-10C, Pig Kidney BCR-CRM, Oyster Tissue NIST-SRM-1566a e Buffalo River Sediment NIST-SRM-2704. Os resultados obtidos são apresentados nas Tabelas 4.1 e 4.2, juntamente com os valores certificados. Cada valor de concentração apresentado é o resultado médio de 4 determinações acompanhado do desvio padrão.

Os valores normalizados da concentração de alguns elementos nos materiais de referência Rice Flour e Buffalo River Sediment são apresentados nas figuras 3 e 4, respectivamente.

Verifica-se por meio desses dados que, para os 4 materiais de referência analisados, os erros relativos para muitos elementos foram menores do que 5%, considerados resultados muito bons para a determinação de elementos-traço; para alguns minerais obteve-se erros relativos de

até 10%, considerados resultados bons; e para os elementos com exatidão de até 20% foram considerados aceitáveis. Com relação à precisão, os valores foram relativamente bons e ficaram em torno de 15% para a maioria dos minerais.

Tabela 4.1- Análise dos materiais de referência: Rice flour e Pig kidney

Rice flour

Pig kidney

Elemento	Conc. Unidade	média±DP presente trabalho	DP relativo (%)	Erro relativo (%)	valor certificado	média±DP presente trabalho	DP relativo (%)	Erro relativo (%)	Valor certificado
As	µg/g	0,15 ± 0,02	13	-	0,15	-	-	-	-
Br	µg/g	0,5 ± 0,1	20	-	0,5	-	-	-	-
Ca	µg/g	91 ± 17	19	4	95	-	-	-	-
Cd	µg/g	1,73 ± 0,12	7	5	1,82	2,6 ± 0,3	12	4	2,71
Cl	µg/g	236 ± 6	3	3	230	-	-	-	-
Cu	µg/g	4,3 ± 1,5	35	5	4,1	-	-	-	-
Fe	µg/g	11,4 ± 1,1	10	-	11,4	296 ± 6	2	1	299
Hg	µg/g	-	-	-	-	1,67 ± 0,52	31	15	1,97
K	µg/g	3069 ± 208	7	12	2750	-	-	-	-
Mg	µg/g	1211 ± 93	8	3	1250	-	-	-	-
Mn	µg/g	40,1 ± 1,4	4	-	40,1	-	-	-	-
Na	µg/g	17,3 ± 1,6	9	24	14,0	-	-	-	-
Mo	µg/g	1,7 ± 0,2	12	6	1,6	-	-	-	-
Rb	µg/g	6,2 ± 0,5	13	2	5,7	-	-	-	-
Se	µg/g	-	-	-	-	10,9 ± 0,6	6	6	10,3
Zn	µg/g	23,0 ± 0,5	2	1	23,1	137 ± 5	4	7	128

Tabela 4.2 - Análise dos materiais de referência: Oyster Tissue e Buffalo River Sediment

Elemento	Oyster tissue					Buffalo river sediment				
	concentração Unidade	média±DP Trabalho	DP relativo (%)	Erro relativo (%)	Valor certificado	Concentração Unidade	média±DP pres. Trabalho	DP relativo (%)	Erro relativo (%)	Valor certificado
As	µg/g	14,2 ± 0,4	3	1	14,0 ± 1,2	µg/g	21,2 ± 1,9	9	9	23,4 ± 0,8
Br	-	-	-	-	-	µg/g	5,8 ± 0,1	2	-	(7)
Ca	%	0,184 ± 0,013	7	6	0,196 ± 0,019	%	1,63 ± 0,18	11	37	2,60 ± 0,00
Cd	µg/g	4,16 ± 0,51	12	1	4,15 ± 0,38	-	-	-	-	-
Cl	%	0,785 ± 0,04	5	5	0,829 ± 0,014	-	-	-	-	-
Co	µg/g	0,59 ± 0,06	10	4	0,57 ± 0,11	µg/g	14,4 ± 1,6	11	3	14,0 ± 0,6
Cr	µg/g	1,49 ± 0,14	9	4	1,43 ± 0,46	µg/g	139 ± 26	19	3	135 ± 5
Cu	µg/g	63,3 ± 4,4	7	5	66,3 ± 4,3	-	-	-	-	-
Eu	-	-	-	-	-	µg/g	1,1 ± 0,02	2	-	(1,3)
Fe	µg/g	538 ± 9	2	1	539 ± 15	%	3,52 ± 0,27	8	14	4,11 ± 0,10
Hg	-	-	-	-	-	µg/g	1,44 ± 0,27	19	2	1,47 ± 0,00
K	%	0,80 ± 0,05	6	1	0,79 ± 0,08	%	2,26 ± 0,16	7	13	2,00 ± 0,00
La	µg/g	0,33 ± 0,05	15	-	(0,3)	µg/g	26 ± 0,2	1	-	(29)
Mg	%	0,120 ± 0,004	3	2	0,118 ± 0,017	%	1,41 ± 0,21	15	18	1,20 ± 0,00
Mn	µg/g	12,7 ± 0,7	6	3	12,3 ± 1,5	µg/g	552 ± 19	3	2	555 ± 19
Na	%	0,417 ± 0,010	2	-	0,417 ± 0,013	%	0,535 ± 0,021	4	2	0,547 ± 0,00
Rb	µg/g	3,0 ± 0,2	7	-	(3,0)	µg/g	89 ± 4	5	-	(100)
Sb	-	-	-	-	-	µg/g	3,64 ± 0,26	7	4	3,79 ± 0,10
Sc	µg/g	0,06 ± 0,002	3	-	(0,06)	-	-	-	-	-
Se	µg/g	2,29 ± 0,09	4	4	2,21 ± 0,24	-	-	-	-	-
Th	µg/g	0,04 ± 0,007	18	-	(0,04)	µg/g	8,37 ± 0,63	8	-	(9,2)
Ti	-	-	-	-	-	%	0,457 ± 0,02	4	-	0,457 ± 0,00
U	µg/g	0,17 ± 0,0	-	29	0,132 ± 0,012	µg/g	3,2 ± 0,3	9	2	3,13 ± 0,10
V	µg/g	4,84 ± 0,34	7	3	4,68 ± 0,15	µg/g	86 ± 4	5	10	95 ± 4
Zn	µg/g	830 ± 8	1	-	830 ± 57	µg/g	445 ± 41	9	2	438 ± 12

() Indica valor de informação.

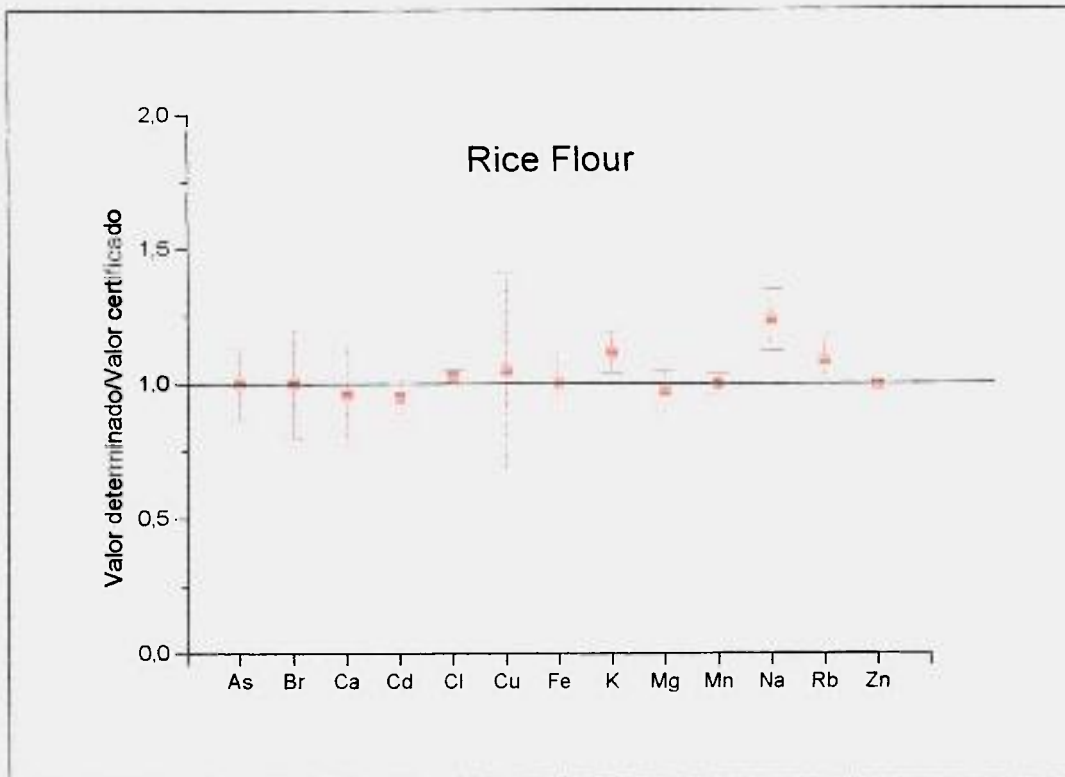


Figura 3 – Valores Normalizados de Concentração – Rice Flour

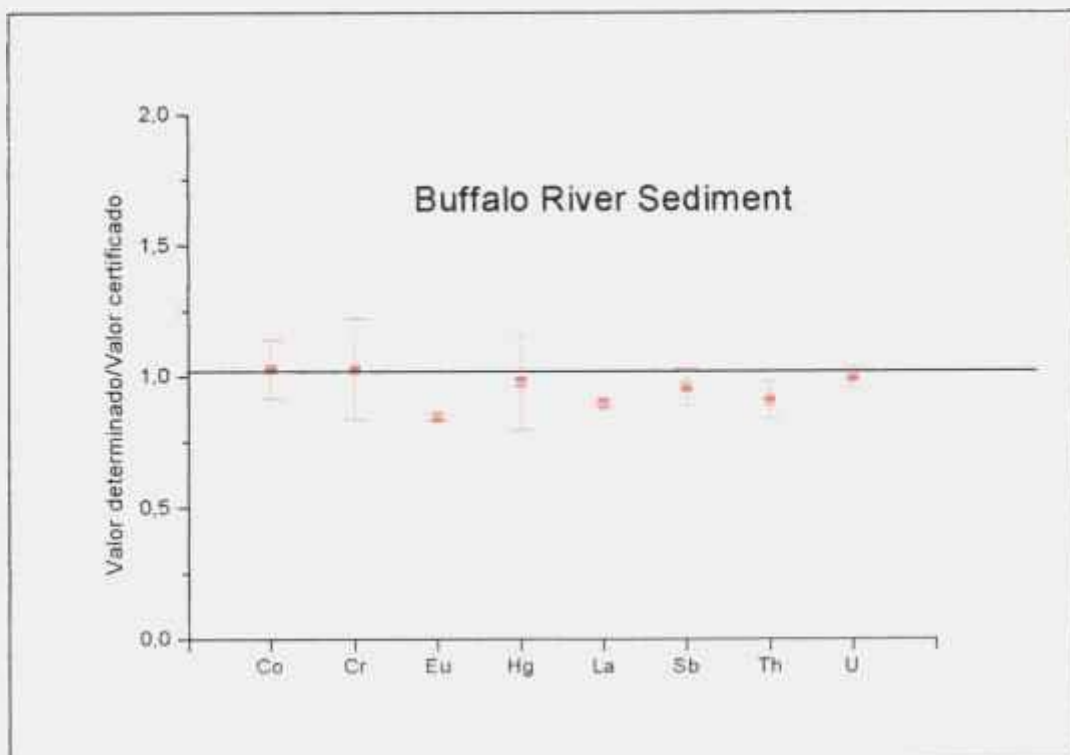


Figura 4 - Valores Normalizados de Concentração –Buffalo River Sediment

4.2 – Resultados do teste de homogeneidade

O procedimento utilizado para testar a homogeneidade do subproduto farelo de soja, foi uma adaptação daquele usado por Kucera e Soukal (1986).

Aos resultados das análises do farelo de soja, item 3.9, aplicou-se a análise de variância (separadamente para cada elemento Co, Fe, Sc e Zn), testando a variabilidade da concentração do elemento entre as subamostras e dentro das subamostras. Os resultados obtidos para a análise de variância, dentro de um nível de significância de 5%, são apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Resultados obtidos para análise de variância

Elementos	$\bar{x} \pm s$	s_r %	F (calculado)	F (tabelado)
Co ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	216 \pm 19	8,8	2,63	2,87
Fe (mg kg^{-1})	159 \pm 16	10	0,11	2,84
Sc ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	22,7 \pm 2,0	8,8	1,23	3,24
Zn (mg kg^{-1})	43,3 \pm 2,8	6,5	2,25	2,87

Como os valores de F(calculado) são menores que F(tabelado), Tabela 4.3, pode-se considerar que as concentrações de Co, fe, Sc e Zn são estatisticamente iguais, o que significa que a amostra de farelo de soja estava homogênea com relação a esses elementos, quando se tomavam subamostras de 250 mg para análise.

4.3 - Resultados e discussão da análise dos subprodutos da agroindústria

Na seqüência são apresentados os resultados das análises dos subprodutos da agroindústria. As tabelas de resultados dos macrominerais, microminerais e minerais tóxicos estão acompanhadas de gráficos de barras, para melhor comparação das concentrações entre as amostras e também comparar a concentração obtida com o valor de requerimento de cada mineral e o limite tóxico, para os animais.

Fizeram-se pelo menos 3 determinações para cada elemento em cada amostra de subproduto. Os resultados apresentados são concentrações médias acompanhada do desvio padrão. Devido ao número relativamente grande de amostras analisadas, optou-se por apresentar os resultados e discussão para cada elemento separadamente.

4.3.1- Macrominerais essenciais: Ca, Cl, K, Mg, Na, P e S

Os macrominerais essenciais cálcio (Ca), cloro (Cl), potássio (K), magnésio (Mg), sódio (Na), fósforo (P) e enxofre (S) são aqueles requeridos pelos animais em grandes quantidades e estão presentes nos tecidos animais em níveis elevados.

Os macrominerais essenciais são importantes tanto para a formação da estrutura de tecidos e para a manutenção do equilíbrio ácido-base dos líquidos intra e extracelular, como para transferência de energia, transmissão de impulsos nervosos e ativação de enzimas (Boin, 1985).

Neste trabalho foram determinados a concentração dos seguintes macrominerais essenciais: Ca, Cl, K, Mg e Na.

Segue-se, as considerações sobre cada um dos macrominerais essenciais analisados no presente trabalho.

4.3.1.1- Cálcio:

O cálcio é o mineral mais abundante no corpo; aproximadamente 98% do Ca presente encontra-se nos ossos e dentes. Os 2% remanescentes estão distribuídos em fluidos extracelulares e nos tecidos moles. Nestes casos encontra-se envolvido em funções vitais como: coagulação sanguínea, contração muscular, transmissão de impulsos nervosos, regulação cardíaca e ativação e estabilização de certas enzimas.

A deficiência de Ca no animal jovem impede o crescimento normal dos ossos, retardando o crescimento geral e o desenvolvimento. Dietas com baixo teor de Ca administrada, por um longo período, para vacas lactantes podem causar uma diminuição de Ca e P nos ossos, resultando freqüente fratura nos ossos e reduzindo a produção de leite.

A dieta com excesso de cálcio, pode ser tão prejudicial quanto a deficiência de cálcio, mas tal situação raramente ocorre na prática.

A quantidade de Ca absorvida pelo animal é afetada pela fonte e forma química do Ca, pela inter-relação do Ca com outros nutrientes e, pela própria necessidade do animal. O requerimento está influenciado por fatores como: idade, peso, espécie e estágio de produção (manutenção, crescimento, prenhez e lactação). Por exemplo, segundo a literatura (Mc Dowell e col, 1984) o gado de corte requer uma ração com concentração de Ca variando de 0,18 a 1,04% para crescimento e engorda de bezerras enquanto que, para vacas leiteiras em lactação são adequadas concentrações de Ca variando de 0,21 a 0,52%.

A alimentação natural do gado são as plantas forrageiras, obtidas normalmente através das pastagens. As forragens são geralmente boas fontes de Ca, porém o conteúdo de Ca nas forragens é variável e depende dos seguintes fatores: espécie, porção e maturidade da planta consumida, quantidade de Ca permutável no solo, e do clima. Por exemplo, as leguminosas apresentam maiores conteúdo de Ca do que as gramíneas. Porém na época seca quando as pastagens ficam escassas necessita-se encontrar formas alternativas de alimentação do animal, uma dessas formas pode ser os subprodutos agroindustriais.

Nas Figura 4.1-a e 4.1-b são apresentados os resultados de Ca obtidos das análises dos subprodutos agroindustriais.

Das figuras 4.1-a e 4.1*-b, verifica-se que os cereais (arroz, milho, sorgo, trigo e o bagaço de cana) possuem baixas concentrações de Ca, comparado com as necessidades dos animais, portanto dietas com grandes quantidades desses cereais devem ser suplementadas. Como suplemento pode-se usar os subprodutos de origem animal, que apresentam altas concentrações de Ca, principalmente a farinha de carne, devido a grande proporção de ossos em sua composição.

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A./96 (5738 ± 152)	FCarn.A/96 (211725-13188)	FPeixe.B/96 (69106±3999)	FPena.B/96 (2967 ± 344)	CFCA.B/96 (30037±5154)	CFPA.B/96 (33810±3620)	
Soja	CcSoja.C/96 (2731 ± 114)	FSoja.C/95 (2185 ± 127)	Fsoja.C/97 (2787 ± 129)	FSoja.B/96 (2541 ± 112)	SojaFl.B/96 (2740 ± 318)	SojaMd.B/96 (2765 ± 52)	SojaTost.B/96 (1350 ± 59)
Algodão	CçAlg.B/96 (1119 ± 28)	CcAlg.B/96 (875 ± 148)	Falg.C/96 (1474 ± 80)	Falg.C/97 (2787 ± 129)	FAlg.D/96 (1569 ± 404)		
Laranja	BSLar.E/95 (2423 ± 146)	CcLar.F/96 (7872 ± 78)	Pctr.G/96 (14075 ± 252)	Pctr.H/97 (21731±1167)			
Arroz	CcArr.A/96 (678 ± 52)	ArrCruA/96 (199 ± 74)	FArrParb.B/96 (979 ± 136)				
Cevada	MCcCv.B/95 (978 ± 54)	ResCv.I/95 (2596 ± 114)	ResCj.B/96 (3568 ± 264)				
Tomate	BTom.J/95 (2601 ± 182)	BTom.K/95 (2531 ± 503)	BTom.L/95 (1187 ± 4)				
Milho	FMilhoA/96 (66 ± 4)	FMilhoC/97 (238 ± 74)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (240 ± 42)	Sorgo.B/96 (128 ± 13)					
Trigo	FTrigo.A/96 (927 ± 28)	FTrigo.C/97 (727 ± 49)					
Canola	Can.M/96 (6184 ± 334)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (742 ± 206)						
Castanha	TCast.B/96 (2277 ± 420)						

Figura 4.1-a – Resultados de concentração de Ca em mg kg^{-1} nas amostras de subprodutos

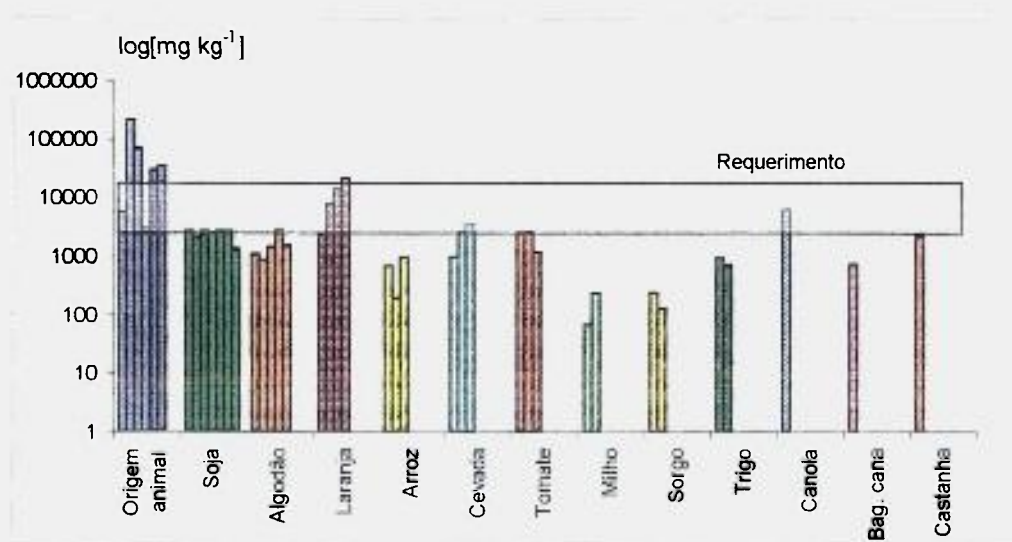


Figura 4.1-b – log[Ca] x subprodutos agroindustriais

4.3.1.2- Cloro:

O cloro é o principal ânion do fluido extracelular e está geralmente associado com o sódio. O cloro juntamente com o sódio tem papel fundamental na manutenção da pressão osmótica, equilíbrio ácido-base e controle do metabolismo da água nos tecidos do corpo. O corpo animal contém de 0,10 a 0,11% de cloro, sendo que 84 a 85% do total está localizado no fluido extracelular.

Nas Figuras 4.2-a e 4.2-b são apresentados os resultados de Cl obtidos das análises dos subprodutos agroindustriais.

O conteúdo de cloro na ração é muito variável e é influenciado por fatores como: maturidade da planta, níveis de oxigênio na planta e competição com outros ânions. Em geral o conteúdo de Cl nos grãos é mais baixo do que o recomendado para a dieta da vaca leiteira, isto pode ser confirmado com os dados da Figura 4.2-a, e as forragens geralmente oferecem quantidades adequadas de cloro.

Verifica-se, através das Figuras 4.2-a e 4.2-b, que os subprodutos de origem animal são os que apresentam maior concentração de Cl, e as menores concentrações foram encontradas nos subprodutos da soja que variou de 52 a 72 mg kg⁻¹. Foi sugerido que uma dieta de 0,18% de cloro é adequada para vacas leiteiras. Demonstrou-se também que 0,10% não é adequado para manutenção da performance do animal (NRC, 1996).

Níveis excessivos de Cl sem Na ou K podem contribuir para condições de acidoses em gado leiteiro. Entretanto, nível máximo tolerável de 4% foi estabelecido para cloreto de sódio, preferencialmente para o Cl, para vacas em lactação e, para gados em desenvolvimento, o máximo é de 9% (NRC, 1996).

A ocorrência da deficiência de cloro é pouco provável porque a quantidade requerida pelo animal é pequena. Os sintomas da deficiência em cloro pode ser produzida em pintinhos alimentados com dietas sintéticas praticamente sem cloro (Georgievskii, 1982).

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (2386 ± 138)	Fcarn.A/96 (3231 ± 21)	FPeixe.B/96 (7544 ± 757)	FPena.B/96 (2581 ± 308)	CFCA.B/96 (6169 ± 1872)	CFPA.B/96 (4503 ± 653)	
Soja	CcSoja.C/96 (67 ± 3)	FSoja.C/95 (64 ± 2)	FSoja.C/97 (58 ± 5)	FSoja.B/96 (58 ± 2)	SojaFl.B/96 (52 ± 1)	SojaMd.B/96 (72 ± 1)	SojaTost.B/96 (71 ± 12)
Algodão	CçAlg.B/96 (222 ± 28)	CcAlg.B/96 (288 ± 63)	FAlg.C/96 (478 ± 27)	FAlg.C/97 (405 ± 17)	FAlg.D/96 (406 ± 34)		
Laranja	BSLar.E/95 (207 ± 1)	CcLar.F/96 (503 ± 16)	Pctr.G/96 (133 ± 20)	Pctr.H/97 (81 ± 16)			
Arroz	CcArr.A/96 (597 ± 78)	ArrCruA/96 (194 ± 9)	FArrParb.B/96 (96 ± 1)				
Cevada	MCCv.B/95 (2168 ± 41)	ResCv.I/95 (188 ± 16)	ResCj.B/96 (177 ± 12)				
Tomate	BTom.J/95 (2208 ± 62)	Btom.K/95 (2005 ± 22)	BTom.L/95 (1710 ± 179)				
Milho	FMilho.A/96 (557 ± 8)	FMilho.C/97 (684 ± 52)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (856 ± 56)	Sorgo.B/96 (768 ± 23)					
Trigo	FTrigo.A/96 (546 ± 40)	FTrigo.C/97 (420 ± 11)					
Canola	Can.M/96 (620 ± 50)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (143 ± 6)						
Castanha	TCast.B/96 (817 ± 42)						

Figura 4.2-a – Resultados de concentrações de Cl em mg kg^{-1} nas amostras de subprodutos

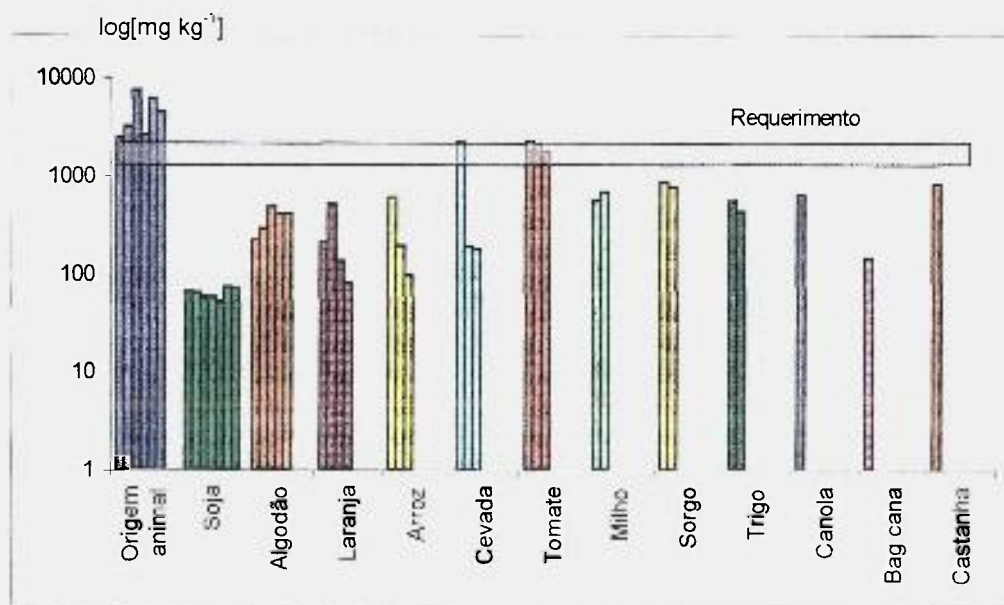


Figura 4.2-b – $\log[\text{Cl}]$ x subprodutos agroindustriais

4.3.1.3- Potássio:

O potássio é o terceiro mineral mais abundante nos tecidos animais, participa de importantes funções como: balanço osmótico, equilíbrio ácido-base, balanço de água, contrações musculares, transmissão de impulsos nervosos, e de vários sistemas enzimáticos.

O requerimento de potássio para vacas não está bem definido. Foi sugerido que vacas em gestação requerem de 0,5 a 0,7% de potássio. Por causa da perda relativamente alta de potássio para o leite ($1,5 \text{ g kg}^{-1}$), o requerimento de potássio pode ser maior em vacas durante a lactação (NRC, 1996).

A deficiência de potássio resulta na redução de apetite, parada do crescimento, fraqueza muscular, degeneração de órgãos vitais, e desordens nervosas.

Quando o nível de potássio é moderadamente mais alto na dieta, os animais consomem mais água e urinam mais, porém sua saúde e produtividade não são afetados. Já para os animais monogástricos, o uso prolongado de quantidades excessivas de K pode prejudicar a função reprodutiva, especialmente se a dieta for deficiente em sódio (Georgievskii, 1982).

Estudos feitos com bezerros, aumentando a dieta de K de 2,77 para 6,77% diminuiu o apetite e retardou o ganho do peso, portanto segundo a NRC, 1996, a concentração máxima tolerável de potássio foi estabelecida em 3%.

Nas Figuras 4.3-a e 4.3-b são apresentados os resultados de K obtidos pelas análises dos resíduos agroindustriais.

Pela análise dos resultados (Figuras 4.3-a e 4.3-b) todos os subprodutos da agroindústria analisados são relativamente ricos em potássio e praticamente todos atendem as necessidades requeridas pelo gado (0,5 a 0,7%) (NRC, 1996), com exceção do resíduo de cevadal/95, o resíduo de cervejaria B/96 que apresentaram baixas concentrações de K e o farelo de soja B/96 que superou o limite máximo permissível para este elemento (3%).

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (2900 ± 151)	FCarn.A/96 (2418 ± 328)	FPeixe.B/96 (4071 ± 163)	FPena.B/96 (3395 ± 281)	CFCA.B/96 (19963 ± 382)	CFPA.B/96 (28986±5314)	
Soja	CcSoja.C/96 (23832±1554)	FSoja.C/95 (27628±2427)	FSoja.C/97 (26384 ± 593)	FSoja.B/96 (41159±10689)	SojaFI.B/96 (24474±2841)	SojaMd.B/96 (22460±3243)	SojaTost.B/96 (21403±1218)
Algodão	CçAlg.B/96 (13692±1114)	CcAlg.B/96 (13532±2090)	FAlg.C/96 (19043±1764)	FAlg.C/97 (17160 ± 511)	FAlg.D/96 (20172±1112)		
Laranja	BSLar.E/96 (17123 ± 879)	CcLar.F/96 (10965 ± 155)	Pctr.G/96 (11813 ± 187)	Pctr.H/97 (9203 ± 797)			
Arroz	CcArr.A/96 (2749 ± 69)	ArrCru.A/96 (10856 ± 949)	FArrParb.B/96 (6684 ± 405)				
Cevada	MCcCv.B/95 (8179 ± 175)	ResCv.I/95 (524 ± 57)	ResCj.B/96 (801 ± 74)				
Tomate	BTom.J/93 (15404±1508)	BTom.K/95 (14758±2150)	BTom.L/95 (15170 ± 617)				
Milho	FMilho.A/96 (3488 ± 172)	FMilho.B/97 (5792 ± 519)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (3801 ± 169)	Sorgo.B/96 (3067 ± 103)					
Trigo	FTrigo.A/96 (14984 ± 544)	FTrigo.C/97 (12123 ± 116)					
Canola	Can.M/96 (16529 ± 975)						
Bag. Cana	BCana.N/96 (2553 ± 296)						
Castanha	TCast.B/96 (11723 ± 107)						

Figura 4.3-a – Resultados de concentrações de K em mg kg^{-1} nas amostras de subprodutos

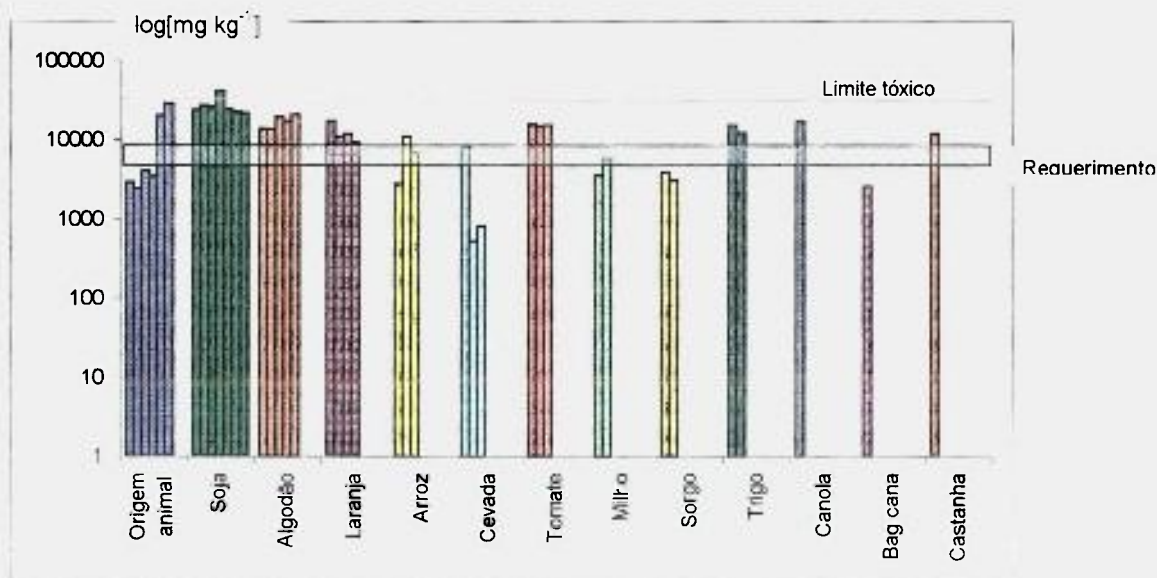


Figura 4.3-b – log[K] x subprodutos agroindustriais

4.3.1.4- Magnésio:

O magnésio é o 4º cátion mais abundante no organismo animal. Ele representa cerca de 0,05% do peso total e 0,5% da matéria mineral. Cerca de 60 a 70% do Mg está contido no esqueleto, sendo que 1/3 combinado com o P. Dos 30 a 40% do Mg localizado nos tecidos moles do organismo, somente 1% está no fluido extracelular. O restante está contido dentro das células, onde o conteúdo só é superado pelo de K (Boin, 1985).

O magnésio desempenha várias funções vitais no metabolismo animal como: sendo um constituinte do osso, tem o papel na transmissão neuromuscular e exerce atividade em muitos sistemas enzimáticos.

As necessidades dietéticas de magnésio para os bovinos variam com a espécie, raça, idade e estado fisiológico dos animais e, biodisponibilidade Mg do na dieta.

As quantidades recomendadas (NRC, 1996) de magnésio para o gado de corte na ração são:

- animal em crescimento: 0,10%
- vacas em gestação: 0,12%
- vacas em lactação: 0,20%

A deficiência de magnésio em bezerros resulta em excitabilidade, anorexia, congestão, convulsões, salivação e calcificação do tecido mole.

A toxicidade do magnésio não é problema para o gado leiteiro. A concentração máxima tolerável foi estimada em 0,4%. Vacas alimentadas a 0,39% de magnésio não mostraram efeito adverso (NRC, 1996).

Nas Figuras 4.4-a e 4.4-b são apresentados os resultados de Mg obtidos das análises do subprodutos agroindustriais.

Verifica-se através dos resultados obtidos (Figuras 4.4-a e 4.4-b) que alguns dos subprodutos analisados, apresentaram um teor de Mg um pouco superior ao teor máximo permitido (0,4%), porém essas concentrações não foram muito maiores do que esse limite, variando de 0,41 a 0,87%. Entretanto, estudos realizados (NRC, 1989) mostraram que a suplementação de Mg (como óxido de magnésio) a um nível de cerca de 0,8% foram aplicadas nas dietas de vacas leiteiras para corrigir o teor de gordura no leite sem danos aparente, exceto por diarreias ocasionais. O Mg total nestas dietas foi de 0,61%.

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (868 ± 176)	FCarn.A/96 (3751 ± 160)	FPeixe.B/96 (1818 ± 147)	FPena.B/96 (3395 ± 281)	CFCA.B/96 (6334 ± 127)	CFPA.B/96 (8724 ± 1117)	
Soja	CcSoja.C/96 (3341 ± 119)	FSoja.C/95 (3306 ± 291)	FSoja.C/97 (3084 ± 79)	FSoja.B/96 (3110 ± 72)	SojaFl.B/96 (2787 ± 180)	SojaMd.B/96 (2706 ± 158)	SojaTost.B/96 (2622 ± 86)
Algodão	CçAlg.B/96 (4297 ± 404)	CcAlg.B/96 (1247 ± 252)	FAlg.C/96 (4207 ± 733)	FAlg.C/97 (4088 ± 88)	FAlg.D/96 (4986 ± 251)		
Laranja	BSLar.E/95 (917 ± 66)	CcLar.F/96 (1295 ± 28)	PCtr.G/96 (1332 ± 26)	PCtr.H/97 (1121 ± 88)			
Arroz	CcArr.A/96 (797 ± 116)	ArrCru.A/96 (5169 ± 7)	FArrParb.B/96 (6684 ± 405)				
Cevada	MCCcV.B/95 (1262 ± 28)	ResCv.I/95 (2071 ± 134)	ResCj.B/96 (2167 ± 183)				
Tomate	BTom.J/93 (2964 ± 143)	BTom.K/95 (2649 ± 468)	BTom.L/95 (2659 ± 13)				
Milho	FMilho.A/96 (756 ± 32)	FMilho.B/97 (1435 ± 152)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (973 ± 21)	Sorgo.B/96 (1094 ± 67)					
Trigo	FTrigo.A/96 (5855 ± 125)	FTrigo.C/97 (3584 ± 122)					
Canola	Can.M/96 (5717 ± 314)						
Bag. Cana	BCana.N/96 (1447 ± 129)						
Castanha	TCast.B/96 (4449 ± 463)						

Figura 4.4-a – Resultados de concentrações de Mg em mg kg^{-1} nas amostras de subprodutos

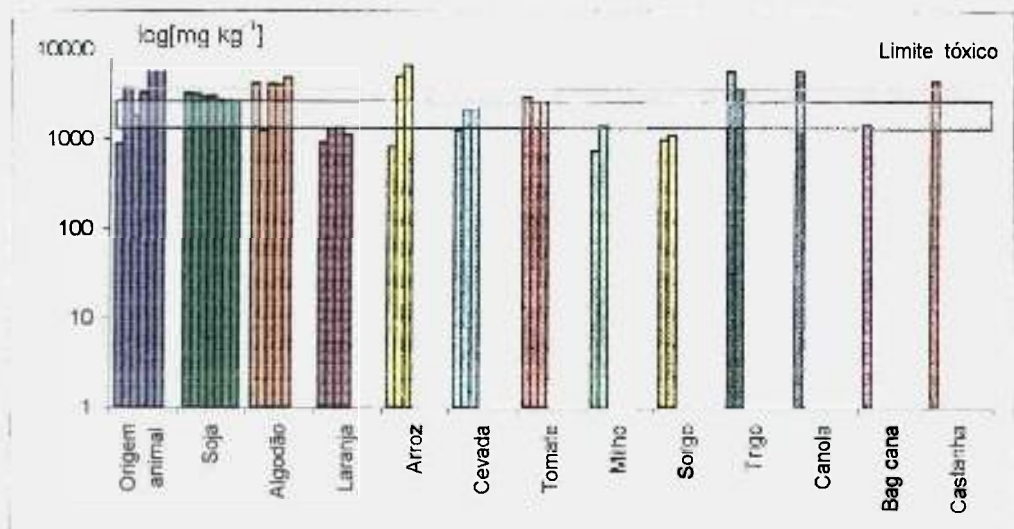


Figura 4.4-b – log[Mg] x subprodutos agroindustriais

4.3.1.5- Sódio:

O sódio é o principal cátion do fluido extracelular e tem como funções: manter o balanço do fluido corpóreo, regular a pressão osmótica e balanço ácido-base, atuar na contração muscular, na transmissão de impulsos nervosos e no transporte de aminoácidos e glucose.

Os requerimentos de sódio para o gado não lactante não excedem 0,06 – 0,08%, enquanto que a vaca lactante requer aproximadamente 0,10% de sódio (NRC, 1996).

Os sinais de deficiência de sódio são: perda de apetite, parada do crescimento, redução na produção de leite.

A concentração máxima tolerável de sal na dieta do gado foi estimada em 9% (NRC, 1996). Animais jovens são mais sensíveis ao excesso de NaCl na dieta do que adultos. Condições de excesso crônico são raras; casos de envenenamento por sal são mais freqüentes em vacas leiteiras, porcos e aves. Os sintomas de envenenamento por sal são: forte sede, fezes líquidas, vômitos, dificuldade na respiração e morte dentro de 24 – 48 horas.

Nas Figuras 4.5-a e 4.5-b são apresentados os resultados de Na obtidos nas análises dos subprodutos agroindustriais.

Os grãos de cereais e as sementes de oleaginosas fornecem quantidades inadequadas de Na para o gado de corte, como pode-se observar pelos resultados das análises dos subprodutos.

Os subprodutos de origem animal são os que fornecem concentrações mais adequadas de Na para os bovinos. Como os demais subprodutos analisados são mais pobres em Na, se a dieta dos bovinos for rica nesses subprodutos, haverá a necessidade de uma suplementação de Na. A suplementação de Na poderá ser feita com cloreto de sódio e bicarbonato de sódio, ambas as formas são altamente disponíveis em Na.

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (1776 ± 25)	FCarn.A/96 (7493 ± 207)	FPeixe.B/96 (6829 ± 682)	FPena.B/96 (169 ± 16)	CFCA.B/96 (3333 ± 156)	CFPA.B/96 (4503 ± 653)	
Soja	CcSoja.C/96 (603 ± 15)	FSoja.C/95 (5 ± 1)	FSoja.C/97 (7 ± 1)	FSoja.B/96 (8 ± 1)	SojaFl.B/96 (48 ± 2)	SojaMd.B/96 (14 ± 1)	SojaTost.B/96 (8 ± 1)
Algodão	CçAlg.B/96 (19 ± 5)	CcAlg.B/96 (22 ± 3)	Falg.C/96 (30 ± 3)	Falg.C/97 (22 ± 1)	Falg.D/96 (24 ± 2)		
Laranja	BSLar.E/95 (10 ± 1)	CcLar.F/96 (344 ± 2)	Pctr.G/96 (84 ± 5)	Pctr.H/97 (319 ± 36)			
Arroz	CcArr.A/96 (26 ± 4)	ArrCruA/96 (177 ± 12)	FArrParb.B/96 (17 ± 1)				
Cevada	MCCcV.B/95 (172 ± 4)	ResCv.I/95 (60 ± 1)	ResCj.B/96 (300 ± 17)				
Tomate	Btom.J/93 (265 ± 25)	Btom.K/95 (243 ± 59)	Btom.L/95 (262 ± 9)				
Milho	FMilho.A/96 (4,1 ± 0,4)	FMilho.B/97 (14 ± 3)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (6,3 ± 0,1)	Sorgo.B/96 (< 11)					
Trigo	FTrigo.A/96 (49 ± 2)	FTrigo.C/97 (31 ± 0)					
Canola	Can.M/96 (130 ± 15)						
Bag.Cana	Bcana.N/96 (90 ± 2)						
Castanha	TCast.B/96 (16 ± 2)						

Figura 4.5-a – Resultados de concentrações de Na em mg kg^{-1} nas amostras de subprodutos

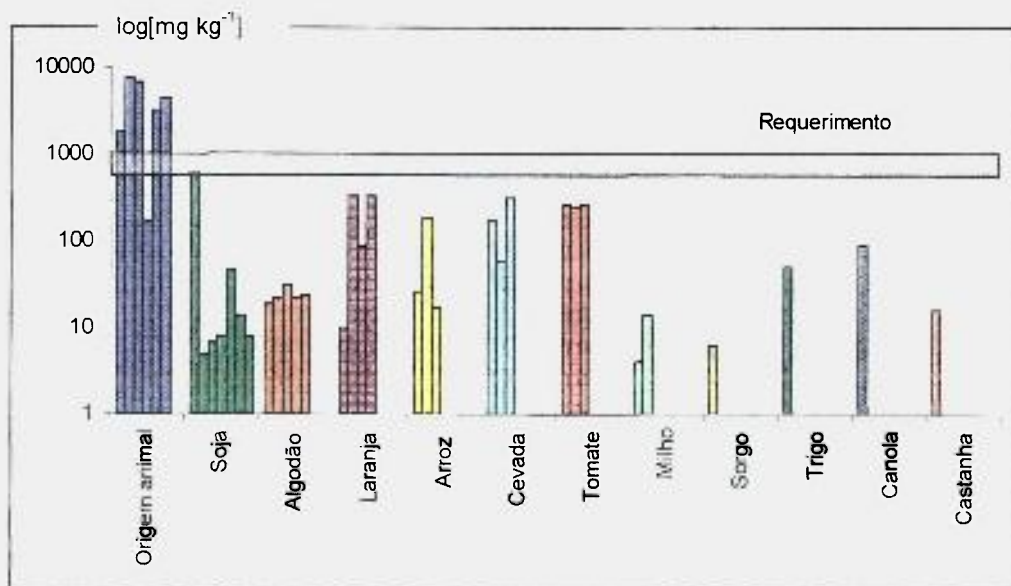


Figura 4.5-b – log[Na] x subprodutos agroindustriais

4.3.2- Microminerais essenciais: Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V, Zn, I e Ni.

Os microminerais essenciais ou elementos-traço cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), selênio (Se), vanádio (V), zinco (Zn), iodo (I) e níquel (Ni), são aqueles necessários em pequenas quantidades e, geralmente, estão presentes em baixas concentrações nos tecidos animais. Entretanto os microelementos podem ser tóxicos se consumidos em grandes quantidades ou por longo período.

Os microminerais essenciais funcionam principalmente como cofatores de enzimas, como componentes estruturais e/ou funcionais da atividade de enzimas, de hormônios e vitaminas.

Dentre os microelementos essenciais o Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V e Zn foram determinados nos subprodutos da agroindústria.

Seguem-se, considerações sobre cada um dos microminerais essenciais analisados no presente trabalho.

4.3.2.1- Cobalto:

O cobalto é essencial na dieta do gado porque é requerido pelos microrganismos do rúmen para a síntese da vitamina B-12. Cerca de 3 % do Co ingerido é convertido em vitamina B-12, principalmente no rúmen. De toda a vitamina produzida, apenas 1 a 3 % é absorvida.

Cerca de 43 % do cobalto corpóreo é armazenado nos músculos e aproximadamente 14 % está nos ossos. O restante está distribuído nos tecidos (NRC, 1989).

O requerimento de cobalto é aproximadamente $0,10 \text{ mg kg}^{-1}$ de ração. Concentrações entre 0,07 e 0,11 % foi reportado como adequado em muitos estudos (NRC, 1996). Casos de deficiência de Co foram observados em gados e carneiros. A hipocobaltose é causada pelo baixo conteúdo de Co no solo e nas plantas (menos que $0,1 - 0,08 \text{ mg kg}^{-1}$). Os principais sintomas da hipocobaltose são anemia, redução de apetite, mudanças no pêlo, degeneração da gordura do fígado e queda do nível da vitamina B-12 no sangue e fígado.

A toxicidade por Co não ocorre com frequência a menos que haja um erro na formulação do suplemento mineral. O gado pode tolerar aproximadamente 100 vezes a dieta requerida de Co. O excesso de Co produz perda de apetite, anemia e redução no crescimento do animal.

Nas Figuras 4.6-a e 4.6-b são apresentados os resultados de Co obtidos das análises dos subprodutos agroindustriais.

Observa-se através dos resultados das Figuras 4.6-a e 4.6-b, que nenhum dos subprodutos analisados ultrapassaram o limite máximo tolerável de Co que é de 10 mg kg^{-1} segundo a literatura (NRC, 1996). Observa-se também que a maior parte desses subprodutos estão dentro do requerimento mínimo para os ruminantes, com exceção, principalmente dos subprodutos da cevada, milho e sorgo que apresentaram concentrações um pouco abaixo do mínimo necessário.

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (41 ± 1)	Fcarn.A/96 (88 ± 9)	FPeixe.B/96 (119 ± 4)	FPena.B/96 (139 ± 18)	CFCA.B/96 (842 ± 105)	CFPA.B/96 (4887 ± 117)	
Soja	CcSoja.C/96 (188 ± 4)	FSoja.C/95 (192 ± 5)	FSoja.C/97 (66 ± 2)	FSoja.B/96 (138 ± 3)	SojaFl.B/96 (155 ± 6)	SojaMd.B/96 (312 ± 14)	SojaTost.B/96 (117 ± 6)
Algodão	CçAlg.B/96 (133 ± 17)	CcAlg.B/96 (61 ± 3)	FAlg.C/96 (227 ± 17)	Falg.C/97 (236 ± 3)	FAlg.D/96 (230 ± 25)		
Laranja	BSLar.E/95 (148 ± 23)	CcLar.F/96 (60 ± 1)	Pctr.G/96 (391 ± 49)	Pctr.H/97 (112 ± 10)			
Arroz	CcArr.A/96 (544 ± 12)	ArrCru.A/96 (1141 ± 83)	FArrParb.B/96 (86 ± 6)				
Cevada	MCCv.B/95 (65 ± 4)	ResCv.I/95 (64 ± 2)	ResCj.B/96 (27 ± 2)				
Tomate	BTom.J/93 (522 ± 23)	BTom.K/95 (574 ± 34)	BTom.L/95 (550 ± 43)				
Milho	FMilho.A/96 (47 ± 3)	FMilho.B/97 (49 ± 4)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (41 ± 4)	Sorgo.B/96 (41 ± 2)					
Trigo	FTrigo.A/96 (161 ± 29)	FTrigo.C/97 (89 ± 1)					
Canola	Can.M/96 (255 ± 17)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (907 ± 132)						
Castanha	Tcast.B/96 (1856 ± 11)						

Figura 4.6-a – Resultados de concentrações de Co em $\mu\text{g kg}^{-1}$ nas amostras de subprodutos

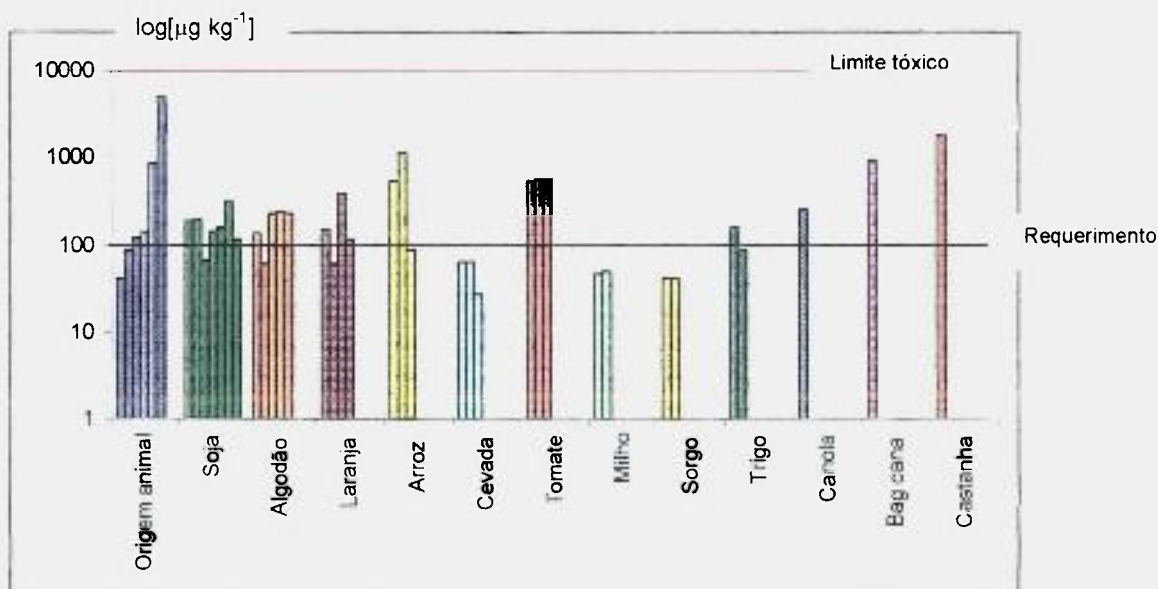


Figura 4.6-b – log[Co] x subprodutos agroindustriais

4.3.2.2- Cromo:

O cromo foi identificado como um ingrediente ativo de agentes dietéticos, funciona como um componente do fator de tolerância da glucose, que serve para potencializar a ação da insulina.

A avaliação do estado nutricional do Cr é difícil e os requerimentos para o homem ou animais não foram ainda estabelecidos. Observou-se que adicionando baixas concentrações (0,2 a 1mg Cr/ kg⁻¹ de ração) houve um aumento da resposta imune e da taxa de crescimento do gado.

A concentração máxima tolerável de Cr numa dieta foi estabelecida em até 3000 mg Cr kg⁻¹ de ração se o Cr estiver na forma de óxido e até 1000 mg kg⁻¹ se estiver na forma de cloreto (NRC, 1996). Informações atuais disponíveis não são suficientes para determinar o requerimento necessário de Cr.

Nas Figuras 4.7-a e 4.7-b são apresentados os resultados de Cr obtidos das análises dos subprodutos agroindustriais.

Os resultados da Figuras 4.7-a 4.7-b, mostram que os subprodutos da agroindústria analisados estão abaixo da concentrações máximas toleráveis para os ruminantes que varia de 1000 a 3000 mg kg⁻¹ dependendo da forma química em que se encontra este elemento.

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (764 ± 99)	Fcarn.A/96 (863 ± 18)	Fpeixe.B/96 (703 ± 144)	FPena.B/96 (1282 ± 8)	CFCA.B/96 (4750 ± 798)	CFPA.B/96 (3068 ± 168)	
Soja	CcSoja.C/96 (341 ± 37)	Fsoja.C/95 (81 ± 8)	Fsoja.C/97 (221 ± 1)	FSoja.B/96 (167 ± 11)	SojaFl.B/96 (183 ± 30)	SojaMd.B/96 (358 ± 3)	SojaTost.B/96 (197 ± 10)
Algodão	CçAlg.B/96 (332 ± 47)	CcAlg.B/96 (84 ± 18)	FAlg.C/96 (150 ± 38)	Falg.C/97 (236 ± 1)	FAlg.D/96 (179 ± 95)		
Laranja	BSLar.E/95 (1715 ± 155)	CcLar.F/96 (1081 ± 82)	Pctr.G/96 (2196 ± 167)	Pctr.H/97 (7492 ± 537)			
Arroz	CcArr.A/96 (293 ± 75)	ArrCru.A/96 (26607±3279)	FarrParb.B/96 (315 ± 6)				
Cevada	MCcCv.B/95 (318 ± 4)	ResCv.I/95 (470 ± 97)	ResCj.B/96 (27 ± 2)				
Tomate	BTom.J/93 (1588 ± 239)	BTom.K/95 (1579 ± 102)	BTom.L/95 (602 ± 79)				
Milho	FMilho.A/96 (50 ± 3)	Fmilho.B/97 (244 ± 14)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (2224 ± 145)	Sorgo.B/96 (63 ± 4)					
Trigo	FTrigo.A/96 (111 ± 21)	FTrigo.C/97 (385 ± 42)					
Canola	Can.M/96 (334 ± 23)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (7074 ± 1398)						
Castanha	Tcast.B/96 (129 ± 27)						

Figura 4.7-a – Resultados de concentrações de Cr em $\mu\text{g kg}^{-1}$ nas amostras de subprodutos

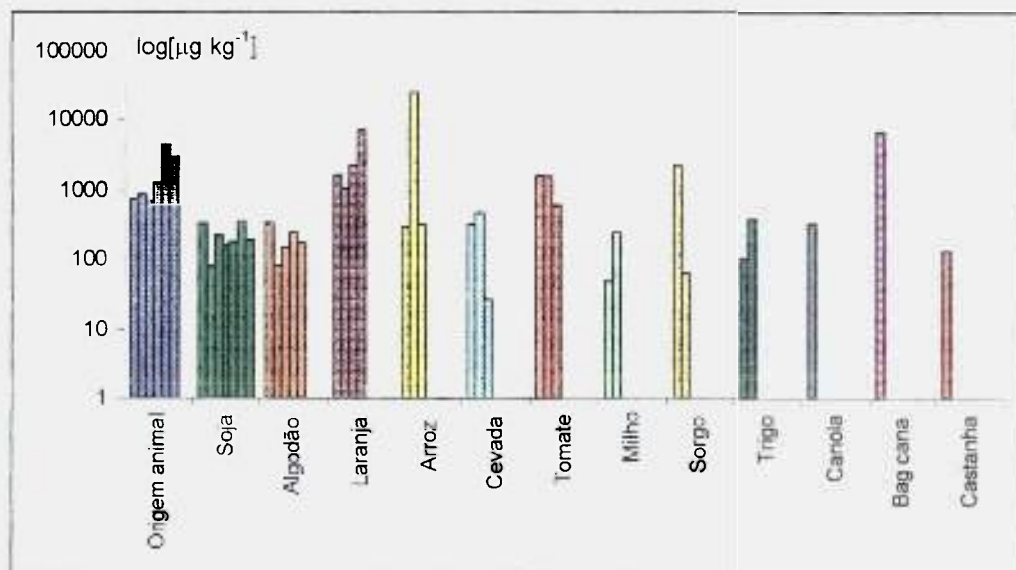


Figura 4.7-b – log[Cr] x subprodutos agroindustriais

4.3.2.3- Cobre:

O cobre é essencial, na produção de hemoglobina, no funcionamento de sistemas enzimáticos, como componente de vários pigmentos do organismo, está envolvido no sistema nervoso central, no metabolismo do osso e em funções do coração.

O requerimento de cobre, na ração de bovinos pode variar de 4 a 15 mgCu kg⁻¹ dependendo amplamente das concentrações de molibdênio e enxofre na dieta. A concentração recomendada de Cu para dietas do gado de corte é de 10 mgCu kg⁻¹ de ração. Esta quantidade deve fornecer Cu adequado se a dieta não exceder 0,25% de S e 2 mgMo kg⁻¹ da dieta. A necessidade de Cu também pode depender da raça do animal (NRC, 1996).

A deficiência de cobre pode causar: anemia, redução no crescimento, despigmentação do pêlo e mudanças no crescimento e na aparência física do pêlo, insuficiência cardíaca e diarreia.

A toxicidade do cobre pode ocorrer no gado como resultado de excessiva suplementação de cobre ou o uso de alimentos que foram contaminados com cobre provenientes dos procedimentos na agricultura ou fonte industrial. O fígado pode acumular uma grande quantidade de cobre antes dos sinais de toxicidade serem observados. A concentração máxima tolerável de cobre para o gado foi estimada em 100 mg kg⁻¹ da dieta (NRC, 1996). Para causar toxicidade a concentração de cobre dependerá da concentração de molibdênio, enxofre e ferro presentes na dieta. Bovinos na idade adulta são menos suscetíveis a toxicidade do cobre do que os bovinos jovens.

Segundo a literatura (NRC, 1996), os grãos de cereais costumam apresentar um teor de 4 a 8 mg Cu kg⁻¹ e, essa concentração pode variar muito dependendo da espécie da planta e da disponibilidade de Cu no solo.

Nas Figuras 4.8-a e 4.8-b são apresentados os resultados de Cu obtidos das análises dos subprodutos agroindustriais.

Para a maioria dos subprodutos analisados o teor de Cu está dentro dos limites de toxicidade permitido (100 mgCu kg⁻¹), embora alguns dos subprodutos como a cama de frango com casca de amendoim, a cama de frango com palha de arroz e o farelo de trigoA/96, ultrapassem esse limite. Nestes casos, suspeita-se que houve contaminação por Cu no processo de elaboração desses subprodutos. Os demais subprodutos atendem as necessidades do gado (10 mg Cu kg⁻¹), com exceção dos farelos de milho e o sorgo que apresentaram concentrações inferiores às recomendadas.

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (19 ± 1)	FCarn.A/96 (< 54)	FPeixe.B/96 (< 18)	Fpena.B/96 (27 ± 9)	CFCA.B/96 (165 ± 32)	CFPA.B/96 (290 ± 70)	
Soja	CcSoja.C/96 (21 ± 2)	FSoja.C/95 (13 ± 1)	FSoja.C/97 (10 ± 1)	FSoja.B/96 (15 ± 1)	SojaFl.B/96 (14 ± 1)	SojaMd.B/96 (17 ± 1)	SojaTost.B/96 (12 ± 3)
Algodão	CçAlg.B/96 (9 ± 2)	CcAlg.B/96 (2,3 ± 0,1)	FAlg.C/96 (9 ± 2)	FAlg.C/97 (10 ± 1)	FAlg.D/96 (12 ± 1)		
Laranja	BSLar.E/95 (2,7 ± 0,4)	CcLar.F/96 (41 ± 3)	Pctr.G/96 (< 8)	Pctr.H/97 (11 ± 4)			
Arroz	CcArr.A/96 (< 11)	ArrCru.A/96 (< 29)	FArrParb.B/96 (26 ± 3)				
Cevada	MCcCv.B/95 (7 ± 2)	ResCv.I/95 (10 ± 1)	ResCj.B/96 (17 ± 2)				
Tomate	BTom.J/93 (8 ± 3)	BTom.K/95 (17 ± 8)	BTom.L/95 (10 ± 2)				
Milho	FMilho.A/96 (1,14 ± 0,08)	Fmilho.B/97 (4,7 ± 0,6)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (3,4 ± 0,2)	Sorgo.B/96 (3,4 ± 0,3)					
Trigo	FTrigo.A/96 (168 ± 9)	FTrigo.C/97 (16 ± 1)					
Canola	Can.M/96 (5,4 ± 0,8)						
Bag.Cana	Bcana.N/96 (46 ± 13)						
Castanha	TCast.B/96 (32 ± 6)						

Figura 4.8-a – Resultados de concentrações de Cu em mg kg^{-1} nas amostras de subprodutos

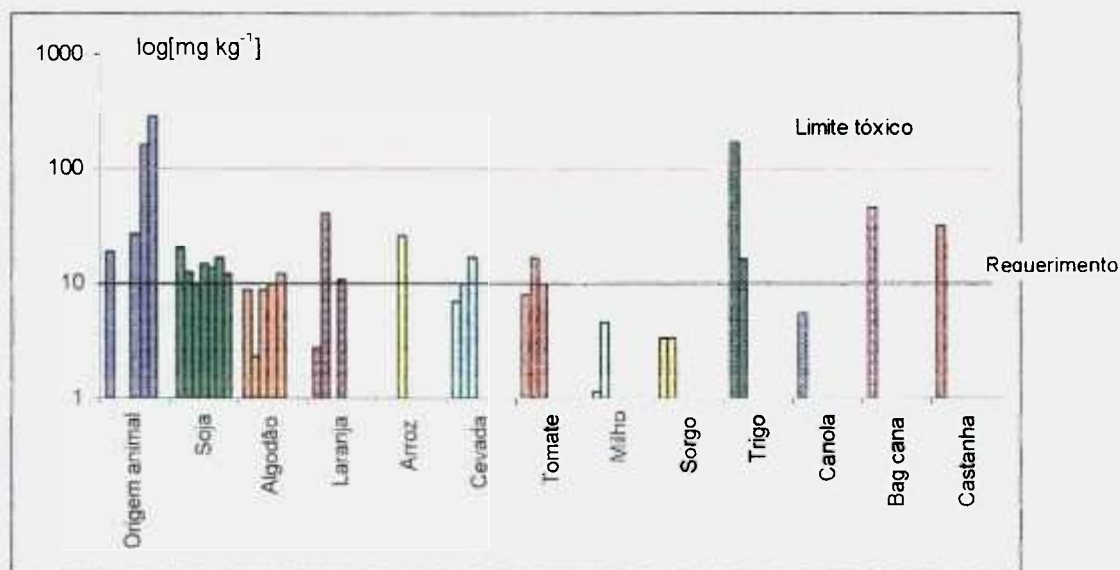


Figura 4.8-b – log[Cu] x subprodutos agroindustriais

4.3.2.4- Ferro:

O ferro é um componente essencial da hemoglobina, mioglobina, citocromos e de certos sistemas enzimáticos e está envolvido no transporte de oxigênio para as células (NRC, 1989).

O requerimento de ferro é aproximadamente 50 mg Fe kg⁻¹ da dieta para o gado de corte. Em estudos com bezerros jovens alimentados com leite, consideraram adequadas dietas de 40 a 50 mg Fe kg⁻¹ para o crescimento e prevenção da anemia (NRC, 1996). O requerimento de Fe para o gado mais velho não está bem definido, e é provavelmente menor do que para os bezerros jovens.

O principal sintoma da deficiência de Fe em muitas espécies animais é a anemia cicrocítica hipocrômica, que é o resultado da síntese inadequada da hemoglobina e cuja manifestação é o retardo no crescimento (Georgievskii, 1982).

Grãos de cereais normalmente contém 30 a 60 mg Fe kg⁻¹. Geralmente o Fe é suplementado na dieta com sulfato ferroso, carbonato ferroso, ou óxido férrico.

A toxicidade de Fe causa diarreia, hipotermia. A concentração máxima tolerável foi estimada em 1000 mg Fe kg⁻¹ (NRC, 1996).

Nas Figuras 4.9-a e 4.9-b são apresentados os resultados de Fe obtidos das análises dos subprodutos agroindustriais.

Os resultados apresentados nas Figuras 4.9-a e 4.9-b, mostram que os subprodutos em sua maioria são relativamente ricos em Fe e suprem as necessidades mínimas para os ruminantes, apenas a casca de algodão, o bagaço seco de laranja, a casca de arroz e o farelo de milho/96 apresentaram concentrações menores que as requeridas. A concentração máxima tolerável (1000 mg Fe kg⁻¹) foi ultrapassada pelos seguintes subprodutos: camas de frango com palha de arroz e casca de amendoim, as polpas cítricas, o arroz cru e pelo bagaço de cana.

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (254 ± 45)	FCarn.A/96 (525 ± 10)	Fpeixe.B/96 (525 ± 7)	FPena.B/96 (560 ± 22)	CFCA.B/96 (2640 ± 228)	CFPA.B/96 (1214 ± 263)	
Soja	CcSoja.C/96 (228 ± 26)	FSoja.C/95 (157 ± 13)	FSoja.C/97 (159 ± 7)	Fsoja.B/96 (186 ± 13)	SojaFl.B/96 (147 ± 8)	SojaMd.B/96 (281 ± 35)	SojaTost.B/96 (181 ± 15)
Algodão	CçAlg.B/96 (63 ± 13)	CcAlg.B/96 (12 ± 2)	Falg.C/96 (110 ± 11)	FAlg.C/97 (167 ± 1)	Falg.D/96 (70 ± 5)		
Laranja	BSLar.E/95 (37 ± 3)	CcLar.F/96 (159 ± 11)	Pctr.G/96 (2113 ± 154)	Pctr.H/97 (659 ± 85)			
Arroz	CcArr.A/96 (31 ± 4)	ArrCru.A/96 (2395 ± 177)	FArrParb.B/96 (170 ± 22)				
Cevada	MCcCv.B/95 (116 ± 3)	ResCv.I/95 (215 ± 16)	ResCj.B/96 (153 ± 17)				
Tomate	BTom.J/93 (927 ± 78)	BTom.K/95 (798 ± 5)	BTom.L/95 (492 ± 36)				
Milho	FMilho.A/96 (22 ± 1)	FMilho.B/97 (117 ± 16)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (58 ± 3)	Sorgo.B/96 (64 ± 11)					
Trigo	FTrigo.A/96 (185 ± 9)	Ftrigo.C/97 (169 ± 11)					
Canola	Can.M/96 (240 ± 11)						
Bag. Cana	BCana.N/96 (5677 ± 557)						
Castanha	TCast.B/96 (61 ± 5)						

Figura 4.9-a – Resultados de concentrações de Fe em mg kg^{-1} nas amostras de subprodutos

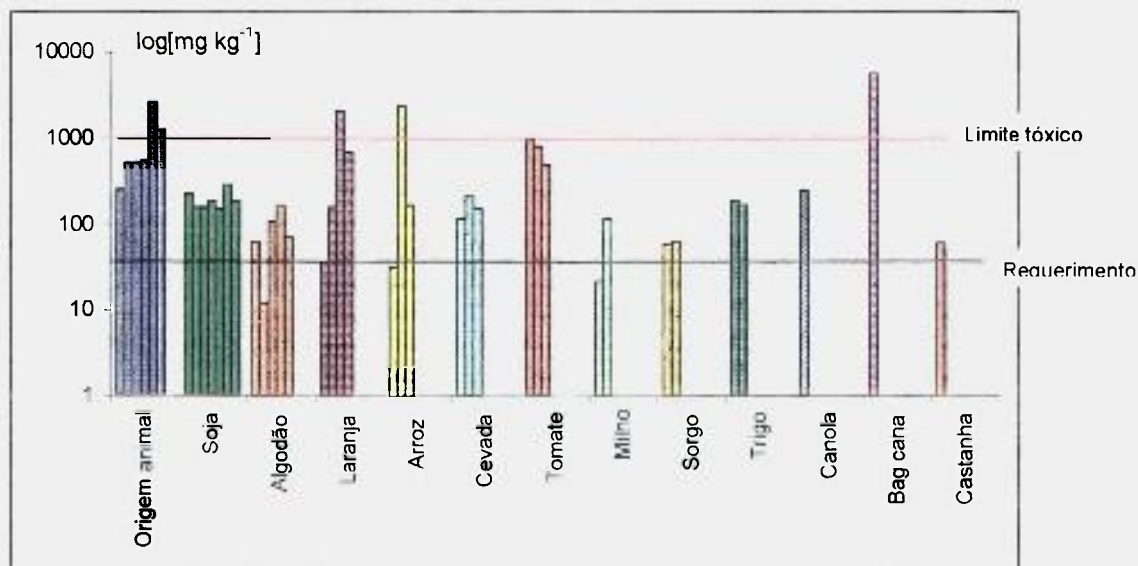


Figura 4.9-b – log[Fe] x subprodutos agroindustriais

4.3.2.5- Manganês:

Este elemento é essencial para o crescimento do animal, é necessário para o desenvolvimento normal dos ossos, para a reprodução e está intimamente envolvido em vários sistemas enzimáticos.

Os requerimentos de manganês para o gado de corte em crescimento é de aproximadamente 20 mg Mn kg⁻¹ na dieta. A necessidade de manganês para a reprodução é maior do que para o crescimento e desenvolvimento do esqueleto, e a concentração recomendada para o gado em gestação é de 40 mg Mn kg⁻¹ (NRC, 1996).

Os sintomas da deficiência são redução no crescimento e desenvolvimento do animal, defeito na formação óssea e a deficiência de manganês durante a gestação resulta em baixa sobrevivência das crias, podendo apresentar incoordenação e deficiências de equilíbrio.

Segundo a literatura, a concentração máxima tolerável de Mn foi estabelecida em 1000 mg Mn kg⁻¹ da dieta (NRC, 1996).

O excesso de Mn pode causar danos ao animal como : deficiência no crescimento, redução do nível de hemoglobina, mudança na composição da microflora do rúmen.

Nas Figuras 4.10-a e 4.10-b são apresentados os resultados de Mn obtidos das análises dos subprodutos agroindustriais.

Sabe-se da literatura (NRC, 1996) , que os grãos de cereais geralmente contém entre 5 e 40 mg Mn kg⁻¹, especialmente para o milho, as concentrações são mais baixas, isto é concordante com os resultados obtidos para os subprodutos do milho.

Pode-se verificar também, através dos resultados obtidos, que as concentrações de Mn em alguns dos subprodutos analisados estão mais baixas do que as requeridas pelos bovinos (20 a 40 mg Mn kg⁻¹), nesse caso o Mn pode ser suplementado nas dietas desses ruminantes com sulfato de manganês, óxido de manganês ou várias formas orgânicas. Por outro lado nenhum dos subprodutos analisados ultrapassaram o limite máximo permissível que é de 1000 mg Mn kg⁻¹).

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (26 ± 1)	Fcar.n.A/96 (4,9 ± 0,3)	Fpeixe.B/96 (24 ± 2)	FPena.B/96 (18 ± 2)	CFCA.B/96 (433 ± 32)	CFPA.B/96 (391 ± 71)	
Soja	CcSoja.C/96 (44 ± 1)	Fsoja.C/95 (36 ± 3)	Fsoja.C/97 (31 ± 1)	FSoja.B/96 (55 ± 1)	SojaFl.B/96 (31 ± 4)	SojaMd.B/96 (42 ± 2)	SojaTost.B/96 (27 ± 1)
Algodão	CçAlg.B/96 (15 ± 1)	CcAlg.B/96 (11 ± 2)	Falg.C/96 (23 ± 4)	Falg.C/97 (19 ± 1)	FAlg.D/96 (20 ± 1)		
Laranja	BSLar.E/95 (4,8 ± 0,1)	CcLar.F/96 (8,5 ± 0,1)	Pctr.G/96 (35 ± 1)	Pctr.H/97 (19 ± 6)			
Arroz	CcArr.A/96 (439 ± 51)	ArrCru.A/96 (147 ± 13)	FarrParb.B/96 (210 ± 13)				
Cevada	MCCv.B/95 (34 ± 1)	ResCv.I/95 (38 ± 3)	ResCj.B/96 (50 ± 4)				
Tomate	BTom.J/93 (51 ± 4)	Btom.K/95 (41 ± 7)	BTom.L/95 (56 ± 2)				
Milho	FMilho.A/96 (5,6 ± 0,1)	Fmilho.B/97 (8,4 ± 0,6)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (17 ± 1)	Sorgo.B/96 (17 ± 1)					
Trigo	FTrigo.A/96 (133 ± 2)	FTrigo.C/97 (134 ± 6)					
Canola	Can.M/96 (72 ± 6)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (108 ± 4)						
Castanha	Tcast.B/96 (29 ± 9)						

Figura 4.10-a – Resultados de concentrações de Mn em mg kg^{-1} nas amostras de subprodutos

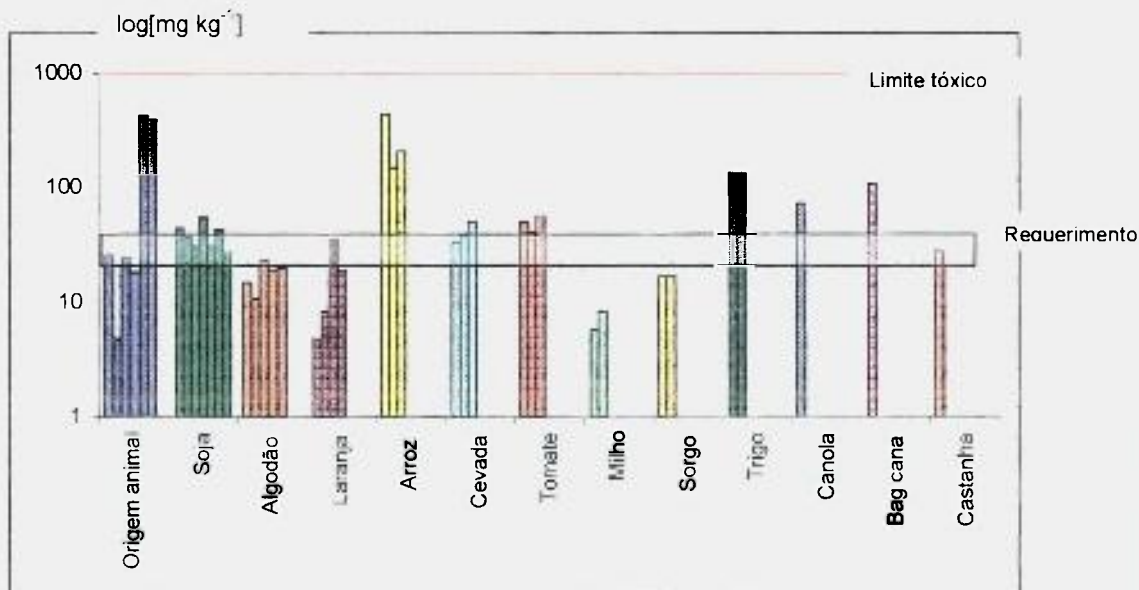


Figura 4.10-b- log[Mn] x subprodutos agroindustriais

4.3.2.6- Molibdênio:

O molibdênio é um componente indispensável da enzima xantina oxidase, que é encontrada no leite e está amplamente distribuída no tecido animal. Por esse motivo o Mo é reconhecido como um elemento essencial para a saúde do animal, ainda que não se tenha observado nenhuma deficiência no gado.

O Mo é encontrado em baixas concentrações em todos os fluidos corpóreos e celular. A concentração de Mo no tecido corpóreo é afetada pelo aumento da concentração na dieta. Assim a quantidade de Mo no leite (18 a $120 \mu\text{g L}^{-1}$) está extremamente ligada com a dieta ingerida. Estudos realizados com 2 grupos de carneiros, no primeiro grupo os animais foram alimentados com dietas de forragens de milho contendo 10 a 12 mg Mo kg^{-1} por um período de 7 meses e no segundo grupo, alimentados com dietas similares, contendo $0,4 \mu\text{g Mo kg}^{-1}$. As concentrações encontradas de Mo nos ossos dos animais do primeiro grupo foram cerca de $50 \mu\text{g Mo kg}^{-1}$, enquanto que para os animais do segundo grupo encontraram $1,8 \mu\text{g Mo kg}^{-1}$.

No gado, altas concentrações de Mo (20 mg Mo kg^{-1} ou mais) pode causar toxicidade caracterizado por diarreia, anorexia, perda de peso e mudança na cor do pêlo.

O Mo e Cu apresentam efeito antagônico no organismo animal. Por exemplo, o aumento de Cu na dieta pode reduzir o efeito tóxico do Mo. Segundo a literatura (NRC, 1996), para o gado leiteiro o nível máximo tolerável de Mo é 10 mg Mo kg^{-1} , sendo que a toxicidade está relacionada com o nível de Cu na dieta.

Nas Figuras 4.11-a e 4.11-b são apresentados os resultados de Mo obtidos das análises dos subprodutos agroindustriais.

Verifica-se através dos resultados, que os subprodutos analisados apresentam baixas concentrações de Mo variando de $0,14$ a $5,6 \text{ mg Mo kg}^{-1}$, bem abaixo do limite que pode causar toxicidade.

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (1,0 ± 0,1)	Fcarn.A/96 (1,0 ± 0,1)	Fpeixe.B/96 (1,6 ± 0,2)	Fpena.B/96 (1,0 ± 0,1)	CFCA.B/96 (4,0 ± 0,4)	CFPA.B/96 (5,6 ± 1,7)	
Soja	CcSoja.C/96 (2,5 ± 0,1)	FSoja.C/95 (2,5 ± 0,3)	FSoja.C/97 (3,8 ± 1,1)	Fsoja.B/96 (3,2 ± 0,4)	SojaFl.B/96 (3,7 ± 0,1)	SojaMd.B/96 (2,2 ± 0,1)	SojaTost.B/96 (0,6 ± 0,1)
Algodão	CçAlg.B/96 (0,50 ± 0,18)	CcAlg.B/96 (0,28 ± 0,03)	Falg.C/96 (0,53 ± 0,04)	FAlg.C/97 (0,14 ± 0,03)	FAlg.D/96 (0,45 ± 0,06)		
Laranja	BSLar.E/96 (0,45 ± 0,16)	CcLar.F/96 (0,43 ± 0,01)	Pctr.G/96 (0,43 ± 0,04)	Pctr.H/97 (0,45 ± 0,06)			
Arroz	CcArr.A/96 (0,31 ± 0,06)	Ar.Cru.A/96 (0,89 ± 0,01)	FarrParb.B/96 (1,4 ± 0,4)				
Cevada	MCcCv.B/95 (1,0 ± 0,1)	ResCv.I/95 (2,4 ± 0,3)	ResCj.B/96 (1,8 ± 0,4)				
Tomate	BTom.J/93 (0,74 ± 0,03)	BTom.K/95 (0,78 ± 0,08)	BTom.L/95 (0,36 ± 0,04)				
Milho	FMilho.A/96 (0,34 ± 0,04)	FMilho.B/97 (0,44 ± 0,03)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (0,38 ± 0,05)	Sorgo.B/96 (0,39 ± 0,00)					
Trigo	FTrigo.A/96 (1,7 ± 0,1)	Ftrigo.C/97 (1,2 ± 0,1)					
Canola	Can.M/96 (0,87 ± 0,09)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (0,95 ± 0,02)						
Castanha	TCast.B/96 ($< 0,2$)						

Figura 4.11-a – Resultados de concentrações de Mo em mg kg^{-1} nas amostras de subprodutos

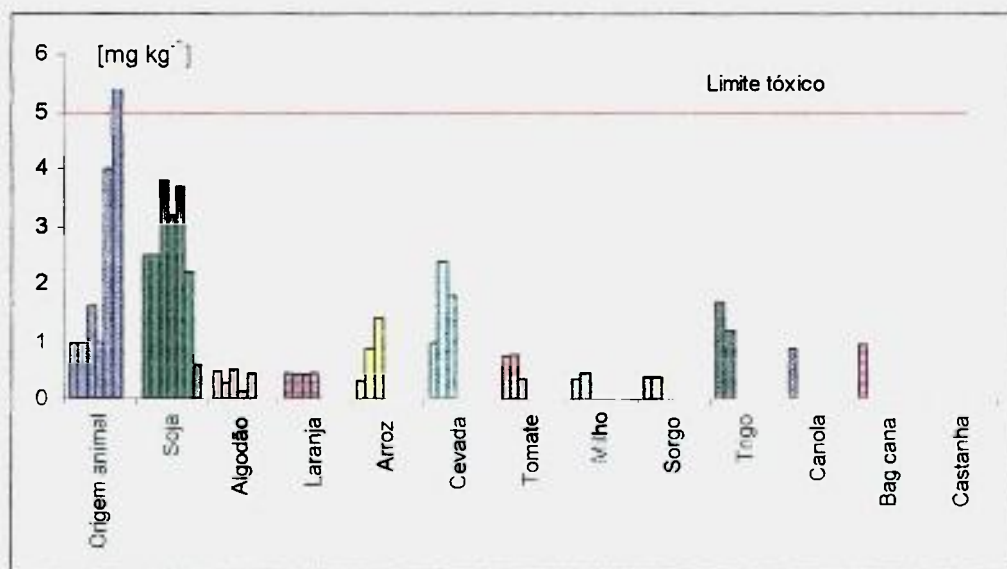


Figura 4.11-b – [Mo] x subprodutos agroindustriais

4.3.2.7- Selênio:

O selênio foi considerado como um elemento tóxico por um longo período da história, atualmente as pesquisas mostram a sua essencialidade para os ruminantes. O Se é essencial a várias funções do organismo, como crescimento, reprodução, prevenção de doenças e proteção da integridade muscular (NRC, 1989).

Baseado em dados de pesquisa, o requerimento de Se para o gado de corte foi estimado em $0,1 \text{ mg Se kg}^{-1}$ de ração. Observaram-se sinais clínicos de deficiência de Se quando vacas e bezerros foram alimentados em pastagens contendo $0,02$ a $0,05 \text{ mg Se kg}^{-1}$.

O sintoma mais conhecido de deficiência aguda de Se em bovinos é a “doença do músculo branco”, que é uma distrofia muscular nutricional que ocorre em bezerros. A deficiência pode causar redução na performance do animal através da perda de peso.

O Se pode ser suplementado com dietas que forneçam $3 \text{ mg Se/cabeça/dia}$ ou $0,3 \text{ mg Se kg}^{-1}$ de dieta. Um método alternativo de suplementação de Se pode ser feito com injeção de Se a cada 3 ou 4 meses nos animais.

A toxicidade de Se pode ocorrer como resultado de sua excessiva suplementação ou pelo consumo de plantas naturais com alto teor de Se. O consumo de forragens contendo 5 a 40 mg Se kg^{-1} de ração resulta em toxicose crônica. Sinais de toxicidade crônica: anorexia, perda de vitalidade, cirrose e nefrite. Sinais de toxicidade moderada: diarreia e ataxia.

A concentração máxima tolerável de Se foi estimada em 2 mg Se kg^{-1} de ração (NRC, 1996)

Nas Figuras 4.12-a e 12-b são apresentados os resultados de Se obtidos das análises dos subprodutos agroindustriais. Observa-se através desses resultados, que os subprodutos como a farinha de peixe e a torta de castanha foram as que apresentaram as maiores concentrações de Se, ultrapassando o nível de tolerância máximo (2 mg Se kg^{-1}). As demais amostras apresentaram uma concentração satisfatória de Se, embora algumas amostras tenham fornecido concentrações menores que o requerimento mínimo para os ruminantes.

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (762 ± 43)	FCarn.A/96 (< 32)	FPeixe.B/96 (2640 ± 386)	Fpena.B/96 (557 ± 18)	CFCA.B/96 (1060 ± 59)	CFPA.B/96 (1450 ± 40)	
Soja	CcSoja.C/96 (< 53)	FSoja.C/95 (< 0,2)	FSoja.C/97 (113 ± 2)	FSoja.B/96 (35 ± 3)	SojaFl.B/96 (61 ± 8)	SojaMd.B/96 (99 ± 12)	SojaTost.B/96 (130 ± 38)
Algodão	CçAlg.B/96 (< 25)	CcAlg.B/96 (42 ± 8)	FAlg.C/96 (120 ± 2)	FAlg.C/97 (58 ± 12)	FAlg.D/96 (100 ± 25)		
Laranja	BSLar.E/95 (< 21)	CcLar.F/96 (69 ± 11)	Pctr.G/96 (154 ± 11)	Pctr.H/97 (25 ± 4)			
Arroz	CcArr.A/96 (21 ± 2)	ArrCru.A/96 (144 ± 3)	FArrParb.B/96 (< 74)				
Cevada	MCCv.B/95 (169 ± 13)	ResCv.I/95 (54 ± 1)	ResCj.B/96 (226 ± 33)				
Tomate	BTom.J/93 (53 ± 13)	Btom.K/95 (49 ± 8)	BTom.L/95 (< 136)				
Milho	FMilho.A/96 (2,7 ± 0,1)	FMilho.B/97 (49 ± 9)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (56 ± 4)	Sorgo.B/96 (30 ± 5)					
Trigo	FTrigo.A/96 (174 ± 24)	FTrigo.C/97 (305 ± 21)					
Canola	Can.M/96 (208 ± 23)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (843 ± 20)						
Castanha	TCast.B/96 (2593 ± 15)						

Figura 4.12-a – Resultados de concentrações de Se em $\mu\text{g kg}^{-1}$ nas amostras de subprodutos

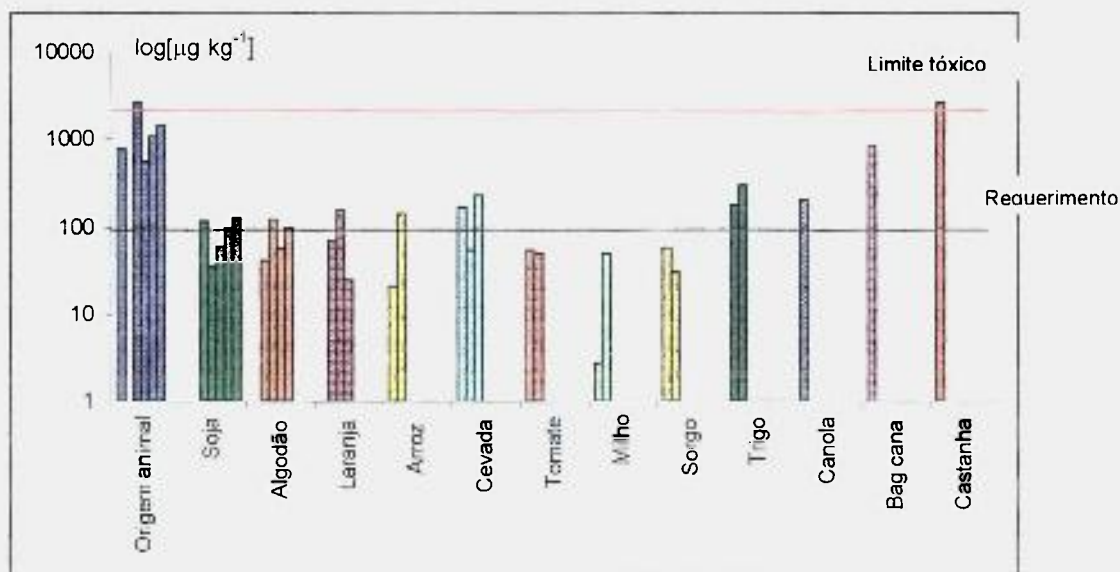


Figura 4.12-b – log[Se] x subprodutos agroindustriais

4.3.2.8- Vanádio:

O vanádio funciona como um agente catalisador em reações de oxi-redução no organismo.

O vanádio é um microelemento essencial para aves. A deficiência resulta em diminuição do corpo e do crescimento das penas, falhas na reprodução e mortalidade dos animais novos, assim como alteração nos níveis de lipídeos do sangue.

O nível de requerimento de vanádio está entre 0,05 a 0,50 mg V kg⁻¹ na dieta. Este requerimento pode ser mais alto quando o vanádio vier de alimentos naturais (McDowell e col, 1976).

Encontrou-se que o V foi considerado tóxico para o gado leiteiro. Porém o teor de V na maioria dos alimentos é baixo e não há incidências registradas de toxicidade de V para esses animais. O nível máximo tolerável sugerido para V, para o gado leiteiro, foi estabelecido em 50 mg V kg⁻¹ (NRC, 1989).

Nas Figuras 4.13-a e 4.13-b são apresentados os resultados de V obtidos nas análises do subprodutos agroindustriais.

Todos os subprodutos analisados estão abaixo do limite máximo permissível (50mg V kg⁻¹) e dentro do nível recomendado para aves (0,05 a 0,50 mg V kg⁻¹).

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
	FPVc.A/96 (194 ± 40)	FCarn.A/96 (< 1000)	FPeixe.B/96 (1005 ± 21)	Fpena.B/96 (440 ± 10)	CFCA.B/96 (2900 ± 600)	CFPA.B/96 (8700 ± 2900)	
Soja	CcSoja.C/96 (440 ± 30)	Fsoja.C/95 (410 ± 60)	FSoja.C/97 (280 ± 10)	FSoja.B/96 (260 ± 40)	SojaFi.B/96 (190 ± 10)	SojaMd.B/96 (690 ± 20)	SojaTost.B/96 (360 ± 50)
Algodão	CçAlg.B/96 (74 ± 8)	CcAlg.B/96 (11 ± 4)	Falg.C/96 (61 ± 8)	Falg.C/97 (190 ± 40)	FAlg.D/96 (53 ± 13)		
Laranja	BSLar.E/95 (40 ± 7)	CcLar.F/96 (70 ± 10)	PCtr.G/96 (17000±1000)	PCtr.H/97 (380 ± 100)			
Arroz	CcArr.A/96 (< 200)	ArrCru.A/96 (5.6 ± 0.5)	FarrParb.B/96 (180 ± 30)				
Cevada	MCCv.B/95 (410 ± 20)	ResCv.I/95 (230 ± 30)	ResCj.B/96 (110 ± 20)				
Tomate	BTom.J/93 (210 ± 60)	Btom.K/95 (190 ± 40)	Btom.L/95 (110 ± 30)				
Milho	FMilho.A/96 (40 ± 0)	Fmilho.B/97 (40 ± 10)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (160 ± 10)	Sorgo.B/96 (210 ± 20)					
Trigo	FTrigo.A/96 (11000±1000)	FTrigo.C/97 (220 ± 10)					
Canola	Can.M/96 (500 ± 100)						
Bag. Cana	BCana.N/96 (10200 ± 100)						
Castanha	Tcast.B/96 (160 ± 30)						

Figura 4.13-a – Resultados de concentrações de V em $\mu\text{g kg}^{-1}$ nas amostras de subprodutos

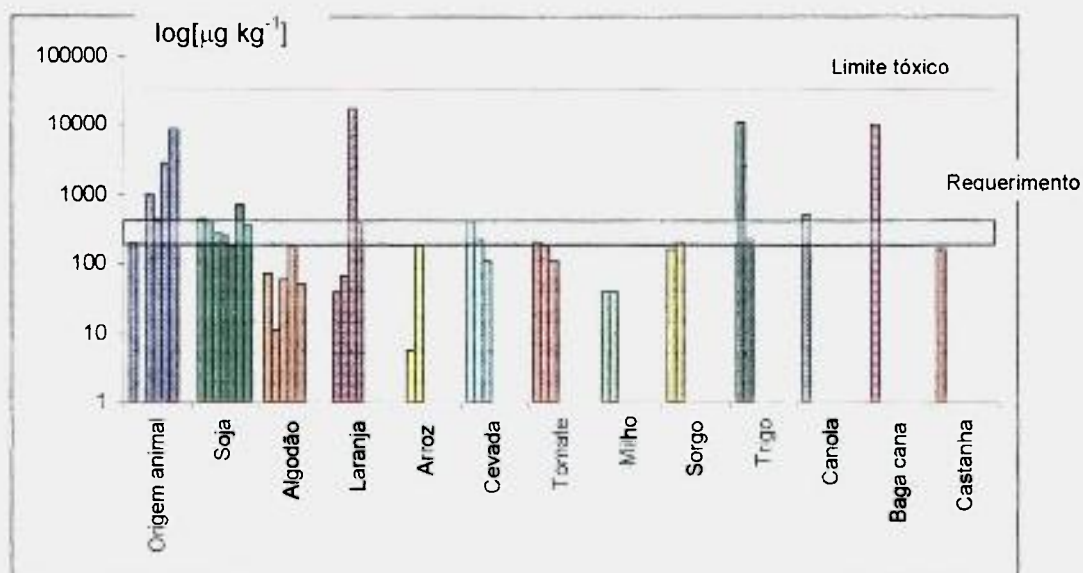


Figura 4.13-b – $\log[V]$ x subprodutos agroindustriais

4.3.2.9- Zinco:

O zinco é essencial a todos os animais, funcionando como ativador e constituinte em mais de 30 enzimas diferentes que estão envolvidas no metabolismo do ácido nucléico, síntese de proteínas e metabolismo do carboidrato. O Zn também é importante para o desenvolvimento normal e funcionamento do sistema imunológico.

O requerimento mínimo de Zn para ruminantes varia com a forma química ou combinação na qual o elemento ocorre com outros componentes da dieta. O requerimento sugerido para o gado é de 30 mg Zn kg⁻¹ de ração, esta concentração deve satisfazer as necessidades em muitas situações (NRC, 1996).

A deficiência de Zn em bezerros é caracterizada pela diminuição no ganho de peso, baixo consumo e eficiência de aproveitamento dos alimentos, seguida de dermatites que são mais severas nas pernas, pescoço e cabeça e ao redor das narinas. Vacas lactantes que foram alimentadas com 6 mg Zn kg⁻¹ ração desenvolveram sinais clínicos de deficiência comparáveis com a dos bezerros.

O Zn é relativamente não tóxico para os animais, existindo uma ampla margem de segurança entre o consumo normal e aquele que produz efeito deletério. A quantidade de Zn necessária para causar toxicidade são bem maiores que os requerimentos. O limite máximo tolerável é de 500 mg Zn kg⁻¹ de ração (NRC, 1996).

Em casos de envenenamento de Zn os animais tornam-se lentos, perdem o apetite e sofrem de diarreia. A intoxicação de Zn desaparece rapidamente se o Zn é eliminado da dieta e são adicionados sais de cobre e ferro como suplemento alimentar (Georgievskii, 1982).

Nas Figuras 4.14-a e 4.14-b são apresentados os resultados de Zn obtidos das análises dos subprodutos agroindustriais.

Observa-se nas Figuras 4.14-a e 4.14-b que as concentrações de Zn encontradas nos subprodutos foram, em sua maioria adequadas para os ruminantes. Apenas o subproduto de origem animal cama de frango com palha de arroz (CFPA.B/96) apresentou concentração um pouco maior que a máxima permitida (500 mg Zn kg⁻¹). Alguns subprodutos como: casca de algodão, os subprodutos derivados da laranja, a casca de arroz, os bagaços de tomate J/95 e K/95, o farelo de milho A/96, o sorgo A/96 e B/96 apresentaram concentrações menores que a mínima requerida.

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (97 ± 3)	Fcarn.A/96 (65 ± 4)	FPeixe.B/96 (168 ± 11)	Fpena.B/96 (148 ± 5)	CFCA.B/96 (290 ± 23)	CFPA.B/96 (510 ± 98)	
Soja	CcSoja.C/96 (45 ± 1)	FSoja.C/95 (45 ± 3)	Fsoja.C/97 (49 ± 0)	Fsoja.B/96 (61 ± 0)	SojaFl.B/96 (53 ± 4)	SojaMd.B/96 (47 ± 1)	SojaTost.B/96 (54 ± 0)
Algodão	CçAlg.B/96 (34 ± 3)	CcAlg.B/96 (4,2 ± 0,3)	FAlg.C/96 (45 ± 3)	FAlg.C/97 (40 ± 0)	Falg.D/96 (43 ± 3)		
Laranja	BSLar.E/95 (5,1 ± 1,5)	CcLar.F/96 (16 ± 1)	Pctr.G/96 (14 ± 1)	Pctr.H/97 (7,1 ± 0,2)			
Arroz	CcArr.A/96 (12 ± 2)	ArrCru.A/96 (41 ± 2)	FAr.Parb.B/96 (138 ± 3)				
Cevada	MCCv.B/95 (42 ± 2)	ResCv.I/95 (91 ± 5)	ResCj.B/96 (69 ± 1)				
Tomate	BTom.J/93 (25 ± 1)	BTom.K/95 (24 ± 1)	BTom.L/95 (30 ± 3)				
Milho	FMilho.A/96 (19 ± 2)	FMilho.B/97 (30 ± 2)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (16 ± 2)	Sorgo.B/96 (15 ± 2)					
Trigo	FTrigo.A/96 (78 ± 2)	FTrigo.C/97 (87 ± 5)					
Canola	Can.M/96 (63 ± 2)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (16 ± 2)						
Castanha	TCast.B/96 (54 ± 2)						

Figura 4.14-a – Resultados de concentrações de Zn em mg kg^{-1} nas amostras de subprodutos

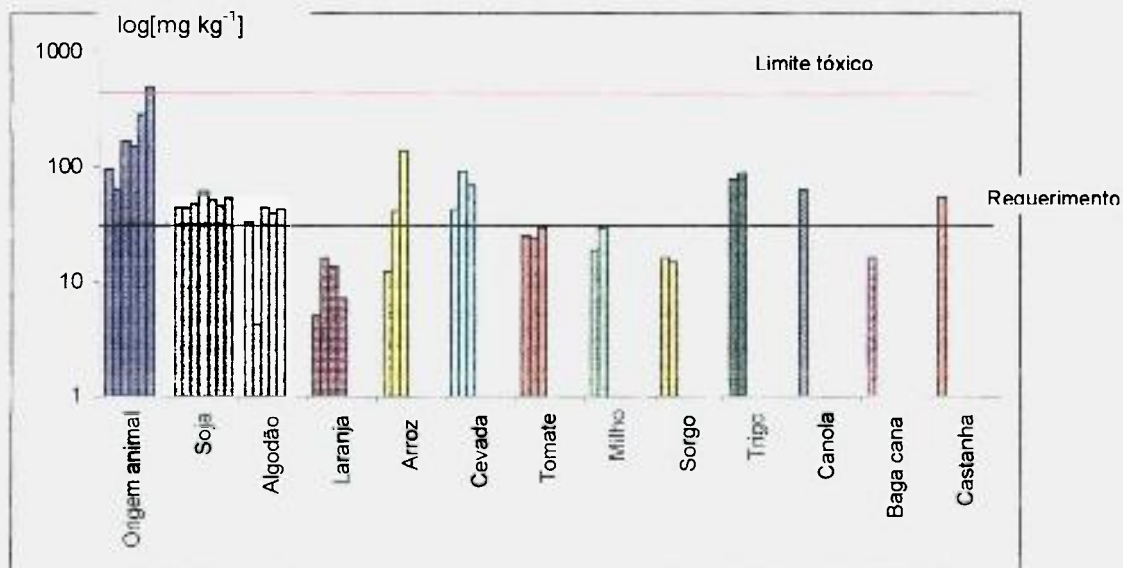


Figura 4.14-b – $\log[\text{Zn}]$ x subprodutos agroindustriais

4.3.3- Microminerais tóxicos: As, Cd e Hg

Os microminerais arsênio (As), cádmio (Cd) e mercúrio (Hg) são freqüentemente classificados como elementos tóxicos, devido a alta toxicidade para os homens e os animais, porque eles exercem função tóxica às funções biológicas do organismo, tem efeito cumulativo nos tecidos e não são na sua maioria facilmente eliminados.

Segue-se, as considerações sobre cada um dos microminerais tóxicos analisados no presente trabalho.

4.3.3.1- Arsênio:

Os compostos de arsênio foram usados extensivamente no passado como agentes inseticidas e herbicidas. O mal uso desses compostos ou a exposição acidental de animais a estes materiais têm freqüentemente resultado em toxidez.

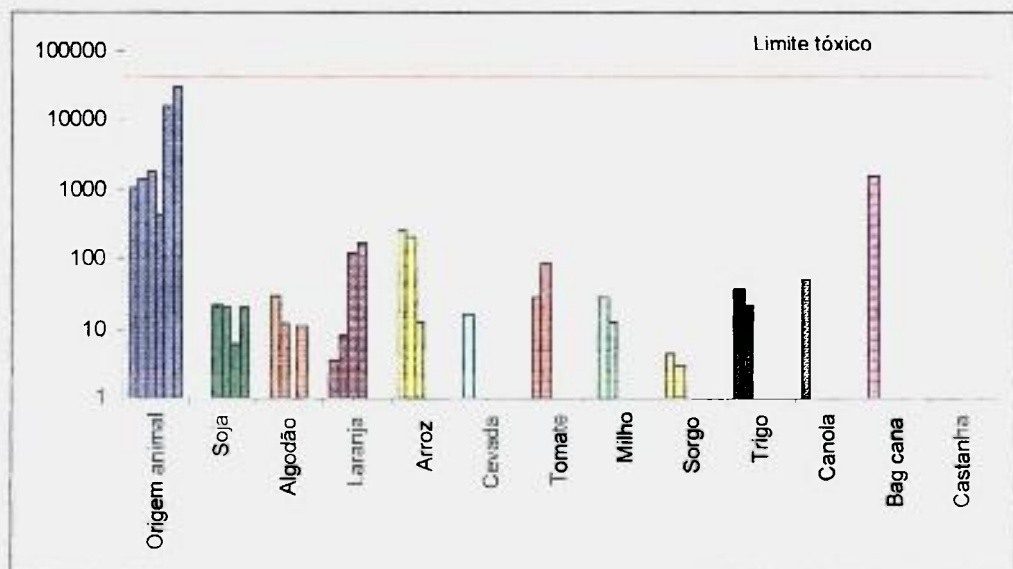
O arsênio do solo não é prontamente absorvido pelas plantas, mesmo quando os níveis no solo foram aumentados devido ao contínuo uso de As na forma de pulverizações.

Nas Figuras 4.15-a e 4.15-b são apresentados os resultados de As obtidos das análises dos subprodutos agroindustriais.

Alimentos de origem marinha contém níveis altos de As e as farinhas de peixe comerciais podem conter 2 a 20 mg As kg⁻¹ de farinha (McDowell e col, 1976). Através dos resultados das Figuras 4.15-a e 4.15-b, observa-se que as maiores concentrações de As foram encontradas nas camas de frango e no bagaço de cana, porém nenhuma delas encontram-se no limite de toxicidade que é de 50 mg As kg⁻¹ ração (NRC, 1996).

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (1036 ± 21)	FCarn.A/96 (1383 ± 130)	FPeixeB/96 (1846 ± 169)	FPena.B/96 (434 ± 6)	CFCA.B/96 (16734 ± 982)	CFPA.B/96 (29665 ± 4546)	
Soja	CcSoja.C/96 (< 9,3)	FSoja.C/95 (< 3,0)	FSoja.C/97 (22 ± 4)	FSoja.B/96 (20 ± 1)	SojaFi.B/96 (6,0 ± 3,0)	SojaMd.B/96 (21 ± 2)	SojaTost.B/96 (< 10)
Algodão	CçAlg.B/96 (< 59)	CcAlg.B/96 (31 ± 4)	Falg.C/96 (12 ± 2)	FAlg.C/97 (< 4,5)	FAlg.D/96 (11 ± 2)		
Laranja	BSLar.E/96 (3,5 ± 0,7)	CcLar.F/96 (8,2 ± 1,9)	Pctr.G/96 (128 ± 18)	Pctr.H/97 (179 ± 21)			
Arroz	CcArr.A/96 (256 ± 14)	ArrCru.A/96 (218 ± 15)	FarrParb.B/96 (13 ± 0)				
Cevada	MCCv.B/95 (17 ± 7)	ResCv.I/95 (< 12)	ResCj.B/96 (< 12)				
Tomate	BTom.J/93 (28 ± 3)	Btom.K/95 (90 ± 15)	BTom.L/95 (< 6,3)				
Milho	FMilho.A/96 (28 ± 1)	FMilho.B/97 (13 ± 2)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (4,3 ± 0,1)	Sorgo.B/96 (2,9 ± 1,3)					
Trigo	FTrigo.A/96 (37 ± 4)	FTrigo.C/97 (22 ± 0)					
Canola	Can.M/96 (51 ± 4)						
Bag. Cana	BCana.N/96 (1554 ± 614)						
Castanha	TCast.B/96 (< 16)						

Figura 4.15-a – Resultados de concentrações de As em $\mu\text{g kg}^{-1}$ nas amostras de subprodutos



4.15-b – log[As] x subprodutos agroindustriais

4.3.3.2- Cádmio:

O cádmio é um elemento raro, constituindo apenas 0,1 a 0,2 mg kg⁻¹ da crosta terrestre (NRC, 1989). O Cd está contido em produtos tais como plásticos, pigmentos, baterias e ligas feitas com sucata (McDowell e col, 1976). O Cd é também um subproduto de resíduos obtidos durante a fusão de alguns metais catiônicos divalentes tais como Cu, Zn e Pb.

A incidência de altas concentrações de Cd na agricultura produz uma certa preocupação da população que teme ingerir quantidades em excesso de Cd, isto é acima do limite proposto pela Organização Mundial de Saúde. Portanto as concentrações de Cd em alimentos são monitorados e regulados em muitos países, como por exemplo na Austrália (McLaughlin, 1994).

O consumo de Cd em altas concentrações (30 mg/kg) pelos ruminantes produz anorexia e redução na produção de leite. Dietas expostas a baixas concentrações (menos que 12 mg kg⁻¹) de Cd não apresentaram efeitos clínicos tóxicos (NRC, 1989).

Na Figura 4.16 são apresentados os resultados de Cd obtidos das análises dos subprodutos agroindustriais.

Devido aos baixos níveis de Cd nas amostras de subprodutos e, ao fotopico correspondente ao Cd (336 keV) estar numa região do espectro que possa estar sujeito a interferências de fotopicos de outros elementos presentes em concentrações mais altas não foi possível determinar a concentração desse elemento, porém calculou-se o limite de detecção de Cd nas amostras analisadas. Este limite foi calculado segundo a literatura (Keith e col, 1983), que considera a condição mínima para que o elemento seja detectado, a um nível de confiança de 99 %, que a contagem no fotopico esteja acima da radiação de fundo 3 vezes o desvio padrão da radiação de fundo.

Figura 4.16 – Resultados de concentrações de Cd em mg kg⁻¹ nas amostras de subprodutos

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (< 0,7)	FCarn.A/96 (< 0,6)	FPeixe.B/96 (< 0,9)	FPena.B/96 (< 0,4)	CFCA.B/96 (< 0,2)	CFPA.B/96 (< 0,9)	
Soja	CcSoja.C/96 (< 0,3)	FSoja.C/95 (< 0,1)	FSoja.C/97 (< 0,2)	FSoja.B/96 (< 0,1)	SojaFl.B/96 (< 0,2)	SojaMd.B/96 (< 0,2)	SojaTost.B/96 (< 0,3)
Algodão	CçAlg.B/96 (< 0,3)	CcAlg.B/96 (< 0,3)	FAlg.C/96 (< 0,2)	FAlg.C/97 (< 0,2)	FAlg.D/96 (< 0,2)		
Laranja	BSLar.E/95 (< 0,2)	CcLar.F/96 (< 0,1)	Pctr.G/96 (< 0,1)	Pctr.H/97 (< 0,2)			
Arroz	CcArr.A/96 (< 0,2)	ArrCru.A/96 (< 0,3)	FArrParb.B/96 (< 0,2)				
Cevada	MCcCv.B/95 (< 0,6)	ResCv.I/95 (< 0,4)	ResCj.B/96 (< 0,1)				
Tomate	BTom.J/93 (< 0,1)	BTom.K/95 (< 0,4)	BTom.L/95 (< 0,4)				
Milho	FMilho.A/96 (< 0,1)	FMilho.B/97 (< 0,3)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (< 0,2)	Sorgo.B/96 (< 0,2)					
Trigo	FTrigo.A/96 (< 0,3)	FTrigo.C/97 (< 0,1)					
Canola	Can.M/96 (< 0,1)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (< 0,6)						
Castanha	TCast.B/96 (< 0,2)						

4.3.3.3- Mercúrio:

O mercúrio há muito tempo é conhecido como um elemento tóxico, tanto por ingestão como por inalação. O Hg é um elemento relativamente comum e é largamente distribuído na natureza, entretanto, muito pouco se sabe sobre o consumo normal de Hg pelos animais domésticos.

As informações disponíveis, indicam que o Hg é rapidamente absorvido pela via respiratória, trato gastrointestinal e através da pele. O Hg tem ação tóxica por efeito cumulativo, porque a excreção do organismo é muito lenta. O envenenamento crônico com Hg pode resultar a morte devido a falhas no sistema renal.

Nas Figuras 4.17-a e 4.17-b são apresentados os resultados de Hg obtidos das análises dos subprodutos agroindustriais. Verifica-se que todas as amostras estão abaixo do limite onde ocorre a toxicidade para os animais que é de 2 mg kg^{-1} (NRC, 1996).

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (160 ± 4)	FCarn.A/96 (< 390)	FPeixe.B/96 (128 ± 4)	Fpena.B/96 (15 ± 1)	CFCA.B/96 (669 ± 13)	CFPA.B/96 (16 ± 1)	
Soja	CcSoja.C/96 (372 ± 76)	FSoja.C/95 (186 ± 113)	Fsoja.C/97 (113 ± 18)	Fsoja.B/96 (164 ± 11)	SojaFI.B/96 (478 ± 48)	SojaMd.B/96 (152 ± 36)	SojaTost.B/96 (150 ± 3)
Algodão	CçAlg.B/96 (310 ± 76)	CcAlg.B/96 (45 ± 1)	Falg.C/96 (175 ± 6)	FAlg.C/97 (99 ± 11)	Falg.D/96 (169 ± 27)		
Laranja	BSLar.E/95 (76 ± 1)	CcLar.F/96 (155 ± 7)	Pctr.G/96 (196 ± 5)	Pctr.H/97 (371 ± 54)			
Arroz	CcArr.A/96 (91 ± 14)	ArrCru.A/96 (218 ± 22)	FArrParb.B/96 (507 ± 23)				
Cevada	MCcCv.B/95 (231 ± 27)	ResCv.I/95 (298 ± 3)	ResCj.B/96 (114 ± 17)				
Tomate	BTom.J/93 (61 ± 2)	BTom.K/95 (507 ± 23)	BTom.L/95 (289 ± 9)				
Milho	FMilho.A/96 (169 ± 32)	FMilho.B/97 (396 ± 8)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (118 ± 32)	Sorgo.B/96 (78 ± 9)					
Trigo	FTrigo.A/96 (134 ± 33)	FTrigo.C/97 (72 ± 17)					
Canola	Can.M/96 (57 ± 3)						
Bag. Cana	BCana.N/96 (465 ± 54)						
Castanha	TCast.B/96 (1375 ± 83)						

Figura 4.17-a – Resultados de concentrações de Hg em $\mu\text{g kg}^{-1}$ nas amostras de subprodutos

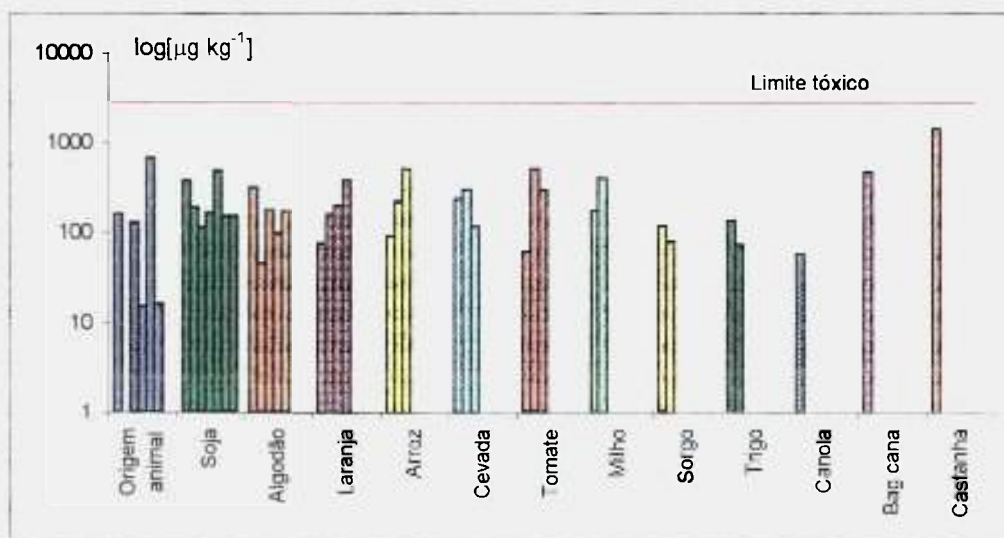


Figura 4.17-b – log[Hg] x subprodutos agroindustriais

4.3.4- Microminerais sem funções definidas: Br, Eu, La, Rb, Sb, Sc, Ta, Th e U

As concentrações dos microminerais bromo (Br), európio (Eu), lantânio (La), rubídio (Rb), antimônio (Sb), escândio (Sc), tântalo (Ta), tório (Th) e urânio (U) são apresentados nas figuras 4.18-a e 4.18-b, 4.19-a e 4.19-b, 4.20-a e 4.20-b, 4.21-a e 4.21-b, 4.22-a e 4.22-b, 4.23-a e 4.23-b, 4.24-a e 4.24-b, 4.25-a e 4.25-b, e 4.26-a e 4.26-b, respectivamente. Não se discutiu os resultados obtidos para estes elementos, pois não foram encontradas informações em literatura a respeito desses microminerais.

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (6,1 ± 0,7)	Fcarn.A/96 (7,4 ± 0,5)	Fpeixe.B/96 (17 ± 1)	Fpena.B/96 (4,4 ± 0,0)	CFCA.B/96 (8,5 ± 0,6)	CFPA.B/96 (6,6 ± 0,7)	
Soja	CcSoja.C/96 (3,2 ± 0,2)	Fsoja.C/95 (4,2 ± 0,2)	Fsoja.C/97 (2,9 ± 0,1)	Fsoja.B/96 (3,4 ± 0,0)	SojaFl.B/96 (4,0 ± 0,2)	SojaMd.B/96 (3,9 ± 0,0)	SojaTost.B/96 (5,8 ± 0,3)
Algodão	CçAlg.B/96 (1,0 ± 0,1)	CcAlg.B/96 (3,6 ± 0,5)	Falg.C/96 (6,3 ± 0,1)	Falg.C/97 (1,4 ± 0,1)	FAlg.D/96 (2,4 ± 0,1)		
Laranja	BSLar.E/95 (1,0 ± 0,1)	CcLar.F/96 (1,6 ± 0,1)	Pctr.G/96 (2,3 ± 0,2)	Pctr.H/97 (0,7 ± 0,1)			
Arroz	CcArr.A/96 (31 ± 2)	ArrCru.A/96 (1,6 ± 0,0)	FarrParb.B/96 (0,6 ± 0,1)				
Cevada	MCCv.B/95 (23 ± 2)	ResCv.I/95 (11 ± 1)	ResCj.B/96 (3,2 ± 0,6)				
Tomate	BTom.J/93 (4,5 ± 0,1)	Btom.K/95 (4,7 ± 0,3)	BTom.L/95 (5,3 ± 0,7)				
Milho	FMilho.A/96 (3,6 ± 0,3)	FMilho.B/97 (0,8 ± 0,1)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (1,1 ± 0,0)	Sorgo.B/96 (1,0 ± 0,1)					
Trigo	FTrigo.A/96 (4,4 ± 0,2)	Ftrigo.C/97 (2,9 ± 0,2)					
Canola	Can.M/96 (2,7 ± 0,2)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (1,0 ± 0,1)						
Castanha	TCast.B/96 (121 ± 7)						

Figura 4.18-a – Resultados de concentrações de Br em mg kg^{-1} nas amostras de subprodutos

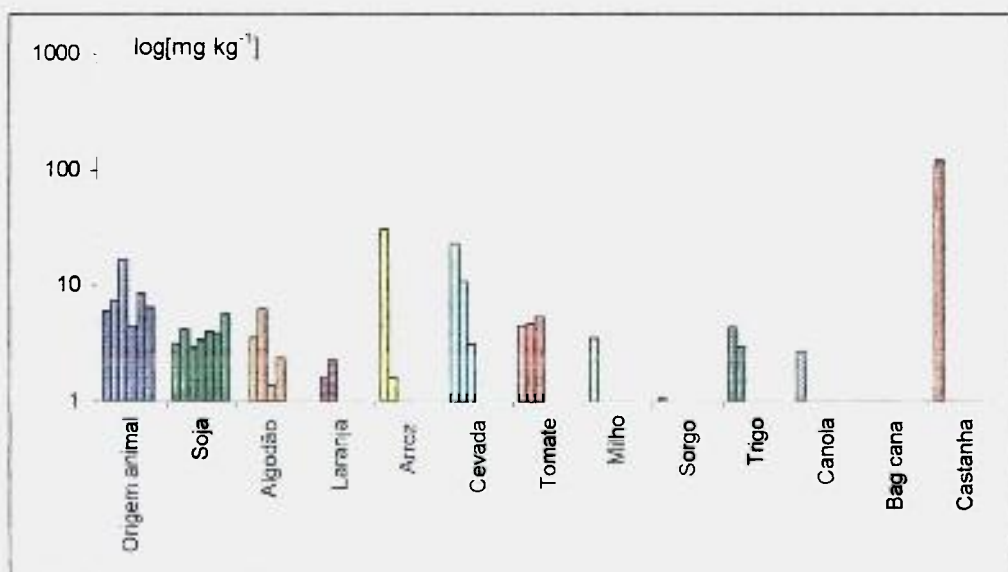


Figura 4.18-b – $\log[\text{Br}]$ x subprodutos agroindustriais

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (1,8 ± 1,1)	Fcarn.A/96 (2,0 ± 0,7)	FPeixe.B/96 (2,1 ± 0,3)	Fpena.B/96 (2,4 ± 0,5)	CFCA.B/96 (64 ± 12)	CFPA.B/96 (53 ± 5)	
Soja	CcSoja.C/96 (1,0 ± 0,2)	FSoja.C/95 (1,1 ± 0,2)	Fsoja.C/97 (1,0 ± 0,2)	FSoja.B/96 (2,1 ± 0,1)	SojaFl.B/96 (1,1 ± 0,2)	SojaMd.B/96 (3,8 ± 1,1)	SojaTost.B/96 (1,4 ± 0,1)
Algodão	CçAlg.B/96 (2,5 ± 0,4)	CcAlg.B/96 (0,8 ± 0,1)	FAlg.C/96 (2,3 ± 0,1)	Falg.C/97 (1,4 ± 0,1)	Falg.D/96 (1,7 ± 0,1)		
Laranja	BSLar.E/95 (2,7 ± 0,1)	CcLar.F/96 (4,5 ± 0,4)	Pctr.G/96 (36 ± 1)	Pctr.H/97 (5,4 ± 0,4)			
Arroz	CcArr.A/96 (0,6 ± 0,1)	ArrCru.A/96 (124 ± 17)	FArrParb.B/96 (1,7 ± 0,4)				
Cevada	MccCv.B/95 (3,3 ± 0,9)	ResCv.I/95 (2,3 ± 0,3)	ResCj.B/96 (1,5 ± 0,4)				
Tomate	Btom.J/93 (11 ± 1)	Btom.K/95 (7,3 ± 0,9)	Btom.L/95 (2,7 ± 0,1)				
Milho	FMilho.A/96 (1,4 ± 0,2)	Fmilho.B/97 (3,7 ± 0,4)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (2,4 ± 0,2)	Sorgo.B/96 (2,6 ± 0,4)					
Trigo	FTrigo.A/96 (2,2 ± 0,2)	FTrigo.C/97 (2,9 ± 0,2)					
Canola	Can.M/96 (4,9 ± 1,4)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (36 ± 4)						
Castanha	TCast.B/96 (2,7 ± 0,3)						

Figura 4.19-a – Resultados de concentrações de Eu em $\mu\text{g k}^{-1}\text{g}$ nas amostras de subprodutos

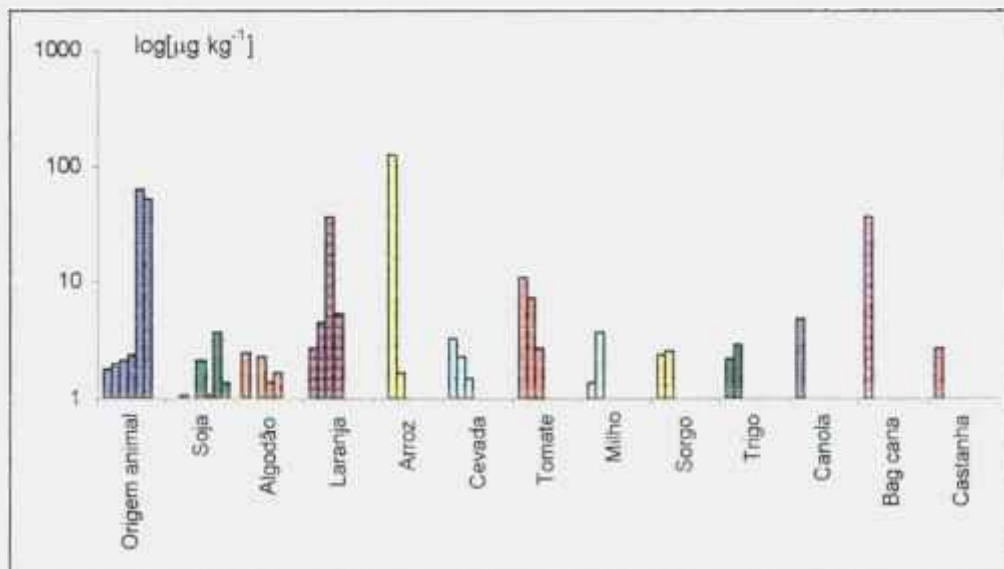


Figura 4.19-b – log[Eu] x subprodutos agroindustriais

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (90 ± 6)	FCarn.A/96 (100 ± 2)	Fpeixe.B/96 (42 ± 1)	FPena.B/96 (123 ± 19)	CFCA.B/96 (446 ± 13)	CFPA.B/96 (1303 ± 25)	
Soja	CcSoja.C/96 (57 ± 6)	Fsoja.C/95 (34 ± 3)	Fsoja.C/97 (40 ± 3)	Fsoja.B/96 (48 ± 1)	SojaFl.B/96 (34 ± 4)	SojaMd.B/96 (26 ± 1)	SojaTost.B/96 (31 ± 3)
Algodão	CçAlg.B/96 (36 ± 3)	CcAlg.B/96 (28 ± 1)	Falg.C/96 (35 ± 3)	Falg.C/97 (17 ± 1)	FAlg.D/96 (22 ± 3)		
Laranja	BSLar.E/95 (118 ± 2)	CcLar.F/96 (441 ± 9)	PCtr.G/96 (1464 ± 206)	PCtr.H/97 (403 ± 5)			
Arroz	CcArr.A/96 (11 ± 3)	ArrCru.A/96 (8122 ± 2204)	FArrParb.B/96 (15 ± 1)				
Cevada	MCCv.B/95 (15 ± 6)	ResCv.I/95 (22 ± 3)	ResCj.B/96 (21 ± 1)				
Tomate	BTom.J/93 (417 ± 5)	Btom.K/95 (495 ± 86)	Btom.L/95 (125 ± 3)				
Milho	FMilho.A/96 (6,3 ± 0,2)	Fmilho.B/97 (48 ± 8)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (21 ± 2)	Sorgo.B/96 (33 ± 2)					
Trigo	FTrigo.A/96 (52 ± 8)	Ftrigo.C/97 (52 ± 2)					
Canola	Can.M/96 (124 ± 10)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (1488 ± 233)						
Castanha	TCast.B/96 (< 14)						

Figura 4.20-a – Resultados de concentrações de La em $\mu\text{g kg}^{-1}$ nas amostras de subprodutos

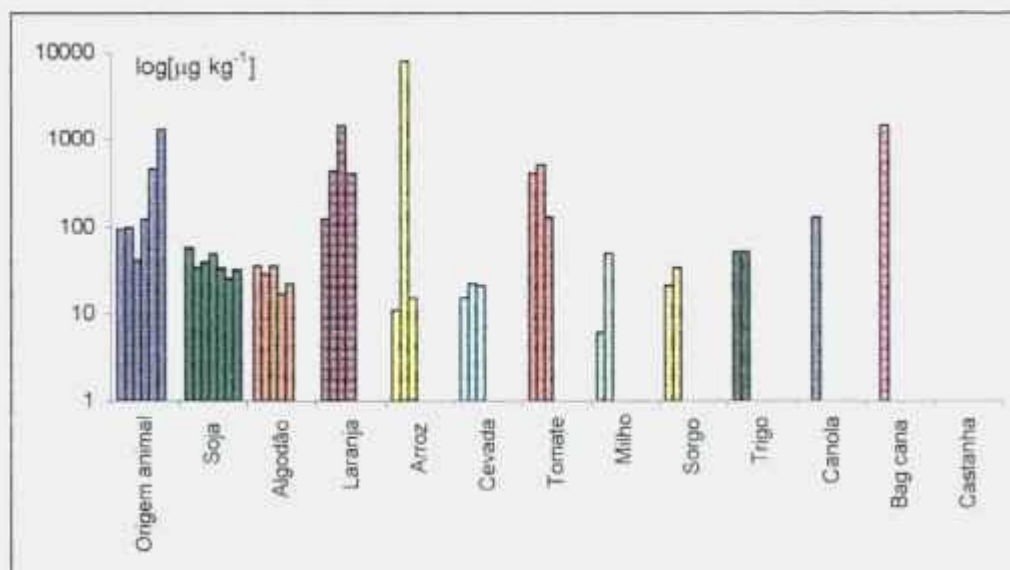


Figura 4.20-b – log[La] x subprodutos agroindustriais

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
	FPVc.A/96 (6,3 ± 0,7)	Fcarn.A/96 (9,9 ± 0,6)	Fpeixe.B/96 (1,0 ± 0,2)	Fpena.B/96 (7,9 ± 0,1)	CFCA.B/96 (36 ± 4)	CFPA.B/96 (35 ± 2)	
Soja	CcSoja.C/96 (51 ± 1)	FSoja.C/95 (27 ± 1)	Fsoja.C/97 (22 ± 0)	FSoja.B/96 (61 ± 1)	SojaFl.B/96 (28 ± 1)	SojaMd.B/96 (60 ± 1)	SojaTost.B/96 (20 ± 1)
Algodão	CçAlg.B/96 (12 ± 1)	CcAlg.B/96 (14 ± 2)	FAlg.C/96 (25 ± 2)	FAlg.C/97 (22 ± 1)	FAlg.D/96 (23 ± 2)		
Laranja	BSLar.E/95 (7,9 ± 1,5)	CcLar.F/96 (24 ± 1)	Pctr.G/96 (17 ± 2)	Pctr.H/97 (8,3 ± 0,2)			
Arroz	CcArr.A/96 (25 ± 2)	ArrCru.A/96 (81 ± 1)	FarrParb.B/96 (40 ± 10)				
Cevada	MCCv.B/95 (5,6 ± 0,2)	ResCv.I/95 (0,3 ± 0,1)	ResCj.B/96 (0,5 ± 0,1)				
Tomate	BTom.J/93 (16 ± 1)	Btom.K/95 (12 ± 0)	Btom.L/95 (18 ± 1)				
Milho	FMilho.A/96 (4,8 ± 0,1)	Fmilho.B/97 (4,5 ± 0,4)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (8,6 ± 1,2)	Sorgo.B/96 (6,7 ± 0,1)					
Trigo	FTrigo.A/96 (9,7 ± 0,9)	Ftrigo.C/97 (11 ± 1)					
Canola	Can.M/96 (26 ± 1)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (6,7 ± 0,4)						
Castanha	TCast.B/96 (51 ± 6)						

Figura 4.21-a – Resultados de concentrações de Rb em mg kg^{-1} nas amostras de subprodutos

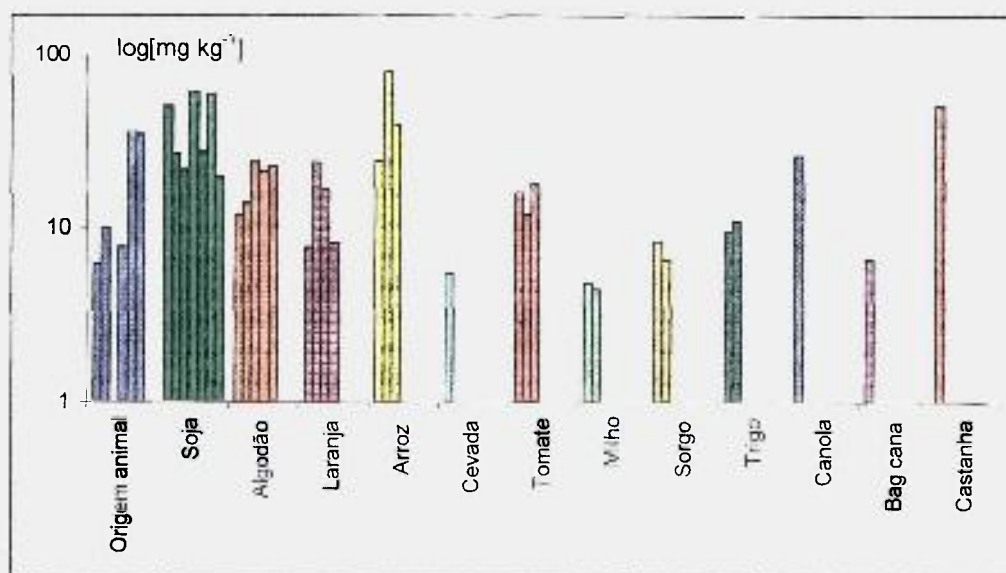


Figura 4.21-b – log[Rb] x subprodutos agroindustriais

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (16 ± 1)	Fcarn.A/96 (40 ± 5)	Fpeixe.B/96 (17 ± 3)	Fpena.B/96 (28 ± 1)	CFCA.B/96 (178 ± 28)	CFPA.B/96 (143 ± 22)	
Soja	CcSoja.C/96 (< 6,7)	FSoja.C/95 (16 ± 7)	Fsoja.C/97 (6,4 ± 1,8)	Fsoja.B/96 (11 ± 2)	SojaFI.B/96 (3,6 ± 0,4)	SojaMd.B/96 (9,2 ± 2,5)	SojaTost.B/96 (20 ± 4)
Algodão	CçAlg.B/96 (9,7 ± 1,9)	CcAlg.B/96 (0,9 ± 0,5)	FAlg.C/96 (5,5 ± 1,4)	FAlg.C/97 (3,9 ± 0,4)	Falg.D/96 (25 ± 3)		
Laranja	BSLar.E/95 (2,7 ± 0,9)	CcLar.F/96 (40 ± 1)	Pctr.G/96 (207 ± 31)	Pctr.H/97 (64 ± 1)			
Arroz	CcArr.A/96 (15 ± 3)	ArrCru.A/96 (32 ± 3)	FarrParb.B/96 (11 ± 3)				
Cevada	MCcCv.B/95 (46 ± 10)	ResCv.I/95 (5,3 ± 1,6)	ResCj.B/96 (14 ± 1)				
Tomate	BTom.J/93 (16 ± 1)	Btom.K/95 (12 ± 0)	Btom.L/95 (13 ± 2)				
Milho	FMilho.A/96 (7,5 ± 0,6)	FMilho.B/97 (2,5 ± 0,5)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (2,4 ± 0,5)	Sorgo.B/96 (3,2 ± 0,5)					
Trigo	FTrigo.A/96 (6,6 ± 0,4)	Ftrigo.C/97 (9,2 ± 0,6)					
Canola	Can.M/96 (16 ± 3)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (154 ± 1)						
Castanha	TCast.B/96 (< 7,2)						

Figura 4.22-a – Resultados de concentrações de Sb em $\mu\text{g kg}^{-1}$ nas amostras de subprodutos

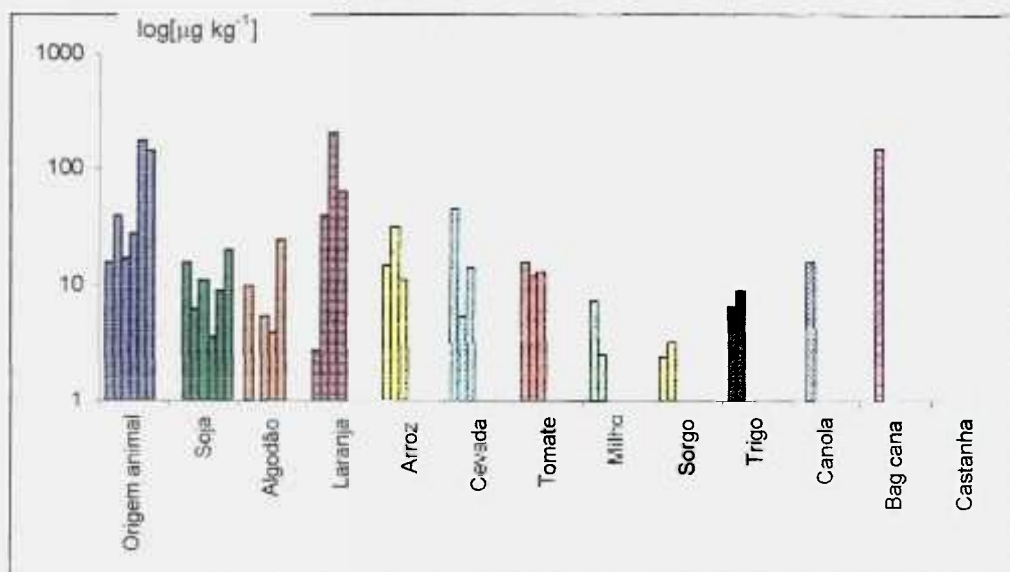


Figura 4.22-b log[Sb] x subprodutos agroindustriais

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (13 ± 1)	Fcarn.A/96 (20 ± 2)	Fpeixe.B/96 (15 ± 1)	Fpena.B/96 (32 ± 5)	CFCA.B/96 (607 ± 61)	CFPA.B/96 (223 ± 7)	
Soja	CcSoja.C/96 (39 ± 2)	Fsoja.C/95 (22 ± 1)	Fsoja.C/97 (18 ± 3)	Fsoja.B/96 (26 ± 2)	SojaFl.B/96 (15 ± 1)	SojaMd.B/96 (54 ± 2)	SojaTost.B/96 (30 ± 1)
Algodão	CçAlg.B/96 (4,7 ± 0,1)	CcAlg.B/96 (1,0 ± 0,0)	Falg.C/96 (11 ± 2)	Falg.C/97 (6,0 ± 0,1)	FAlg.D/96 (4,2 ± 0,4)		
Laranja	BSLar.E/95 (3,1 ± 0,5)	CcLar.F/96 (3,2 ± 0,2)	Pctr.G/96 (394 ± 35)	Pctr.H/97 (17 ± 1)			
Arroz	CcArr.A/96 (4,0 ± 0,1)	ArrCru.A/96 (537 ± 54)	FarrParb.B/96 (7,4 ± 1,3)				
Cevada	MCcCv.B/95 (13 ± 3)	ResCv.I/95 (4,1 ± 0,0)	ResCj.B/96 (5,4 ± 0,9)				
Tomate	BTom.J/93 (29 ± 0)	Btom.K/95 (20 ± 1)	BTom.L/95 (2,3 ± 0,0)				
Milho	FMilho.A/96 (2,8 ± 0,1)	Fmilho.B/97 (22 ± 2)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (11 ± 2)	Sorgo.B/96 (13 ± 3)					
Trigo	FTrigo.A/96 (23 ± 3)	FTrigo.C/97 (15 ± 1)					
Canola	Can.M/96 (36 ± 1)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (522 ± 11)						
Castanha	Tcast.B/96 (5,1 ± 0,8)						

Figura 4.23-a - Resultados de concentrações de Sc em $\mu\text{g kg}^{-1}$ nas amostras de subprodutos

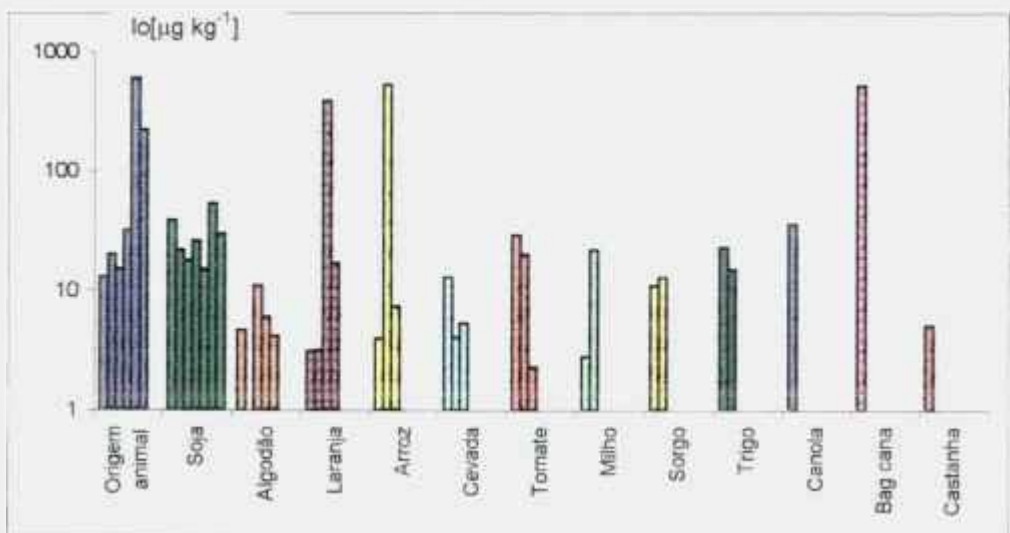


Figura 4.23-b - log[Sc] x subprodutos agroindustriais

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
Origem animal	FPVc.A/96 (24 ± 1)	Fcarn.A/96 (35 ± 1)	FPeixe.B/96 (< 1,0)	FPena.B/96 (5,6 ± 1,8)	CFCA.B/96 (29 ± 1)	CFPA.B/96 (4,7 ± 0,0)	
Soja	CcSoja.C/96 (1,2 ± 0,2)	FSoja.C/95 (< 7,3)	FSoja.C/97 (< 0,8)	FSoja.B/96 (0,8 ± 0,2)	SojaFi.B/96 (< 0,5)	SojaMd.B/96 (3,2 ± 0,4)	SojaTost.B/96 (0,3 ± 0,1)
Algodão	CçAlg.B/96 (< 1,7)	CcAlg.B/96 (< 0,5)	FAlg.C/96 (4,3 ± 0,8)	FAlg.C/97 (< 0,5)	FAlg.D/96 (< 4,0)		
Laranja	BSLar.E/95 (1,4 ± 0,5)	CcLar.F/96 (0,3 ± 0,1)	Pctr.G/96 (12 ± 1)	Pctr.H/97 (1,3 ± 0,4)			
Arroz	CcArr.A/96 (< 6,0)	ArrCru.A/96 (237 ± 10)	FArrParb.B/96 (< 1,0)				
Cevada	MCCv.B/95 (14 ± 1)	ResCv.I/95 (32 ± 1)	ResCj.B/96 (< 1,6)				
Tomate	BTom.J/93 (1,1 ± 0,2)	BTom.K/95 (2,4 ± 0,9)	BTom.L/95 (< 1,6)				
Milho	FMilho.A/96 (1,7 ± 0,8)	Fmilho.B/97 (4,2 ± 0,6)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (0,7 ± 0,4)	Sorgo.B/96 (< 3,2)					
Trigo	FTrigo.A/96 (< 7,5)	FTrigo.C/97 (< 0,9)					
Canola	Can.M/96 (6,4 ± 0,7)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (71 ± 13)						
Castanha	TCast.B/96 (< 1,1)						

Figura 4.24-a – Resultados de concentrações de Ta em $\mu\text{g kg}^{-1}$ nas amostras de subprodutos

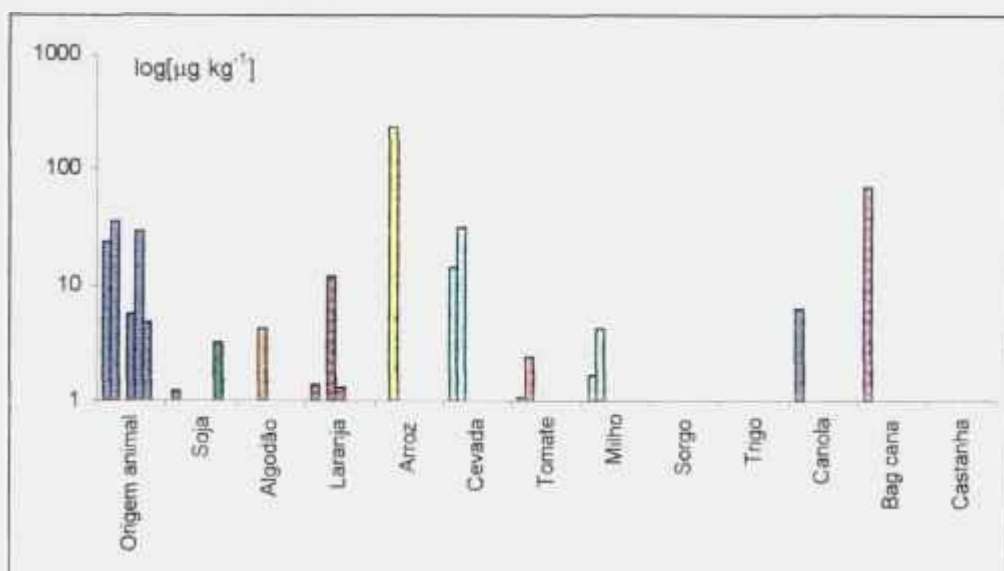


Figura 4.24-b – log[Ta] x subprodutos agroindustriais

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
	Origem animal	FPVc.A/96 (19 ± 4)	Fcarn.A/96 (21 ± 4)	Fpeixe.B/96 (9,2 ± 4,3)	FPena.B/96 (30 ± 5)	CFCA.B/96 (809 ± 19)	CFPA.B/96 (144 ± 16)
Soja	CcSoja.C/96 (25 ± 3)	Fsoja.C/95 (6,7 ± 0,7)	Fsoja.C/97 (20 ± 0)	Fsoja.B/96 (20 ± 2)	SojaFl.B/96 (12 ± 1)	SojaMd.B/96 (23 ± 8)	SojaTost.B/96 (16 ± 1)
Algodão	CçAlg.B/96 (112 ± 4)	CcAlg.B/96 (< 2,7)	FAlg.C/96 (8,6 ± 2,1)	Falg.C/97 (33 ± 1)	FAlg.D/96 (295 ± 2)		
Laranja	BSLar.E/95 (2,6 ± 0,5)	CcLar.F/96 (6,6 ± 0,0)	Pctr.G/96 (90 ± 12)	Pctr.H/97 (20 ± 2)			
Arroz	CcArr.A/96 (4,0 ± 1,3)	ArrCru.A/96 (661 ± 45)	FArrParb.B/96 (< 7,1)				
Cevada	MCCcV.B/95 (101 ± 2)	ResCv.I/95 (< 3,2)	ResCj.B/96 (3,6 ± 2,5)				
Tomate	BTom.J/93 (20 ± 1)	Btom.K/95 (13 ± 1)	BTom.L/95 (< 13)				
Milho	FMilho.A/96 (< 1,4)	FMilho.B/97 (7,0 ± 2,0)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (5,2 ± 1,2)	Sorgo.B/96 (6,8 ± 0,8)					
Trigo	FTrigo.A/96 (9,6 ± 0,2)	Ftrigo.C/97 (7,7 ± 1,1)					
Canola	Can.M/96 (23 ± 0)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (633 ± 95)						
Castanha	TCast.B/96 (1,8 ± 0,6)						

Figura 4.25-a – Resultados de concentrações de Th em $\mu\text{g kg}^{-1}$ nas amostras de subprodutos

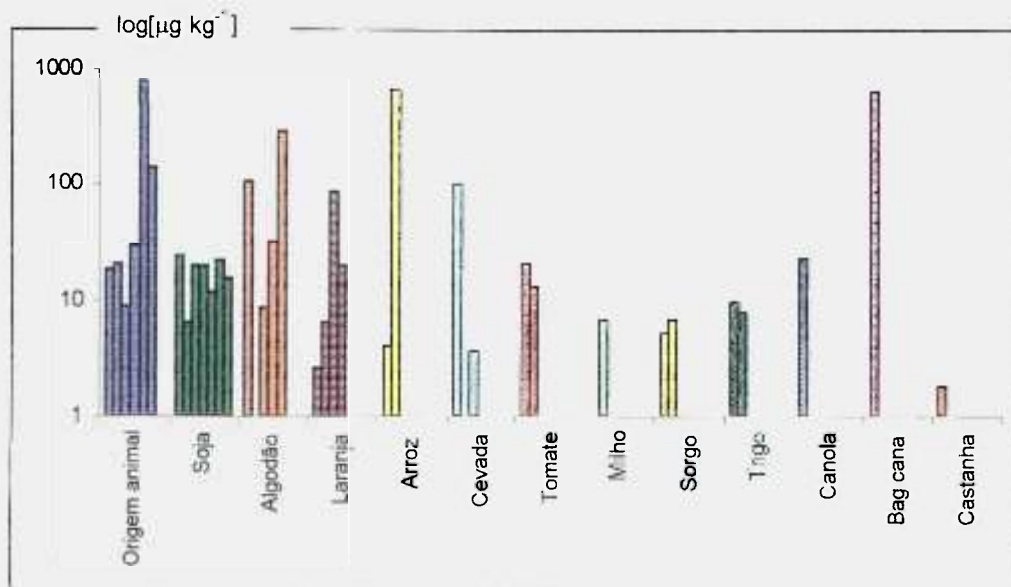


Figura 4.25-b – $\log[\text{Th}] \times$ subprodutos agroindustriais

Subproduto	Variedade + Procedência / Ano de coleta						
	FPVc.A/96 (< 24)	FCarn.A/96 (< 202)	FPeixe.B/96 (458 ± 8)	Fpena.B/96 (87 ± 1)	CFCA.B/96 (182 ± 25)	CFPA.B/96 (1427 ± 207)	
Soja	CcSoja.C/96 (< 1.9)	FSoja.C/95 (247 ± 4)	Fsoja.C/97 (28 ± 8)	FSoja.B/96 (40 ± 8)	SojaFl.B/96 (< 27)	SojaMd.B/96 (< 28)	SojaTost.B/96 (< 30)
Algodão	CçAlg.B/96 (37 ± 15)	CcAlg.B/96 (35 ± 3)	FAlg.C/96 (38 ± 1)	FAlg.C/97 (< 25)	FAlg.D/96 (23 ± 4)		
Laranja	BSLar.E/95 (20 ± 1)	CcLar.F/96 (23 ± 4)	Pctr.G/96 (72 ± 13)	Pctr.H/97 (67 ± 12)			
Arroz	CcArr.A/96 (23 ± 1)	ArrCru.A/96 (156 ± 7)	FArrParb.B/96 (50 ± 1)				
Cevada	MCCv.B/95 (62 ± 12)	ResCv.I/95 (68 ± 4)	ResCj.B/96 (38 ± 1)				
Tomate	BTom.J/93 (53 ± 4)	Btom.K/95 (81 ± 12)	BTom.L/95 (37 ± 9)				
Milho	FMilho.A/96 (22 ± 0)	Fmilho.B/97 (37 ± 7)					
Sorgo	Sorgo.A/96 (62 ± 12)	Sorgo.B/96 (39 ± 0)					
Trigo	FTrigo.A/96 (< 16)	FTrigo.C/97 (25 ± 3)					
Canola	Can.M/96 (48 ± 10)						
Bag.Cana	BCana.N/96 (317 ± 99)						
Castanha	TCast.B/96 (< 24)						

Figura 4.26-a – Resultados de concentrações de U em $\mu\text{g kg}^{-1}$ nas amostras de subprodutos

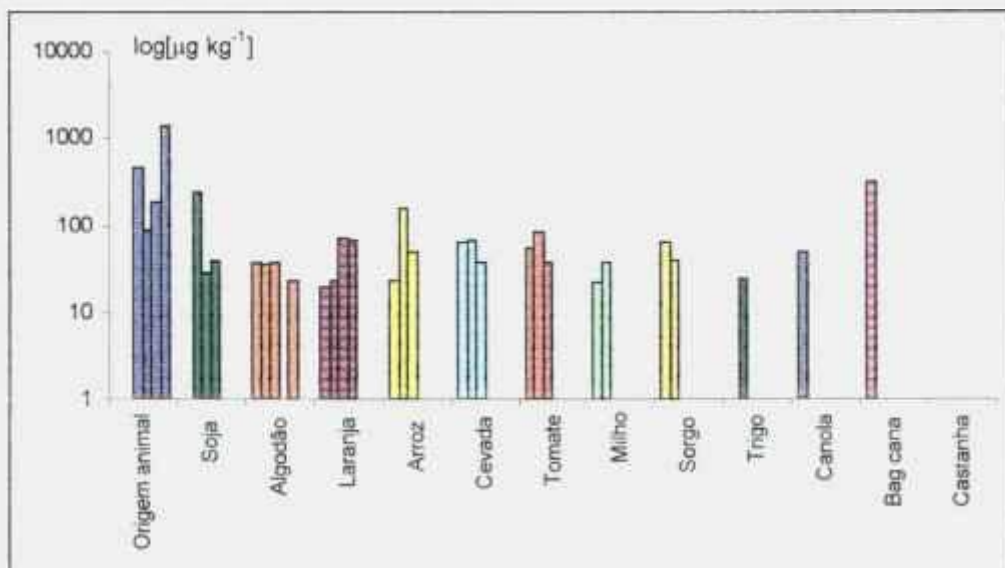


Figura 4.26-b – log[U] x subprodutos agroindustriais

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

- A maioria dos subprodutos agroindustriais analisados apresentaram concentrações de minerais essenciais que satisfazem as necessidades dos animais, e também não ultrapassaram o limite onde ocorre a toxicidade, portanto são boas fontes alternativas de alimento aos animais.
- O teor dos minerais tóxicos ficaram bem abaixo do nível tóxico em todas as amostras de subprodutos analisados.
- A alta sensibilidade do método de análise por ativação com nêutrons, permitiu a determinação de muitos elementos na faixa de concentração de $\mu\text{g kg}^{-1}$.
- O método de análise por ativação com nêutrons instrumental apresentou um bom desempenho para muitos dos elementos analisados, respondendo satisfatoriamente às variações nas concentrações das várias amostras com precisão, na maioria dos casos menor que 10%.
- Acredita-se que os dados de concentrações dos elementos Eu, La, Sc, Ta, Th e U, obtidos no presente trabalho, sejam dos primeiros para subprodutos da agroindústria na alimentação animal.
- Os resultados obtidos no presente trabalho, são uma contribuição para os pesquisadores da área de nutrição animal, bem como para os grandes e pequenos produtores, visto que são escassas as informações sobre a composição mineral dos subprodutos agroindustriais brasileiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AI-JOBORI, S. M.; ITAWI, R. K.; SAAD, A; ALI, K.E. Determination of major, minor and trace elements in Iraqi vegetable samples by INAA. **J. Radioanal Nucl. Chem.**; v. 159, n.1, p. 29-36, 1992.

AMIEL, S. **Nondestructive activation analysis**. Nuclear chemistry department, Israel atomic energy comission, Soreq Nuclear Research Center, Yavne 706000, Israel, 1981.

ANDRIGUETO, J.M.; PERLI L.; MINARDI,I.; GEMAEL, A.; FLEMING, J.S.; SOUZA, G.A.; FILHO, A.B. As Bases e os fundamentos da nutrição animal. **Nutrição Animal**, v.1, 3ª edição. Nobel, 1984.

ARMELIN, M.J.A.; MAIHARA, V.A.; VASCONCELLOS, M.B.A.; FÁVARO, D.I.T.; NASCIMENTO, V.F. Neutron activation analysis of the distribution of inorganic elements among five varieties of Brazilian corn. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.164, n.4, p.265-274, 1992.

BOIN, C. **Exigências de minerais pelas categorias do rebanho bovino e funções desses nutrientes**. In: Simpósio sobre nutrição de bovinos, Piracicaba, p. 15-46, 1985.

BURGI, R. : **Equipamentos para manejo e tratamento de resíduos agrícolas e agroindustriais**. In: Simpósio sobre utilização de subprodutos agroindustriais e resíduos de colheita na alimentação de ruminantes., p. 69-73, São Carlos, 1992.

BURGI, R. **Cana-de-açúcar** .In: Simpósio de Nutrição de Bovinos – Utilização de resíduos culturais e de beneficiamento na alimentação de bovinos, p.153-169, Piracicaba, 1995.

CARVALHO, M. P. **Citros**. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos. Utilização de resíduos culturais e de beneficiamento na alimentação de bovinos, p.171-214, Piracicaba, 1995.

CAVALHEIRO, A C.L.; TRINDAD, D. S. : **Os minerais para bovinos e ovinos criados em pastejo**. Porto Alegre, Sagra, DC Luzzato, p. 46-47, 1992.

CHUNG, Y.S.; CHUNG, Y.J.; CHO, K.H.; LEE, J.H. Determination of trace and toxic elements in Korean rice CRM by INAA, ICP and AAS. **J. Radionucl. Chem.**, v.215, n.1, p.129-134, 1997.

CUNHA, J. A. Degradabilidade da matéria seca e da proteína do caroço integral de algodão. (*Gossypium hirsutum* L.) pela técnica dos sacos de náilon "in situ" com bovinos. **Tese de Mestrado** – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo – Pirassununga, 1996.

DAY, E. J.; McNAUGHTON, J. L. Animal byproducts as a source of mineral. **Fudstuffs**, v.47, n. 25, p. 20-26, 1975.

DIETZ, G. Degradabilidade ruminal e digestibilidade intestinal de componentes alimentares, em bovinos dotados de cânulos de rúmen e duodeno, pela técnica de sacos de náilon. **Tese de Mestrado** – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 1994.

EI FARESI, W. A Estudo interativo entre o emprego da cama de frango como ração para bovinos em confinamento e a ocorrência de botulismo. **Tese de Doutorado** – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 1995.

FÁVARO, D.J.I.T.; MAIHARA, V.A.; ARMELIN, M.J.A.; VASCONCELLOS, M.B.A.; COZZOLINO, S.M. Determination of As, Cd, Cr, Cu, Hg, Sb and Se concentrations by radiochemical neutron activation analysis in different Brazilian regional diets. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.181, n.2, p.385-394, 1994.

FERNANDES, E.A.; NEPOMUCENO, N.; TREVIZAM, A.B.; AMORIM, H.V. From potential to reality: yeasts derived from ethanol production for animal nutrition. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.234, n.1-2, p.113-118, 1998.

GEORGIEVSKII, V.I.; ANNENKOV, B.N.; SAMOKHIN, V.I. **Mineral nutrition of animals**, Studies in the agricultural and food sciences, London, Butterworths, 1982.

GONÇALVES, C. Aplicação do método de ativação neutrônica a determinação de mercúrio total e outros elementos de interesse em amostras de solo e sedimento da Serra do Navio, Amapá. São Paulo: 1997. **Dissertação (Mestrado)** – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

HENRIQUE, W.; BOSE, M.L.V. **Milho e Sorgo**. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos. Utilização de resíduos culturais e de beneficiamento na alimentação de bovinos, p. 229-258, Piracicaba, 1995.

HUYNH, M.P.T.; CARROT, F.; NGOC, S.C.P.; VU, M.D.; REVEL, G. Determination of rare earth elements in rice by INAA and ICP-MS. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.217, n.1, p.95-99, 1997.

JEFFERY, G.H.; BASSETT, J.; MENDHAM, J.; DENNEY, R.C. Vogel's Quantitative chemical analysis, 5ª ed, Longman Scientific & Technical, 1989.

JIMBA, B.; IGE, T. Concentration of Cr, Fe, Co and Zn in some Nigerian food grains. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**; v.144, n.6, p.447-452, 1990.

KEITH, L. H.; GRUMMET, W.; DEEGON Jr, J.; LIBBY, R. A.; TAYLOR, J.K.; WENTLER, G. – **Principles of environmental analysis**. *Anal. Chem.*, 55, 2210-2218, 1983.

KUCERA, J.; SOUKAL, L. Homogeneity tests and certification analysis of the irant coal fly ash reference material eco by instrumental neutron activation analysis. **J. Radional. Nucl. Chem. Articles**, V.134, n.1, p.209-219, 1986.

KUCERA, J.; SYCHRA, V.; HORÁKOVÁ, J.; SOUKAL, L. Use of INAA in the preparation of a set of soil Reference Materials with certified values of total element contents. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.215, n.1, p.147-155, 1997.

LIMA, F. A. P.; LIMA, M. L. P. **Tomates e outros hortifrutigranjeiros**. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos. Utilização de resíduos culturais e de beneficiamento na alimentação de bovinos, p. 281-291, Piracicaba, 1995.

Mc DOWELL, L. R.; FICK, K.R.; AMMERMAN, C.B.; MILLR, S.M.; HOUSER, R.H.; SOUSA, J.C. **Novos minerais essenciais e toxidez em nutrição mineral**. In: Simpósio latino-americano sobre pesquisa em nutrição mineral de ruminantes em pastagens. Belo Horizonte – Minas Gerais, 1976.

Mc DOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; ELLIS, G.L.; LOOSLI, J.K. – **Minerales para ruminantes en pastoreo en regiones tropicales**, Universidad de Florida, Gainesville, 1984.

Mc LAUGHLIN, M.J.; WILLIAMS, C.M.J.; McKAY, A.; KIRKHAM, R.; GUNTON, J.; JACKSON, K.J.; THOMPSON, R.; DOWLING, B.; PARTINGTON, D.; SMART, M.K.; TILLER, K.G. Effect

of cultivar on uptake of cadmium by potato tubers. **Aust. J. Agric. Res.**, n. 45, p. 1483-85, 1994.

MAIHARA, V.A.; VASCONCELLOS, M.B.A. Determination of trace elements in Brazilian rice grains and in biological reference materials by neutron activation analysis. **J. Radioanal. Nucl. Chem. Articles**, v.132, n.2, p.329-337, 1990.

MAIHARA, V. A **Avaliação do conteúdo de elementos essenciais e tóxicos em dietas de crianças e idosos pelo método de análise por ativação com nêutrons**. São Paulo, 1996. Tese (doutoramento). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

MANNAN, A ; WAHEED, S.: QURESHI, I. H. Concentration and distribution of toxic elements in rice and husk. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**; v.140, n.1,p.91-102, 1990.

MARTIN, L.C.T. **Nutrição mineral de bovinos de corte**. 2ª ed, São Paulo, Nobel, 1993.

MOREIRA, I.; MORANGONI, I.; FURLAN, A. C.; MARTINS, E. N.; MURAKAMI, A. E. Utilização do farelo de canola na alimentação de suínos na fase total de crescimento e terminação (61-141 dias). **Rev. da Soc. Bras. de Zootecnia**. v.25, n.4, p.697-712, 1996.

National Institute of Standards & Technology. **Certificate of Analysis of Standard Reference Materials 1566a** – Oyster Tissue, 1989.

National Institute of Standards & Technology. **Certificate of Analysis of Standard Reference Materials 2704** – Buffalo River Sediment, 1990.

Nutrient requirement of dairy cattle. – **National Research Council** - Sixth revised edition, Washington, National Academy Press, 1988.

Nutrient requirements of beef cattle – **National Research Council** – Sixth revised edition, Washington, National Academy Press, 1989.

Nutrient requirements of beef cattle – **National Research Council**- Seventh revised edition, Washington, National Academy Press, 1996.

PARR, R.M. Technical considerations for sampling and sample preparation of biomedical samples for trace elements analysis. **J. Res. Nat. Bureau Stand.**, V. 91, n. 2, p. 51-56, 1986.

PRATES, E. R. In: Simpósio de Nutrição de Bovinos – Utilização de resíduos culturais e de beneficiamento na alimentação de bovinos. **Arroz e cereais de inverno**, p. 73-98, Piracicaba, 1995.

RAJURKAR, N.S.; DAMAME, M.M. Elemental analysis of some herbal plants used in the treatment of cardiovascular diseases by NAA na AAS. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.219, n.1, p.77-80, 1997.

RODRIGUES, A. J. Utilização do farelo de algodão e parcial do farelo de soja na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Tese de Doutorado** – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 1972.

RODRIGUEZ, G.C.; RIVERO, A.H.; INSFRAN, J.M.; GUEVARA, S.R.; ENCINOSA, C.S.; ZAYAS, G.P. Empleo del analisis por activation neutronica en la certificacion de muestras de referencia. **Nucleus**, n.21, p.22-25, 1996.

SANTANA, J.; SOUZA, S. O. Subprodutos da cana-de açúcar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n. 119, p. 22-27, novembro de 1984.

SILVA, A. G. **Algodão, amendoim e soja**. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos. Utilização de resíduos culturais e de beneficiamento na alimentação de bovinos, p. 47-72, Piracicaba, 1995.

SILVESTRE, J. R. A. Subprodutos da indústria de carnes na alimentação dos ruminantes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n. 119, p. 49-52, novembro de 1984.

SINGH, V.; GARG, A.N. INAA of trace elements in Indian vegetarian diet and its adequacy vis-a-vis Recommended Dietary Allowances. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v. 217, n.1, p.139-145, 1997.

TIESENHAUSEN, I. M. E. V. Resíduos avícolas na alimentação dos ruminantes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n. 119, p. 52-55, novembro de 1984.

TORO C., E.; PARR, R.M.; CLEMENTS, S.A. **Biological and environmental reference materials for trace elements, nuclides and organic microcontaminants**. IAEA/RL/128 (ver.1), Vienna, 1990.

TRAVESI, A. **Analisis por activation neutronica – Teoría, práctica y aplicaciones**. Madrid, 1975.

UNDERWOOD, E. J. **Los minerales en la nutrición del ganado**. 2ª ed., Acribia, Zaragoza, Espanha, 1981.

VANDECASTEELE, C. **Activation analysis**: Present status in relation to other analytical techniques, *Mikrochim, Acta (Wien)*, v.II, p.379-389, 1991.

VANDECASTEELE, C.; BLOCK, C.B. **Modern methods for trace element determination**, Jonh Wiley & Ltd, 1994.

VELLOSO, L.; ROVERSO, E.; ALVES, B. C.; LOPES, F. L. Cama de frango como substituto de fontes de proteínas na engorda de bovinos em confinamento. **Boletim da Indústria Animal**, v.27, n.28, p.337-48, 1970.

VELLOSO, L. Subprodutos de origem do beneficiamento de cereais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.119, p.15-21, novembro de 1984.

WANG, J. **Electroanalytical techniques in clinical chemistry and laboratory medicine**, VCH Publishers, Inc, 1988.

WANG, C.F.; DUO, M.J.; CHANG, E.E.; YNAG, J.J. Essential and toxic trace elements in the Chinese medicine. **J. Radioanal. Nucl. Chem.**, v.211, n.2, p. 333-347, 1996.

ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; BORGES, I.; VALÉRIO, S. R.; AQUARONI, L. C. Consumo voluntário e digestibilidade aparente do caroço integral de algodão e bagaço hidrolisado de cana-de açúcar para ruminantes. **Rev. da Soc. Bras. de Zootecnia**. v.24, n.1, p.38-48, 1995.

ZINN, R. A.; BULL, L. S.; HEMKEN, R. W. Degradation of supplemental proteins in the rumen. **J. Animal Science**, v. 52, n.4, p. 857-866, 1981.