

Fernanda Zanoni Cônsolo

**AVALIA O DAS CONCENTRA OES DE MAGNÉSIO, ZINCO, COBRE,
FERRO, MANGANÊS, ALUMÍNIO, CROMO, CÁDMIO, NÍQUEL, COBALTO E
MOLIBDÊNIO NAS HORTALIÇAS TUBEROSAS COMERCIALIZADAS E
CONSUMIDAS EM MATO GROSSO DO SUL.**

Campo Grande – MS
2015

Fernanda Zanoni Cônsolo

**AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE MAGNÉSIO, ZINCO, COBRE,
FERRO, MANGANÊS, ALUMÍNIO, CROMO, CÁDMIO, NÍQUEL, COBALTO E
MOLIBDÊNIO NAS HORTALIÇAS TUBEROSAS COMERCIALIZADAS E
CONSUMIDAS EM MATO GROSSO DO SUL.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Petr Melnikov

Campo Grande – MS
2015

Cônsolo, Fernanda Zanoni

Avaliação das concentrações de magnésio, zinco, cobre, ferro, manganês, alumínio, cromo, cádmio, níquel, cobalto e molibdênio nas hortaliças tuberosas comercializadas e consumidas em Mato Grosso do Sul / Fernanda Zanoni Cônsolo – Campo Grande, MS, 2014.

126; 30cm

Orientador: Petr Melnikov

Tese – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Fernanda Zanoni Cônsolo

AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE MAGNÉSIO, ZINCO, COBRE, FERRO, MANGANÊS, ALUMÍNIO, CROMO, CÁDMIO, NÍQUEL, COBALTO E MOLIBDÊNIO NAS HORTALIÇAS TUBEROSAS COMERCIALIZADAS E CONSUMIDAS EM MATO GROSSO DO SUL.

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Doutor

Resultado _____
Campo Grande (MS), _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Petr Melnikov

Instituição - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dra Aby Jaine da Cruz Moura

Instituição - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dra Tânia Christina Marchesi de Freitas

Instituição – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

Prof. Dra Carmen Silvia Martimbianco de Figueiredo

Instituição – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof Dra Gildney Maria dos Santos Alves

Instituição – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr Petr Melnikov, por toda dedicação, sabedoria, compreensão e, acima de tudo, exigência.

Ao professor Dr Ricardo Aydos pelas orientações e compreensão.

À Vera do Nascimento, pela amizade e apoio na parte administrativa.

À Aurea, pela sua gentileza e presteza.

Ao técnico do laboratório de metabolismo e nutrição da UFMS, Anderson Fernandes da Silva, pela ajuda na parte experimental.

Ao Programa de Pós-graduação Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste, através de seus professores e funcionários, que possibilitaram a realização de um grande sonho, a concretização de um grande projeto.

Aos funcionários da CEASA que nos receberam com muita simpatia e disposição.

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese a minha mãe, Doutora Lourdes Zélia Zanoni, por me guiar, incansavelmente, pelos caminhos do ensino e da vida, por sua dedicação plena e, acima de tudo, por seu amor incondicional. Muito obrigada sempre, por sua inspiração, o seu apoio imprescindível e por seu incansável ensino diário.

“A alimentação adequada e saudável é um direito humano básico que envolve a garantia ao acesso permanente e regular, de forma socialmente justa, a uma prática alimentar adequada aos aspectos biológicos e sociais do indivíduo e que deve estar em acordo com as necessidades alimentares especiais; ser referenciada pela cultura alimentar e pelas dimensões de gênero, raça e etnia; acessível do ponto de vista físico e financeiro; harmônica em quantidade e qualidade, atendendo aos princípios da variedade, equilíbrio, moderação e prazer; e baseada em práticas produtivas adequadas e sustentáveis.”

Brasil. Ministério da Saúde, 2014.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição dos minerais em 100 g da hortaliça tuberosa de acordo com a tabela TACO (Tabela Brasileira de Composição de Alimentos), 201122
Tabela 2	Composição nutricional dos elementos químicos nas hortaliças tuberosas consumidas em Mato Grosso do Sul, Brasil, comparados ao Limite Máximo de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos (LMCIA). Dados expressos em mg/kg de peso úmido \pm DP75
Tabela 3	Teor de umidade das hortaliças tuberosas consumidas no Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, em 100g de amostra76
Tabela 4	Composição nutricional dos elementos traço mais comuns nas hortaliças tuberosas consumidas no Mato Grosso do Sul, Brasil. Dados expressos em mg/kg de peso seco \pm DP77
Tabela 5	Composição nutricional dos elementos traço mais comuns nas hortaliças tuberosas consumidas no Mato Grosso do Sul, Brasil. Dados expressos em mg/kg de peso úmido \pm DP78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de magnésio na amostra úmida em tubérculos estudados67
Figura 2	Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de zinco na amostra úmida em tubérculos estudados68
Figura 3	Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de cobre na amostra úmida em tubérculos estudados68
Figura 4	Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de ferro na amostra úmida em tubérculos estudados69
Figura 5	Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de manganês na amostra úmida em tubérculos estudados.....69
Figura 6	Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de alumínio na amostra úmida em tubérculos estudados70
Figura 7	Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de cromo na amostra úmida em tubérculos estudados70

Figura 8	Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de cádmio na amostra úmida em tubérculos estudados71
Figura 9	Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de níquel na amostra úmida em tubérculos estudados71
Figura 10	Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de cobalto na amostra úmida em tubérculos estudados72
Figura 11	Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de molibdênio na amostra úmida em tubérculos estudados72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Parâmetros utilizados para digestão de amostras das hortaliças tuberosas.....	63
Quadro 2	Parâmetros do método utilizado nas análises dos elementos traços	65

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ADI	<i>Alzheimer's Disease International</i>
Al	Alumínio
ATSDR	<i>U.S. Department of Health and Human Services / Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i>
Cd	Cádmio
CEASA	Central de Abastecimento de Mato Grosso do Sul
Co	Cobalto
Cr	Cromo
Cu	Cobre
DRI	<i>Dietary Reference Intakes</i>
EROS	Espécies reativas de oxigênio
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Fe	Ferro
FNB/IOM	<i>Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies</i>
g	Grama
GTF	<i>Glucose Tolerance Factor</i>
ha	Hectares
HDL	Lipoproteína de alta densidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICP-OES	Espectrômetro de emissão óptica indutivamente acoplado com plasma de argônio
INRA	<i>Institut National de la Recherche Agronomique</i>
K	Potássio
kg	Quilograma
L	Litro
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
LMCIA	Limite máximo de contaminantes inorgânicos em alimentos
Mg	Magnésio
mg	Miligrama
µg	Micrograma
ml	Mililitro

Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
MS	Mato Grosso do Sul
Ni	Níquel
OMS	Organização Mundial da Saúde
P	Fósforo
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
tr	Traço
v/v	Volume/volume
WHO	World Health Organization
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 RESUMO BIBLIOGRÁFICO	20
2.1 Aspectos gerais	20
2.2 Características dos tubérculos	22
2.2.1 Batata inglesa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	22
2.2.2 Batata doce (<i>Ipomoea batatas</i>)	23
2.2.3 Mandioca (<i>Manihot esculenta Crants</i>)	24
2.2.4 Inhame (<i>Dioscorea ssp.</i>).....	26
2.2.5 Taro (<i>Colocasia esculenta L. Schott</i>).....	28
2.3 Elementos bioativos nos tubérculos	29
2.3.1 Aspectos gerais	29
2.3.2 Magnésio	31
2.3.3 Zinco.....	33
2.3.4 Cobre.....	35
2.3.5 Ferro	38
2.3.6 Manganês.....	41
2.3.7 Alumínio.....	44
2.3.8 Cromo.....	46
2.3.9 Cádmiio	49
2.3.10 Níquel	51
2.3.11 Cobalto	53
2.3.12 Molibdênio	56
3 OBJETIVOS.....	59
3.1 Objetivo geral	59
3.2 Objetivos específicos.....	59
4 MATERIAIS E MÉTODOS	60
4.1 Tipo de estudo	60
4.2 Local da coleta	60
4.3 Coleta dos produtos para a pesquisa	61
4.4 Preparo das amostras	62

4.5	Preparo do material para leitura das amostras.....	66
4.6	Análise estatística	67
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
5.1	Batata inglesa.....	79
5.2	Batata doce	85
5.3	Mandioca.....	90
5.4	Inhame	96
5.5	Taro.....	101
6	CONCLUSÕES.....	109
	REFERÊNCIAS.....	110

RESUMO

CONSOLO FZ. Avaliação das concentrações de magnésio, zinco, cobre, ferro, alumínio, cromo, níquel, cobalto e molibdênio nas hortaliças tuberosas comercializadas e consumidas em Mato Grosso do Sul.

[Doutorado – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil].

O objetivo do presente estudo foi medir a concentração de magnésio, zinco, cobre, ferro, alumínio, cromo, níquel, cobalto e molibdênio em batata inglesa, batata doce, mandioca, inhame e taro para avaliação do seu conteúdo nutricional. As tuberosas consumidas pelos moradores de Mato Grosso do Sul foram mineralizadas utilizando digestão ácida com ácido nítrico em forno micro-ondas e a leitura das amostras realizadas por ICP-OES. Os resultados foram comparados com as concentrações publicadas na literatura e com os níveis máximos tolerados em alimentos estabelecidos pela legislação brasileira e internacional. O estudo mostrou que os conteúdos de elementos traços nas tuberosas representam fontes complementares importantes aos requerimentos dos principais minerais para a dieta cotidiana. As concentrações encontradas preenchem nichos informáticos no que diz respeito ao conteúdo nutricional das tuberosas e podem ser incluídos nas bases de dados nutricionais. O taro foi evidenciado como a mais abundante fonte de minerais bioativos, e, portanto o seu futuro uso como componente de dietas deve ser incentivado. Os dados quantitativos obtidos fornecem sólido suporte para o nutricionista local escolher os alimentos adequados na elaboração prática do plano alimentar do paciente. Os estudos de biometais em vegetais devem ser ampliados porque são alimentos fonte de nutrientes essenciais para população, além de serem considerados bioindicadores de poluição ambiental.

Palavras chaves: elementos traço, hortaliças tuberosas, nutrição.

ABSTRACT

CONSOLO FZ. The evaluation of the concentrations of magnesium, zinc, copper, iron, aluminum, chromium, nickel, cobalt and molybdenum in roots consumed in Mato Grosso do Sul State, Brazil.

[PhD – Federal University of Mato Grosso do Sul, Brazil].

The aim of the present study was to measure the concentrations of magnesium, zinc, copper, iron, aluminum, chromium, nickel, cobalt and molybdenum in common potatoes, sweet potatoes, cassava, yam and taro in order to evaluate their nutritional value. The roots regularly consumed by the inhabitants of in Mato Grosso do Sul state were mineralized using microwave acid digester with nitric acid, and analyzed with the aid of ICP-OES. The results were compared with their contents and permissible levels established by Brazilian and international research and controlling bodies. It was shown that in respect to trace elements content the roots under study fully meet the requirements in minerals to the dietary intake. The levels in trace elements found in this investigation fill the gap in the available literary data and may be recommended to be included into the corresponding data bases for further comparisons. Among the above vegetables taro has been shown to be the most abundant source in bioactive minerals, and therefore its future nutritional usage as dietary component should be in every way encouraged. The set of computed quantitative data provides solid support for the local nutritionist when choosing the appropriate food items in his professional practice. The monitoring of biometals in vegetables needs to be continued because these are the main sources of food for humans, and are considered as bioindicators of environmental pollution.

Keywords: trace elements, roots, nutrition.

1 INTRODUÇÃO

O estudo da composição dos alimentos consumidos no estado de Mato Grosso do Sul é fundamental para contribuir com a segurança alimentar e nutricional da população da região. As informações da composição de alimentos, somadas aos dados já disponíveis na literatura, de acordo com a particularidade de cada região, são instrumentos importantes para avaliação da ingestão de nutrientes pela população, o controle da qualidade dos alimentos, assim como a educação nutricional.

Os elementos bioativos exercem influência na saúde humana nas mais diversas vertentes. Elementos como magnésio, zinco, cobre, ferro, manganês, alumínio, cromo, cádmio, níquel, cobalto e molibdênio são nutrientes essenciais e requerem a ingestão de apenas alguns miligramas ao dia para suprir as necessidades diárias recomendadas. Porém, a ingestão excessiva destes elementos pode ser prejudicial ao ser humano.

Em todo o mundo, mais de 2 bilhões de pessoas (40% da população mundial) estão em risco nutricional ou com deficiência de um ou mais micronutrientes. A deficiência de ferro é a mais prevalente, atingindo 2 bilhões da população, seguido do zinco, selênio e cobre (BOGDEN, 2000).

A quantidade de elementos traço ingerida pelo indivíduo está diretamente relacionada com o hábito alimentar e com o conteúdo destes nos alimentos que fazem parte da dieta e da sua biodisponibilidade (OMS, 1998).

Após a ingestão e absorção dos elementos químicos pelo organismo, estes passarão pelo processo de transporte e distribuição e poderão ser biotransformados, acumulados e/ ou excretados na forma intacta ou modificada. Em vários estágios,

cada um destes elementos poderá estar presente nos alimentos, adquirindo diferentes formas físicas e químicas, com os mais variados efeitos fisiológicos devido à participação em importantes processos vitais ou até, pelo contrário, provocando efeitos tóxicos inesperados. Além disso, tais efeitos podem ocorrer não só devido à concentração ingerida, mas também à composição química em que se encontra o composto e assim afetando a biodisponibilidade ou a toxicidade do elemento bioativo.

As hortaliças tuberosas como batata inglesa, batata doce, mandioca, inhame e taro, além de apresentarem grande importância econômica e social, possuem grandes potencialidades e perspectivas para o cultivo no Brasil. Também desempenham um importante papel na dieta dos brasileiros e, em particular, dos sul-matogrossenses por seu alto teor energético, capazes de fornecer energia para populações carentes, sendo considerados alimentos de subsistência.

Seu conteúdo em carboidratos, proteínas, vitaminas e outras substâncias orgânicas já estão bem estabelecidos. Porém, as concentrações em elementos traço que não apresentam valor econômico são raramente determinadas, apesar de que podem variar substancialmente em função de solo, água, método de cultivo armazenamento e manejo geral. De maior importância também é a caracterização regional em relação à riqueza ou deficiência dos produtos locais em bioelementos.

Estes tipos de estudos servem de base para pesquisas que relacionam excesso/falta de nutrientes com risco de doenças, fornecem subsídios aos profissionais da saúde para atuarem no atendimento clínico. Também orientam a produção agrícola e a elaboração das políticas de proteção ao meio ambiente e biodiversidade, visando o melhoramento da qualidade de vida da população de Mato Grosso do Sul.

2 RESUMO BIBLIOGRÁFICO

2.1 Aspectos gerais

As hortaliças apresentam grande importância econômica e social para o Brasil, sendo parte importante da nutrição da população, geração de divisas e criação de grande número de empregos diretos e indiretos. Dentre as hortaliças, destacam-se as hortaliças tuberosas (raízes, tubérculos, rizomas) e que se caracterizam pelo alto teor energético.

O Estado de Mato Grosso do Sul ainda não possui tradição no cultivo de hortaliças tuberosas, praticando principalmente a monocultura de soja ou milho, além da criação de gado de corte. Nos últimos anos, vêm aumentando as áreas de cultivo de algumas hortaliças tuberosas nos arredores das maiores cidades do Estado, o que possibilita a venda do produto diretamente ao consumidor (ZÁRATE e VIEIRA, 2002).

As hortaliças tuberosas: batata inglesa, batata doce, mandioca, inhame e o taro pertencem ao grupo de tuberosas amiláceas que desempenham um importante papel na dieta alimentar em todo o mundo, assim como no Brasil e em Mato Grosso do Sul, em particular (CEREDA, 2002).

O conhecimento da composição das tuberosas produzidas e consumidas nas diferentes regiões do Brasil é uma ferramenta importante para ações de orientação nutricional baseadas em princípios de desenvolvimento local e diversificação da alimentação, em contraposição à massificação de uma dieta monótona e desequilibrada.

White *et al.* (2009), relataram que uma amostra de 200 g de tuberosa fresca é suficiente para fornecer aproximadamente 26% dos valores diários de referência alimentar de cobre (Cu); 17% a 18% de potássio (K), fósforo (P) e ferro (Fe); e 5% a 13% de zinco (Zn), magnésio (Mg) e manganês (Mn), o que torna esses produtos de alta qualidade para a alimentação humana. No entanto, as concentrações de alguns elementos como alumínio (Al), cádmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), molibdênio (Mo) e níquel (Ni) para estes alimentos ainda não estão totalmente esclarecidas na literatura.

O espalhamento das hortaliças tuberosas no mundo levou a modificações no conteúdo dos nutrientes e minerais. O teor de algum deles é conhecido, por exemplo, os valores de referências elucidados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (2011) que tem como objetivo gerar dados sobre a composição dos principais alimentos consumidos no Brasil. A TACO foi elaborada pela UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas) e pelo NEPA (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação). Dentre os nutrientes apresentados, a TACO aborda os seguintes minerais: cálcio, magnésio, manganês, fósforo, ferro, sódio, potássio, cobre e zinco. No entanto, a apreciação nutritiva das tuberosas exige atualizações não só do conteúdo dos elementos conhecidos, mas também dos que são considerados microelementos ou elementos exóticos.

2.2 Características das tuberosas

2.2.1 Batata inglesa (*Solanum tuberosum*)

A batata inglesa, de nome científico *Solanum tuberosum*, da família *Solanaceae*, é classificada pela botânica como hortaliça tuberosa, sendo denominada tubérculo.

A batata é originária da Cordilheira dos Andes e ocupa o quarto lugar em volume de produção mundial de alimentos, superada pelo trigo, arroz e milho (CUNHA *et al.*, 2014). É cultivada em mais de 125 países, em uma área de 18,5 milhões de hectares (ha), e teve uma produção de 309 milhões de toneladas em 2007 (FERNANDES, 2010).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a batata ocupa o quarto lugar entre os produtos alimentares mais consumidos no mundo, após o leite, trigo e arroz. A batata é um relevante componente na dieta dos povos da maioria dos países por ser um alimento energético, fonte de vitaminas e minerais.

A batata possui grande importância econômica no Brasil. Em 2013, a produção brasileira foi de 3.570.351 toneladas (t) e até outubro de 2014 a produção chegou a 3.724.815 t.

O Estado de Mato Grosso do Sul apresenta poucas iniciativas na produção da batata, podendo ser cultivada em algumas regiões com climas específicos ou durante épocas do ano com temperaturas e pluviosidade baixas. Recentemente, o estado do Mato Grosso do Sul importou do estado do Paraná o equivalente a 60% da batata consumida pela população (RODRIGUES *et al.*, 2012).

O tubérculo contém, em média, 11,9 g/100g de carboidratos, 1,2 g/100 g de proteínas e aminoácidos essenciais (TACO, 2011). No entanto, as concentrações de alumínio, cádmio, cobalto, cromo, molibdênio e níquel para este alimento não estão esclarecidas na literatura.

2.2.2 Batata doce (*Ipomoea batatas*)

A batata doce, de nome científico *Ipomoea batatas*, da família *Convolvulaceae*, é classificada pela botânica como hortaliça tuberosa, sendo denominada raiz.

A batata-doce é originária das Américas Central e do Sul, desde o Peru até o México. Sua introdução na Europa foi feita por Cristóvão Colombo e depois espalhou-se para a Índia, China, Japão e demais regiões do globo.

O principal país produtor da raiz é a China, com média de produção de 100 milhões de toneladas ao ano. Em 2002 foram produzidas 141 milhões de toneladas no mundo (RAMOS, 2004).

No Brasil, a batata-doce é cultivada em todas as regiões, sendo que a maior produção concentra-se na região Sul, com 45% do total, tendo à frente o Rio Grande do Sul, com 161 mil toneladas. O Nordeste tem a maior área cultivada, 21.044 ha, com liderança do estado da Paraíba, que planta 6.257 ha. Já o Sudeste, especialmente o estado de São Paulo, se destaca em rendimento por área com média de 16,2 t/ha, enquanto no país esse desempenho fica em torno de 12 t/ha (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2010).

O estado de Mato Grosso do Sul produziu, no ano de 2010, aproximadamente 142.668 t de batata doce (IBGE, 2006).

No Brasil e nos EUA, seu maior consumo se dá *in natura*, enquanto que no Japão a maior parte é utilizada para produção de fécula e álcool (RAMOS, 2004).

A batata-doce é um alimento energético, tendo como componente principal o amido, com aproximadamente 28,2 g de carboidrato, 1,3 g de proteína e 0,1 g de lipídio. No entanto, as concentrações de alumínio, cádmio, cobalto, cromo, molibdênio e níquel para este alimento não estão esclarecidas na literatura.

2.2.3 Mandioca (*Manihot esculenta Crantz*)

A mandioca, de nome científico *Manihot esculenta Crantz*, da família *Euphorbiaceae*, é classificada pela botânica como hortaliça tuberosa, sendo denominada raiz. Originária do continente americano, provavelmente do Brasil Central, a mandioca já era amplamente cultivada pelos aborígenes, por ocasião da descoberta do Brasil. Eles foram os responsáveis pela sua disseminação em quase toda a América e os portugueses pela sua difusão para outros continentes, especialmente África e Ásia (LORENZI *et al.*, 1996). Sua adaptabilidade aos diferentes ecossistemas possibilita seu cultivo em diversas partes do mundo.

A produção mundial da mandioca é de, aproximadamente, 120 milhões de toneladas anuais e é o sexto produto alimentar da humanidade, em volume de produção, depois do trigo, do arroz, do milho, da batata e da cevada. Nos trópicos, onde é cultivada em grande escala, sua importância passa para o terceiro lugar (LORENZI *et al.*, 1996).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de mandioca com produção aproximada de 22 milhões de t em 2013 (IBGE, 2014), sendo a Nigéria o maior

produtor mundial com uma produção aproximada de 34 milhões de t (PHILLIPS, 2004).

O estado de Mato Grosso do Sul produziu, aproximadamente, 543.303 t de mandioca em 2010, sendo o estado da região Centro-Oeste com maior quantidade produzida neste ano.

Desempenha um importante papel na dieta alimentar dos brasileiros por seu alto valor energético e palatabilidade. Atualmente, a mandioca para uso culinário é comercializada como vegetal fresco ou minimamente processada, refrigerada ou congelada, ou também na forma pré-cozida facilitando o preparo e consumo (OLIVEIRA *et al.*, 2005b).

A mandioca de mesa, também conhecida como aipim, macaxeira doce e mansa, constitui-se em uma raiz muito apreciada na culinária brasileira e, em particular, na sul-mato-grossense, onde é base para diversos pratos. O consumo de mandioca de mesa é superior a vários produtos tradicionais como o tomate, a batata, a cebola, a banana e o mamão.

A mandioca é um alimento energético, apresentando em sua composição uma média de 36,2 g/100 g de carboidrato, 1,1 g/100 g de proteína e 0,3 g/100 g de lipídio (TACO, 2011). No entanto, as concentrações de alumínio, cádmio, cobalto, cromo, molibdênio e níquel para este alimento não estão esclarecidas na literatura.

2.2.4 Inhame (*Dioscorea ssp.*)

O inhame, de nome científico *Dioscorea ssp.*, conhecido como cará em algumas regiões brasileiras (designação nativa de *ka rá*, em Tupi, provável origem

da terminologia atual, sendo assim conhecida em várias regiões brasileiras) é oficialmente denominado como inhame e classificado pela botânica como hortaliça tuberosa, sendo denominado tubérculo, da família *Dioscoreaceae*. Por causa de vários sinônimos, precisa ser destacada a padronização oficialmente aceita atualmente.

Através da proposta de padronização da nomenclatura do “inhame” e do “cará”, no “I Simpósio Nacional sobre as Culturas do Inhame e do Cará”, ficou estabelecido que os órgãos governamentais, universidades, empresas de pesquisas e de extensão rural, Sociedade de Olericultura do Brasil e demais entidades ligadas ao setor agrícola, oficializem e divulguem, no âmbito técnico-científico nacional, a nova nomenclatura, onde “inhame” (*Colocasia esculenta* L. Schott) passa a ter a denominação definitiva de “taro” e as Dioscoreáceas (*Dioscorea* ssp.), chamadas popularmente no norte/nordeste brasileiro de “carás” e “inhames”, passam a ter a denominação definitiva de “inhame”. As espécies de “carás” cultivadas serão consideradas como variedades de inhame (PEDRALLI, 2002).

De acordo com Montaldo (1991), as espécies *Dioscorea alata* e *D. esculenta* originaram-se em Burma e Assam na Índia (Ásia) e a espécie *D. cayenensis*, é de origem africana. Segundo Abram, 1990, a Comissão Rondon no início do século XX encontrou tribos isoladas no extremo noroeste do estado de MS cultivando a espécie *D. trifida*.

De acordo com a FAO, a produção mundial de inhame chegou a 37,5 milhões de toneladas no ano 2000, sendo que a África contribuiu com 96% desta produção. O Japão e os Estados Unidos são os maiores importadores do tubérculo, com até 80% do produzido (IBGE, 2001).

Este tubérculo foi introduzido no Brasil pelos colonizadores europeus e atualmente é cultivado em todo território nacional. A região Nordeste é responsável por 90% da produção no Brasil (MESQUITA, 2001) com considerável crescimento nas exportações, sendo os Estados de Pernambuco e Bahia os que mais cresceram, devido também à elevada produção (MESQUITA, 2002).

Os estudos em relação à produção do inhame no estado de Mato Grosso do Sul são escassos.

O inhame é um alimento rico em energia, composto aproximadamente por 23 g/100 g de carboidrato, 2,3 g/100 g de proteína e 0,1 g/100 g de lipídios. No entanto, as concentrações de alumínio, cádmio, cobalto, cromo, molibdênio e níquel para este alimento não estão esclarecidas na literatura.

2.2.5 Taro (*Colocasia esculenta* L. Schott)

O taro, de nome científico *Colocasia esculenta*, da família *Araceae*, é um produto alimentício de alto valor energético e nutritivo e classificado pela botânica como hortaliça tuberosa e denominado rizoma. As espécies e variedades de taro são fontes de alimentos básicos para países do oeste da África, Caribe, regiões norte, central e sudeste da Ásia, incluindo Malásia, Japão, Vietnã e Oceania (OKIGBO, 2002; SANTOS, 2002).

Originário da Ásia (Índia, Bangladesh e Myanmar), constitui uma das famílias de hortaliças tuberosas mais antigas cultivadas. Sua produção é conhecida há 100 anos a.C. na China.

O Brasil é o maior produtor desse tubérculo, sendo o Nordeste brasileiro o principal produtor, destacando-se os estados da Paraíba, com 6.697 hectares de área plantada e produção de 74.290 t, seguido de Pernambuco (SANTOS, 2002).

O taro é um alimento rico em energia, composto aproximadamente por 23,2 g/100 g de carboidrato, 2,1 g/100 g de proteína e 0,2 g/100 g de lipídios. No entanto, as concentrações de outros elementos como alumínio, cádmio, cobalto, cromo, molibdênio, níquel e silício para este alimento não estão esclarecidas na literatura.

Na tabela 1 são resumidas as concentrações de elementos traço nas diversas hortaliças tuberosas segundo a TACO.

Tabela 1 - Composição dos minerais em 100 g da hortaliça tuberosa de acordo com a tabela TACO (Tabela Brasileira de Composição de Alimentos), 2011.

Tubérculo	Elemento (mg)								
	Sódio	Potássio	Magnésio	Cálcio	Ferro	Cobre	Zinco	Manganês	Fósforo
Batata inglesa	Tr	302	15	4,0	0,4	0,09	0,2	0,10	39
Batata doce	9,0	340	17	21	0,4	0,11	0,2	0,18	36
Mandioca	2,0	208	44	15	0,3	0,07	0,2	0,05	29
Inhame	Tr	212	11	4,0	0,2	0,06	0,2	0,01	35
Taro	Tr	568	29	12	0,4	0,17	0,3	0,15	65

Fonte: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, 2011.

2.3 Elementos bioativos nas tuberosas

2.3.1 Aspectos gerais

Os elementos bioativos exercem influência na saúde humana nas mais diversas vertentes. Cobre e zinco são micronutrientes essenciais e requerem a ingestão de apenas alguns miligramas ao dia para suprir as necessidades diárias recomendadas. Porém, a ingestão excessiva destes microelementos pode ser prejudicial ao ser humano.

A quantidade de elementos traço ingerida pelo indivíduo está diretamente relacionada com o hábito alimentar e com o conteúdo destes nos alimentos que fazem parte da dieta (OMS, 1998).

Após a ingestão e absorção dos elementos químicos pelo organismo, estes passarão pelo processo de transporte e distribuição e poderão ser biotransformados, acumulados e/ ou excretados na forma intata ou modificada. Em vários estágios, cada um destes elementos poderá estar presente nos compostos adquirindo diferentes formas físicas e químicas, com os mais variados efeitos fisiológicos devido à participação em importantes processos vitais ou até, pelo contrário, provocando efeitos tóxicos inesperados. Além disso, tais efeitos podem ocorrer não só devido à concentração ingerida, mas também à estrutura química do composto em que se encontram, determinando a biodisponibilidade ou a toxicidade do elemento bioativo (OLIVEIRA *et al.*, 2005c; JABEEN *et al.*, 2009).

As concentrações dos microelementos nos alimentos e, posteriormente, nos seres humanos dependem, em primeiro lugar das características físico-químicas do solo, mas existem ainda outros fatores, tais como a poluição ambiental, a presença de produtos químicos industriais, fertilizantes, fungicidas, inseticidas e herbicidas

que influenciam diretamente na concentração dos minerais nos alimentos utilizados. Todos eles, geralmente, contêm metais que podem ser nocivos ao homem e que contribuem na sua acumulação final em organismo humano (AZEVEDO e MATTA, 2003).

Dois elementos abundantes na matriz mineral do solo são alumínio e ferro, uma vez que a maioria dos minerais primários procedentes das rochas são aluminossilicatos e óxido de ferro. Nos solos das regiões tropicais, em estados mais avançados de formação, óxidos de alumínio junto com os óxidos de ferro são predominantes na fração da argila. O conteúdo total de alumínio pode variar amplamente entre as diferentes classes de solos de uma determinada região, dependendo do material de origem e da formação do solo, podendo chegar a uma concentração de até 45% de Al_2O_3 (KOCHIAN, 1995).

Nas diversas áreas das ciências naturais, durante os séculos, se acumularam numerosos dados em respeito aos elementos traço. Na biologia e medicina, por exemplo, são bem conhecidos seus efeitos tanto benéficos como tóxicos, na área da geoquímica são estudadas a procedência e migração nas rochas e nos solos e a área da nutrição pode elaborar recomendações para sua suplementação nos indivíduos, visando à prevenção de doenças. Essa tradicional divisão das disciplinas e a formação fragmentada de especialistas nas diversas áreas, propicia uma visão estreita que há tempo limita a interação necessária para usufruir do conjunto dos resultados já existentes. Isto é, são escassos os trabalhos no campo interdisciplinar que englobem o problema dos elementos bioativos.

2.3.2 Magnésio

O magnésio (Mg) é o sétimo elemento em maior abundância no planeta, com 2,5% na crosta terrestre e o terceiro na água do mar, sendo encontrado como diversos compostos: dolomita $[(\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2]$, epsomita $(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$, olivina $(\text{Mg}_2\text{SiO}_4)$, entre outros. O magnésio é pouco absorvido no solo, onde sua concentração varia entre 0,05 a 0,5%, havendo perda por lixiviação (WOLF, 2003).

Pertence à família IIA na tabela periódica e seus isótopos estão presentes na natureza: Mg^{24} , Mg^{25} e Mg^{26} , assim como o cátion Mg^{2+} livre em solução aquosa ou como sal.

O magnésio pode ser encontrado em uma grande variedade de alimentos e bebidas. Alimentos e bebidas como castanhas, frutas, hortaliças, tubérculos, sementes, cereais integrais, café e chá são fontes importantes do mineral. E em menores concentrações são o leite, carnes e água de torneira. Os cereais integrais fornecem uma média de 25 mg/100g e o espinafre, 150 mg/100g (GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

Cerca de 55% a 60% do magnésio corporal é encontrado no tecido ósseo, associado ao fósforo e também cálcio e o restante na superfície óssea de forma amorfa. Em períodos de deficiência do mineral, 30% presente na superfície dos cristais de hidroxiapatita podem ser utilizados.

O Mg que não faz parte estrutural dos ossos, encontra-se nos fluidos extracelulares (1%), músculos (25%) e em outros órgãos como rins e fígado.

O magnésio está associado aos ácidos nucleicos, na participação da síntese de DNA e cofator de mais de 300 enzimas no organismo, sendo que 90% do elemento intracelular pode estar associado com ATP ou ADP e enzimas. No ATP, o

Mg se liga ao grupo fosfato, formando um complexo que auxilia na transferência de fosfato ATP (SHILINGMANN, KONRAD e SEYBERTH, 2004; GROPPER, SMITH e GROFF, 2009;).

A absorção do Mg ocorre por transportadores ou por difusão simples na membrana da borda em escova do intestino delgado, sendo a maior parte absorvida no duodeno. No entanto, o cólon também pode absorver este elemento, especialmente quando há menor absorção no intestino delgado por qualquer interferência. Os receptores de absorção do elemento são inibidos quando as concentrações do magnésio encontram-se alta. Grandes quantidades de ácidos graxos não absorvidos no intestino podem se ligar ao Mg e diminuir sua absorção, assim com consumo de cálcio e fósforo (SEINER e HESSE, 1995; COUDRAY, DEMIGNE e RAYSSIGUIER, 2003).

Em condições normais, aproximadamente 95% do Mg filtrado é reabsorvido pelos glomérulos, sendo que 65% é reabsorvido pela alça de Henle e outros 20 a 30% pelos túbulos proximais. Medicamentos diuréticos, consumo de álcool, cafeína e excesso de proteína aumentam a excreção urinária de Mg.

A deficiência de Mg está associada com doenças cardiovasculares, renais, diabetes melitus e hipertensão. No diabetes, o aumento da excreção urinária associada ao consumo inadequado do mineral parece estar relacionado à hiperglicemia (COZZOLINO e COMINETTI, 2013).

As recomendações diárias do magnésio são de 410 mg/d no homem adulto e de 310 mg/d para mulheres. Nas gestantes e lactentes, a ingestão aumenta para aproximadamente 350 e 320 mg/d, respectivamente. Nas crianças varia entre, 30 a 130mg/d, dependendo da faixa etária (DRI, 2001).

2.3.3 Zinco

O zinco (Zn) é o metal relativamente comum na crosta terrestre (0.007%). As reservas brasileiras, que representam 1,2% das mundiais, são da ordem 6,5 milhões de toneladas de zinco. No Brasil, as principais ocorrências de zinco estão localizadas nos Estados da Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso, Pará e Rio Grande do Sul. Somente os depósitos localizados em Minas Gerais e Mato Grosso têm importância econômica (Anuário Mineral Brasileiro-DNPM, 2006).

O zinco possui um único estado de oxidação, 2+, pertence à família IIB da tabela periódica. Caracteriza-se como elemento de transição e se encontra na natureza como sulfeto, carbonato e óxido. Além disso, acompanha o ferro nas jazidas. O zinco é empregado na fabricação de ligas metálicas como o latão e o bronze, e também é utilizado na produção de telhas e calhas residenciais (GREENWOOD e EARNSHOW, 2002).

As fontes ricas de zinco são ostras e moluscos (17 a 91 mg/100 g) e carne vermelha (2 a 4 mg/100g). Os produtos de origem animal são responsáveis por prover de 40% a 70% do zinco consumido pela maioria das pessoas. Os alimentos integrais são considerados como fontes pobres desse nutriente (STURNIOLO *et al.*, 1991).

O conteúdo total de zinco no organismo varia de 1,5 a 2,5 g. A concentração de zinco na massa corpórea magra é de aproximadamente 30 µg/g. O elemento está presente em praticamente todos os órgãos. A concentração do zinco no plasma é de 1.8 mg/L mas a maior parte se encontra nos músculos esqueléticos (60%), ossos (30%), fígado e pele. Também está presente na próstata, no pâncreas, rins e fluidos corporais como fluido prostático, (300 a 500 µg /ml) e a coróide do olho (274 µg/g).

No sangue, cerca de 80% do zinco é encontrado nas hemácias e 16% no plasma. No plasma está em torno de 0,1% do zinco corporal total, realizando intercâmbio com os outros locais de maior concentração (MILLS, 1989, apud OMS, 1998). No leite humano a concentração deste elemento chega até 0,48 mg/l (MELNIKOV e MOURA *et al.*, 2007).

O zinco é o elemento que desempenha funções cruciais em diversos processos biológicos do organismo, sendo os mais importantes a síntese proteica, o metabolismo de DNA e RNA, metabolismo de carboidratos e lipídeos, metabolismo energético, entre outras (MILLS, 1989).

O principal sítio de absorção do zinco é o trato gastrointestinal proximal, principalmente o jejuno (DUTRA-DE-OLIVEIRA, 1998; OMS, 1998; MILLER, 2001). O zinco é absorvido no enterócito mediado por um carreador chamado Zrt e Irt-like protein (ZIP4), sendo o principal carreador através da borda em escova do enterócito. A maior parte do zinco é retida pelo fígado onde este mineral está altamente concentrado e utilizado na síntese de proteínas. Pequenas concentrações podem ser absorvidas sem intermediários por difusão passiva (WALKER *et al.*, 2005).

O zinco é excretado principalmente pelo trato gastrointestinal, rins e suor. A maior parte é excretada pelas fezes, na forma de sulfetos (ZnS), que provém da deterioração dos complexos com as metalotioneínas dos estoques utilizáveis. O íon sulfeto provem dos radicais de metionina, cisteína e glutatona. Outras vias de eliminação do zinco são o sêmen e, em menor grau, a menstruação.

A deficiência do zinco é um fator com o qual pode estar associada à predisposição para as doenças crônicas. Os sinais e sintomas da deficiência do mineral incluem desaceleração do crescimento, atraso no desenvolvimento puberal,

má cicatrização de feridas, alteração na percepção do gosto, anormalidades no desenvolvimento ósseo e cartilagens, e alterações cutâneas. Vale a pena destacar também as alterações na maturação sexual (GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

As recomendações diárias do zinco são de 11mg/d no homem adulto e de 8mg/d para mulheres. Nas gestantes e lactentes, a ingestão aumenta para 11 a 12mg/d, respectivamente. Nas crianças varia entre, 2 a 5mg/d, dependendo da faixa etária (DRI, 2001).

De acordo com a portaria 2914/MS, valor permitido para concentração de zinco na água potável é de 5 mg/L.

Os poucos dados sobre o conteúdo de zinco nos produtos de Mato Grosso do Sul são limitados aos sucos e bebidas regionais (BRAGANÇA, MELNIKOV e ZANONI, 2011, 2012).

2.3.4 Cobre

O cobre (Cu) é o metal relativamente comum na crosta terrestre (0.006%). As reservas totais de minério de cobre no Brasil estão estimadas em cerca de 21,7 milhões de toneladas de cobre e distribuem-se por nove estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará, Rio Grande do Sul e São Paulo. Entretanto, é no estado do Pará que se concentram mais de 85% dessas reservas e os maiores e os mais importantes depósitos econômicos de cobre do país (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009).

O cobre pertence à família IB dos elementos de transição encontra-se na natureza como sulfeto (calcopirita), carbonato e oxido (cuprita). Possui três estados

de oxidação, 1^+ , 2^+ e 3^+ , podendo mudar entre um e outro estado durante reações enzimáticas.

Esse metal está contido nos alimentos como, carnes, ovos, queijo, mariscos e em bebidas como café, vinho e está presente em grande quantidade na Coca-Cola, talvez devido às particularidades do processo tecnológico. As fontes de cobre no meio ambiente são resíduos industriais como os provenientes da queima de carvão e os domésticos como as painéis de cobre.

O conteúdo total de cobre no corpo humano varia de 50 a 120 mg, teor médio considerado para um indivíduo adulto de 70 kg. Os tecidos que apresentam maiores concentrações desses íons são o fígado, cérebro, baço, ossos e músculo esquelético (WILLIAMS, 1983). A concentração plasmática de referência do cobre, derivado de um estudo global é de 0,8 a 1,2 mg/l (GOULLÉ, MAHIEU e CASTERMANT *et al*, 2005). A média nacional é de 1,07 mg/l (NUNES, BATISTA *et al*, 2010). No leite humano a concentração de cobre é de $1,4 \pm 0,10$ mg/l (MELNIKOV e MOURA, 2007).

A importância biológica, funcional e estrutural do cobre em animais e humanos está relacionada com as funções metabólicas de enzimas cobre - dependentes.

Do cobre ingerido, 35% a 70% é absorvido ao nível do duodeno e jejuno, por transporte ativo dentro de epitélio intestinal. Durante a absorção e o transporte, o cobre compete com outros íons metálicos bivalentes que favorecem ou inibem sua absorção. Pode ser absorvido pela pele e mucosas de fontes como os braceletes de cobre ou ligas de próteses (OMS, 1998).

Uma vez absorvido, o cobre é transportado ligado à albumina e transcupreína. A maior parte é captada pelo fígado, através do sistema porta e aí incorporado por

numerosas enzimas dentre elas a ceruloplasmina (BEATTY, 2001). Outras enzimas de cobre são citocromo-C-oxidase, lisil oxidase, vários tipos de superóxido dismutases, tirosinase e outras. O cobre tem papel fundamental na produção e eliminação de radicais livres e funcionamento de praticamente todos os órgãos e sistemas (CRISHTON, 2007).

Entre os fatores que inibem a absorção estão o cádmio e o zinco que competem pela metaloproteína na borda do enterócito, as fibras alimentares que atuam por estimulação do intestino, o ferro que atua competindo ao nível das células transportadoras, os fitatos contidos nos cereais e vegetais que quelam o metal, vitamina C por inibir a atividade plasmática das enzimas de cobre, o molibdênio e os carboidratos refinados (FESTA *et al.*, 1985; TORRE *et al.*, 1991).

O caminho principal de excreção do cobre é a via biliar para dentro do trato intestinal, junto com pequenas quantidades de cobre das células intestinais e com o cobre dietético não absorvido. É então eliminado nas fezes. Pela urina os seres humanos sadios excretam apenas 10 a 30 μg de cobre, podendo aumentar acentuadamente nos casos de defeitos tubulares renais (OMS, 1998).

As doenças genéticas denominadas de doença de Menkes e doença de Wilson são caracterizadas por alterações no metabolismo de cobre. A primeira se evidencia pela deficiência de cobre no fígado e nos cérebros de bebês. Na segunda, o cobre se concentra excessivamente no fígado e nos núcleos de base do cérebro levando à degeneração do sistema nervoso (BRUYN e KLAWANS *et al.*, 1987; AGERTT, CRIPPA e LORENZONI *et al.*, 2007).

As recomendações diárias do cobre são de 900 $\mu\text{g}/\text{d}$ no homem adulto e de 900 $\mu\text{g}/\text{d}$ para mulheres. Nas gestantes e lactentes, a ingestão aumenta para 1000 a

1300 µg/d, respectivamente. Nas crianças varia entre, 200 a 440 µg/d, dependendo da faixa etária (DRI, 2001).

De acordo com a portaria 2914/MS, valor permitido para concentração de cobre na água potável é de 2 mg/L.

Os poucos dados sobre o conteúdo de cobre nos produtos de Mato Grosso do Sul são limitados aos sucos e bebidas regionais (BRAGANÇA, MELNIKOV e ZANONI, 2011, 2012).

2.3.5 Ferro

O ferro (Fe) é o elemento mais abundante, compondo 30% da crosta terrestre. Constitui 80% do núcleo e é o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre depois do oxigênio, silício e alumínio. As reservas brasileiras de minério de ferro estão em quinto lugar com quase 8% destas reservas, superadas apenas pelas reservas da Ucrânia (18%), Rússia (15%), China (13%) e Austrália (10%). As reservas brasileiras estão distribuídas em sua quase totalidade, nos estados de Minas Gerais, 63%, Pará 18% e Mato Grosso do Sul com 17% (Anuário Mineral Brasileiro-DNPM, 2006). O ferro pertence à família VIIIB da tabela periódica e o principal uso deste minério é na produção do aço.

Pode ser encontrado na forma heme (Fe^{+2}) e não heme (Fe^{+3}) nos alimentos. O ferro heme está presente em produtos de origem animal como carnes vermelhas, frango e peixe. A forma não heme é encontrada em alimentos de origem vegetal como legumes, verduras, grãos, frutas e castanhas. Alimentos como leite, seus derivados e ovos possuem pouca quantidade do metal. Existem também os

alimentos que são fortificados com ferro como as farinhas de trigo, cereais, massas, pães, entre outros (GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

O corpo humano possui de 2 a 4 g de ferro, sendo que aproximadamente 38 mg ferro/kg de peso corporal em mulheres e 50 mg ferro/kg de peso corporal em homens. Em torno de 65% do ferro é encontrado na hemoglobina. Na quantidade de 10%, o elemento também está distribuído na mioglobina, nas catalases e citocromo. O restante do mineral permanece estocado sob a forma de ferritina e de hemossiderina no fígado, no baço, na medula óssea e nos músculos. A quantidade de ferro no organismo humano varia de acordo com as condições físicas como idade, gênero, fase do crescimento e também na gestação (FINCH e HUEBERS, 1982).

O íon férrico (Fe^{+3}) dos alimentos e de sais inorgânicos insolúveis, pela ação do ácido gástrico, transforma-se em íon ferroso (Fe^{+2}), que se mantém solúvel mesmo no pH mais alcalino do duodeno e se constitui na melhor forma absorvida pelo organismo (ANDREWS, 1999).

A captação do ferro pela mucosa, a quantidade de ferro estocado no enterócito durante o processo de absorção e a sua transferência para o plasma são influenciadas pelas necessidades de ferro do organismo.

Nos alimentos diferem, substancialmente, na presença de fatores que inibem, ou que promovem a solubilidade do ferro e evitam sua precipitação quando exposto ao pH alcalino do duodeno. O ácido ascórbico e os alimentos de origem animal são importantes promotores da absorção do ferro, enquanto que café, fosfatos, fitatos, taninos são fatores que inibem a absorção do ferro alimentar (HURRELL *et al.*, 1988).

A excreção diária de ferro no homem adulto é de aproximadamente 0,9 a 1,0 mg/dia e nas mulheres, de 0,7 a 0,9 mg/dia, podendo ocorrer pelo trato gastrointestinal, pele e rins. Mulheres na pré-menopausa tem uma perda média do mineral de 1,3 a 1,4 mg/dia, sendo que durante os ciclos menstruais esta média é de 17,5 mg de ferro por período (GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

A deficiência de ferro leva à anemia ferropriva e ocorre geralmente em crianças na faixa de 6 meses a 4 anos. Entre as principais causas estão a ingestão de leite como substituto das principais refeições do dia, o rápido crescimento do indivíduo e a baixa reserva corporal após os 6 meses de idade. Mulheres adultas sofrem perdas do ferro no período menstrual assim como gestantes por causa do aumento do volume sanguíneo e perda de sangue no momento do parto (GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

A toxicidade de ferro é observada em crianças pequenas que fazem uso excessivo de suplementação de capsulas de ferro ou de suplementos de poliminerais. Outra causa é a hemocromatose, doença de cunho genético, caracterizada pelo aumento da absorção de ferro e que atinge na maioria homens brancos na faixa de 20 anos de idade (PIETRANGELO, 2006).

As recomendações diárias do ferro são de 8 mg/d no homem adulto e de 18 mg/d para mulheres. Nas gestantes e lactentes, a ingestão aumenta para 27 e 9 mg/d, respectivamente. Nas crianças varia entre, 0,27 a 10mg/d, dependendo da faixa etária (DRI, 2001).

De acordo com a portaria 2914/MS, valor permitido para concentração de ferro na água potável é de 0,3 mg/L.

Os poucos dados sobre o conteúdo de ferro nos produtos de Mato Grosso do Sul são limitados aos sucos e bebidas regionais (BRAGANÇA, MELNIKOV, ZANONI e 2011, 2012).

2.3.6 Manganês

O manganês (Mn) é um elemento amplamente distribuído na natureza, presente em rochas, solos, água e alimentos. Constitui cerca de 0,1% da crosta terrestre, sendo o 12º elemento mais abundante. A China é a maior produtora desse minério com 22% do total produzido. As reservas brasileiras de manganês estão distribuídas na região sudeste nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo; na região norte no Pará e no Amapá, no nordeste nos Estados do Ceará e Bahia e no centro-oeste com Mato Grosso do Sul e Goiás, com reserva média de 10.258.733 t (INFORME MINERAL DO CENTRO-OESTE, 2007; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009).

O manganês pertence a família IVB da tabela periódica e os compostos mais comuns são formados nos estados de oxidação +2, +3 e +7 (MARTINS e LIMA, 2001).

Além de estar presente no solo, o manganês também está presente em grandes quantidades nos alimentos como nozes (47 µg/100 g), cereais (41 µg/100 g), grãos (41 µg/100 g), frutas (0,2 – 10,4 µg/100 g), carne bovina, peixes e ovos (0,1 – 3,99 µg/100 g). Porém é encontrado em quantidades não significativas em produtos como chás e vegetais folhosos (MARTINS e LIMA, 2001; GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

Além de estar presente no solo e nas plantas é também encontrado nos tecidos animais. O mineral fica armazenado em alguns órgãos e tecidos, sendo que sua maior concentração é nos ossos, fígado, pâncreas e rins. No osso é encontrado como parte da apatita, conferindo dureza as estruturas. Um homem adulto de 70kg apresenta em média de 10 a 20 mg do metal distribuído no organismo e geralmente está presente em 2 formas: Mn^{2+} ou Mn^{3+} (GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

No homem, a absorção do manganês ocorre por transporte ativo no intestino delgado e apenas 3 a 5% do total ingerido é absorvido, sendo que este percentual é maior nas mulheres. Quando o indivíduo aumenta a ingestão deste elemento, o organismo garante a homeostase corporal diminuindo sua absorção e aumentando a excreção pela bile, evitando assim, intoxicação (MARTINS e LIMA, 2001; GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

O manganês é transportado pela circulação portal na forma Mn^{2+} até o fígado. Estudos em animais e humanos sugerem que alimentos ricos em fibras, fitatos e oxalatos quando associados ao manganês, precipitam o mineral no trato gastro intestinal inviabilizando a sua absorção. Outros elementos como o ferro e o cobre competem pelo mesmo sítio de ligação do manganês no intestino, diminuindo, assim sua absorção (GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

Quando há ingestão excessiva, o fígado elimina rapidamente o mineral pela bile mantendo assim a homeostase. A principal via de excreção do manganês é pela via biliar, sendo eliminado pelas fezes (>90%). Uma pequena quantidade é perdida pela urina (KEEN *et al.*, 1999; GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

O manganês é um microelemento essencial tanto para animais quanto para humanos e assim como outros minerais, funciona ativando enzimas e como componentes de metaloenzimas – xilosil transferase, prolidase, fosfoenolpiruvato

carboxiquinase, superóxido dismutase e piruvato carboxilases. Este elemento regula os níveis de cálcio no citoplasma e processos cálcio dependentes (GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

A deficiência de manganês é incomum no homem devido à dieta que supre a quantidade requerida e ao mecanismo de homeostase deste metal. Nos casos de deficiência, os sintomas são náusea, vômitos, dermatites, diminuição da concentração sanguínea de manganês, diminuição da excreção fecal, aumento sérico de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina, má formação de ossos e alteração no metabolismo de carboidratos e lipídios (KEEN *et al.*, 1999).

Já a toxicidade causada pelo manganês ocorre nos indivíduos com doenças hepáticas, uma vez que a homeostase do mineral é mantida pela excreção biliar. O acúmulo deste elemento ocorre no fígado e também no cérebro, resultando em anomalias neurológicas. Os recém-nascidos recebendo nutrição parenteral exclusiva também correm o risco da intoxicação com manganês, pois há diminuição da sua excreção. Outros sintomas associados são tremores e diminuição na capacidade de memória. O nível máximo tolerável de ingestão deste elemento traço é de 11 mg/d (FNB/ IOM, 2001; ASCHNER e ASCHENER, 2005; ERIKSON *et al.*, 2007;).

As ingestões recomendadas do manganês são de 2,3 mg/d no homem adulto e de 1,8 mg/d para mulheres. Nas gestantes e lactentes, a necessidade de ingestão aumenta para 2,0 a 2,6 mg/d, respectivamente. Nas crianças varia entre, 0,003 a 1,5 mg/d, dependendo da faixa etária (DRI, 2001).

De acordo com a portaria 2914/MS, valor permitido para concentração de manganês na água potável é de 0,1 mg/L.

Os poucos dados sobre o conteúdo de manganês nos produtos de Mato Grosso do Sul são limitados aos sucos e bebidas regionais (BRAGANÇA, MELNIKOV e ZANONI, 2011, 2012).

2.3.7 Alumínio

O alumínio (Al) é o metal mais comum na crosta terrestre (8,13%). Sua origem é natural (bauxita). As reservas mundiais de bauxita totalizam cerca de 27,1 bilhões de toneladas e o Brasil conta com cerca de 7% desse total (USGS, 2010).

O alumínio se apresenta somente um estado de oxidação, 3⁺ e pertence à família IIIA da tabela periódica.

O homem tem contato com o alumínio diariamente por via oral, alimentos, água, chás e produtos como desodorantes, cosméticos, entre outros. Os utensílios domésticos fabricados com ligas contendo alumínio representam fonte de exposição para o ser humano (SCHINTU *et al.*, 2000; QUINTAES, 2000; BERTHON, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 2005c).

A concentração normal de alumínio no plasma humano situa-se em torno de 7 µg/L (WILLS e SAVORY, 1989). A evolução da vida, dentro de uma biosfera rica em alumínio não foi bem sucedida no que se refere ao desenvolvimento de uma função biológica útil deste metal. Os compostos bioativos contendo alumínio são praticamente desconhecidos.

De acordo com a *Health Canada*, 2008 e NHMRC/NRMMC, 2004, há evidências de que, em altas doses, o alumínio seja neurotóxico e que possa ser um fator de contribuição para doenças neurodegenerativas com Alzheimer, Esclerose Lateral Amiotrófica e doença de Parkinson. Em 2005, GUPTA *et al.*, publicou uma

revisão que sugere a evidencia do alumínio desempenhar papel importante no funcionamento cerebral, sendo que os mecanismos mais detalhados no estudo são o papel do alumínio no stress oxidativo e morte celular. O trabalho conclui que esse metal não pode ser descartado como fator de risco para a doença de Alzheimer, porem não se pode dizer que seja um fator determinante em todos os casos.

Estima-se que aproximadamente 10% dos idosos com mais de 65 anos, nos Estados Unidos da América, sofrem da doença. A Sociedade *Alzheimer's Disease International* (ADI) estima que em 2025, 34 milhões de pessoas serão portadoras da doença e que 71% delas serão as que vivem em países em desenvolvimento (REICHEL, 1999).

Os efeitos resultantes da ingestão de alumínio dependem obviamente da absorção. Esta, por sua vez, depende da forma química do elemento, sendo vários os fatores responsáveis pela biodisponibilidade do alumínio. Estudos mostram que cerca de 75% a 95% do alumínio ingerido é eliminado nas fezes, uma parte na urina e o restante é absorvido e depositado em vários órgãos como os ossos, fígado, cérebro e pulmões (QUINTAES, 2000). Estima-se que a quantidade total acumulada, ao longo da vida de um adulto saudável seja 35 mg, mas não se sabe se essa quantidade permanece constante ao longo da vida (NHMRC/NRMMC, 2004).

De um modo geral, a dieta habitual fornece grande quantidade de Al, aproximadamente 5 a 10 mg/d, que são quase totalmente eliminados via gastrointestinal e a pequena fração reabsorvida é eliminada pelos rins. Portanto, dependendo dos hábitos alimentares individuais, a ingestão de alumínio pode ser mais elevada do que a média estimada.

A literatura mostra diferentes aspectos da toxicidade do alumínio em relação às plantas cultivadas (KOCHIAN, 1995), porém os mecanismos envolvidos nos

processos de tolerância e de resistência de algumas espécies são pouco conhecidos (WATANABE e OSAKI, 2002). Regularmente são publicados estudos destinados a melhorias dos cultivos, principalmente nos solos ácidos, que são ricos neste componente. Aparentemente, a tendência é de diminuir a concentração de alumínio na cadeia alimentar, porém existem as plantas que seletivamente acumulam o alumínio em suas folhas, como, por exemplo, a família das *Rubiaceae*, onde a maior representante é o café (JANSEN *et al.*, 2003).

As recomendações diárias de ingestão de alumínio para indivíduos saudáveis não estão regulamentadas.

De acordo com a portaria 2914/MS, valor permitido para concentração de alumínio na água potável é de 0,2 mg/L.

Os poucos dados sobre o conteúdo de alumínio nos produtos de Mato Grosso do Sul são limitados aos sucos e bebidas regionais (BRAGANÇA, MELNIKOV e ZANONI, 2011, 2012).

2.3.8 Cromo

O cromo (Cr) é o 17º elemento mais abundante na crosta terrestre, correspondendo cerca de 80 a 200 mg/kg. As reservas mundiais de minério são da ordem de 1,8 bilhão de toneladas, concentradas, principalmente, no Cazaquistão, África do Sul e Índia. O Brasil participa com 0,3% das reservas, sendo que 87,2% dessas reservas estão localizadas nos estados da Bahia, Amapá e Minas Gerais (3,4%).

Este elemento está no grupo dos metais de transição e pertence à família VIIB da tabela periódica. A forma mais comum encontrada na natureza é na forma

trivalente (Cr^{3+}). Está presente no ar, em alguns alimentos e faz parte de muitos sistemas biológicos, sendo classificado como elemento-traço essencial para o ser humano. Está naturalmente no solo, em concentrações variáveis, porém inferiores às consideradas tóxicas aos diversos organismos (NRIAGU e NIEBOER, 1988; KOTAS e STASICKA, 2000).

Nos alimentos, este elemento é encontrado na forma Cr^{3+} . As fontes alimentares ricas em cromo são carne vermelha, peixe, frango e grãos. Outras boas fontes do mineral são queijos, chocolate preto, cogumelos, pimenta verde, feijões, espinafres, maçãs, bananas, laranja, canela, chá, vinho e cerveja. Alimentos processados e refinados possuem teor baixo do mineral (GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

O cromo também é encontrado na forma trivalente nos humanos. A concentração plasmática varia de 4 a 6 mg no adulto. Os tecidos corporais que apresentam alta concentração deste elemento são os rins, fígado, músculos, baço, coração, pâncreas e ossos. Porém, na velhice, estas concentrações diminuem.

O cromo desempenha papel essencial no metabolismo da glicose, compondo a estrutura do GTF (*Glucose Tolerance Factor*), um complexo biologicamente ativo formado pelos aminoácidos glicina, glutamato e cisteína, ácido nicotínico e íons de Cr^{3+} , potencializando a ação da insulina (FREITAS, 2006).

Também está ligado ao metabolismo lipídico, com aumento das concentrações de lipoproteínas de alta densidade (HDL) e diminuição de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), por meio do aumento da atividade da enzima lípase de lipoproteínas em indivíduos com dislipidemias, além de reduzir o colesterol total pela inibição da enzima hepática hidroximetilglutaril-CoA redutase (GOMES, ROGERO e TIRAPEGUI, 2005).

Durante a digestão, o Cr^{3+} entra em contato com o meio ácido do estômago, formando complexos solúveis e então, é absorvido no intestino delgado, especialmente no jejuno por difusão ou por carreadores de membrana. Em média, 0,4 a 2,5% destes compostos são absorvidos pelas células intestinais para utilização do organismo (GROPPER, SMITH, GROFF, 2009).

Cerca de 95% do cromo corporal é excretado pela urina. Há perdas menores com a descamação da pele e fezes. Pesquisas apontam que uma dieta rica em açúcar simples (35%) e pobre em carboidratos complexos (15%) mostra um aumento significativo do metal na urina (FREITAS, 2006).

A deficiência do cromo é reportada nos indivíduos que receberam nutrição parenteral exclusiva sem adição do elemento traço ou sem ingestão de alimentos via oral. Os sinais e sintomas da deficiência incluem perda de peso, neuropatia periférica, elevadas taxas de glicose sanguínea, resistência a insulina e altas concentrações plasmática de ácidos graxos. A deficiência do cromo está associada à resistência a insulina, caracterizada pela hiperinsulinemia, um fator de risco para instalação do diabetes melitus II e doenças cardiovasculares (BUNKER, LAWSON e DELVES, 1984; GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

O efeito tóxico está associado à exposição humana na forma hexavalente (Cr^{6+}) que pode ser absorvido pela pele, pulmões ou ingerido por alimentos contaminados. Quando em contato com a pele pode ocorrer dermatites de contato, ulcerações cutâneas ou inalado, causando doenças respiratórias. Quando ingerido, o Cr^{6+} é de 10 a 100 vezes mais tóxico do que o Cr^{3+} , causando danos ao fígado. Nos casos de ingestão de trióxido de cromo (CrO_3) o indivíduo pode sofrer de acidose grave, hemorragia gastrointestinal, danos hepáticos, falência renal e morte.

As ingestões adequadas do cromo são de 35 µg/d no homem adulto e de 25 µg/d para mulheres. Nas gestantes e lactentes, a ingestão aumenta para 30 e 45 µg/d, respectivamente. Nas crianças varia entre, 0,2 a 15 µg/d, dependendo da faixa etária (DRI, 2001).

De acordo com a portaria 2914/MS, valor permitido para concentração de cromo na água potável é de 0,05 mg/L.

Os poucos dados sobre o conteúdo de cromo nos produtos de Mato Grosso do Sul são limitados aos sucos e bebidas regionais (BRAGANÇA, MELNIKOV e ZANONI, 2011, 2012).

2.3.9 Cádmio

O cádmio (Cd) é um elemento traço cuja concentração na crosta terrestre varia de 0,15 a 0,20 ppm. Está localizado na família IIB da tabela periódica. Altas concentrações podem ser encontradas em rochas sedimentares e fosfatos marinhos que, frequentemente, contêm aproximadamente 15mg cádmio/kg (ATSDR, 2008). A Austrália possui uma reserva de 110 mil toneladas, seguido dos Estados Unidos com 90 mil toneladas. O Brasil não é autossuficiente em cádmio e não possui reservas importantes (CARDOSO, 2001; US GEOLOGICAL SURVEY, 2011).

As plantas constituem-se o principal ponto de entrada do Cd na cadeia alimentar. O Cd no solo é mais facilmente absorvido pelas raízes das plantas, sendo este fenômeno mais pronunciado em solos ácidos. Acredita-se que, assim como outros metais pesados, o mineral entra nas células vegetais através de transportadores de cátions com ampla especificidade de substrato (WAISBERG *et al.*, 2003).

A contaminação dos solos por Cd se dá principalmente por mineração, poluição atmosférica de indústrias metalúrgicas, queima de combustíveis fósseis entre outros e é considerado potencialmente perigoso ao planeta. Este elemento químico não teve sua essencialidade comprovada para organismos vivos e possui potencial tóxico (DUARTE e PASQUAL, 2000; SOUZA, 2012).

Dietas deficientes em ferro, zinco e cálcio aumentam a absorção de Cd^{+2} em tecidos de animais, evidenciado o acúmulo e toxicidade do elemento no organismo. O mecanismo de ação da absorção do elemento ainda não está bem elucidado (CHANEY *et al.*, 2004; GUIMARÃES *et al.*, 2008).

O cádmio, quando presente no organismo como um cátion divalente, possui alta afinidade para se ligar ao grupo sulfidríla (tiol) que compõe diversas estruturas funcionais no organismo, principalmente das enzimas, causando disfunção metabólica. Outro mecanismo indutor de danos morfológicos e fisiológicos que o metal é capaz de causar é o estresse oxidativo, inibindo a cadeia transportadora de elétrons na mitocôndria, alterando a respiração celular. Apesar do Cd não ser agente redutor, não é capaz de participar das reações de óxido-redução, como a reação de *Fenton*, porém, vários estudos mostram que há elevação dos níveis de EROS quando o organismo humano é exposto ao metal (CARDOSO, 2001).

Alimentação com produtos agrícolas ou hortícolas é a principal causa de contaminação da população humana por Cd. No ser humano, altas concentrações podem ser encontradas nos rins, muitas vezes atingindo níveis maiores do que aqueles encontrados nos alimentos ingeridos, caracterizando um processo de acumulação de Cd no organismo humano, processo este, presente também em outros animais. Solos ricos em zinco ou ferro podem resultar em plantas com menores níveis de Cd (GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

De fato, existem inúmeras evidências mostrando que o consumo por longo tempo de arroz contaminado por Cd em várias regiões do planeta tem resultado em alto nível de incidência de osteomalácia e disfunções renais (CHANEY *et al.*, 2004). De acordo com a Agência de Pesquisa do Câncer, o cádmio exerce múltiplos efeitos tóxicos e tem sido classificado como potente cancerígeno, afetando a proliferação, diferenciação e apoptose celular (WAISBERG *et al.*, 2003).

As recomendações diárias de ingestão de cádmio para indivíduos saudáveis não estão regulamentadas.

De acordo com a portaria 2914/MS, valor permitido para concentração de cádmio na água potável é de 0,005 mg/L.

Os poucos dados sobre o conteúdo de cádmio nos produtos de Mato Grosso do Sul são limitados aos sucos e bebidas regionais (BRAGANÇA, MELNIKOV e ZANONI, 2011, 2012).

2.3.10 Níquel

O níquel (Ni) é o 22º elemento mais abundante em peso na crosta terrestre. Minérios de níquel de importância econômica incluem sulfeto, geralmente misturados com sulfetos de Fe ou Cu, e depósitos aluviais de silicatos e óxidos/hidróxidos. Ocorre quase sempre com na forma de FeS chamado pirrotita e são encontrados na Rússia, Canadá e África do Sul. Austrália, Cuba e Canadá representam 46% do total das reservas mundiais e o Brasil possui apenas 5,90%, sendo que 47% no estado de Goiás, 16,7% no Pará, 51% em Minas Gerais e 4,2% no Piauí (MINERAL COMMODITY SUMMARIES, 2004).

Pertence à família VIII A da tabela periódica e é classificado como um metal de transição. Utilizado pela indústria para produção de baterias e aço inoxidável. Em 1930 foi descoberta a essencialidade deste mineral no corpo humano.

Alimentos vegetais possuem uma quantidade maior de níquel do que os alimentos de origem animal. As oleaginosas, hortaliças, grãos e produtos a base de grãos e chocolate são particularmente ricos no metal, fornecendo aproximadamente 228 µg/ 100 g (GROPPER, SMITH e GROFF, 2009).

Apesar do níquel estar amplamente distribuído nos tecidos do corpo humano, a sua concentração é extremamente baixa, apresentando 141 µg/Kg de peso seco nas glândulas tireoide e 132 µg/kg de peso seco da suprarrenal.

Não há evidências científicas de que o níquel seja essencial para a nutrição humana e animal, apesar de desempenhar papel importante nas plantas e microrganismos. O metal é utilizado como um cofator da urease que hidroliza a ureia em dióxido de carbono e amônia (RAGSDALE, 2009).

A absorção do Ni pode ocorrer pelos alimentos (10%) e pela água ou outras bebidas como café, chá, leite de vaca ou suco de laranja (>50%). A absorção ocorre no intestino delgado por difusão facilitada, utilizando a mesma proteína que realiza o transporte do ferro (DMT1).

A maior parte do níquel absorvida (10 µg/L) é excretada pela urina, sendo complexado com compostos de baixo peso molecular. Em torno de 1,5 a 3,3 µg/d do elemento também pode ser excretado pela bile (CARLISLE, 1997; REFFIT *et al.*, 2003).

Efeitos tóxicos são relatados quando consumo acidental de 0,5 a 2,5g de sulfato de níquel em água contaminada, ocorrendo náuseas, dores abdominais, diarreia e vômitos (DRI, 2001).

Em relação às recomendações diárias do níquel, foram estabelecidos os valores de tolerância máxima sendo 1mg/d no homem e mulheres adultos, assim como em gestantes e lactentes. Nas crianças entre 1 a 8 anos de idade, o máximo tolerado é de 0,2 a 0,3 mg/d, (DRI, 2001).

De acordo com a portaria 2914/MS, valor permitido para concentração de níquel na água potável é de 0,07 mg/L.

2.3.11 Cobalto

O cobalto é o 30º elemento mais abundante da crosta terrestre e é encontrado na natureza combinado a outros elementos metálicos, tais como níquel, cobre, chumbo, ferro e prata (GREENWOOD e EARNSHAW, 2002). Seu estado de oxidação varia de +2 e +3 e existe na forma de íons Co^{2+} e Co^{3+} . No entanto, o cobalto pode se apresentar na forma de isótopos radioativos, estruturas que são consideradas importantes na comercialização, como Co-60 e Co-57.

Em 2011, a produção mundial de cobalto metálico (cerca de 95%) foi de 98 mil toneladas na República Democrática do Congo (53,1%), Canadá (7,3%), China (6,6%), Rússia (6,4%), Zâmbia (5,8%), Austrália (4,1%), Cuba (3,7%), Marrocos (2,6%), Brasil (1,6%) e outros (6,7%). Em 2010, o Brasil obteve uma produção 1614 t de cobalto no ano (FONSECA, 2012).

O cobalto é encontrado em pequenas quantidades no solo, rochas, ar, água, plantas e animais. Geralmente encontra-se no meio ambiente ligado a elementos como oxigênio, enxofre e arsênio. Espalha-se no solo, ar e água por ação do vento, aerossol marítimo, erupções vulcânicas, incêndios florestais e processos erosivos

em solos ricos em minério cobalto. Pertence a família VIII B da tabela periódica e é considerado um metal de transição.

O cobalto é parte estrutural da vitamina B12, encontrada principalmente em alimentos de origem animal como carnes vermelhas, peixes, fígado, miúdos, frutos do mar e em menor quantidade leite, ovos, carne de aves e queijo tipo *cheddar*. Os microrganismos presentes no intestino humano também são capazes de sintetizar a vitamina B12. De maneira geral, os alimentos são fontes de cobalto, sendo consumido aproximadamente 11 µg do elemento por dia em dietas habituais, incluindo os alimentos fontes de vitamina B12, onde encontra-se o cobalto na sua estrutura (TOXICOLOGICAL PROFILE FOR COBALT, 2004).

O cobalto é acumulado primariamente no fígado, rins, pâncreas e coração, com relativa concentração nos ossos e músculos (SIMONSEN, HARBAK e BENNEKOU, 2012).

Apesar de ser relativamente raro entre os elementos traços essenciais, o cobalto exerce papel importante a vários organismos vivos. Este elemento constitui biomoléculas (proteínas e cofatores) e a cianocobalamina ou vitamina B12, que está envolvida na reparação e na síntese de mielina, metabolismo de ácidos nucleicos, formação e regeneração de eritrócitos e para metabolismo energético (KENNETH *et al.*, 2014).

A absorção do cobalto ingerido através de alimentos ocorre, provavelmente pelo intestino delgado, semelhante ao ferro.

O cobalto absorvido é excretado em sua maior parte na urina e em menores quantidades nas fezes (CDC, 2014). Nas primeiras 24 horas, a excreção renal é rápida, com eliminação de até 40%, porém a partir deste período há diminuição da excreção e retenção corporal do cobalto, sendo que após 1 ano pode haver

detecção do elemento em até 10% no plasma (SIMONSEN, HARBAK e BENNEKOU, 2012)

Por outro lado, a exposição a altas doses de Co podem causar efeitos tóxicos como náuseas e vômitos, cardiomiopatia, com possível inibição da desidrogenase mitocondrial, com conseqüente falência da respiração celular (SEGHIZZI *et al.*, 1994). Alguns estudos mostram que a exposição ocupacional provoca riscos à saúde atingindo órgãos e tecidos, como a glândula tireoide (o cobalto inibi a ação da tirosina iodase) os pulmões (asma desencadeada pelo Co), pele (dermatite de contato) e sistema imune com potencial ação carcinogênica. O cobalto possui afinidade por grupos sulfidrilas, o que causa inibição de enzimas corporais, como na respiração mitocondrial (SIMONSEN, HARBAK e BENNEKOU, 2012).

Não há recomendações nutricionais estabelecidas para a ingestão do cobalto. O que se observou em um estudo de DOMINGO *et al.*, (1984), foi que indivíduos que ingeriram água adicionada com cloreto de cobalto (30,2 mg de cobalto/kg/dia) durante 3 meses não apresentaram efeitos gastrintestinais. Gestantes foram suplementadas com cobalto e ferro para prevenção de anemia com doses de 0,5 a 0,6 mg de colbalto/kg/dia durante 90 dias, sendo que um pequeno percentual apresentou intolerância gástrica (TOXICOLOGICAL PROFILE FOR COBALT, 2004).

2.3.12 Molibdênio

O molibdênio (Mo) é o 53º elemento mais abundante na crosta terrestre. As reservas mundiais desse metal são China, Estados Unidos da América e Chile, sendo que correspondem a cerca de 82,5% do total mundial. Não existem dados oficiais sobre a produção de molibdênio nas minas do Brasil (KRAUSKOPF, 1995).

Este elemento pertence à família VIA da tabela periódica e é classificado como metal de transição com cinco estados de valência (+2 até +6), sendo os mais comuns Mo^{+4} e Mo^{+6} . Na forma hexavalente, os compostos são bastante solúveis em pH fisiológico e assemelham-se a íons transportadores de enxofre, sendo essa forma absorvida pelos sistemas biológicos dos seres vivos.

O molibdênio está presente em vários alimentos, porém como muitos outros minerais, sua quantidade pode variar dependendo da concentração no solo. Os alimentos fonte neste elemento são os legumes, com concentração de, aproximadamente 184 $\mu\text{g}/100\text{ g}$; carne vermelha, peixe e frango, com 129 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, grãos e produtos a base de grãos com 117 $\mu\text{g}/100\text{ g}$. As nozes, verduras e frutas possuem baixa concentração de molibdênio, em torno de 50 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ e 12 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, respectivamente (GROPPER, SMITH e GROFF, 2009). O mineral concentra-se principalmente no fígado, rins e ossos e, em menor quantidade, intestino delgado, pulmões, baço, cérebro, glândula tireoide, suprarrenal e músculos (MIZE *et al.*, 1995; MORIWAKI *et al.*, 1997). O molibdênio é essencial no metabolismo das plantas, pois contribui para a fixação do nitrogênio atmosférico. Quando as concentrações de Mo estão baixas no solo, ocorre menor síntese de enzima nitrogenase nas plantas, reduzindo a fixação biológica do nitrogênio, tornando o solo menos produtivo (ALMEIDA, 2003).

O molibdênio é cofator de pelo menos 3 enzimas humanas como o sulfito oxidase, xantina oxidase e aldeído oxidase que participam do catabolismo do aminoácidos sulfurados e compostos como purina e pirimidina. Também possui função bioquímica, participando na modulação dos receptores de glicocorticoides (NOVOTNY e TURNLUND, 2007).

O molibdênio é absorvido no estômago e no intestino delgado tanto por carreadores e/ou por difusão passiva. O transporte do mineral no sangue ocorre na forma de molibdato (MoO_4^{2+}), podendo ser ligado a albumina ou a α -2-macroglobulina. Pode ser encontrado nos tecidos como molibdato, molibdopterina livre ou molibdopterina ligado a enzimas.

A maior parte da excreção do molibdênio ocorre pela urina, sendo que o rim exerce importante papel na homeostase do mineral. Quanto maior a quantidade ingerida do elemento, maior a quantidade excretada. Uma pequena parte é eliminada pelas fezes misturada à bile e outra pequena quantidade é perdida pelo suor e cabelo (TURNLUND, KEYES e PEIFFER, 1995; NOVOTNY, 2007).

A deficiência ocorre geralmente quando há ingestão de alimentos ricos em sulfato, cobre ou tungstênio, que são nutrientes que diminuem a absorção de molibdênio. Tratamento com 300 μg de molibdato de amônio (163 μg molibdênio) resultou em uma melhora clínica e normalização do metabolismo do aminoácido sulfurado e produção de ácido úrico. A importância do sulfito oxidase, portanto do molibdênio na nutrição humana, é evidenciada pelas desordens neurológicas associadas à deficiência genética do sulfito oxidase em crianças (JOHNSON *et al.*, 1988; GROPPER, SMITH e GROFF, 2009)

A toxicidade do molibdênio é baixa e está relacionada aos casos de ingestão acima de 1500 $\mu\text{g}/\text{dia}$ do microelemento. Os indivíduos que vivem em regiões onde o

teor de molibdênio no solo é elevado podem apresentar alguns sintomas como inflamações nas articulações causadas pelo acúmulo do ácido úrico ou gota. A dose máxima tolerável nos adultos para ingestão diária do mineral é de 2 mg/dia (DRI, 2001; SELDEN *et al.*, 2005).

As recomendações diárias do molibdênio são de 45 µg/d no homem adulto e de 45 µg/d para mulheres. Nas gestantes e lactentes, a ingestão aumenta para 50 µg/d. Nas crianças varia entre, 2 a 22 µg/d, dependendo da faixa etária (DRI, 2001).

Os poucos dados sobre o conteúdo de molibdênio nos produtos de Mato Grosso do Sul são limitados aos sucos e bebidas regionais (BRAGANÇA, MELNIKOV, ZANONI e 2011, 2012).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

- Avaliar as concentrações de magnésio, zinco, cobre, ferro, manganês, alumínio, cromo, cádmio, níquel, cobalto e molibdênio nas hortaliças tuberosas comercializadas e consumidas em Mato Grosso do Sul.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar as dosagens de magnésio, zinco, cobre, ferro, manganês, alumínio, cromo, cádmio, níquel, cobalto e molibdênio nas hortaliças tuberosas de maior consumo local: batata inglesa, batata doce, mandioca, inhame e taro.
- Averiguar o potencial nutritivo das tuberosas estudadas em relação aos requerimentos em vigor.
- Avaliar as tuberosas estudadas quanto ao maior conteúdo em bioelementos.
- Elaborar dados conforme o formato da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Tipo de Estudo

Trata-se de um estudo analítico e prospectivo.

A pesquisa foi realizada de acordo com as etapas a seguir:

4.2 Local da coleta

O material foi coletado na Central de Abastecimento de Mato Grosso do Sul (CEASA), situada na cidade de Campo Grande/MS. É uma empresa de economia mista, vinculada a Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural do Estado de Mato Grosso do Sul, que tem por finalidade a orientação, disciplinamento, distribuição e comercialização de produtos hortícolas. A CEASA oferece ainda serviço de locação de espaço físico aos atacadistas, varejistas e agricultores para a comercialização de produtos hortifrutigranjeiros, tanto produzidos no Estado de Mato Grosso do Sul, como aqueles provenientes de outros estados da união.

Na cidade de Campo Grande, a CEASA abastece os supermercadistas, os mercados de médio e pequeno porte, as mercearias de bairros, os sacolões, os feirantes, os vendedores ambulantes, os consumidores diretos e também comerciantes dos municípios do interior do estado (<http://www.ceasa.ms.gov.br/empresa.htm>).

No transcorrer do ano de 2014 foram comercializadas mais de 148.329 toneladas de produtos, sendo que, deste montante, 55% foram de hortaliças folhosas, 10% de batata, 45% de frutas, sendo que não há informações disponíveis para outros produtos. Quanto à origem dos produtos comercializados, 16,7% foram provenientes do Estado do Mato Grosso do Sul, 31,1% do Estado de São Paulo e

52,2% de outros Estados como Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Goiás, Espírito Santo, Pernambuco, Pará, Tocantins, Distrito Federal, Mato Grosso, e Bahia.

Os municípios do Estado de Mato Grosso do Sul que tiveram a maior expressão na participação e na comercialização de produtos na CEASA foram Sidrolândia (3,96%), Campo Grande (3,63%), Jaraguari (2,59%), Dois Irmãos do Buriti (1,89%), Terenos (1,48%), Três Lagoas (0,50%), Dourados (0,24%) e Rochedo (0,07%).

Assim, pode-se observar que os alimentos hortícolas comercializados e consumidos pela população de Campo Grande são provenientes basicamente da CEASA, providenciando os produtos da melhor qualidade. A CEASA aderiu ao Programa Brasileiro de Modernização do Mercado Hortifrutigranjeiro (PROHORT), estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que objetiva agregação de valor ao produto, tais como limpeza, seleção, classificação e embalagem; maior controle da origem dos produtos e de suas qualidades fitossanitárias, inclusive controle de resíduos tóxicos (BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2014).

4.3 Coleta dos produtos para a pesquisa

No presente estudo foram coletados os seguintes produtos: 1 - *Solanum tuberosum* (batata inglesa), da variedade denominada “Monalisa”, proveniente do estado do Paraná; 2 - *Manihot esculenta* Crantz (mandioca), da variedade denominada “Paraná”, proveniente do município de Dourados/MS; 3 - *Ipomoea batatas* (batata doce), agrupada em mais de 1000 espécies, sendo analisada neste estudo a variedade que apresenta a casca roxa e a polpa de coloração creme,

proveniente do município de Jaraguari/MS; 4 - *Dioscorea ssp.* (inhame), proveniente do estado de São Paulo; 5 – *Colocasia esculenta* (taro), proveniente do estado de São Paulo. As espécies do inhame e do taro não foram identificadas pelo distribuidor.

As hortaliças tuberosas foram adquiridas de grandes produtores, de forma aleatória, na menor unidade comercial disponível na CEASA, sendo separadas e acondicionadas em embalagens plásticas.

4. 4 Preparo das amostras

Cada unidade de amostra foi lavada copiosamente com água corrente por pelo menos 1 minuto e a seguir com água desmineralizada ultra-pura por mais 1 minuto. As hortaliças foram descascadas utilizando exclusivamente um descascador de plástico. Após o descascamento, cada produto foi novamente enxaguado com água desmineralizada ultra pura.

A amostra foi ralada em ralador de plástico e 2 alíquotas de 2 gramas da parte comestível foi acondicionada em béquer e pesada em balança analítica (precisão de 0,1 mg), e destinada à secagem. O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa ao ar a 65°C até atingir peso constante, e a seguir, por mais 72 h a 105°C de acordo com os métodos analíticos do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Para digestão e análise das amostras foram escolhidas duas alíquotas de 2 gramas da parte comestível de cada amostra úmida, tendo sido a leitura realizada em duplicata. Cada alíquota foi colocada em tubo DAP 60, próprio para digestão em forno micro-ondas, juntamente com 5 ml de ácido nítrico a 65% (Merck) e 3 ml de

peróxido de hidrogênio a 35% (Merck). Após a digestão, a solução foi reconstituída para um volume final de 100 ml com água ultrapura.

Um sistema de micro-ondas marca Speedwave[®] (Berghof, Alemanha) foi utilizado para digestão das amostras. Os parâmetros do equipamento estabelecidos para os tipos de amostra do presente estudo são definidos pelo fabricante (quadro 1). O sistema digestor assistido por micro-ondas monitora e registra pressão e temperatura de cada frasco individualmente durante a digestão, utilizando sensores que não entram em contato com a amostra ou reagentes. Por ser um sistema fechado não ocorre perda de analitos por volatilização. Outra vantagem deste sistema é que as matrizes orgânicas quando reagem com ácido nítrico sob alta pressão (>25bar), são dissolvidas completamente, permitindo deste modo uma maior garantia de qualidade das análises.

Quadro 1- Parâmetros utilizados para digestão de amostras das hortaliças tuberosas.

	Temperatura (°C)	Pressão (bar)	Rampa (min)	Tempo (min)	Energia (%)
1	145	30	2	10	80
2	190	35	5	15	90
3	50	25	1	10	0
4	50	0	0	0	0
5	50	0	0	0	0

Fonte: KOTZ L; KAISER GP; TSCHOPEL G; TOLG Z. *Anal. Chem.* 260:207-9, 1972

As leituras das amostras foram realizadas por um espectrômetro de emissão óptica indutivamente acoplado com plasma de argônio (ICP-OES) da marca iCAP 6000[®] (Thermo Scientific, EUA). O gás argônio de alta pureza (99,999%) foi adquirido do fabricante White Martins.

A análise dos elementos traços por ICP-OES é uma técnica de análise sequencial e simultânea, baseada nas observações de emissões de radiação eletromagnética dos elementos constituintes da amostra no plasma de argônio. Este plasma consiste em um gás altamente ionizado, mantido por uma fonte de energia externa de rádio-frequência de 40Mhz e com elevada temperatura.

No ICP-OES a produção do espectro de emissão se dá pela nebulização da amostra em solução no interior do plasma de argônio. Com isso, as interferências químicas no plasma são significativamente reduzidas e, devido a alta densidade eletrônica, cerca de 10^{15} elétrons/cm³, as interferências de ionização são pequenas quando comparadas com a espectrometria de absorção atômica por chama, onde a densidade eletrônica é menor (PETRY, 2005). Uma das vantagens da utilização do plasma de argônio é que ele possui características fundamentais importantes, entre elas destacam-se a temperatura do gás e a densidade eletrônica. O plasma exibe alta temperatura do gás (4727°C a 9727 °C) havendo um longo tempo de residência do aerossol da amostra dentro do plasma, ocorrendo sua completa vaporização e a atomização/ionização dos elementos.

O ICP-EOS foi otimizado para os seguintes comprimentos de onda:

Mg – 279,55 nm; Zn – 202,54 nm; Cu – 224,70 nm; Fe – 238,2 nm; Mn – 257,61 nm;
Al – 167,07 nm; Cr – 267,71 nm; Cd – 214,43 nm; Ni – 221,67 nm; Co – 228,6 nm;
Mo – 202,03nm.

Os demais parâmetros do método de análise estão demonstrados no quadro 2.

Quadro 2- Parâmetros do método utilizado nas análises dos elementos traços

Nebulizador	Tipo concêntrico
Velocidade da bomba peristáltica	45 rpm
Câmara de nebulização	Ciclônica
Orientação da tocha	Axial
Potência de radio freqüência	1150W
Tempo de exposição	5s
Vazão do gás auxiliar	0,5 L/min
Vazão do gás argônio	12L /min
Tempo de integração	20s
Replicatas	3

Fonte: KOTZ L; KAISER GP; TSCHOPEL G; TOLG Z. *Anal. Chem.* 260:207-9, 1972

A água utilizada no presente estudo foi tipo 1, ultra-pura, resistividade 18,2 MΩ-cm, produzida por um sistema de purificação por osmose reversa, PURELAB Option-Q ® (Elga-Veolia,UK).

A umidade das amostras foi determinada por procedimento convencional que é baseado na evaporação da água pela ação do calor até peso constante. O cálculo da umidade foi baseado na seguinte fórmula:

$$\% \text{Massa seca} = \frac{\text{Peso da massa seca}}{\text{Peso de massa fresca}} \times 100$$

A balança de precisão utilizada para a pesagem das amostras foi da marca Shimadzu, modelo AUY220.

Os reagentes utilizados foram: ácido nítrico a 65% (Merck) e peróxido de hidrogênio a 35% (Merck) para digestão das amostras; solução de Extran (Merck) e ácido nítrico superpuro (Merck) para preparo e descontaminação do material de trabalho; solução padrão estoque multi-elementar contendo 100 mg/L dos elementos cobalto (Co), ferro (Fe), manganês (Mn), magnésio (Mg), níquel (Ni), alumínio (Al),

cádmio (Cd), cromo (Cr), molibdênio (Mo) (Aldrich® (Milwaukee, WI, USA) e uma outra solução padrão contendo 1000 mg/L de cobre (Cu) e zinco (Zn) (Aldrich® (Milwaukee, WI, USA).

4.5 Preparo do material para leitura das amostras

De cada tubérculo, raiz e rizoma, 2 amostras foram preparadas, sendo que cada amostra foi lida em duplicata.

Todos os materiais de plástico ou de vidro utilizados no estudo ficaram previamente imersos por um período mínimo de 24 horas em solução de Extran a 5% (v/v), enxaguados abundantemente em água corrente e novamente imersos por, pelo menos 24 horas em solução de ácido nítrico superpuro a 10% (v/v), para descontaminação de qualquer resíduo de metal contaminante. Em seguida, foram lavados com água ultrapura do tipo I e secados em estufa a 40 °C.

Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico e para o preparo das soluções foi utilizado somente água tipo 1.

Uma solução padrão estoque multi-elementar contendo 100 mg/L dos elementos cobalto (Co), ferro (Fe), manganês (Mn), magnésio (Mg), níquel (Ni), alumínio (Al), cádmio (Cd), cromo (Cr), molibdênio (Mo) e a outra solução padrão contendo 1000 mg/L de cobre (Cu) e zinco (Zn) foram diluídas para construção das curvas de calibração.

Três curvas foram construídas: para os elementos Co, Fe, Mg, Mn e Ni. Foram definidos os pontos 0,0001 mg/L, 0,0002 mg/L, 0,0005 mg/L e 0,005 mg/L. No entanto, para os elementos Al, Cd, Cr, Mo e Si foram definidos os pontos 0,005 mg/L, 0,1 mg/L, 0,3 mg/L e 0,5 mg/L e para os elementos Cu e Zn foram definidos 0,02 mg/L, 0,017 mg/L, 0,014 mg/L, 0,011 mg/L.

A equação da reta foi obtida e o coeficiente de correlação foi maior que 0,98.

O branco analítico foi preparado com os mesmos reagentes, porém naturalmente sem a amostra.

4.6 Análise estatística

Os resultados foram expressos pela média das replicatas \pm desvio padrão. O programa utilizado foi o Microsoft Office Excel 2007.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras de 1 a 11 expressam os resultados da determinação analítica dos elementos químicos em relação às cinco hortaliças tuberosas consumidas no Estado de Mato Grosso do Sul.

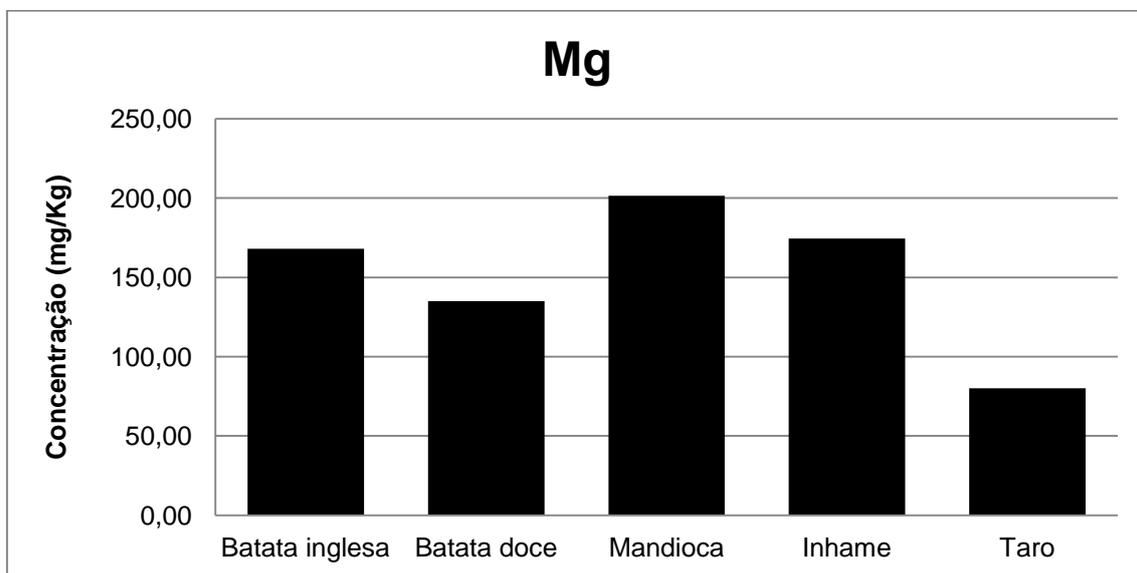


Figura 1 - Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de magnésio na amostra úmida em tubérculos estudados.

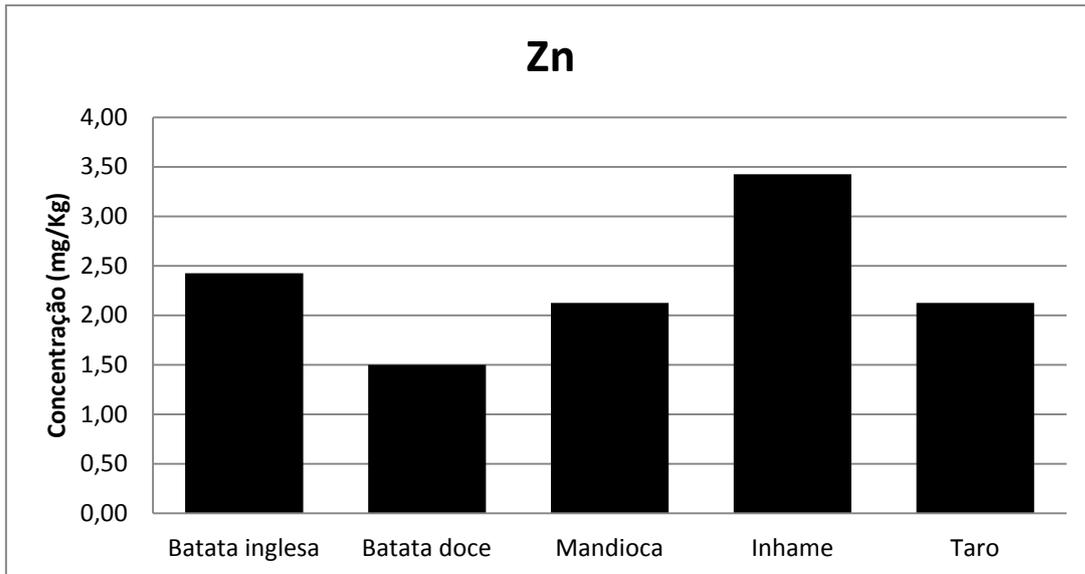


Figura 2 - Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de zinco na amostra úmida em tubérculos estudados.

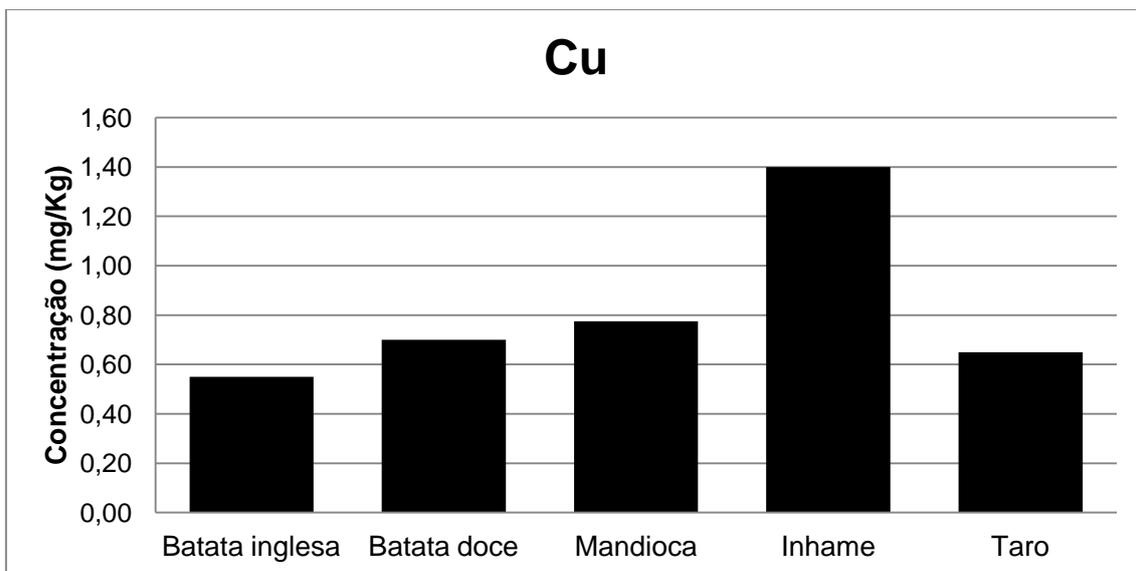


Figura 3 - Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de cobre na amostra úmida em tubérculos estudados.

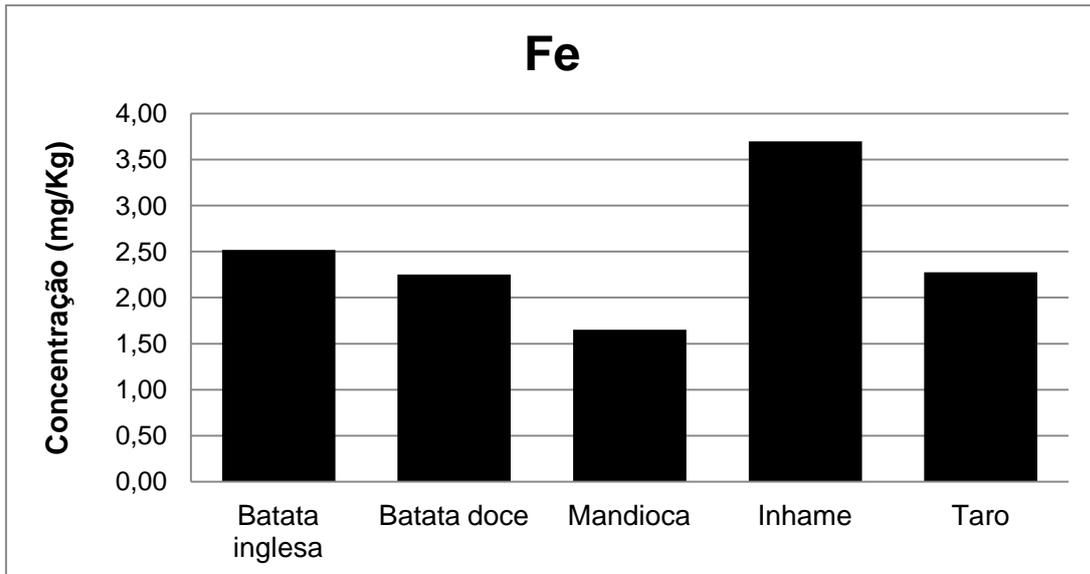


Figura 4 - Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de ferro na amostra úmida em tubérculos estudados.

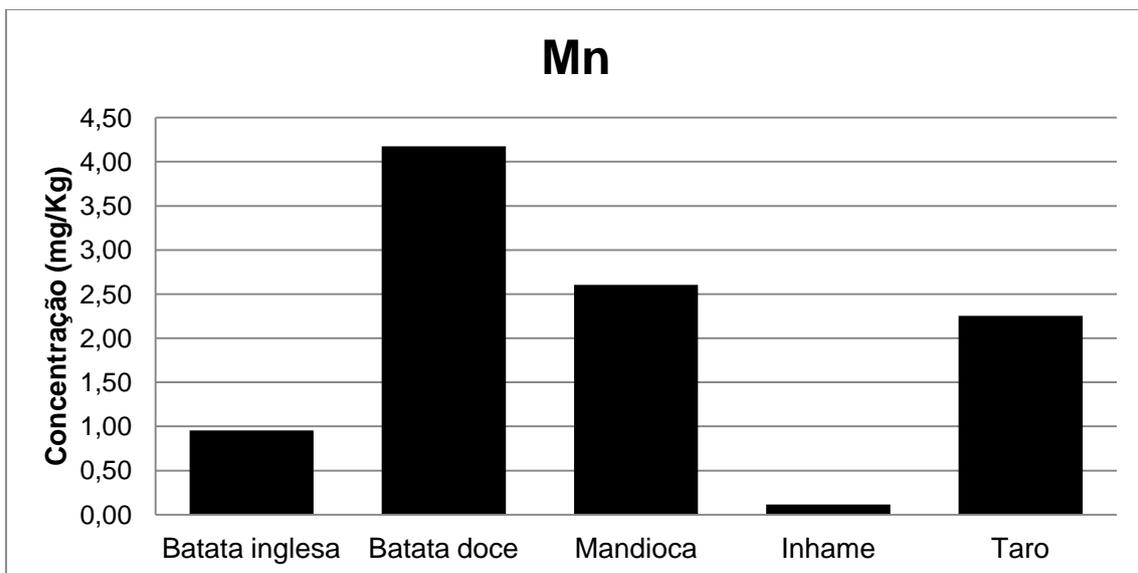


Figura 5 - Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de manganês na amostra úmida em tubérculos estudados.

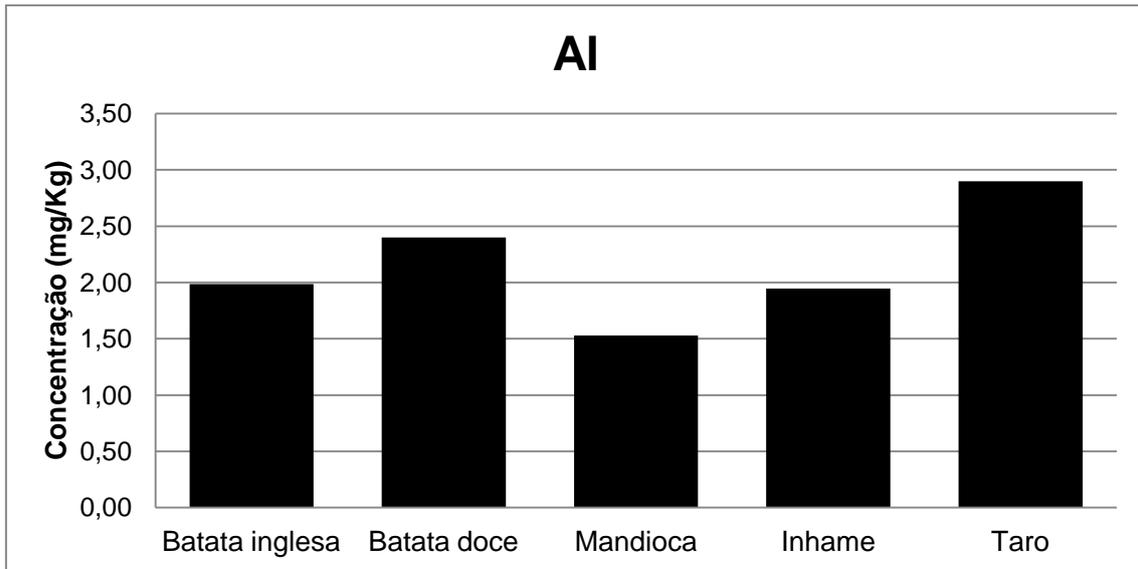


Figura 6 - Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de alumínio na amostra úmida em tubérculos estudados.

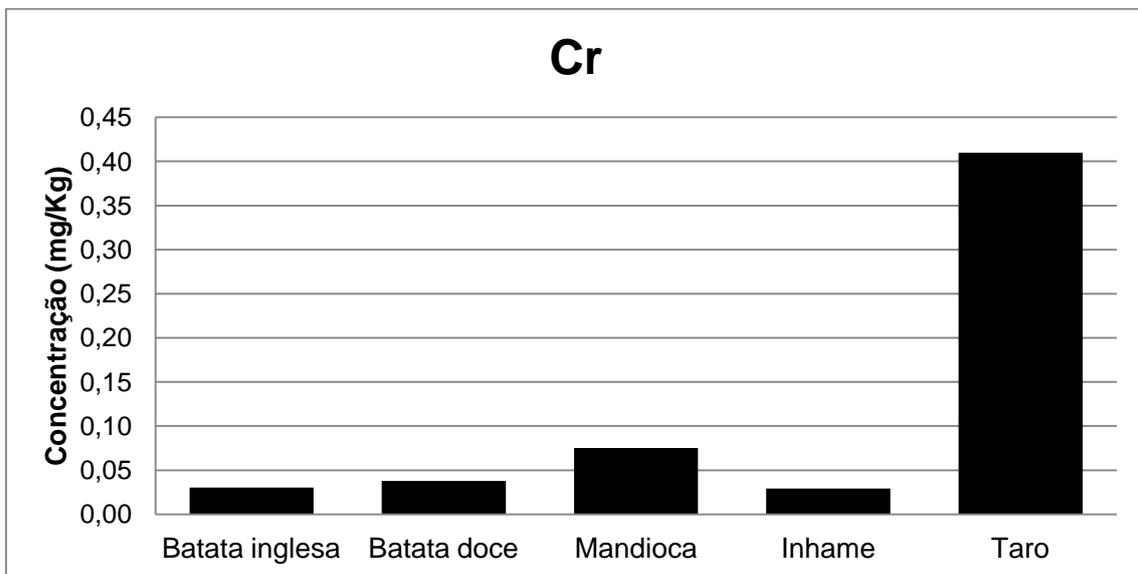


Figura 7 - Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de cromo na amostra úmida em tubérculos estudados.

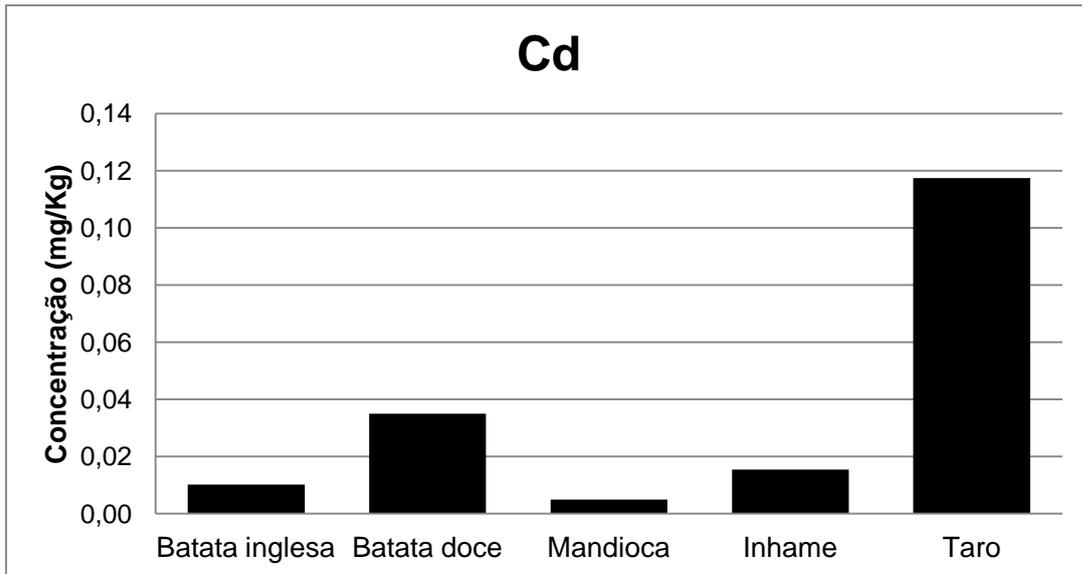


Figura 8 - Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de cádmio na amostra úmida em tubérculos estudados.

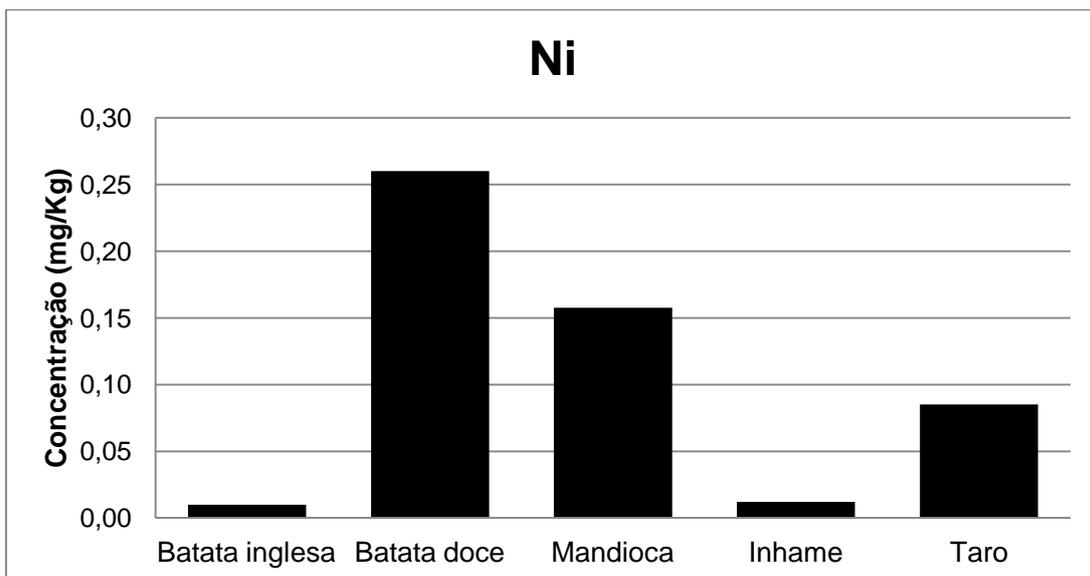


Figura 9 - Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de níquel na amostra úmida em tubérculos estudados.

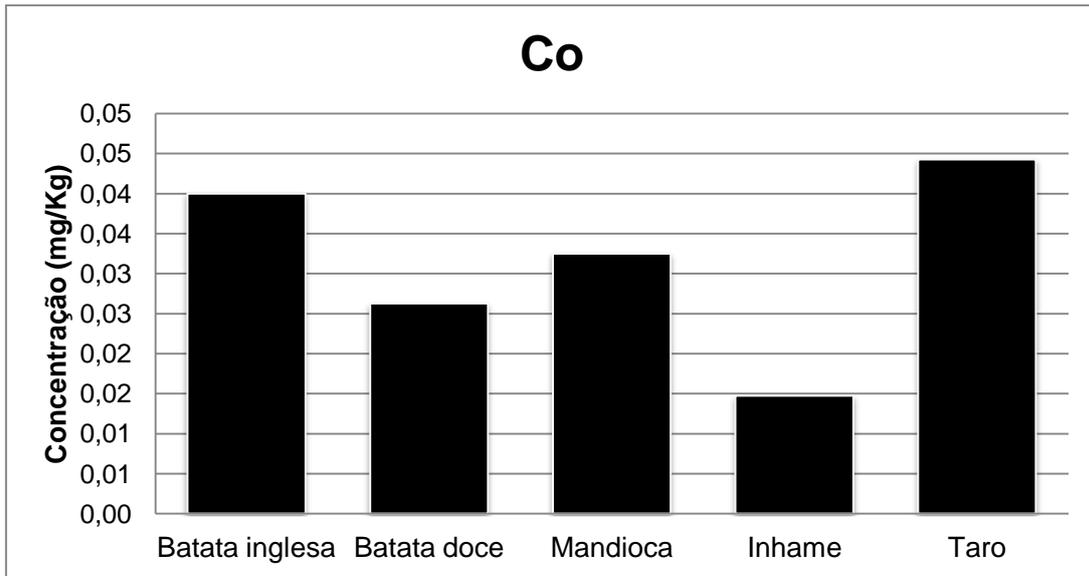


Figura 10 - Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de cobalto na amostra úmida em tubérculos estudados.

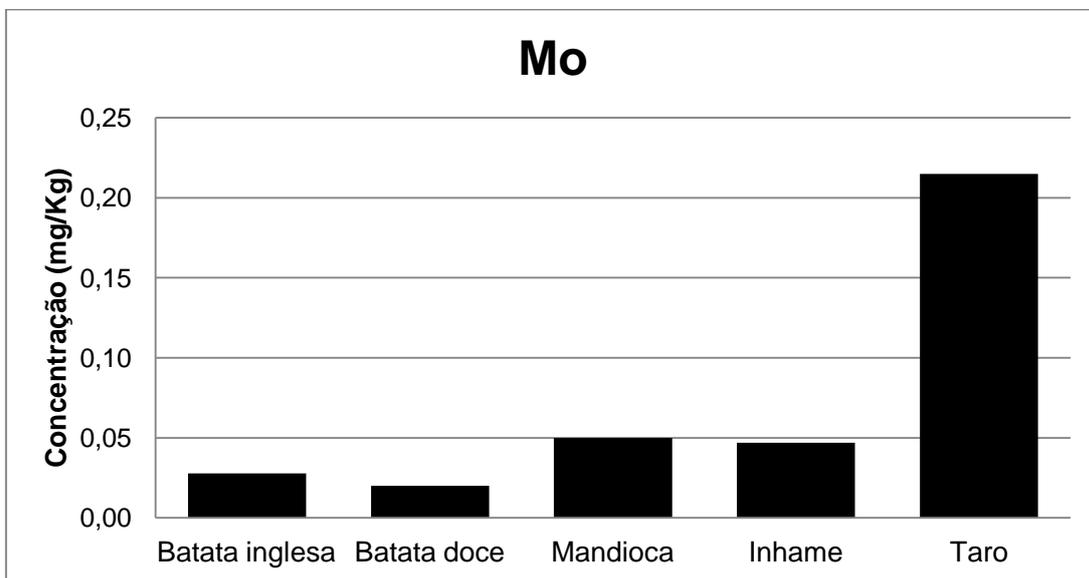


Figura 11 - Gráfico representando a comparação das concentrações (mg/kg) de molibdênio na amostra úmida em tubérculos estudados.

Posto que, no ponto de vista nutricional, é importante comparar o conteúdo dos elementos químicos entre as hortaliças tuberosas estudadas. Assim, seguem os resultados em relação ao peso úmido:

- 1 - A tuberosa mais rica em magnésio é a mandioca.
- 2 – A tuberosa mais rica em zinco é o inhame.
- 3 – A tuberosa mais rica em cobre é o inhame.
- 4 – A tuberosa mais rica em ferro é o inhame.
- 5 – A tuberosa mais rica em manganês é a batata doce.
- 6 – A tuberosa mais rica em alumínio é o taro.
- 7 – A tuberosa mais rica em cromo é o taro.
- 8 - A tuberosa mais rica em cádmio é o taro.
- 9 - A tuberosa mais rica em níquel é a batata doce
- 10 - As tuberosas mais rica em cobalto são o taro e a batata inglesa.
- 11 - A tuberosa mais rica em molibdênio é o taro.

Também é de importância nutricional a comparação dos resultados obtidos nas tuberosas estudadas em relação ao Limite Máximo de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos (LMCIA) permitidos nas legislações nacional e internacional. Assim, seguem as comparações dos elementos químicos presentes nas tuberosas consumidas e comercializadas em Mato Grosso do Sul na tabela 2.

Tabela 2 - Composição nutricional dos elementos químicos nas hortaliças tuberosas consumidas em Mato Grosso do Sul, Brasil comparados ao Limite Máximo de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos (LMCIA). Dados expressos em mg/kg de peso úmido \pm DP.

Elementos químicos	LMCIA mg/kg	Concentração				
		Batata inglesa	Batata doce	Mandioca	Inhame	Taro
Zinco	50	2,43 \pm 0,002	1,5 \pm 0,001	2,13 \pm 0,002	3,43 \pm 0,001	2,13 \pm 0,002
Cobre	30	0,55 \pm 0,001	0,70 \pm 0,001	0,78 \pm 0,001	1,4 \pm 0,003	0,65 \pm 0,001
Alumínio	0,51	1,99 \pm 0,003	2,4 \pm 0,001	1,53 \pm 0,001	1,95 \pm 0,002	2,9 \pm 0,001
Cromo	0,10	0,03 \pm 0,0002	0,04 \pm 0,0002	0,08 \pm 0,0003	0,03 \pm 0,0002	0,41 \pm 0,0001
Cádmio	0,10	0,01 \pm 0,0001	0,04 \pm 0,0001	0,01 \pm 0,0001	0,02 \pm 0,0001	0,12 \pm 0,0001
Níquel	5,0	0,01 \pm 0,0001	0,26 \pm 0,001	0,16 \pm 0,002	0,01 \pm 0,001	0,09 \pm 0,0001

Com base nestes dados, o nutricionista possui um suporte para a escolha do alimento adequado para a elaboração do plano alimentar do paciente. É importante enfatizar que o presente trabalho apresenta os resultados em amostra úmida e amostra seca, a fim de comparação com os dados apresentados na literatura. As bases de cálculos para a elaboração de dietas pelo nutricionista, geralmente são estruturadas a partir do alimento *in natura*, ou seja, utilizando os valores das concentrações dosadas na amostra úmida, que equivalem aos alimentos *in natura*. Algumas tabelas nutricionais também fornecem o valor nutricional de alguns

alimentos industrializados, cozidos e também das preparações mais comuns utilizadas pelos brasileiros.

Os valores obtidos do teor de umidade de cada hortaliça tuberosa estudada estão expressos em porcentagem e relacionados na tabela 10.

Tabela 3 – Teor de umidade das hortaliças tuberosas consumidas no Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, em 100g de amostra em relação ao teor de umidade apresentado pela TACO

Hortaliças	% de massa úmida	% de massa úmida TACO
Batata inglesa	85	82,9
Batata doce	74,9	69,5
Mandioca	58,6	61,8
Inhame	68,1	73,7
Taro	85,8	73,3

O teor de umidade das hortaliças tuberosas do presente estudo são semelhantes ao apresentado pela TACO.

Os resultados da determinação analítica dos elementos químicos nas cinco hortaliças tuberosas estudadas estão relacionados na tabela 4 e 5.

Tabela 4 - Composição nutricional em elementos traço mais comuns nas hortaliças tuberosas consumidas no Mato Grosso do Sul, Brasil. Dados expressos em mg/kg de peso seco \pm DP.

Elementos químicos	Concentração				
	Batata inglesa	Batata doce	Mandioca	Inhame	Taro
Magnésio	54404,15 \pm 0,2	25976,5 \pm 0,02	24459,82 \pm 0,1	25897,89 \pm 0,3	29773 \pm 0,01
Zinco	785,30 \pm 0,002	288,63 \pm 0,001	257,95 \pm 0,002	508,31 \pm 0,001	790,84 \pm 0,002
Cobre	178,11 \pm 0,001	134,69 \pm 0,001	94,08 \pm 0,001	207,78 \pm 0,003	241,91 \pm 0,001
Ferro	815,25 \pm 0,01	432,94 \pm 0,01	200,29 \pm 0,01	549,12 \pm 0,01	846,67 \pm 0,006
Manganês	309,26 \pm 0,002	803,35 \pm 0,001	316,22 \pm 0,001	17,07 \pm 0,001	839,23 \pm 0,002
Alumínio	642,81 \pm 0,003	461,80 \pm 0,001	185,72 \pm 0,001	288,66 \pm 0,002	1079,27 \pm 0,001
Cromo	9,80 \pm 0,0002	7,31 \pm 0,0002	9,10 \pm 0,0003	4,34 \pm 0,0002	152,59 \pm 0,0001
Cádmio	3,32 \pm 0,0001	6,73 \pm 0,0001	0,61 \pm 0,0001	2,30 \pm 0,0001	43,73 \pm 0,0001
Níquel	3,24 \pm 0,0001	50,03 \pm 0,001	19,12 \pm 0,002	1,78 \pm 0,001	31,63 \pm 0,0001
Cobalto	12,95 \pm 0,0001	5,05 \pm 0,0001	3,95 \pm 0,0002	2,19 \pm 0,0001	16,47 \pm 0,0002
Molibdênio	8,99 \pm 0,0004	3,85 \pm 0,0002	6,07 \pm 0,0001	6,98 \pm 0,0002	80,01 \pm 0,0003

Tabela 5 - Composição nutricional em elementos traço mais comuns nas hortaliças tuberosas consumidas no Mato Grosso do Sul, Brasil. Dados expressos em mg/kg de peso úmido \pm DP.

Elementos químicos	Concentração				
	Batata inglesa	Batata doce	Mandioca	Inhame	Taro
Magnésio	168 \pm 0,2	135 \pm 0,02	201,5 \pm 0,1	174,5 \pm 0,3	80 \pm 0,01
Zinco	2,43 \pm 0,002	1,5 \pm 0,001	2,13 \pm 0,002	3,43 \pm 0,001	2,13 \pm 0,002
Cobre	0,55 \pm 0,001	0,70 \pm 0,001	0,78 \pm 0,001	1,4 \pm 0,003	0,65 \pm 0,001
Ferro	2,52 \pm 0,01	2,25 \pm 0,01	1,65 \pm 0,01	3,7 \pm 0,01	2,28 \pm 0,006
Manganês	0,96 \pm 0,002	4,18 \pm 0,001	2,61 \pm 0,001	0,12 \pm 0,001	2,26 \pm 0,002
Alumínio	1,99 \pm 0,003	2,4 \pm 0,001	1,53 \pm 0,001	1,95 \pm 0,002	2,9 \pm 0,001
Cromo	0,03 \pm 0,0002	0,04 \pm 0,0002	0,08 \pm 0,0003	0,03 \pm 0,0002	0,41 \pm 0,0001
Cádmio	0,01 \pm 0,0001	0,04 \pm 0,0001	0,01 \pm 0,0001	0,02 \pm 0,0001	0,12 \pm 0,0001
Níquel	0,01 \pm 0,0001	0,26 \pm 0,001	0,16 \pm 0,002	0,01 \pm 0,001	0,09 \pm 0,0001
Cobalto	0,04 \pm 0,0001	0,03 \pm 0,0001	0,03 \pm 0,0002	0,015 \pm 0,0001	0,04 \pm 0,0002
Molibdênio	0,03 \pm 0,0004	0,02 \pm 0,0002	0,05 \pm 0,0001	0,05 \pm 0,0002	0,22 \pm 0,0003

5.1 Batata inglesa

Na França, o *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA) publicou em 2004, a concentração de magnésio presente na amostra úmida de batata inglesa de 208 mg/Kg (JUVÉ *et al.*, 2008). A tabela brasileira de composição de alimentos (TACO) apresenta a concentração de 15 mg/100g (150 mg/kg) de magnésio na parte comestível da batata inglesa (TACO, 2011). O nível do magnésio no presente estudo foi de 168 mg/Kg \pm 0,2 na amostra úmida e de 54404,15 \pm 0, mg/kg na amostra seca. A legislação americana preconiza a recomendação alimentar diária de 420 mg/dia (DRI, 2001). Em relação ao magnésio não está estabelecido o limite máximo de contaminantes inorgânicos em alimentos (LMCIA) na legislação brasileira. Observa-se no presente estudo que a concentração de magnésio foi similar a apresentada pela TACO.

No estudo realizado na Sérvia, a batata inglesa apresentou concentração de zinco de 1,49 mg/kg na massa úmida (MAKSIMOVIC, *et al.*, 2012) e na pesquisa feita na República Eslovaca, foi apresentada uma média de 5,80 mg/kg de zinco na massa úmida. A TACO apresenta a concentração de 0,20 mg/100g (2 mg/Kg) de zinco na parte comestível da batata inglesa (TACO, 2011). O nível do zinco no presente estudo foi de 2,43 mg/kg \pm 0,002 na amostra úmida e de 785,30 mg/kg \pm 0,002 na amostra seca. A legislação americana preconiza 15 mg/porção (aproximadamente 100g do alimento *in natura* ou amostra úmida). No Brasil, o LMCIA é de 50 mg/kg da parte comestível de qualquer alimento (Decreto nº 55871, 1965). Observa-se no presente estudo que a concentração de zinco foi similar a apresentada pela TACO (2 mg/kg) e 20 vezes abaixo da LMCIA.

No estudo realizado na Sérvia, a batata inglesa apresentou concentração de cobre de 0,74 mg/kg de massa úmida (MAKSIMOVIC, *et al.*, 2012) e em outro estudo na França uma média de 0,94 mg/kg na massa úmida (JUVÉ *et al.*, 2008). A TACO apresenta a concentração de 0,09 mg/100g (0,9 mg/kg) de cobre na parte comestível da batata fresca (TACO, 2011). O nível do cobre no presente estudo foi de 0,55 mg/kg \pm 0,001 na amostra úmida e de 178,11 mg/Kg \pm 0,001 na amostra seca. A *Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies* (FNB/IOM) nos Estados Unidos, propõem o nível máximo de ingestão tolerado de cobre por faixa etária, sendo para adultos 10 mg/dia (DRI, 2001) e a recomendação diária de ingestão de 0,9 mg/dia. No Brasil, o LMCIA é de 30 mg/kg da parte comestível de qualquer alimento. Observa-se no presente estudo que a concentração de cobre foi similar a apresentada pela TACO e também está abaixo do LMCIA.

No estudo realizado na Arábia Saudita, a batata inglesa apresentou concentração de 0,66 mg/kg de ferro na massa úmida (AL-FARHAN, 2013) e outra pesquisa realizada na Espanha uma concentração média de 6,0 mg/kg (PEÑA *et al.*, 2001). A TACO apresenta a concentração de 0,4 mg/100g (4 mg/kg) de ferro na parte comestível da batata inglesa (TACO, 2011). O nível do ferro no presente estudo foi de 2,52 mg/kg \pm 0,01 na amostra úmida e de 815,25 mg/Kg \pm 0,01 na amostra seca. A legislação internacional não faz referência LMCIA nos alimentos de ferro, porém a FNB/IOM nos Estados Unidos, propõem o nível máximo de ingestão tolerado de ferro por faixa etária, sendo para adultos 45 mg/dia (DRI, 2001) e a recomendação diária de ingestão de 8 e 18 mg/dia para homens e mulheres respectivamente. No Brasil também não há LMCIA de ferro para os alimentos. Observa-se no presente estudo que a concentração de ferro foi 4 vezes maior do

que a mostrada na Arábia Saudita, porém 1,5 vezes menor que a apresentada pela TACO.

No estudo realizado na França, a batata inglesa apresentou concentração de 1,43 mg/kg de manganês na massa úmida (JUVÉ *et al.*, 2008) e outro estudo realizado na Espanha apresentou uma média de 1,4 mg/Kg do elemento na amostra úmida da batata inglesa (PEÑA *et al.*, 2001). A TACO apresenta uma concentração do manganês de 0,1 mg/100g (1 mg/kg) na parte comestível da tuberosa (TACO, 2011). O nível do manganês no presente estudo foi de 0,96 mg/kg \pm 0,002 na amostra úmida e de 309,26 mg/kg \pm 0,002 na amostra seca. A legislação internacional não faz referência ao LMCIA de manganês, porém a FNB/IOM nos Estados Unidos propõe, o nível máximo de ingestão tolerado de manganês por faixa etária, sendo para adultos 11 mg/dia (DRI, 2001) e a ingestão diária de 2,3 e 1,8 mg/dia para homens e mulheres respectivamente. No Brasil, não há LMCIA estabelecido pela legislação. Áreas com baixa concentração de manganês no solo (abaixo de 500 mg/kg) estão associadas a baixos níveis de manganês nas plantas (30 a 70 mg/kg peso seco). Porém neste estudo, os valores encontrados na amostra seca estão elevados (309,26 mg/kg \pm 0,002), provavelmente refletindo as condições ácidas do solo (BRAGANÇA; MELNIKOV e ZANONI, 2012).

No estudo realizado no Reino Unido, a concentração de alumínio foi de 0,9 mg/kg de matéria úmida da batata inglesa (MAFF, 2009; ATSDR, 2008). No estudo realizado no interior de São Paulo, a concentração do alumínio foi de 0,93 mg/kg na matéria úmida. Pode-se observar que a quantidade de Al foi 1,5 vezes maior do que a permitida pela legislação internacional que é de 0,51 mg/kg da parte comestível do

alimento (ATSDR, 2008). O nível de alumínio do presente estudo foi de 1,99 mg/kg \pm 0,003 na matéria úmida e 642,81 \pm 0,003 mg/kg na matéria seca, isto é, também acima do valor preconizado pela legislação internacional. A legislação brasileira não faz referência quanto ao limite máximo do metal. Pode-se inferir que o solo de cultivo do estado do MS apresenta baixo pH e altas concentrações de alumínio (OLIVEIRA *et al.*, 2005), o que pode alterar as concentrações nos vegetais. No entanto a *U.S. Department of Health and Human Services / Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) propõem que outros estudos sobre a absorção de alumínio pelas plantas, especialmente aquelas cultivadas em solos ácidos, sejam essenciais na expansão da atual base de dados que ainda é um tanto limitada. Sugerem também que seja caracterizada a bioacumulação de alumínio na cadeia alimentar como fonte de exposição para grupos específicos da população (ATSDR, 2008).

Um estudo na Grécia apresentou os níveis cromo de 0,063 mg/kg em batata inglesa. Outra pesquisa, desta vez nos Estados Unidos, apresentou uma variação de 0,33 a 0,25 mg/kg de matéria seca da cultivar (KIRKILLIS *et al.*, 2012; ANDERSON *et al.*, 1999). O nível de cromo no presente estudo foi de 0,03 mg/kg \pm 0,0002 na matéria úmida da batata inglesa e de 9,80 mg/kg \pm 0,0002 na matéria seca, ficando abaixo do LMCIA. No que concerne à legislação brasileira, o LMCIA é de 0,10 mg/kg da parte comestível do alimento, porém ainda não há referências na legislação internacional quanto aos níveis máximos permitidos de cromo (ATSDR, 2014). É importante destacar que as fontes de liberação de cromo ao solo são dadas pelas indústrias de metal, resíduos agrícolas, dentre outros. Vale ressaltar que o curtimento do couro, pratica comum em Mato Grosso do Sul, pode ser fonte de

contaminação do meio ambiente pelo mineral, porém um estudo no estado do MS verificou que o único tipo de cromo presente nos efluentes dos curtumes avaliados é o cromo III, não sendo detectado cromo VI (forma mais perigosa do elemento) (MELNIKOV e FREITAS, 2011).

Um estudo realizado em 2012 na Grécia, apontou a concentração de cádmio na batata inglesa de 0,0073 mg/kg em matéria úmida (KIRKILLIS *et al.*, 2012) e outro estudo na Líbia identificou 0,02 mg/kg da amostra seca (ELBAGERMI, EDWARDS e ALAJTAL, 2012). Já no Brasil, no interior de São Paulo, os valores para o cádmio não foram detectados na análise (SALAZAR *et al.*, 2006). Pode-se inferir que os níveis do metal estão baixos, pois provavelmente o solo não está contaminado ou a utilização de fertilizantes e/ou fungicidas estão dentro dos limites permitidos. Apesar da alta industrialização da região, não existe contaminação detectável. Porém, não se deve excluir que nas regiões menos industrializadas, o conteúdo de cádmio deve ser mais baixo. O nível do cádmio no presente estudo foi de $0,01 \text{ mg/kg} \pm 0,0001$ na amostra úmida da batata inglesa e de $3,32 \text{ mg/kg} \pm 0,0001$ da amostra seca. De acordo com normas internacionais estabelecidas pela FAO/WHO em 2005 e a legislação brasileira (RDC nº42/2013), o LMCIA de cádmio permitido em raízes e tubérculos é de 0,10 mg/kg da parte comestível do alimento. Observa-se que no presente estudo, a concentração de cádmio ficou 10 vezes abaixo do LMCIA.

Em um estudo realizado na França, pelo *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA) 2004, foi apresentada a concentração de 0,007 mg/kg de níquel na batata inglesa fresca (JUVÉ *et al.*, 2008). Na Líbia, a concentração foi de

0,25 mg/kg na matéria seca. O Brasil, em uma pesquisa realizada no interior de SP, foi encontrada uma alta concentração de 34,3 mg/kg de matéria úmida. Os autores justificam o elevado nível de contaminação pelo mineral nas amostras devido as lavouras e feiras serem próximas a regiões industrializadas e às peculiaridades do solo onde o vegetal estudado foi coletado (SALAZAR *et al.*, 2006). O nível do níquel no presente estudo foi de 0,01 mg/kg \pm 0,0001 na matéria úmida e de 3,24 mg/kg \pm 0,0001 no matéria seca. A legislação internacional não faz referência ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de níquel, porém a FNB/IOM nos Estados Unidos propõe o nível máximo de ingestão tolerado de níquel por faixa etária, sendo para adultos 1,0 mg/dia (DRI, 2001). No Brasil, o limite máximo tolerado é de 5 mg/kg da parte comestível de qualquer alimento, sendo que a concentração deste estudo ficou abaixo do limite tolerado.

Um estudo realizado nos Estados Unidos apresentou um pequeno percentual gestantes (n=78) que foram suplementadas durante 90 dias com cobalto (0,5-0,6 mg/kg/dia) e que apresentaram intolerância gástrica (ATSDR, 2004). Infelizmente o percentual das mulheres que apresentaram efeitos adversos não foi referido. Em outro estudo realizado nos Estados Unidos, referente ao cobalto na batata inglesa, apresentou a concentração de 0,44 mg/kg em matéria úmida. Já no estudo publicado na Líbia, a concentração foi de 0,55 mg/Kg de matéria úmida (ELBAGERMI, EDWARDS e ALAJTAL, 2012; ANDERSON *et al.*, 1999). O nível do cobalto no presente estudo foi de 0,04 mg/kg \pm 0,0001 na amostra úmida e de 12,95 mg/kg \pm 0,0001 na amostra seca. As legislações internacional e brasileira não fazem referencias ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de cobalto.

Na França, o *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA) publicou em 2004 a concentração de molibdênio presente na batata inglesa fresca de 0,418 mg/Kg (JUVÉ *et al.*, 2008). A FNB/IOM estipulou uma recomendação alimentar diária de 45 µg/dia (0,045 mg/d) na população adulta e o nível máximo de ingestão tolerado de 2 mg/d (DRI, 2001). O nível do molibdênio no presente estudo foi de 0,03 mg/kg±0,0004 na matéria úmida e de 8,99 mg/kg±0,0004 na amostra seca. As legislações internacional e nacional não trazem valores específicos do conteúdo máximo permitido nos alimentos de molibdênio.

5.2 Batata doce

No Japão, uma pesquisa mostrou que a concentração de magnésio presente na batata doce foi de 267 mg/kg na amostra úmida (ISHIDA *et al.*, 2000). A TACO apresenta a concentração de 17 mg/100g (170 mg/kg) de magnésio na amostra úmida (TACO, 2011). O nível do magnésio no presente estudo foi de 135 mg/kg±0,2 na amostra úmida e de 25976,5 mg/kg±0,02 na matéria seca. A legislação americana preconiza a recomendação alimentar diária de 420 mg/dia (DRI, 2001). Não há LMCIA na legislação brasileira, porém ao comparar os resultados deste trabalho com a literatura, a concentração da batata doce estudada foi 1,9 vezes menor do que no Japão e quase 1,5 vezes menor do que o valor da TACO.

No estudo realizado na China, a batata doce apresentou concentrações de zinco que variaram de 7,62 a 9,68 mg/kg de massa úmida (ZHUANG *et al.*, 2009). No Japão, a concentração encontrada foi de 2,4 mg/kg (ISHIDA *et al.*, 2000). A

legislação americana preconiza 15 mg/ porção (aproximadamente 100 g do alimento *in natura*) e a China limita a concentração máxima de 20 mg/kg no alimento fresco. A TACO apresenta 0,20 mg/100g (2 mg/kg) de zinco na parte comestível da batata doce (TACO, 2011). O nível do zinco no presente estudo foi de 1,5 mg/kg \pm 0,001 na amostra úmida foi e de 288,63 mg/kg \pm 0,001na amostra seca. No Brasil, o LMCIA para o zinco é de 50 mg/kg da parte comestível de qualquer alimento. A batata doce consumida no MS apresenta uma concentração de zinco de 6 vezes menor quando comparada a China e 1,5 vezes menor do que o Japão, porém com concentração semelhante a TACO. A concentração de zinco na batata doce consumida no MS não atingindo o limite máximo tolerado pela legislação.

No estudo realizado na Espanha, a batata doce apresentou a concentração de cobre de 1,26 mg/kg de massa úmida. Outro estudo na China, apresentou uma média de 1,60 a 2,16 mg/kg na massa úmida (ZHUANG *et al.*, 2009; LUIZ *et al.*, 2014). A TACO apresenta a concentração de 0,11 mg/100g (1,1 mg/kg) de cobre na parte comestível da batata doce (TACO, 2011). O nível do cobre no presente estudo foi de 0,70 mg/kg \pm 0,001 na amostra úmida e de 134,69 mg/kg \pm 0,001na amostra seca. A legislação internacional da China limita conteúdo máximo permitido nos alimentos de 10 mg/kg. A FNB/IOM nos Estados Unidos propõem o nível máximo de ingestão tolerado de cobre por faixa etária, sendo para adultos 10 mg/dia (DRI, 2001) e a recomendação diária de ingestão de 0,9 mg/dia. No Brasil, o LMCIA é de 30 mg/kg da parte comestível de qualquer alimento (Decreto nº 55871, 1965), valor 3 vezes maior do que o tolerado na China. A concentração do cobre consumida no MS está 43 vezes abaixo do LMCIA tolerado pela legislação brasileira.

No estudo realizado na Espanha, a batata doce apresentou concentração de ferro de 7,19 mg/kg na massa úmida (LUIS *et al.*, 2014) e no estudo realizado no Japão, uma média de 22,7 mg/kg (ISHIDA *et al.*, 2000). A TACO apresenta concentração de 0,4 mg/100g (4 mg/Kg) de ferro na parte comestível da batata doce (TACO, 2011). O nível do ferro no presente estudo foi de 2,25 mg/kg \pm 0,01 na amostra úmida e de 439,94 mg/kg \pm 0,01 na amostra seca. A legislação internacional não faz referência ao conteúdo máximo de ferro permitido nos alimentos, porém a FNB/IOM nos Estados Unidos propõem o nível máximo de ingestão tolerado de ferro por faixa etária, sendo para adultos 45 mg/dia (DRI, 2001) e a recomendação diária de ingestão de 8 e 18 mg/dia para homens e mulheres respectivamente. No Brasil, não há LMCIA de ferro estabelecido para alimentos. Pode-se observar que a batata doce consumida no MS possui 9,7 vezes menos ferro quando comparada ao Japão, no entanto esta diferença é 1,7 vezes menor quando comparada a TACO.

No estudo realizado na Espanha, a batata doce apresentou concentração de 2,71 mg/kg de manganês na batata doce (LUIS *et al.*, 2014). A TACO apresenta 0,18 mg/100g (1,8 mg/kg) de manganês na parte comestível da batata doce (TACO, 2011). O nível do manganês no presente estudo foi 4,18 mg/kg \pm 0,001 na amostra úmida e de 803,35 mg/kg \pm 0,001 na amostra seca. A legislação internacional não faz referência ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de manganês, porém a (FNB/IOM) nos Estados Unidos, propõe o nível máximo de ingestão tolerado de manganês por faixa etária, sendo para adultos 11 mg/dia (DRI, 2001) e a ingestão diária de 2,3 e 1,8 mg/dia para homens e mulheres respectivamente. No Brasil, não há limite máximo tolerado estabelecido para alimentos estabelecido pela legislação. O valor encontrado na amostra úmida da batata doce está elevado em relação à

TACO, provavelmente refletindo as condições ácidas do solo (BRAGANÇA; MELNIKOV e ZANONI, 2012).

Em um estudo realizado nos Estados Unidos, o nível de alumínio encontrado na batata doce foi de 1,01 mg/kg da amostra úmida (ATSDR, 2008). O nível de alumínio no presente estudo foi de 2,4 mg/kg \pm 0,001 na amostra úmida e de 461,80mg/kg \pm 0,001na amostra seca. Semelhante ao encontrado no caso da batata inglesa, o valor está 4,5 vezes acima do que preconiza a legislação internacional, que é de 0,51 mg/kg a parte comestível do alimento (ATSDR, 2008). A legislação brasileira não se pronunciou sobre o LMCIA. Diante desse resultado é importante ressaltar que o solo de Mato Grosso do Sul possui características específicas do cerrado brasileiro, tendo baixo pH e altas concentrações de alumínio, o que pode alterar as concentrações nos vegetais (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Um trabalho realizado na Espanha constatou nível de 0,034 mg/kg do cromo na amostra úmida de batata doce (LUIS *et al.*, 2014). O nível de cromo no presente estudo foi de 0,04 mg/kg \pm 0,0002 na amostra úmida de 7,31 mg/kg \pm 0,0002 na amostra seca. No que concerne à legislação brasileira, o conteúdo máximo permitido nos alimentos em geral é de 0,10 mg/kg de alimento fresco, porém ainda não há na legislação internacional os níveis máximos permitidos de cromo. O valor encontrado neste estudo foi 2 vezes menor do que o LMCIA. Assim como no caso da batata doce, é importante destacar que as fontes de liberação de cromo ao solo são dadas pelas indústrias de metal, resíduos agrícolas, dentre outros. Vale ressaltar que o curtimento do couro, pratica comum em Mato Grosso do Sul, pode ser fonte de contaminação do meio ambiente pelo mineral, porém um estudo no estado do MS

verificou que o único tipo de cromo presente nos efluentes dos curtumes avaliados é o cromo III, não sendo detectado cromo VI (forma mais perigosa do elemento) (MELNIKOV e FREITAS, 2011).

Um estudo realizado em 2014 na Espanha, apontou uma concentração de 0,001 mg/kg de cádmio na matéria úmida. Em contrapartida, uma pesquisa realizada na China, os pesquisadores dosaram a concentração do metal em amostras de batata doce de distintas regiões do país e foram identificadas diferenças significativas entre as concentrações do elemento, de 0,03 a 0,15 mg/kg na matéria úmida (LUIS *et al.*, 2014; ZHUANG *et al.*, 2009). O autor justificou que existem terrenos baldios na China que sofreram atividades mineradoras e que não tiveram tratamentos adequados. Outro agravante é que hoje em dia, há locais que ainda possuem atividades de mineração, porém estão sem qualquer tratamento adequado desde o início de 1970, contaminando aproximadamente 83 comunidades no país (ZHUANG, *et al.*, 2009). O nível do cádmio no presente estudo foi de 0,04 mg/kg \pm 0,0001 na amostra úmida e de 6,730,0001mg/kg \pm 0,0001 na amostra seca, sendo menor do que o LMCIA. De acordo com normas internacionais estabelecidas pela FAO/WHO em 2005 e a legislação brasileira (RDC nº42/2013), o LMCIA de cádmio permitido em raízes e tubérculos é de 0,10 mg/kg de alimento fresco. No Brasil, os valores para o cádmio em batata doce não foram encontrados.

Em um trabalho realizado na Espanha, constatou-se que o nível de níquel na batata doce foi de 0,056 mg/kg no peso úmido da amostra (LUIS *et al.*, 2014). Já o nível do níquel no presente estudo foi de 0,26 mg/kg \pm 0,001 no material úmido e de 50,03 mg/kg \pm 0,001 no material seco. A legislação internacional não faz referência ao

conteúdo máximo permitido nos alimentos de níquel, porém a FNB/IOM nos Estados Unidos, propõem o nível máximo de ingestão tolerado de níquel por faixa etária, sendo para adultos 1,0 mg/dia (DRI, 2001). No Brasil, o LMCIA é de 5 mg/kg da parte comestível de qualquer alimento (Decreto nº 55871, 1965), sendo que a concentração encontrada neste estudo foi 19 vezes menor do que o tolerado.

O nível do cobalto foi de $0,03 \text{ mg/Kg} \pm 0,0001$ na amostra úmida e de $5,05 \text{ mg/Kg} \pm 0,0001$ na amostra seca. As legislações internacional e brasileira não fazem referencia ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de cobalto.

O nível do molibdênio no presente estudo foi de $0,02 \text{ mg/kg} \pm 0,0002$ na amostra úmida e de $3,85 \text{ mg/kg} \pm 0,0002$ na matéria seca. As legislações internacional e nacional não trazem valores específicos do conteúdo máximo permitido nos alimentos de molibdênio, porém a FNB/IOM estipulou uma recomendação alimentar diária de $45 \text{ } \mu\text{g/dia}$ ($0,045 \text{ mg/d}$) na população adulta e o nível máximo de ingestão tolerado de 2 mg/d (DRI, 2001). Ao comparar os resultados obtidos com a média de ingestão diária recomendada, podem-se considerar baixa a concentração do elemento encontrado na batata doce.

5.3 Mandioca

Nos Estados Unidos, a concentração de magnésio presente na mandioca fresca foi de 210 mg/kg (MONTAGNAC, DAVIS e TANUMIHARDYJO, 2009). No estudo brasileiro no Rio Grande do Sul, a média da concentração de magnésio na massa seca da mandioca foi de 620 mg/kg (CENI *et al.*, 2009). A TACO apresenta a

concentração de 44 mg/100g (440 mg/kg) de magnésio na parte comestível (amostra úmida) da mandioca (TACO, 2011). O nível do magnésio no presente estudo foi de 201,5 mg/kg \pm 0,1 na amostra úmida e de 24459,82 mg/kg \pm 0,1 na matéria seca. A legislação americana preconiza a recomendação alimentar diária de 420 mg/dia (DRI, 2001). Não há LMCIA na legislação brasileira. A concentração de magnésio na mandioca consumida no MS foi semelhante a consumida nos Estados Unidos, porém 2 vezes menor quando comparada a TACO.

Nos Estados Unidos, a concentração de zinco presente na mandioca fresca foi de 3,40 mg/kg (MONTAGNAC, DAVIS e TANUMIHARDYJO, 2009). A TACO apresenta a concentração de 0,20 mg/100g (2 mg/kg) de zinco na parte comestível (amostra úmida) da mandioca (TACO, 2011). O nível do zinco no presente estudo foi de 2,13 mg/kg \pm 0,002 na amostra úmida e de 257,95 mg/kg \pm 0,002 na amostra seca. A legislação americana preconiza 15 mg/ porção (aproximadamente 100 g do alimento *in natura* ou amostra úmida) e a China exige uma concentração máxima de 20 mg/kg de alimento fresco. No Brasil, o limite máximo tolerado é de 50 mg/kg da parte comestível de qualquer alimento (amostra úmida). A concentração de zinco na mandioca consumida no MS é semelhante a relatada na literatura e não atinge o limite máximo tolerado pela legislação.

Nos Estados Unidos, a concentração de cobre presente na mandioca fresca foi de 1,0 mg/kg (MONTAGNAC, DAVIS e TANUMIHARDYJO, 2009). No estudo brasileiro no Rio Grande do Sul, a média da concentração de cobre na massa seca da mandioca foi de 5,3 mg/kg (CENI *et al.*, 2009). A TACO apresenta a concentração de 0,07 mg/100g (0,7 mg/kg) de cobre na mandioca (TACO, 2011). O nível do cobre no presente estudo foi de 0,78 mg/kg \pm 0,001 na amostra úmida e de

94,08 mg/kg \pm 0,001 na amostra seca. A FNB/IOM nos Estados Unidos, propõem o nível máximo de ingestão tolerado de cobre por faixa etária, sendo para adultos 10 mg/dia (DRI, 2001) e a recomendação diária de ingestão de 0,9 mg/dia. No Brasil, o LMCIA é de 30 mg/kg da parte comestível de qualquer alimento. A concentração de cobre na mandioca consumida no MS é semelhante a apresentada na TACO e 17 vezes maior do que a consumida no RS.

Nos Estados Unidos, a concentração de ferro presente mandioca foi de 2,7 mg/kg na amostra úmida (MONTAGNAC, DAVIS e TANUMIHARDYJO, 2009). No estudo brasileiro no Rio Grande do Sul, a média da concentração de ferro da mandioca foi de 50 mg/kg na massa seca (CENI *et al.*, 2009). Já a TACO, a concentração de ferro foi de 0,3 mg/100g (3 mg/kg) na parte comestível da mandioca (TACO, 2011). O nível do ferro no presente estudo foi de 1,65 mg/kg \pm 0,01 na amostra úmida e de 200,29 mg/kg \pm 0,01 na amostra seca. A legislação internacional não faz referência ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de ferro, porém a FNB/IOM nos Estados Unidos, propõem o nível máximo de ingestão tolerado de ferro por faixa etária, sendo para adultos 45 mg/dia (DRI, 2001) e a recomendação diária de ingestão de 8 e 18 mg/dia para homens e mulheres respectivamente. No Brasil, não há limite máximo tolerado estabelecido para alimentos. Apesar dos valores das concentrações do ferro da mandioca cultivada nos Estados Unidos e no Brasil serem semelhantes ao valor encontrado neste estudo, a média da concentração da mandioca no MS foi 4 vezes maior em comparação a do RS. Neste caso, deve-se levar em consideração que o solo do cerrado é ácido e rico em ferro (KOCHIAN, 1995).

Nos Estados Unidos, a concentração de manganês presente na amostra úmida da mandioca foi de 3,84 mg/kg (MONTAGNAC, DAVIS e TANUMIHARDYJO, 2009). No estudo brasileiro no Rio Grande do Sul, a média da concentração de manganês na massa seca da mandioca foi de 15 mg/kg (CENI *et al.*, 2009). A TACO apresenta a concentração de 0,05 mg/100g (0,5 mg/kg) da parte comestível da mandioca (TACO, 2011). O nível do manganês no presente estudo foi 2,61 mg/kg \pm 0,001 na amostra úmida e de 316,22 mg/kg \pm 0,001 na amostra seca. A legislação internacional não faz referência ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de manganês, porém a FNB/IOM nos Estados Unidos, propõem o nível máximo de ingestão tolerado de manganês por faixa etária, sendo para adultos 11 mg/dia (DRI, 2001) e a ingestão diária de 2,3 e 1,8 mg/dia para homens e mulheres respectivamente. No Brasil, não há LMCIA estabelecido para alimentos pela legislação. Observa-se que o nível de manganês na mandioca consumida no MS é 5 vezes maior do que a referida na TACO, sendo que esta diferença de concentração provavelmente reflete as condições ácidas do solo e rico em manganês.

O nível de alumínio no presente estudo foi de 1,53 mg/kg \pm 0,001 na amostra úmida e de 185,72 mg/kg \pm 0,001 da amostra seca de mandioca. Assim como na batata inglesa e na batata doce, o valor encontra-se acima do que é preconizado pela legislação internacional, que é 0,51 mg/kg da parte comestível do alimento (ATSDR, 2014). A legislação brasileira não se pronunciou quanto ao limite máximo do metal. Diante desse resultado é importante ressaltar que o solo de Mato Grosso do Sul possui características específicas do cerrado brasileiro, tendo baixo pH e altas concentrações de alumínio, o que pode alterar as concentrações nos vegetais (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

No Brasil, um estudo realizado no Paraná e em São Paulo, foi encontrado uma média de 0,05 mg/kg de cromo na parte comestível da mandioca. O nível dosado de cromo no presente estudo foi de 0,08 mg/kg \pm 0,0002 na amostra úmida e de 9,10 mg/kg \pm 0,0003 na amostra seca. No que concerne à legislação brasileira, o LMCIA é de 0,10 mg/kg da parte comestível de alimento, porém ainda não há na legislação internacional que regulamente o os níveis máximos permitidos de cromo. Foi observado que a mandioca consumida no MS possui concentração de cromo semelhante ao valor encontrado nos outros estados e também está abaixo do LMCIA tolerado pela legislação brasileira, assim como a batata inglesa e a batata doce estudada nesta pesquisa. Isso confirma mais uma vez a ausência de contaminação no solo de plantio do MS.

Um estudo realizado em 2010 na Nigéria apontou uma concentração de 0,89 mg/kg de cádmio em matéria seca (EKEANYANWU, OPIA e ETIENAJIRHEVWE, 2010). Já no Brasil, os valores para o cádmio em mandioca não foram encontrados. O nível do cádmio no presente estudo foi de 0,01 mg/kg \pm 0,0001 na amostra fresca e de 0,61 mg/Kg \pm 0,0001 da amostra seca da mandioca. O valor ficou dentro do limite aceitável baseado na legislação. De acordo com normas internacionais estabelecidas pela FAO/WHO em 2005 e a legislação brasileira, o LMCIA de cádmio permitido em raízes e tubérculos é de 0,10 mg/Kg de alimento fresco. Observa-se que a mandioca consumida no MS possui uma concentração de cádmio menor do 10 vezes menor do que o LMCIA tolerado pela legislação brasileira.

Um trabalho realizado na Nigéria constatou o nível de 0,60 mg/kg de níquel no peso seco da amostra de mandioca (EKEANYANWU, OPIA e

ETIENAJIRHEVWE, 2010). O nível do níquel no presente estudo foi de 0,16 mg/kg \pm 0,002 na amostra úmida e de 19,12 mg/kg \pm 0,002 no material seco. A legislação internacional não faz referência ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de níquel, porém a FNB/IOM nos Estados Unidos, propõem o nível máximo de ingestão tolerado de níquel por faixa etária, sendo para adultos 1,0 mg/dia (DRI, 2001). No Brasil, o LMCIA é de 5 mg/kg da parte comestível de qualquer alimento. Foi observado que a mandioca consumida no MS possui concentração 31 vezes menor que o tolerado pela legislação brasileira.

O nível do cobalto no presente estudo foi de 0,03 mg/kg \pm 0,0002 na amostra úmida e de 3,95 mg/kg \pm 0,0002 na amostra seca. As legislações internacional e brasileira não fazem referencia ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de cobalto.

O nível do molibdênio no presente estudo foi de 0,05 mg/kg \pm 0,0001 na amostra úmida e de 6,07 mg/kg \pm 0,0001 na matéria seca. As legislações internacional e nacional não trazem valores específicos do LMCIA de molibdênio, porém a FNB/IOM estipulou uma recomendação alimentar diária de 45 μ g/dia (0,045 mg/d) na população adulta e o nível máximo de ingestão tolerado de 2 mg/d (DRI, 2001). Assim como tantas vezes mencionado, ao comparar os resultados obtidos com a média de ingestão diária recomendada, podem-se considerar baixa a concentração do elemento encontrado na mandioca.

5.4 Inhame

A TACO apresenta a concentração de 11 mg/100g (110 mg/kg) de magnésio na parte comestível (amostra úmida) do inhame (TACO, 2011). O nível do magnésio no presente estudo foi de 174,5 mg/kg \pm 0,3 na amostra úmida e de 25897,89 \pm 0,3 na matéria seca. A legislação americana preconiza a recomendação alimentar diária de 420 mg/dia (DRI, 2001) O valor encontrado no presente estudo esteve dentro da média nacional e 2,4 vezes menor do que a recomendação de ingestão diária.

Na Nigéria, a concentração de zinco presente na amostra seca do inhame foi de 1,21 mg/kg (EKEANYANWU, OPIA e ETIENAJIRHEVWE, 2010) e na China a concentração foi de 13,2 mg/kg na amostra úmida (ZHUANG, *et al.*, 2009). Em um estudo brasileiro realizado no MS, a média da concentração de zinco na matéria úmida variou de 2,70 a 6,86 mg/kg de acordo com as diferentes variedades estudadas (FILHO, RAMOS e HIANE, 1997). A TACO apresenta a concentração de 0,20 mg/100g (2 mg/kg) de zinco na parte comestível do inhame (TACO, 2011). O nível do zinco no presente estudo foi de 3,43 mg/kg \pm 0,001 na amostra úmida e de 508,31 mg/kg \pm 0,001 na amostra seca. A legislação americana preconiza 15 mg/porção (aproximadamente 100 g do alimento *in natura*). No Brasil, o limite máximo tolerado é de 50 mg/kg da parte comestível de qualquer alimento. Observa-se que a concentração de zinco no inhame do presente estudo superou em 1,7 vezes a relatada na TACO e ficou na média mostrada pelo trabalho feito no MS em 1997. No entanto, a tuberosa do presente estudo não atingiu o LMCIA tolerado pela legislação.

Na China, um estudo apontou uma concentração de cobre de 2,83 mg/kg na amostra úmida do inhame (ZHUANG, *et al.*, 2009). A legislação internacional da China limita conteúdo máximo permitido nos alimentos de 10 mg/kg de alimento fresco. Em um estudo brasileiro realizado no estado do MS em 1997, a média da concentração de cobre na massa fresca da amostra variou de 2,58 a 3,69 mg/kg de acordo com as diferentes variedades estudadas (FILHO, RAMOS e HIANE, 1997). Já a TACO apresenta a concentração de 0,06 mg/100g (0,6 mg/kg) de cobre na parte comestível do inhame (TACO, 2011). O nível do cobre no presente estudo foi de 1,40 mg/kg \pm 0,003 na amostra úmida e de 207,78 mg/kg \pm 0,003 na amostra seca. No Brasil, o LMCIA é de 30 mg/kg da parte comestível de qualquer alimento, sendo este valor 3 vezes maior do que o tolerado pela legislação chinesa. A concentração de cobre no inhame do presente estudo possui uma concentração 2 vezes maior do que a apresentada pela TACO e 2 vezes menor do que a concentração verificada no estudo realizado no MS em 1997. Contudo, vale ressaltar que a concentração verificada no presente estudo não atingiu o limite máximo tolerado pela legislação.

Na Nigéria, a concentração de ferro presente na amostra seca do inhame foi de 0,60 mg/kg (EKEANYANWU, OPIA e ETIENAJIRHEVWE, 2010). No estudo brasileiro realizado no estado do MS, a média da concentração de ferro na massa fresca da amostra variou de 3,87 a 5,41 mg/kg de acordo com as diferentes variedades estudadas (FILHO, RAMOS e HIANE, 1997). Já a TACO apresenta a concentração de 0,2 mg/100g (2 mg/Kg) de ferro na parte comestível do inhame (TACO, 2011). O nível do ferro no presente estudo foi de 3,7 mg/kg \pm 0,01 na amostra úmida e na amostra seca de 549,12 mg/kg \pm 0,01. A legislação internacional não faz referência ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de ferro, porém a FNB/IOM

nos Estados Unidos, propõem o nível máximo de ingestão tolerado de ferro por faixa etária, sendo para adultos 45 mg/dia (DRI, 2001) e a recomendação diária de ingestão de 8 e 18 mg/dia para homens e mulheres respectivamente. No Brasil, não há LMCIA estabelecido para alimentos. Observa-se que o inhame do presente estudo possui uma concentração 1,8 vezes maior do que a apresentada pela TACO e se mantém na média encontrada no estudo realizado no MS em 1997. Neste caso, como já mencionado diversas vezes, deve-se levar em consideração que o solo do cerrado é ácido e rico em ferro (KOCHIAN, 1995).

Em um estudo brasileiro realizado no estado do MS, a média da concentração de manganês na massa fresca da amostra variou de 1,58 a 3,96 mg/kg de acordo com as diferentes variedades estudadas (FILHO, RAMOS e HIANE, 1997). A TACO apresenta a concentração de 0,01 mg/100g (0,1 mg/kg) de parte comestível do inhame (TACO, 2011). O nível do manganês no presente estudo foi de 0,12 mg/kg \pm 0,001 na amostra úmida e de 839,23 mg/kg \pm 0,002 na amostra seca. A legislação internacional não faz referência ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de manganês, porém a FNB/IOM nos Estados Unidos, propõem o nível máximo de ingestão tolerado de manganês por faixa etária, sendo para adultos 11 mg/dia (DRI, 2001) e a ingestão diária de 2,3 e 1,8 mg/dia para homens e mulheres respectivamente. No Brasil, não há LMCIA estabelecido para alimentos. Assim como tantas vezes mencionado, ao comparar os resultados obtidos com a média de ingestão diária recomendada, podem-se considerar baixa a concentração do elemento encontrado no inhame.

O nível dosado de alumínio foi de $1,95 \text{ mg/kg} \pm 0,002$ na amostra úmida e de $288,66 \pm 0,002 \text{ mg/kg}$ de peso seco. O valor encontra-se acima do que preconiza a legislação internacional que é de $0,51 \text{ mg/kg}$ na parte comestível do alimento (ATSDR, 2014). A legislação brasileira não se pronunciou quanto ao limite máximo do metal. Observa-se que a concentração encontrada para o inhame consumido no MS é quase 4 vezes maior que o preconizado pela legislação. As causas desta concentração podem ser semelhantes aos relatados anteriormente em relação a batata inglesa, batata doce e na mandioca.

O nível de cromo no presente estudo foi de $0,03 \text{ mg/kg} \pm 0,002$ na amostra úmida e de $4,34 \text{ mg/kg} \pm 0,0002$ na amostra seca. No que concerne à legislação brasileira, o conteúdo máximo permitido nos alimentos em geral é de $0,10 \text{ mg/kg}$ na parte comestível do alimento, porém ainda não há na legislação internacional os níveis máximos permitidos de cromo. Observa-se que a concentração de cromo no inhame consumido em MS encontra-se 3 vezes menor do que o máximo permitido pela legislação, assim como na batata inglesa, batata doce e mandioca consumidos no MS.

Essumang *et al.*, dosaram o cádmio presente no inhame produzido em 2 comunidades em Gana. Os dados mostraram uma variação extremamente alta do mineral: de 27 a 89 mg/kg em matéria úmida. Segundo os pesquisadores, o solo de cultivo no país está com alto nível de contaminação, uma vez que Gana realiza a extração do ouro (ESSUMANG *et al.*, 2007). Já na Nigéria, outra pesquisa mostra que valor da concentração foi de $0,33 \text{ mg/kg}$ em matéria seca, sendo que este valor está dentro do limite permitido (EKEANYANWU, OPIA e ETIENAJIRHEVWE, 2010).

Já no Brasil não foram encontrados valores para o cádmio no inhame. O nível do cádmio no presente estudo foi de $0,02 \text{ mg/kg} \pm 0,0001$ na amostra úmida e de $2,30 \text{ mg/kg} \pm 0,0001$ da amostra seca, respeitando os limites máximos de contaminantes. De acordo com normas internacionais estabelecidas pela FAO/WHO em 2005 e a legislação brasileira, o limite máximo de cádmio permitido em raízes e tubérculos é de $0,10 \text{ mg/kg}$ de alimento fresco. Foi observado que o inhame consumido no MS possui níveis abaixo do limite máximo de contaminantes estabelecidos pela legislação brasileira.

Um trabalho realizado na Nigéria constatou nível de $0,10 \text{ mg/kg}$ de níquel no inhame (peso seco) (EKEANYANWU, OPIA e ETIENAJIRHEVWE, 2010). O nível do níquel no presente estudo foi de $0,01 \text{ mg/kg} \pm 0,001$ na amostra úmida e $1,78 \text{ mg/kg} \pm 0,001$ no material seco. A legislação internacional não faz referência ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de níquel, porém a FNB/IOM nos Estados Unidos, propõem o nível máximo de ingestão tolerado de níquel por faixa etária, sendo para adultos $1,0 \text{ mg/dia}$ (DRI, 2001). No Brasil, o limite máximo tolerado é de 5 mg/kg da parte comestível de qualquer alimento. Observa-se que no inhame consumido no MS a concentração de níquel encontra-se 500 vezes menor do que o limite estabelecido pela legislação brasileira.

O nível do cobalto no presente estudo foi de $0,015 \text{ mg/kg} \pm 0,0001$ na amostra úmida e de $2,19 \text{ mg/kg} \pm 0,0001$ na amostra seca. As legislações internacional e brasileira não fazem referencia ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de cobalto.

O nível do molibdênio no presente estudo foi de $0,05 \text{ mg/kg} \pm 0,0002$ na amostra úmida e de $6,98 \text{ mg/kg} \pm 0,0002$ na matéria seca. As legislações internacional e nacional não trazem valores específicos do conteúdo máximo permitido nos alimentos de molibdênio, porém a FNB/IOM estipulou uma recomendação alimentar diária de $45 \text{ } \mu\text{g/dia}$ ($0,045 \text{ mg/d}$) na população adulta e o nível máximo de ingestão tolerado de 2 mg/d (DRI, 2001). Assim como tantas vezes mencionado, ao comparar os resultados obtidos com a média de ingestão diária recomendada, podem-se considerar baixa a concentração do elemento encontrado no inhame.

5.5 Taro

Um estudo de 2014 na Espanha, aponta uma concentração de $364,5 \text{ mg/kg}$ de magnésio na matéria úmida (LUIZ-GONZÁLEZ *et al.*, 2014). Em um estudo brasileiro realizado no estado do MS, a média da concentração de magnésio na massa úmida variou de 190 a 460 mg/kg , de acordo com as diferentes variedades estudadas (FILHO, RAMOS e HIANE, 1997). A TACO apresenta a concentração de 29 mg/100g (290 mg/kg) de parte comestível do taro (TACO, 2011). O nível do magnésio presente neste estudo foi de $80 \text{ mg/Kg} \pm 0,01$ na amostra úmida e de $29773 \pm 0,01$ na matéria seca. A legislação americana preconiza a recomendação alimentar diária de 420 mg/dia (DRI, 2001). O valor encontrado no presente estudo $3,5$ vezes abaixo da apresentada pela TACO e $5,7$ vezes menor do que a apresentada no estudo de 1997 no MS.

Na China a concentração do zinco variou de $13,2$ a $48,10 \text{ mg/kg}$ na amostra úmida (ZHUANG, *et al.*, 2009). A China exige uma concentração máxima de 20 mg/kg de parte comestível do alimento. Em um estudo brasileiro no estado do MS, a

média da concentração de zinco na massa úmida variou de 2,70 a 6,86 mg/kg de acordo com as diferentes variedades estudadas (FILHO, RAMOS e HIANE, 1997). A TACO apresenta a concentração de 0,20 mg/100g (2 mg/kg) na parte comestível do taro (TACO, 2011). O nível do zinco no presente estudo foi de 2,13 mg/kg \pm 0,002 na amostra úmida e de 790,84 mg/kg \pm 0,002 na amostra seca. No Brasil, o LMCIA para o zinco é de 50 mg/kg da parte comestível de qualquer alimento. A concentração de zinco no presente estudo foi semelhante ao estudo realizado no MS em 1997, e também a relatada pela TACO, sendo que a concentração ficou 23 vezes menor do que o limite máximo tolerado na legislação brasileira.

Na China a concentração de cobre no taro variou de 2,48 a 3,13 mg/kg na amostra úmida (ZHUANG, *et al.*, 2009). A legislação internacional da China preconiza o LMCIA de 10 mg/kg da parte comestível do alimento. No estudo brasileiro realizado no estado do MS, a média da concentração de cobre na massa úmida variou de 2,58 a 3,69 mg/kg, de acordo com as diferentes variedades estudadas (FILHO, RAMOS e HIANE, 1997). A TACO apresenta a concentração de 0,17 mg/100g (1,7 mg/kg) da parte comestível do taro (TACO, 2011). O nível do cobre no presente estudo foi de 0,65 mg/kg \pm 0,001 na amostra úmida e de 241,91 mg/kg \pm 0,001 na amostra seca. No Brasil, o LMCIA para o cobre é de 30 mg/kg da parte comestível de qualquer alimento, valor 3 vezes maior do que o tolerado pela legislação chinesa. Observa-se no presente estudo que a concentração de cobre no taro, ficou abaixo LMCIA permitido pela legislação, e quando comparado ao trabalho realizado no MS em 1997, a concentração apresentou-se 5,5 vezes menor neste trabalho.

Um estudo de 2014 na Espanha, aponta uma concentração de 3818 mg/kg de ferro na matéria seca do taro (LUIZ-CONZÁLEZ *et al.*, 2014). No estudo brasileiro realizado no estado do MS, a média da concentração de ferro na massa úmida variou de 3,87 a 5,41 mg/kg de acordo com as diferentes variedades estudadas (FILHO, RAMOS e HIANE, 1997). Na TACO, a concentração de ferro foi de 0,4 mg/100g (4 mg/Kg) da parte comestível do taro (TACO, 2011). O nível do ferro no presente estudo foi de 2,28 mg/kg \pm 0,006 na amostra úmida e de 846,67 mg/kg \pm 0,006 na amostra seca. A legislação internacional não faz referência ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de ferro, porém a FNB/IOM nos Estados Unidos, propõem o nível máximo de ingestão tolerado de ferro por faixa etária, sendo para adultos 45 mg/dia (DRI, 2001) e a recomendação diária de ingestão de 8 e 18 mg/dia para homens e mulheres respectivamente. No Brasil, não há LMCIA estabelecido. Observa-se no presente estudo que a concentração de ferro foi 1,4 vezes menor do que a apresentada pela TACO e, aproximadamente 2 vezes menor do que a apresentada no estudo de 1997 no MS. Deve-se levar em consideração a acidez do solo onde a tuberosa foi produzida (KOCHIAN, 1995).

Um estudo de 2014 na Espanha aponta uma concentração de 1408 mg/kg de manganês na matéria seca do taro (LUIZ-CONZÁLEZ *et al.*, 2014). No estudo brasileiro realizado no estado do MS, a média da concentração de manganês na massa úmida variou de 1,58 a 3,96 mg/kg, de acordo com as diferentes variedades estudadas (FILHO, RAMOS e HIANE, 1997). A TACO apresenta concentração de 0,15 mg/100g (1,5 mg/kg) de manganês na parte comestível do taro (TACO, 2011). O nível do elemento no presente estudo foi de 2,26 mg/kg \pm 0,002 na amostra úmida e de 839,23 mg/kg \pm 0,002 na amostra seca. A legislação internacional não faz

referência ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de manganês, porém a FNB/IOM nos Estados Unidos, propõem o nível máximo de ingestão tolerado de manganês por faixa etária. No Brasil, não há LMCIA estabelecido pela legislação. Observa-se neste estudo que a quantidade dosada de manganês na amostra foi 1,5 vezes maior do que a apresentada na TACO, porém, manteve-se na média da concentração apresentada no estudo de 1997 no MS.

Na China, um estudo apontou a média de concentração de 0,001 a 0,71 mg/kg de cádmio na amostra úmida no taro. O autor justifica que no país existem terrenos baldios que sofreram atividades mineradoras e que não tiveram tratamento adequado. Outro agravante é que há locais que ainda possuem atividades de mineração, porém estão sem qualquer tratamento adequado desde o início de 1970, contaminando, assim, aproximadamente 83 comunidades no país (ZHUANG, *et al.*, 2009). Um estudo de 2014 na Espanha, aponta uma concentração de 0,003 mg/kg de matéria úmida (LUIZ-GONZÁLEZ *et al.*, 2014). Já no Brasil, os valores para o cádmio no taro não foram encontrados. O nível do cádmio no presente estudo foi de 0,12 mg/kg \pm 0,0001 na amostra fresca e de 43,73 mg/kg \pm 0,0001 na amostra seca. De acordo com normas internacionais estabelecidas pela FAO/WHO em 2005 e a legislação brasileira, o limite máximo de cádmio permitido em raízes e tubérculos é de 0,10 mg/kg de alimento fresco. No presente estudo, o cádmio encontrou-se limítrofe. Um dos motivos para esse achado pode ser traços de inseticidas ou fungicidas empregados durante o cultivo, contudo isto não deve ser um fato importante, posto que outras culturas também são expostas a este tipo de tratamento e não apresentaram aumento de cádmio. Outra possibilidade que não deve ser excluída, apesar de parecer absurda, é o fato de que no Brasil, alguns

produtores acreditam que enterrar baterias feitas com cádmio próximo as raízes dos vegetais possa “dar força” para seu desenvolvimento (BRAGANÇA; MELNIKOV e ZANONI, 2012).

O nível dosado de alumínio foi de 2,90 mg/kg \pm 0,001 amostra úmida e de 1079,27 \pm 0,001 mg/kg na amostra seca. O valor encontra-se bem acima do que preconiza a legislação internacional, de 0,51 mg/kg da matéria úmida (ATSDR, 2014). A legislação brasileira não se pronunciou quanto ao limite máximo do metal. Observa-se que a concentração encontrada para o taro consumido no MS é 5 vezes maior que o preconizado pela legislação. As causas desta concentração podem ser semelhantes aos relatados anteriormente em relação a batata inglesa, batata doce e na mandioca.

Um estudo de 2014 na Espanha, aponta uma concentração de 0,044 mg/kg de cromo e matéria úmida do taro (LUIZ-CONZÁLEZ *et al.*, 2014). O nível de cromo no presente estudo foi de 0,41 mg/kg \pm 0,0001 na amostra úmida e de 152,59 mg/kg \pm 0,0001 na amostra seca. No que concerne à legislação brasileira, o conteúdo máximo permitido nos alimentos em geral é de 0,10 mg/kg de alimento fresco, porém ainda não há na legislação internacional os níveis máximos permitidos de cromo. Observa-se que a concentração do presente estudo foi 9 vezes maior da apresentada na literatura estrangeira. As causas desta concentração elevada devem ser investigadas posteriormente em outros estudos.

Um estudo de 2014 na Espanha, aponta uma concentração de 0,021 mg/kg de níquel na matéria úmida do taro (LUIZ-CONZÁLEZ *et al.*, 2014). O nível do

níquel no presente estudo foi de 0,09 mg/kg \pm 0,0001 na amostra úmida e de 31,63 mg/kg \pm 0,0001 no material seco. A legislação internacional não faz referência ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de níquel, porém a FNB/IOM nos Estados Unidos, propõem o nível máximo de ingestão tolerado de níquel por faixa etária, sendo para adultos 1,0 mg/dia (DRI, 2001). No Brasil, o LMCIA é de 5 mg/Kg da parte comestível de qualquer alimento. Observa-se que a concentração do níquel é 55 vezes menor no taro consumido no MS, sendo abaixo do LMCIA.

O nível do cobalto no presente estudo foi de 0,04 mg/kg \pm 0,0002 na amostra úmida e na amostra seca de 16,47 mg/kg \pm 0,0002. As legislações internacional e brasileira não fazem referencia ao conteúdo máximo permitido nos alimentos de cobalto.

O nível do molibdênio conforme o presente estudo foi de 0,22 mg/kg \pm 0,0003 na amostra úmida e de 80,01 mg/kg \pm 0,0003 na matéria seca. As legislações internacional e nacional não trazem valores específicos do conteúdo máximo permitido nos alimentos de molibdênio, porém a FNB/IOM estipulou a recomendação alimentar diária de 45 μ g/dia (0,045mg/d) na população adulta e o nível máximo de ingestão tolerado de 2 mg/d (DRI, 2001). Assim como tantas vezes mencionado , ao comparar os resultados obtidos com a média de ingestão diária recomendada, podem-se considerar baixa a concentração do elemento encontrado no taro.

Um estudo realizado na Jamaica em 2005 mostra a média da concentração de cádmio em matéria úmida das mesmas tuberosas presentes neste trabalho: batata inglesa, batata doce, mandioca, inhame e taro. Os pesquisadores afirmaram

que o material foi coletado em local onde o solo de plantio foi classificado como “não contaminado”. A média da concentração de cádmio da amostra úmida na Jamaica foi de 0,2 mg/kg. Este valor está 2 vezes acima do LMCIA preconizado pela FAO/OMS e legislação brasileira, que é de 0,10 mg/kg da parte comestível do alimento. O autor justifica que o solo da Jamaica Central possui alto teor de cádmio (concentração de 409 mg/kg) quando comparado ao que é preconizado pelo *guideline* canadense (concentração de 1,4 mg/kg). O autor enfatiza a importância deste tipo de estudo, pois mesmo não havendo qualquer tipo de fonte contaminante ao solo, é indispensável o conhecimento da qualidade do mesmo onde há a atividade de cultivo (HOWE *et al.*, 2005). A média da concentração de cádmio nas 5 hortaliças tuberosas deste estudo foi de 0,04 mg/kg nas amostras úmidas, ou seja a concentração de cádmio nas tuberosas consumidas no MS está 5 vezes menor quando comparadas a media das consumidas na Jamaica.

Como já mencionado, a concentração de metais nas tuberosas depende de diversos fatores como, composição e características do solo, a utilização de fertilizantes ou fungicidas, as fontes hídricas empregadas na irrigação, assim como os diferentes métodos analíticos utilizados.

Outro ponto importante a ressaltar é que o inhame (também chamada de cará) e o Taro (também conhecido como inhame) que possuem características físicas semelhantes e que, conseqüentemente, geram confusões quanto a espécie e variedade, a partir deste estudo, podem ser diferenciadas pelas suas características nutricionais quanto a composição dos elementos químicos.

Sem dúvida, o conhecimento da composição de alimentos consumidos no MS é um elemento básico para ações de orientação nutricional, ampliando e

complementando os dados já existentes em relação as hortaliças tuberosas presentes no MS, dando suporte adequado para a conduta nutricional.

6 CONCLUSÕES

1. Foram mensuradas e comparadas com dados nacionais e internacionais as concentrações de magnésio, zinco, cobre, ferro, manganês, alumínio, cromo, cádmio, níquel, cobalto e molibdênio em batata inglesa, batata doce, mandioca, inhame e taro.
2. Foi mostrado que a batata inglesa, batata doce, mandioca, inhame e taro que estão disponíveis no Mato Grosso do Sul respondem plenamente aos requerimentos dos principais minerais para a dieta cotidiana.
3. As concentrações encontradas para alumínio, cromo, cádmio, níquel, cobalto e molibdênio preenchem nichos informáticos no que diz respeito a seu conteúdo nas tuberosas estudadas e podem ser incluídos nas bases de dados nutricionais da TACO.
4. Dentre os tubérculos, o taro, seguido do inhame, foi evidenciado como a fonte mais abundante de minerais bioativos, e portanto o seu futuro uso como componentes de dietas devem ser incentivados.
5. Os dados quantitativos obtidos fornecem sólido suporte para o nutricionista local escolher os alimentos adequados na elaboração prática do plano alimentar do paciente.

REFERÊNCIAS

AGERTT F; CRIPPA AC; LORENZONI PJ; SCOLA RH; BRUCK I; SILVADO CE; WERNECK LC. Menkes' disease case report. Arch. Neuropsych, 65:157-60, 2007.

AGRIANUAL. Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2009.

ALMEIDA AM. Determinação voltamétrica de molibdênio (VI) utilizando um sistema ternário homogêneo de solventes. Dissertação doutorado. Universidade Estadual de Campinas. 120, 2003.

ANDERSON KA; MAGNUSON BA; TSCHIRGI ML; SMITH B. Determining the geographic origin of potatoes with trace metal analysis using statistical and neural network classifiers. J Agric Food Chem. 47(4):1568-75, 1999.

ANDREWS NC. - Disorders of iron metabolism. N Engl J Med. 341:1986-95, 1999

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS: Brazilian Vegetable Yearbook, Gazeta, Santa Cruz do Sul, 2010.

ANUÁRIO Mineral Brasileiro (1997-2006). Brasília: DNPM. 2006.

ASCHNER J; ASCHNER M. Nutritional aspects of manganese homeostasis. Trace Elem Human Helth. 26:353-62, 2005.

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for zinc. Atlanta: ATSDR, 2005

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for chromium. Atlanta, 2012.

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for aluminum. Atlanta: ATSDR, 2008.

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for aluminum. Atlanta: ATSDR, 2004.

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for copper. Atlanta, 272, 2004.

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for nickel. Atlanta: ATSDR, 2005.

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for cadmium. Atlanta: ATSDR, 2008

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for manganese. Atlanta: ATSDR, 2008.

AZEVEDO F A; da MATTA CAA; Metais, gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Atheneu, Inter Tox, 2003.

BALANÇO Mineral Brasileiro. Brasília: DNPM. 2001.

BEATTY R. Copper. Ed. Marshall Cavendish, 2001.

BERTHON G. Aluminium speciation in relation to aluminium bioavailability, metabolism and toxicity. Coord. Chem Rev. 228:319-41, 2002.

BODGEN JD; KLEVAY LM. Clinical nutrition of the essential trace elements and minerals: the guide for health professionals. Springer, 2000.

BRAGANÇA VC; MELNIKOV P; ZANONI LC, Trace elements in different brands of yerba mate tea. Biol Trace Elem Res. 144:1197-204, 2011.

BRAGANÇA VC; MELNIKOV P; ZANONI LC. Trace elements in fruit juices. Biol Trace Elem Res. 146:256-61, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2014. Acessado em 01/12/2014. <http://www.prohort.conab.gov.br/index.php?pag=10>

BRUYN GW; KLAWANS HL. Wilson's disease. In: Handbook of Clinical Neurology. V.49, Amsterdam: Elsevier, 1987.

BUNKER V; LAWSON M; DELVES H; et al. The uptake and excretion of chromium by the elderly. Am J Clin Nutr. 39:797-802, 1984.

CARDOSO LMN. Ecotoxicologia do cádmio e seus compostos. Série Cad Ref Ambient. v6, 2001.

CARLISLE EM. Silicon. In: O'DELL; BOYD L; SUNDE RA. Handbook of nutritionally essential minerals. New York: Marcel Dekker, 1997.

CDC- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. USA government. Cobalt, 2014. Acessado em 28/11/2014. Disponível em: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/cobalt/>

CEASA. Central de Abastecimento de Mato Grosso do sul. Acessado em 12/10/2014. Disponível em: <http://www.ceasa.ms.gov.br/empresa.htm>.

CENI CG; COLET R; PERUZZOLO M; WITSCHINSKI F; TOMICKI L; BARRIQUELLO AL; VALDUGA E. Avaliação de Componentes Nutricionais de Cultivares de Mandioca (*Manihot Esculenta CRANTZ*). Alim Nutr. 20(1):107-11, 2009.

CEREDA MP (Coord.) Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas, São Paulo: Fundação Cargill, 2002

CHANEY RL; REEVES PG; RYAN JA; SIMMONS RW; WELCH RM; ANGLE JS. An improved understanding of soil Cd risk to humans and low cost methods to phytoextract Cd from contaminated soils to prevent soil Cd risks. *BioMetals*. 17:549–53, 2004.

COMINETTI C; BORTOLI M C; ABDALLA DSP; COZZOLINO SMF. Estresse oxidativo, selênio e nutrigenética. *Nutrire*. 36(3):131-53, 2011.

COUDRAY C; DEMIGNE C; RAYSSIGUIER Y. Effects of dietary fibers on magnesium absorption in animals and humans. *J Nutr*. 133:1–4, 2003.

COZZOLINO SMF; COMINETT C. Bases bioquímica e fisiológicas da nutrição: nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença. Barueri: Manole. 219-20, 2013.

CRISHTON RR. *Biological inorganic chemistry, Part 3*. Oxford: Elsevier, 2007.

CUNHA FF; GODOY AR; MUCHALAK SM; LIMA SF; LEAL AJF; BAIO FHR; GUAZINA RA. Produção de cultivares de batata em diferentes sistemas de irrigação. *Biosci J*. 30(1):55-64, 2014.

Decreto nº 55871, de 26 de março de 1965. D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 09 de abril de 1965.

DOMINGO JL; GÓMEZ M; COLOMINA MT. Oral silicon supplementation: an effective therapy for preventing oral aluminum absorption and retention in mammals. *Nutr Clin Care*. 69(1):45-51, 2011.

DRI – Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc, 2001. Acessado em: 28/11/2014. Disponível em: <http://fnic.nal.usda.gov/dietary-guidance/dri-reports/vitamin-vitamin-k-arsenic-boron-chromium-copper-iodine-iron-manganese>

DUARTE RPS; PASQUAL A. Avaliação do cádmio (Cd), chumbo (Pb), Níquel (Ni) e zinco (Zn) em solos, plantas e cabelos humanos. *Energia na Agricultura*, 15(1):43-51, 2000.

DUTRA-DE-OLIVEIRA JE. MARCHINI JS. *Ciências nutricionais*. ed 2. São Paulo: Sarvier, 1998.

EKEANYANWU CR; OPIA EE; ETIENAJIRHEVWE OF. Trace metals distribution in Some Common Tuber Crops and Leafy Vegetables Grown in the Niger Delta Region of Nigeria. *Pakistan J Nutr*. 9(10):957-61, 2010.

ELBAGERMI MA; EDWARDS HGM; ALAJTAL AI. Monitoring of heavy metal content in fruits and vegetables collected from production and market sites in the Misurata area of Libia. *ISRN Anal Chem*. 3-4, 2012.

Embrapa Mandioca e Fruticultura. *Sistemas de Produção*. Versão eletrônica ISSN 1678-8796. Jan/2003. Acesso em 07/10/2014.

http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_centrosul/cultivares.htm .

ERIKSON K; TOMPSON K; ASCHNER J; ASCHNER M. Manganese neurotoxicity: A focus on the neonate. *Pharmac & Tec*. 113:369–77, 2007.

ESSUMANG DK; DODOO DK; OBIRI S; YANEY JY. Arsenic, Cadmium, and Mercury in Cocoyam (*Xanthosoma sagittolium*) and watercocoyam (*Colocasia esculenta*) in Tarkwa a mining community. *Bull Environ Contam Toxicol*. 79(4):377-9, 2007.

Fernandes AM. Crescimento, produtividade, acúmulo e exportação de nutrientes em cultivares de batata (*Solanum tuberosum L.*). Dissertação mestrado em Agronomia. UNESP, Botucatu, SP, 2010.

FESTA MD; ANDERSON HL; DOWDY RP; ELLERSIECK MR. Effect of zinc intake on copper excretion and retention in men. *Am J Clin Nutr.* 41:285-92, 1985.

FILHO MMR; MARIA ISABEL LIMA RAMOS; PRISCILA AIKO HIANE. Avaliação química do inhame (*Colocasia esculenta* L. Schott) cultivado em solo alagadiço na região pantaneira de Mato Grosso. *CEPPA*, 15(2):175-86, 1997.

FINCH CA; HUEBERS H. Perspectives in iron metabolism. *N Engl J Med.*; 306:1520–28, 1982.

FNB/ IOM. FOOD AND NUTRITION BOARD, Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes. Washington, DC: National Academy Press. 420–41, 2001.

FNB/IOM. FOOD AND NUTRITION BOARD, Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes. Washington, DC: National Academy Press. 284–324, 2000.

FREITAS TCM de. O cromo na indústria de curtumes de Mato Grosso do Sul, Brasil: Aspectos ecológicos. Tese doutorado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2006.

GOMES MR; ROGERO MM; TIRAPEGUI J. Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico. *Rev Bras Med Esporte.* 11(5):263-4, 2005.

GOULLÉ J-P; MAHIEU L; CASTERMANT J; NEVEU N; *et al.* Metal and metalloid multi-elementary ICP-MS validation in whole blood, plasma, urine and hair, Reference values. *Forens Sci Intern.* 153:39–44, 2005.

GREENWOOD N. EARNSHOW A. *Chemistry of the elements*, Elsevier, 2002.

GROPPER SS; SMITH JL, GROFF JL. *Advanced Nutritional and Human Metabolism.* 5 ed, Belmont: Wadsworth, 488-510, 2009.

GUIMARÃES MA; SANTANA TA; SILVA EV; *et al.* Toxicidade e tolerância ao cádmio em planta. *Rev Tropical.* 3(1):58-68, 2008.

GUPTA S; VEER B; ANITHA ML; *et al.* Review: aluminium in Alzheimer's disease: are we still at a crossroad? *Cell Mol Life Sci.* 62:143-158, 2005.

HART E B; STEENBOCK H; WADDELL J. Iron nutrition. VII: Copper is a supplement to iron for hemoglobin building in the rat. *J Biol Chem.* 77:797–812, 1928.

HEALTH CANADA (2008). Ministério da Saúde Canadense. "Consumer Factsheet". Disponível em: www.hcsc.gc.ca

HOWE A; FUNG LH; LALOR G; RATTRAY R; VUTCHKOV M. Elemental composition of Jamaican foods 1: a survey of five food crop categories. *Environ Geochem Health.* 27(1):19-30, 2005.

HURRELL R; LYNCH S; TRINIDAD T; DASSENKO S; COOK J. Iron absorption in humans: Bovine serum albumin compared with beef muscle and egg white. *Am J Clin Nutr.* 47:102–7, 1988.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - GCEA/IBGE, DPE, COAGRO. Levantamento sistemático da produção agrícola, 2008. Acessado em: 20/10/ 2013. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200803_5.shtm.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola Municipal: Culturas Temporárias e Permanentes - 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2006/pam2006.pdf> Acessado em: 12/10/2013.

INFORME MINERAL DO CENTRO-OESTE. Departamento Nacional de Produção Mineral. Diretoria de Desenvolvimento e Economia Mineral. Brasília. v1, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). Procedimentos e determinações gerais. In: Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 1ed. digital. São Paulo, 2008.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. Encyclopaedia of occupational health and safety. Metals: chemical properties and toxicity. 4 ed. v3, Geneve: ILO,1997.

JABEEN R; AHJMAD A; IQBAL M. Phytoremediation of heavy metals: physiological and biochemical mechanisms. Bot Rev.75;339-64, 2009.

JANSEN S; WATANABE T; DESSEIN S; SMETS E; ROBBECHT E. A comparative study of metal levels in leaves of some Al-accumulating Rubiaceae. Ann Bot. 91(6):657-63, 2003.

JOHNSON J; WUEBBENS M; MANDELL R; SHIH V. Molybdenum cofactor deficiency in a patient previously characterized as deficient in sulfite oxidase. Biochem Med Metab Biol. 40:86–93,1988.

JUVÉ V; PORTELLI R; BOUERI M; BAUDELET M; YU J. Space-resolved analysis of trace elements in fresh vegetables using ultraviolet nanosecond laser-induced breakdown spectroscopy. Spectr Acta. Part B 63, 1047-53, 2008.

KEEN CL, ENSUNSA J, WATSON M, BALY D, DONOVAN S, MONACO M, CLEGG M. Nutritional aspects of manganese from experimental studies. Neurotoxicology. 20:213–3, 1999.

KENNETH UM; KERGER BD; PAUSTENBACH DJ, *et al.* Refined biokinetic model for humans exposed to cobalt dietary supplements and other sources of systemic cobalt exposure. Chemico-Biol Interact. 216:53-74, 2014.

KIRKILLIS CG; PASIAS; MINIADIS-MEIMAROGLOU S JN; THOMAIDIS NS; ZABETAKIS I. Concentration levels of trace elements in carrots, onions, and potatoes cultivated in asopos region, central greece. Anal Lett. 45(5-6):553-8, 2012.

KOCHIAN LV. Cellular mechanisms of aluminum resistance in plants. Ann Rev Plant Physiol. 46;237-60, 1995.

KOTZ L; KAISER GP; TSCHOPEL G; TOLG Z. Theory of sample preparation using acid digestion, pressure digestion and microwave digestion (microwave decomposition) Anal Chem. 260:207-9, 1972.

KRAUSKOPF KB. Introduction to Geochemistry. McGraw Hill, 1995.

LIMA IV. Ecotoxicologia do ferro e seus compostos. Cad Ref Ambient. 4:112, 2001.

LOPES CA; BUSO JA. Cultivo da batata (*Solanum tuberosum*). Embrapa Hortaliças, Brasília: instruções técnicas da Embrapa Hortaliças. 1997.

LORENZI JO; VALLE TL; MONTEIRO DA; PERESSIN VA; KANTHACK RAD. Variedades de mandioca para o estado de São Paulo. Campinas, IAC, 1996.

LUIS G; RUBIO C; GUTIÉRREZ AJ; GONZÁLEZ-WELLER D; REVERT C; HARDISSON A. Evaluation of metals in several varieties of sweet potatoes (*Ipomoea batatas L.*): comparative study. Environ Monit Assess. 186(1):433-40, 2014.

LUIS-GONZÁLEZ G; RUBIO C; GUTIÉRREZ A; GONZÁLEZ-WELLER D; REVERT C HARDISSON A .Essential and toxic metals in taros (*Colocasia esculenta*) cultivated in the Canary Islands (Spain): evaluation of content and estimate of daily intake. Environ Monit Assess. 187(1):4138, 2014.

MAFF. 1999. MAFF UK - 1997 Total diet study: Aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Joint Food Safety and Standards Group. Food Surveillance Information Sheet Number 191.

<http://archive.food.gov.uk/maff/archive/food/infosheet/1999/no191/191tds.htm>. June 06, 2006.

MAKSIMOVIC I; PUTNIK-DELIC M; ILIN Z; MIROSAVLJEVIC M. Essentiona (Cu and Zn) anda trace (Pb and Cd) heavy metals loads in onion and potato. Agroznanje. 13(1):113-22, 2012.

MARTINS I; LIMA IV. Ecotoxicologia do manganês e seus compostos. Cad Ref Ambient. Salvador. 7:18-42, 2001.

MELNIKOV P; FREITAS TCM. Evaluation of acute chromium (iii) toxicity in relation to daphnia similis. J Water Resour Protec. 3:127-130, 2011.

MELNIKOV P; MOURA AJC; PALHARES DB; FIGUEIREDO CSM. Zinc and copper in colostrum. Indian Pediatr. 44;355-7, 2007.

MESQUITA A S. Inhame na Bahia: a produção no caminho da competitividade. Rev Bahia Agrícola, Salvador. (4)2: 39-48, 2001.

MESQUITA AS. Inhame - *Dioscorea cayennensis* Lam. e taro *Colocasia esculenta* (L.) Schott. Cenários dos mercados brasileiro e internacional. In: Simpósio Nacional Sobre as Culturas do Inhame e do Taro. In: Anais. II Simpósio Nacional sobre as Culturas do Inhame e do Taro. II SINCIT. Paraíba, 1:215-238, 2002.

MILLER WJ. Zinc in animal and human health. In: ROSE J. Trace elements in health - a review of current issues. London:Butterworth. 182-9, 2001.

MILLS CF. Zinc in human biology. London:Springer-Verlag, 1989.

MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2004. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey. United States Government Printing Office, Washington, 2004.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. Secretaria de geologia, mineração e transformação mineral-sgm banco mundial banco internacional para a reconstrução e desenvolvimento – Bird. Consultor José Osaël Gonçalves de Farias, 2009.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – Mme. Secretaria De Geologia, Mineração E Transformação Mineral-Sgm Banco Mundial Banco Internacional Para A Reconstrução e Desenvolvimento – Bird. Consultor Luiz Felipe Quaresma, 2009.

MIZE C; JOHNSON J; RAJAGOPALAN K. Defective molybdopterin biosynthesis: Clinical heterogeneity associated with molybdenum cofactor deficiency. *J Inher Metab Dis.* 18:283–90, 1995.

MONTAGNAC JA; DAVIS CR; TANUMIHARDJO SA. Nutritional value of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement. *Comp Rev Food Sci Food Safety* . 8(3):181–94, 2009.

MONTALDO A. Cultivo de raízes y tubérculos tropicales. Lima: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas de La OEA. 1991.

MORIWAKI Y; YAMAMOTA T; HIGASHINO K. Distribution and pathophysiologic role of molybdenum-containing enzymes. *Histol Histopathol.* 12:513–24, 1997.

MOURA AP; FILHO MM; GUIMARÃES JA. MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manejo da resistência da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) a agrotóxicos utilizados em hortaliças. Circular Técnica, 2013.

NHMRC/NRMMC (2004). Conselho Nacional de Saúde e Pesquisa Médica/Conselho Ministerial para Gerenciamento de Recursos Naturais do Governo Australiano.

“Australian Drinking Water Guidelines 6”. Versão Eletrônica. Acessado em 11/11/2014. Disponível em:

http://www.nhmrc.gov.au/_files_nhmrc/publications/attachments/eh34_adwg_11_06.pdf

NOVOTNY AJ; TURNLUNDY JR. Molybdenum kinetics in men differs during molybdenum depletion and repletion. *J Nutr.* 136(4):953-7, 2006.

NOVOTNY JA; TURNLUND JR. Molybdenum intake influences molybdenum kinetics. *J Nutr.* 137:37–42, 2007.

NUNES JA; BATISTA BL; RODRIGUES JL CALDAS NM NETO JAG BARBOSA JR FA. A simple method based on ICP-MS for estimation of background levels of arsenic, cadmium, copper, manganese, lead and selenium of the Brazilian population. *J Toxicol Env Health.* 73:878-87, 2010.

OKIGBO RN. Mycoflora of tuber surface of White yam (*Dioscorea rotundata Poir*) and post harvest control of pathogens with *Bacillus subtilis*. *Mycopathology.* 156:81-5, 2002.

OLIVEIRA IP; COSTA KAP; SANTOS KJG; MOREIRA FP. Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado. *Rev Eletr Facul Montes Belos.* 1(1):01-12, 2005a.

OLIVEIRA MA; LEONEL M; CABELLO C; CEREDA MP; JANES DA. Metodologia para avaliação do tempo de cozimento e características tecnológicas associadas em diferentes cultivares de mandioca. *Cien Agrotecnol.* 29(1):126-33, 2005b.

OLIVEIRA SMR; BERTAGNOLLI D; BOHRER D; NASCIMENTO PC; POMBLUM SCG; ARANTES LC; BARROS EJG. Nível sérico de alumínio: influência da água e de alimentos ingeridos por pacientes com insuficiência renal crônica mantidos em hemodiálise. *J Bras Nefrol.* 27:101-9, 2005c.

OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, GENEVRA. Elementos traço na nutrição e saúde humanas. São Paulo, Roca, 1998.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). Procedimentos e determinações gerais. In: Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 1ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 83-158, 2008.

PEDRALLI G. *Diocoreaceae* e *Araceae*: Aspectos taxonômicos, etnobotânicos e espécies nativas com potencial para melhoramento genético. In: II simpósio nacional sobre as culturas do inhame e do taro. Anais. Paraíba. 2, 37-53, 2002.

PEÑA RM; GARCÍA S; IGLESIAS R; BARRO S; HERRERO C. Authentication of Galician (NW Spain) quality brand potatoes using metal analysis. Classical pattern recognition techniques versus a new vector quantization-based classification procedure. *Analyst*. 126(12):2186-93, 2001.

PHILLIPS TP; TAYLOR DS; SANI L; AKORODA MO. An industrial revolution in Nigeria: the potential for a new industrial crop. Rome: Food Agricult Org United Nations, 2004.

PIETRANGELO A. Hereditary hemochromatosis. *Ann Rev Nutr*. 26:251–70, 2006.

QUINTAES KD. Utensílio para alimentos e implicações nutricionais. *Rev Nutr*. 13:151-156, 2000.

RAGSDALE SW. Nickel and the carbon cycle. *J Inorg Biochem*. 284(28):18571-5, 2009.

RAMOS RF. Comparações produtiva, econômica e energética de sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de cultivo de batata-doce (*Ipomoea batatas*). Dissertação mestrado em Agronomia. UNESP, Botucatu, SP, 2004.

RDC - Resolução no- 42, de 29 de agosto de 2013. Diretoria colegiada da agência nacional de vigilância sanitária. Regulamento técnico mercosul sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos. DOU - Diário da União, Seção 1, Nº 168, 2013.

REFFITT DM, OGSTON N, JUGDAOHSINGH R, CHEUNG H, EVANS B, TOMPSON R, POWELL J, HAMPSON G. Orthosilicic acid stimulates collagen type 1

synthesis and osteoblastic differentiation in human osteoblastlike cells in vitro. *Bone*. 32:127–35, 2003.

REICHEL W. Assistência ao idoso, aspectos clínicos do envelhecimento: a doença de Alzheimer. Rio de Janeiro:Guanabara. 5ed, 1999.

REILLY, C. Selenium in food and health. London: Chapman & Hall. 1996.

SALAZAR RFS; AFONSO SS; SANTOS DG; OISHI SS; IZÁRIO FHJ. Determinação de oligoelementos (Cu, Fe, Zn) e contaminantes inorgânicos (Al, Cd, Ni, Pb) em hortaliças consumidas na cidade de Lorena. Em: X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento. *Rev Univap*, 13(24):34-7, 2006.

SANTOS ES. Comercialização do Inhame no Mercado do Nordeste Brasileiro. In CARMO CAS. Inhame e Taro. Sistemas de Produção Familiar. INCAPER, Espírito Santo, 127-35, 2002.

SCHILINGMAN KP; KONRAD M; SEYBERTH JW. Genetics of hereditary disorders of magnesium homeostasis. *Pediatr Nephrol*. 19(1):13-25, 2004.

SCHINTU M; MELONI P; CONTU A. Aluminium fractions in drinking water from reservoirs. *Ecotoxicol Environ Saf*. 46:29-33, 2000.

SECRETÁRIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA DO MINISTÉRIO DA SAÚDE, Brasil, Portaria n^o 33, de 13 de janeiro de 1998.

SEGHIZZI P; D'ADDA F; BORLERI D; BARBIC F; MOSCONI G. Cobalt cardiomyopathy. A critical review of the literature!. *Sci Tot Environ*. 150(1-3):105-9, 1994.

SEINER R; HESSE A. A influence of a mixed and vegetarian diet on urinary magnesium excretion and concentration. *Br J Nutr.* 73(5):783-90, 1995.

SELDEN AI; BERG N; SODERBERGH A; BERGSTROM B. Occupational molybdenum exposure and a gouty electrician. *Occup Med.* 55:145–48, 2005.

SHAND MA. Magnesia. In: *The chemistry and technology of Magnesia.* New Jersey, John Wiley & Sons, 2006.

SIMONSEN LO; HARBAK H, BENNEKOU P. Cobalt metabolism and toxicology—A brief update. *Sci Total Environ.* 432: 210–215, 2012.

SOUZA JP de. Toxicidade do cádmio em uma cadeia alimentar constituída por uma microalga (*Scenedesmus quadricauda*), um cladóceros (*Simocephalus serrulatus*) e um peixe (*Hyphessobrycon eques*). Tese de doutorado. Universidade Federal de São Carlos. 9-11, 2012.

STURNIOLO GC; MONTINO MC; ROSSETTO L; MARTIN A; D'INCA R; D'ODORICO A; NACCARATO R. Inhibition of gastric acid secretion reduces zinc absorption in man. *J Am Coll Nutr.* 10(4):372-5, 1991.

TACO: Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP. 4ed, Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011.

TORRE M; RODRIGUEZ AR; SAURA-CALIXTO F. Effects of dietary fiber and phytic acids in mineral availability. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 30:1-22, 1991.

TOXICOLOGICAL PROFILE FOR COBALT. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2004.

TURNLUND J; KEYES W; PEIFFER G; CHIANG G. Molybdenum absorption, excretion, and retention studied with stable isotopes in young men during depletion and repletion. *Am J Clin Nutr.* 61:1102–9, 1995.

USGS – U.S. GEOLOGICAL SURVEY. Aluminium statistics and information. Acessado em 26/11/2014. Disponível em:
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2012/myb3-2012-br.pdf>

WAISBERG M; JOSEPH P; HALE B; BEYERSMANN D. Molecular and cellular mechanisms of cadmium carcinogenesis. *Toxicology.*192:95-117, 2003.

WALKER FC; KORDAS K; STOLTZFUS RJ; BLACK RE. Interactive effects of iron and zinc on biochemical and functional outcomes in supplementation trials. *Am J Clin Nutr.* (5):82, 2005.

WATANABE T; OSAKI M. Mechanisms of adaptation to high aluminum condition in native plant species growing in acid soils: a review. *Communic Soil Sci Plant Analysis.* 33:1247-60, 2002.

WILLIAMS DM. Copper deficiency in humans. *Semin Hematol.* 20:118-28, 1983.

WILLIAMS TM. Diagenetic metal profiles in the recent sediments of Scottish freshwater loch. *Environmental Geology and waters Sciences.* 20:1-17, 1992.

WILLS MR; SAVORY J. Aluminum and chronic renal failure: sources, absorption, transport, and toxicity. *Crit Rev Clin Lab Sci.* 27(1):59-107, 1989.

WOLF FI; CITTADINI A. Chemistry and biochemistry of magnesium. *Mol Aspects Med.* 24(1-3):3-9, 2003.

ZÁRATE HNA; VIEIRA MC. Sustentabilidade das culturas do inhame e do taro na região Centro-Oeste do Brasil. In: CARMO, C. A. S. (Ed.). *Inhame e taro: sistemas de produção familiar.* Vitória: Incaper, 2002.

ZHUANG P; MCBRIDE MB; XIA H; LI N; LI Z. Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. *Sci Total Environ.* 15;407(5):1551-61, 2009.