



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA NUCLEAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TÉCNICAS NUCLEARES

PAULA MARIA BORGES DE SALLES

**SUPLEMENTOS ALIMENTARES: AVALIAÇÃO MULTIELEMENTAR E
INFLUÊNCIA DO CONSUMO POR PRATICANTES DE ATIVIDADE FÍSICA**

Belo Horizonte

2017

Paula Maria Borges de Salles

**SUPLEMENTOS ALIMENTARES: AVALIAÇÃO MULTIELEMENTAR E
INFLUÊNCIA DO CONSUMO POR PRATICANTES DE ATIVIDADE FÍSICA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Ciências e Técnicas Nucleares.

Área de Concentração: Ciências das Radiações

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Ângela de Barros Correia Menezes

Coorientador: Prof. Dr. Tarcísio Passos Ribeiro de Campos

Belo Horizonte

2017

S168s

Salles, Paula Maria Borges de.

Suplementos alimentares [manuscrito] : avaliação multielementar e influência do consumo por praticantes de atividade física / Paula Maria Borges de Salles. – 2017.

175 f., enc.: il.

Orientadora: Maria Ângela de Barros Correia Menezes.

Coorientador: Tarcísio Passos Ribeiro de Campos.

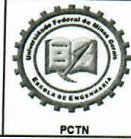
Tese (doutorado) Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Apêndices: f. 166-175.

Bibliografia: f. 124-165.

1. Engenharia nuclear - Teses. 2. Análise por ativação nuclear - Teses. 3. Cabelo - Teses. 4. Suplementos dietéticos - Teses. I. Menezes, Maria Ângela de Barros Correia. II. Campos, Tarcísio Passos Ribeiro de. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 621.039(043)



FOLHA DE APROVAÇÃO


Suplementos Alimentares: Avaliação Multielementar e Influência do Consumo por Praticantes de Atividade Física

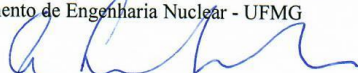
PAULA MARIA BORGES DE SALLES


Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS E TÉCNICAS NUCLEARES, como requisito para obtenção do grau de Doutor em CIÊNCIAS E TÉCNICAS NUCLEARES, área de concentração CIÊNCIAS DAS RADIAÇÕES.

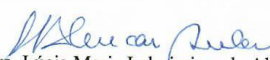
Aprovada em 29 de agosto de 2017, pela banca constituída pelos membros:


Dra. Maria Ângela de Barros Correia Menezes - Orientadora
PCTN - CDTN/CNEN


Prof. Tarcísio Passos Ribeiro de Campos - Coorientador
Departamento de Engenharia Nuclear - UFMG


Prof. Wagner Leite Araújo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia


Dr. Danilo Chagas Vasconcelos
Faculdade IPEMED de Ciências Médicas


Dra. Lúcia Maria Laboissiere de Alencar Auler
CDTN/CNEN


Prof. Renato Melo Ferreira
UFOP

Belo Horizonte, 29 de agosto de 2017.

AGRADECIMENTOS

Meu primeiro agradecimento é para Deus, por ter providenciado um caminho de sucessos compartilhando dele com pessoas tão incríveis, solícitas, amigas e dispostas a me ajudar de alguma maneira. Sou muito grata à Ele por ser digna de realizar muitos sonhos profissionais e pessoais durante essa jornada de construção da tese.

Agradeço à minha mãe, Maria José, por ser meu porto seguro, o amor da minha vida, para quem dedico sempre o meu trabalho, antes, durante e após a defesa da tese.

Ao meu pai, Paulo, que voltou a estudar depois de quase trinta anos, tornando-se Técnico em Segurança do Trabalho. Também ingressou na faculdade logo após a formatura. Tudo que ele sempre me ensinou sobre estudar e crescer profissionalmente pude vê-lo colocar em prática durante esses quatro anos.

À minha madrinha, Ré, por sempre acreditar em mim, me apoiar e se fazer presente em minha vida.

À minha família pelo apoio.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Maria Ângela Menezes, por ser mais do que uma simples professora e pesquisadora. Com ela tive a oportunidade de crescer como profissional e ser humano. Obrigada pelo apoio, pela paciência e pelo tempo a mim dedicado.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Tarcísio Passos Ribeiro de Campos, por sua contribuição científica durante o decorrer da tese.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares (PCTN/UFMG) pelo aprendizado.

Aos funcionários do PCTN/UFMG pela atenção, paciência e desempenho na realização das tarefas burocráticas.

Aos colegas do PCTN/UFMG pelo apoio, pela troca de conhecimento científico e experiências e pelas palavras amigas durante as dificuldades. Principalmente aos colegas Rodrigo e Igor pela contribuição para com o meu trabalho, auxiliando na realização dos cálculos elementares e estatísticos; à colega Sara pelo auxílio com as coletas dos biomonitores cabelo; e ao colega Wellington pelo apoio, auxílio com as análises estatísticas e contribuições científicas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro imprescindível para a realização da pesquisa.

Ao Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN) que tornou possível a execução das análises necessárias a partir do uso de suas instalações, permitindo também a análise por ativação neutrônica, método k_0 , utilizando o reator TRIGA MARK I IPR-R1.

Aos funcionários e servidores do CDTN/CNEN pela disponibilidade, atenção, carinho e disposição em ajudar: Lucinha, Olívia, Helena, Aimoré, Vagner, Juscelino, Dovenir, Roseli e Emílio. Agradeço imensamente a contribuição e participação.

Ao Dr. Radojko Jaćimović, pesquisador do *Jožef Stefan Institute*, Eslovênia, pela incrível contribuição acadêmica, proporcionando meu crescimento quanto ao conhecimento do método k_0 de análise por ativação neutrônica.

Aos colegas do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais do CDTN/CNEN, amigos que irei levar por toda vida. Agradeço em especial à Cláudia e Márcia pela amizade e ajuda incrível para o desenvolvimento da tese, principalmente com as coletas dos biomonitores, inclusive aos sábados bem cedinho. Também agradeço à Ana Clara, Jéssica e Raoni pela alegria, atenção e auxílio com a minha pesquisa.

À Raquel Barbosa e Roberta La Guardia pelo incrível apoio e interlocução para que fosse possível a coleta dos biomonitores cabelo dentre os grupos praticantes de atividade física.

Ao Prof. Dr. Fernando Vitor Lima, da Faculdade de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO/UFMG) por permitir a coleta dos biomonitores cabelo na Academia da faculdade da EEFFTO.

A todos os voluntários que participaram da pesquisa, muito obrigada!

À Iramar Tavares, professora de inglês, pelas excelentes revisões dos artigos publicados em periódicos internacionais.

Aos amigos queridos que pouco me encontraram durante esses quatro anos, mas mesmo assim sempre se fizeram presentes. Muito obrigada pela amizade, apoio e incentivo: Natália, Fernanda, Felipe, Henriqueta e Polly.

Ao querido Prof. Me. Eduardo, não só por sua competência científica e paciência digna de um mutante, agradeço pela companhia em mais uma jornada incrível e cheia de desafios. Mais do que um amigo, colega de profissão, orientador onipresente e inspiração para obtenção dos meus pontos CAPES. Não sei como teria sido essa caminhada sem o seu apoio e atenção, acreditando em mim quando eu mesma não acreditava mais. Muito obrigada!

Finalizo os meus agradecimentos para todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para o crescimento e desenvolvimento da tese. Seja como uma atitude concreta ou um pensamento positivo. Muito obrigada a todos!

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar, por meio do biomonitor cabelo, se há influência dos suplementos alimentares consumidos por indivíduos praticantes de exercícios físicos, em suas concentrações multielementares. A determinação multielementar dos suplementos e dos biomonitores foi realizada por análise por ativação neutrônica, método k_0 , aplicando a metodologia de amostras grandes. Para as análises, foi utilizado o reator TRIGA MARK I IPR-R1 localizado no CDTN/CNEN, Belo Horizonte. As concentrações obtidas em onze marcas de suplementos alimentares foram comparadas com os valores apresentados nos rótulos dos produtos analisados. As concentrações também foram comparadas com aquelas máximas previstas pelas legislações brasileiras vigentes e a valores recomendados por órgãos internacionais de saúde e segurança alimentar. Verificou-se que a maior parte dos suplementos não possui informações a respeito dos macro e micronutrientes que os constitui, em suas embalagens. As informações, quando presentes, em sua maioria diferem daquelas obtidas experimentalmente. Quanto à análise dos biomonitores, amostras de cabelos de três grupos distintos foram coletados: o grupo comparativo constituído por indivíduos sedentários, que não praticavam atividade física e não ingeriam suplementos; o grupo que praticava atividade física e não consumia suplementos; e o grupo que praticava atividade física e fazia uso de suplementos alimentares. Dentre os três grupos, o Zn foi o elemento comum a todas as amostras de biomonitores analisadas neste estudo. Os elementos Au, Br, Na e Zn foram detectados em todas as amostras do grupo comparativo; Au, Br, Cr e Zn nas amostras do grupo praticante de atividade física que não consumia suplementos; enquanto que Cr, Na e Zn foram detectados em todas as amostras de indivíduos que realizavam exercícios e faziam uso de suplementos. Ao se aplicar a análise de variância baseando-se nas concentrações elementares nos biomonitores, verificou-se, nesta amostragem, que os grupos que praticam atividade física eram similares independentemente de consumirem ou não de suplementos alimentares; entretanto, eram diferentes do grupo comparativo.

Palavras chave: análise por ativação neutrônica, k_0 -AANI, biomonitor, cabelo, suplementos alimentares

ABSTRACT

The purpose of this study was to verify if the consume of dietary supplements has been contributing to increase the content of essential and non-essential inorganic chemical elements in physically active individuals, evaluating hair as biomonitor. The neutron activation analysis, k_0 -method, using larger sample, was applied on multielementar concentration determination in dietary supplements and hair biomonitor using the TRIGA MARK I IPR-R1 reactor located at CDTN/CNEN, Belo Horizonte. The elemental concentrations obtained in eleven brands of dietary supplements were compared with values displayed on the labels of the products. The results were also compared with maximum values foreseen in the Brazilian legislations and with the recommended values by health and food safety international agencies. It was found that most supplements have no information about their macro and micronutrients composition in their packs. The information, when present, is different from those obtained experimentally. Regarding the biomonitor analysis, hair samples from three different groups were collected: the comparative group, composed by sedentary individuals who did not take supplements; the group composed by physically active individuals and did not consume supplements; and other group composed by physically active individuals who made use of dietary supplements. The elemental analysis showed that Zn was obtained in all samples. The elements Au, Br, Na and Zn were determined in all samples of Comparative Group; Au, Br, Cr and Zn in physically active individuals group and non-consumers of supplements and Cr, Na and Zn, in physically active individuals group and consumers of supplements. Variance test, basing on elemental concentration in biomonitor pointed out that, in this sampling, the groups compounded by physically active individuals were similar regardless of whether or not they consume dietary supplements; however, they were different from the comparative group.

Keywords: neutron activation analysis, k_0 -INAA, biomonitor, hair, dietary supplements

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Conceito de biomonitoramento	38
Figura 2. Ilustração esquemática do couro cabeludo	41
Figura 3. Estrutura e componentes do cabelo humano	42
Figura 4. Processo de captura de nêutrons (n, γ) por um núcleo-alvo, seguido pela emissão de radiação gama	46
Figura 5. Armazenagem das amostras de cabelo coletadas	61
Figura 6. Aferição das massas	62
Figura 7. Monitor de fluxo $Al-(0,1\%)Au$ em destaque	63
Figura 8. Agitadores magnéticos utilizados para a lavagem das amostras.	64
Figura 9. Vista superior e anterior dos frascos contendo as amostras de cabelo	65
Figura 10. À esquerda, as amostras estão dentro do porta-amostra, PA4. À direita, os “coelhos” com que serão inseridos na mesa giratória, para irradiação.	66
Figura 11. Desenho esquemático do núcleo do reator TRIGA MARK IPR-R1	67
Figura 12. Sistema de espectrometria gama	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos (Portaria SVS nº 33/98 e Resolução GMC nº 18/94 – MERCOSUL e (*) RDA/NAS, 1989)	28
Tabela 2. Características etárias e de gênero dos grupos coletados	59
Tabela 3. Amostras de referência GBW 0805 e IAEA-SOIL-7: resultados experimentais e valores recomendados	70
Tabela 4. Amostras de referência GBW 09101: resultados experimentais e valores recomendados	71
Tabela 5. Elementos inorgânicos em amostras de suplementos alimentares (SALLES <i>et al.</i> , 2017)	73
Tabela 6. Resultado piloto: análise de biomonitor cabelo antes e após período de seis meses de prática de atividade física	74
Tabela 7. Elementos inorgânicos em amostras de cabelos – Grupo Comparativo, GC	80
Tabela 8. Elementos inorgânicos em amostras de cabelos – Grupo Atividade Física, Sem Suplementação, GSS	84
Tabela 9. Elementos inorgânicos em amostras de cabelos – Grupo Atividade Física, Com Suplementação, GCS	87
Tabela 10. Resumo dos Resultados das Análises dos Biomonitores	89
Tabela 11. Elementos contidos em uma porção de suplemento (mg)	93
Tabela 12. Avaliação da ingestão diária de elementos contidos em uma porção de suplemento (EAR/DRI)	94
Tabela 13. Avaliação de toxicidade dos elementos contidos em uma porção de suplemento (UL/DRI)	94
Tabela 14. Elementos inorgânicos presentes em cada porção: informação rotulada e resultados experimentais	97
Tabela 15. Concentrações em suplementos alimentares obtidas neste estudo e valores máximos previstos pela legislação brasileira	98
Tabela 16. Comparação dos elementos detectados em cabelo dos três grupos	101

Tabela 17. Comparações dos resultados com mineralograma utilizado na prática médica	104
Tabela 18. Faixa de concentrações consideradas referência para cabelo em adultos	105
Tabela 19. Elementos detectados nas amostras do Grupo Comparativo e os valores informados pela literatura	108
Tabela 20. Resultados da análise de componentes principais após rotação VARIMAX, análise de cabelo do Grupo Comparativo, GC	110
Tabela 21. Resultados da análise de componentes principais após rotação VARIMAX, análise de cabelo do Grupo Atividade Física, Sem Suplemento, GSS	112
Tabela 22. Resultados da análise de componentes principais após rotação VARIMAX, análise de cabelo do Grupo Atividade Física, Com Suplemento, GCS	113
Tabela 23. Resultados da Correlação de Pearson, Grupo Comparativo, GC	115
Tabela 24. Resultados da Correlação de Pearson, Grupo Atividade Física, Sem Suplemento, GSS	116
Tabela 25. Resultados da Correlação de Pearson, Grupo Atividade Física, Com Suplemento, GCS	117
Tabela 26. Resultados do Teste de Variância	119
Tabela 27. Similaridade entre os Grupos baseando-se na composição elementar obtida no biomonitor cabelo	121

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AAA – Espectrofotometria de absorção atômica
- AAN – Análise por ativação neutrônica
- ABIADA – Associação Brasileira da Indústria de Alimentos Para Fins Especiais e Congêneres
- ADA – *American Diabetes Association*
- AEIA – Agência Internacional de Energia Atômica
- AI – *Adequate Intake*
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
- CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear
- CNS – Conselho Nacional de Saúde
- COEP – Comitê de Ética e Pesquisa
- CRI-ICP-MS – Espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente, com interface de reação/colisão
- DCNT – Doenças Crônicas Não Transmissíveis
- DEA – Desordens do espectro autista
- DRI – *Dietary Reference Intakes*
- DSHEA – *Dietary Supplement Health and Education Act*
- EAR – *Estimated Average Requirement*
- ET-AAS – Espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica
- FAAS – Espectrofotometria de absorção atômica de chama
- FDA – *Food and Drug Administration*
- FNB – *Food and Nutrition Board*
- ICP-AES – Espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente
- ICP-OES – Espectrometria de emissão óptica
- ICP-MS – Espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente
- MERCOSUL – Mercado Comum do Sul
- MS – Ministério da Saúde
- NHANES – *National Health and Nutrition Examination Survey*
- NRC – *National Research Council*

RDA – *Recommended Dietary Allowances*

OMS – Organização Mundial de Saúde

PIQ – Padrão de Identidade e Qualidade

RT – Regulamento Técnico

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UL – *Tolerable Upper Intake Level*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. JUSTIFICATIVAS	21
3. OBJETIVOS	23
3.1 Geral	23
3.2 Específicos	23
4. REVISÃO DE LITERATURA	24
4.1 Suplementos alimentares	24
4.1.1 Classificação dos suplementos alimentares	25
4.1.2 Legislação de suplementos alimentares	26
4.1.2.1 Legislação brasileira	26
4.1.2.2 Legislação internacional	29
4.1.3 Consumo e indicações	30
4.1.4 Prevalência de consumo	32
4.1.5 Doenças associadas ao consumo de suplementos	34
4.1.6 Análises químicas em suplementos	35
4.2 Biomonitoradores	37
4.2.1 Biomonitor cabelo	39
4.2.2 Determinação de elementos inorgânicos em cabelos	42
5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A TÉCNICA: ANÁLISE POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA	45
5.1 Princípio fundamental	45
5.2 Espectrometria gama	48
5.3 Ativação neutrônica: método k_0	49
5.4 Vantagens do método	51
5.5 Limitações do método	52
6. METODOLOGIA	52
6.1 Equipamentos e materiais	52
6.1.1 Equipamentos	52
6.1.2 Materiais	53
6.2 Controle de qualidade	54
6.3 Estratégia de amostragem	56
6.3.1 Grupo comparativo, GC	56
6.3.2 Grupo de praticantes de atividade física	57
6.4 Amostragem	58
6.4.1 Amostras de suplementos alimentares	58
6.4.2 Amostras de biomonitor cabelo	59
6.5 Preparo das amostras	61
6.5.1 Amostras de suplementos alimentares	61
6.5.2 Amostras de cabelos	63
6.6 Análise das amostras	65
6.7 Descarte das amostras	69

7. RESULTADOS	69
7.1 Resultados das análises multielementares: suplementos	72
7.2 Resultados das análises multielementares: cabelos	74
7.2.1 Amostragem piloto	74
7.2.2 Grupo comparativo, GC	79
7.2.3 Grupo praticante de atividade física sem consumo de suplementos, GSS	83
7.2.4 Grupo praticante de atividade física com consumo de suplementos, GCS	86
7.2.5 Resumo das concentrações elementares entre os grupos	89
8. DISCUSSÃO	90
8.1 Suplementos alimentares	90
8.2 Biomonitorios cabelo	99
8.2.1 Comparação entre os três grupos	99
8.2.2 Comparação com referências de mineralograma	102
8.2.3 Comparação com dados da OMS	105
8.3.4 Comparação com resultados da literatura	106
9. ANÁLISE ESTATÍSTICA	109
9.1 Técnicas estatísticas propostas	109
9.1.1 Análise dos componentes principais	109
9.1.1.1 Grupo comparativo, GC	109
9.1.1.2 Grupo atividade física sem suplemento, GSS	111
9.1.1.3 Grupo atividade física com suplemento, GCS	113
9.1.2 Correlação de Pearson	114
9.1.2.1 Grupo comparativo, GC	114
9.1.2.2 Grupo atividade física sem suplemento, GSS	114
9.1.2.3 Grupo atividade física com suplemento, GCS	114
9.1.3 Análise de variância	118
10. CONCLUSÕES	121
11. DIFICULDADES ENCONTRADAS	123
12. PERSPECTIVAS FUTURAS	123
13. REFERÊNCIAS	124
14. APÊNDICE	166

1. INTRODUÇÃO

Os elementos químicos essenciais são aqueles considerados fundamentais para a formação e manutenção das estruturas biológicas, mas ao mesmo tempo, dependendo da quantidade em que se encontram, podem ser tóxicos quando em concentrações excedentes àquelas necessárias para as funções biológicas (FRAGA, 2005). A toxicidade pode ocorrer também para elementos considerados não essenciais. Para lidar com essa dualidade entre essencialidade e toxicidade, os sistemas biológicos têm desenvolvido a capacidade de reconhecer determinado elemento químico e entregá-lo para o alvo com o qual deverá interagir. As proteínas são os principais responsáveis por esse reconhecimento e transporte, e na maioria das associações dos elementos químicos com outras moléculas (FRAGA, 2005). Dentre esses elementos, os micronutrientes são aqueles requeridos pelo organismo em concentrações muito pequenas (geralmente inferior a 100 mg/dia (FRAGA, 2005), podendo variar de 50 microgramas a 18 miligramas diárias (MERTZ, 1981), diferentemente de elementos considerados macronutrientes como o sódio, cálcio, magnésio, potássio e cloro, cujas concentrações no organismo são maiores (FRAGA, 2005).

Os elementos essenciais, geralmente, estão presentes no sistema biológico em pequenas quantidades, representando uma concentração menor do que 0,01% do peso corporal total (FRIEDEN, 1972). Nos sistemas enzimáticos, os metais participam de processos catalíticos como constituintes de sítios enzimáticos, estabilizadores de estruturas proteicas, ou associados na formação de complexos, orientando substratos às reações e estabilizando os estados de transição com carga (FRAGA, 2005).

Existem evidências da associação entre a concentração de íons inorgânicos e o desenvolvimento de patologias. A ingestão anormal de ferro tem levado a hemocromatose, assim como a doenças neurológicas como o Parkinson, ataxia de Friedreich e o transtorno de Pica (ASKWITH e KAPLAN, 1998; BABCOCK *et al.*, 1997; SIAN-HÜLSMANN *et al.*, 2011). A deficiência de vitamina A no organismo pode induzir alterações no metabolismo do ferro causando anemia (HODGES *et al.*, 1978; MEJÍA *et al.*, 1977). Andrási e colaboradores (1993) encontraram concentrações de boro e zinco reduzidas e níveis de estrôncio aumentado em indivíduos com glioblastoma multiforme, um tumor cerebral primário e bastante agressivo.

Concentrações elevadas de zinco têm sido observadas nos rins de pacientes acometidos com câncer. De acordo com Schwartz (1975) indivíduos com câncer excretam três vezes mais zinco na urina do que pessoas não portadoras da patologia. A deficiência de zinco, comum em portadores da doença de Crohn está relacionada à redução da sensibilidade do paladar, aumentando, conseqüentemente, a ingestão de açúcar devido a essa alteração na percepção do sabor (CATALANOTTO, 1978; HENKIN *et al.*, 1969).

A presença de elementos essenciais e não essenciais em frutas, hortaliças é frequentemente associada à disponibilidade dos mesmos no solo. Assim, de acordo com a região geográfica em que determinada população se encontra e se há carência de determinado elemento no solo, pode ser necessária suplementação de certos elementos inorgânicos. Esta suplementação tem sido implementada ou mesmo avaliada em diferentes lugares, com a adição de elementos em alimentos básicos como leite e farinha (DE ROMANA *et al.*, 2005; HURREL *et al.*, 2002).

Suplementos alimentares são definidos como substâncias utilizadas com o objetivo de complementar uma determinada deficiência dietética (ADA, 2009; ALVES e LIMA, 2009; ANVISA, 1998; SBAN, 2016).

A suplementação poderá ser necessária em tratamentos para algumas doenças. O estresse oxidativo é definido como a situação em que há formação de radicais livres em excesso, e o sistema antioxidante não é capaz de combatê-los (BARBOSA *et al.*, 2010). Esse fenômeno é cada vez mais reconhecido como fator central para fisiopatologias adjacentes as doenças críticas, como falências dos órgãos. Espécies reativas ao oxigênio e espécies reativas ao nitrogênio-oxigênio desempenham papel importante na modulação e proliferação celular, apoptose e proteção celular. Porém, também são capazes de atacar proteínas, polissacarídeos, ácidos nucleicos e ácidos graxos poliinsaturados resultando em dano celular e disfunção tecidual (LOVAT e PREISER, 2003). O organismo humano apresenta um sistema de defesa complexo, destinado a proteger os tecidos das lesões induzidas por agentes oxidativos. Enzimas especiais, tais como a superóxido dismutase, catalase, e glutathione peroxidase (incluindo os seus cofatores a partir dos elementos selênio, zinco, manganês e ferro), os doadores de grupos sulfidríla (isto é, glutathione), e vitaminas (por exemplo, vitaminas E, C, e β -caroteno) formam uma rede de mecanismos de defesa

que se sobrepõem funcionalmente e podem, quer sozinhos ou em combinação com outros antioxidantes, de maneira segura, ser associados à redução da mortalidade em pacientes críticos (HEYLAND *et al.*, 2005). Durante a realização de exercícios físicos intensos o organismo, para prevenção ou minimização de efeitos maléficos do estresse oxidativo, ativa os mecanismos de defesa por meio dos micronutrientes, entre eles o zinco. Este elemento participa da estrutura da enzima superóxido dismutase, responsável por catalisar a redução de superóxido ao oxigênio e ao peróxido de hidrogênio (CÓRDOVA e NAVAS, 2000).

Apesar de sua recomendação ser restrita a situações específicas, estudos mostram que os suplementos são amplamente consumidos entre indivíduos saudáveis e praticantes de atividade física, normalmente por autoprescrição e com a finalidade de alcançar resultados imediatos (ADA, 2009; GOSTON e CORREIA, 2010).

Evidências médicas sugerem que a suplementação alimentar pode ser benéfica para um pequeno grupo de pessoas, como atletas competitivos, cuja dieta não seja balanceada (SCOFIELD e UNRUH, 2006). Nesses casos, comprovada a deficiência de um nutriente, o aumento da sua ingestão, quer através da alimentação habitual, quer através de suplementos, é indicado (SANTOS e SANTOS, 2002). Entretanto esse uso, na maioria das vezes, ocorre sem a necessária orientação, como resultado das recomendações de colegas, treinadores, revistas, *sites* na internet e de “ouvir dizer” nas academias de ginástica (BURNS *et al.*, 2004; PETRÓCZI *et al.*, 2007). Adicionalmente, esses produtos são vendidos em farmácias ou academias de musculação sem a necessidade de prescrição médica e sem orientação de nutricionistas (CALFEE e FADALE, 2006; PETRÓCZI *et al.*, 2007; CARVALHO *et al.*, 2007).

Uma forma de avaliar se um indivíduo necessita ou não de suplementação alimentar é por meio de análises clínicas ou por meio do biomonitoramento. Biomonitores são organismos vivos ou seus componentes biológicos como o sangue, urina, saliva, cabelo e unha, que refletem a presença de substâncias, tóxicas ou não, presentes no organismo em um determinado tempo (MENEZES, 2002; YASAR e OZYIGIT, 2008). O cabelo, ao contrário de outros tecidos, não reflete um estado dinâmico de fluidos, e sim características de um registro passado. O cabelo é formado em um período de tempo relativamente curto, e após suas estruturas estarem

completas são expelidas da superfície da pele, deixando de participar das demais atividades biológicas do organismo. Por serem bioquimicamente inertes, seus componentes endógenos refletem apenas aqueles elementos químicos provenientes de atividades metabólicas durante o tempo de formação, que é relativamente curto de apenas alguns dias (BANK *et al.*, 1981; HOPPS, 1977; MENEZES, 2002).

A determinação de elementos químicos e de diversos compostos em cabelo é adequada para atender objetivos em medicina experimental (KRUSE-JARRES, 2000). Uma vez que determinada substância tenha sido incorporada ao cabelo, ela não tem acesso para retornar ao sangue (RIVIER, 2000). O cabelo do couro cabeludo cresce, em média, um centímetro por mês (HOPPS, 1977; SRIVASTAVA *et al.*, 1994). Logo, a parte do cabelo que está a três centímetros do couro cabeludo deve ter sido formada no folículo piloso, três meses antes. Sendo assim, é possível que um elemento químico, como um metal, que tenha sido incorporado ao cabelo por meio da formação das células no folículo, irá aparecer no cabelo a três centímetros do couro cabeludo, três meses após sua deposição (MENEZES, 2002). Logo, a análise da concentração de metais e de outros elementos em cabelo tem despertado grande interesse na monitoração de elementos inorgânicos no organismo (MENEZES, 2002). A escolha do meio de análise ou do biomonitor depende de vários fatores, tais como a meia vida biológica da substância de interesse, a disponibilidade e conveniência da coleta e a possibilidade de contaminação da amostra (WHO, 1996).

Para determinar a concentração de metais assim como de outros elementos, sendo eles essenciais ou não, entre as diversas técnicas analíticas disponíveis, a análise por ativação neutrônica (AAN) é considerada uma técnica sensível mesmo que os elementos químicos se apresentem em concentrações ao nível de traços em amostras de tamanhos reduzidos (DANIELSEN e STEINNES, 1970; LIESER, 1997). É uma técnica analítica para determinação da composição química elementar por meio da indução da radioatividade artificial em uma amostra, mediante a irradiação com nêutrons e posterior medida da radioatividade (LIESER, 1997; PARR, 1993) que apresenta mínima contaminação após a irradiação. Uma vez irradiada, não há a possibilidade de contaminação, uma vez que os componentes da amostra estão nuclearmente marcados (MENEZES, 2000, 2002, 2002a, 2004, 2004a, 2007).

O presente trabalho buscou verificar se o consumo de suplementos alimentares consumidos por indivíduos praticantes de atividade física se refletia no biomonitor cabelo em termos de elementos químicos inorgânicos considerados essenciais e não essenciais. Para isso, foram analisados os elementos inorgânicos constituintes de suplementos alimentares consumidos por praticantes de atividade física e amostras do biomonitor cabelo dos indivíduos que praticavam ou não atividades físicas, consumindo ou não suplementos alimentares.

Este estudo respeita as normas éticas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS) e pelo Comitê de Ética e Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), tendo sido aprovado sob o número de parecer 1.305.773.

2. JUSTIFICATIVAS

A concentração de elementos essenciais e tóxicos no organismo pode mudar de acordo com fatores como sexo, idade e aspectos nutricionais do indivíduo (ABDULLA e CHMIELNICKA, 1990). A nutrição corresponde aos processos gerais de ingestão e conversão de substâncias alimentícias em nutrientes que podem ser utilizados para a manutenção da função orgânica. Esses processos envolvem nutrientes que podem ser utilizados com finalidade energética (carboidratos, lipídios e proteínas), para a construção e reparo dos tecidos (proteínas, lipídios e minerais), para a manutenção do sistema esquelético (cálcio, fósforo e proteínas) e para regular o metabolismo (vitaminas, minerais, lipídios e água) (WOLINSKY e HICKSON JUNIOR, 1996). Quando os nutrientes se apresentam em quantidades ótimas, a saúde e o bem-estar do indivíduo são maximizados (SANTOS e SANTOS, 2002).

O conhecimento da patogênese proveniente do excesso ou deficiência de elementos químicos surgiu de estudos que observavam os ciclos destas substâncias no ambiente (MERTZ, 1981). Evidências de doenças em seres humanos relacionadas à ingestão de elementos essenciais e não essenciais torna importante o estudo de suas interações no organismo (ABDULLA e CHMIELNICKA, 1990).

Responsável por uma indústria de bilhões (BLENDOM *et al.*, 2001) o consumo de suplementos alimentares por praticantes de atividade física e atletas

tem uma eficácia bastante controversa. Tais discussões podem ser relacionadas às características nutricionais, aos benefícios proporcionados, aos mecanismos de ação no organismo, e às indicações e contra-indicações (SCHWENK *et al.*, 2002). Um aspecto importante a ser considerado é a concentração dos elementos químicos que constituem os suplementos alimentares, seja como componentes considerados relevantes para desempenhar funções no organismo, ou como contaminantes provenientes do processo de manufatura do produto.

As concentrações de elementos como zinco, ferro e cromo são consideradas importantes para a prática de atividade física (SCHWENK e COSTLEY, 2002). Contudo, podem ser prejudiciais se ingeridos em quantidades superiores àquelas consideradas adequadas para o bom funcionamento do organismo. As concentrações máximas de Fe e Zn toleradas pelo organismo são de até 45 mg e 40 mg por dia, respectivamente (IOM, 2001). De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) os dados disponíveis são escassos para determinar as concentrações máximas de Cr na alimentação. Porém acredita-se que o limite seguro para a população seja de até 250 µg ao dia (WHO, 1996).

Assim, a crescente comercialização com consequente consumo elevado de suplementos alimentares (ROCKWELL *et al.*, 2001) torna necessária a identificação dos elementos químicos que constituem os suplementos, de modo a obter a relação de suas concentrações dentre este grupo de produtos alimentícios. Além disso, é importante verificar se as quantidades estão de acordo com aquelas informadas nos rótulos dos produtos.

Indivíduos saudáveis praticantes de atividade física, geralmente, conseguem atender às suas necessidades nutricionais por meio de uma alimentação saudável e balanceada, dispensando o consumo de suplementos alimentares (ANDRADE e BIANCO, 2010; SBME, 2009). Logo, a análise do biomonitor cabelo possibilitará a verificação do estado nutricional, ao se identificar e, posteriormente, determinar a concentração de elementos químicos, considerados essenciais e não essenciais, entre indivíduos praticantes de atividade física consumidores e não consumidores de suplementos.

Dessa forma, é importante identificar a presença e a concentração de elementos essenciais e não essenciais em alimentos, principalmente manufaturados

(industrializados) de grande consumo pela população, assim como verificar as suas concentrações no cabelo de seus consumidores, como biomonitor. Por consequência, será possível estabelecer relações entre a ingestão de certas substâncias e sua absorção pelo organismo, que podem resultar em alterações nutricionais capazes de interferir na condição geral de saúde do indivíduo consumidor.

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

Verificar se o consumo de suplementos alimentares influi na concentração de elementos químicos inorgânicos essenciais e não essenciais em indivíduos praticantes de exercícios físicos, por meio do biomonitor cabelo.

3.2 ESPECÍFICOS

São eles:

- Determinar a concentração de elementos químicos nos biomonitores cabelo de indivíduos que não praticam atividade física e não consomem suplementos alimentares – grupo comparativo (GC) – e de indivíduos praticantes regulares de atividade física, que não consomem suplementos (GSS) e àqueles que realizam exercícios, mas também consomem suplementos alimentares (GCS), aplicando a técnica de ativação neutrônica, método k_0 ;
- Determinar a concentração de elementos químicos nos suplementos alimentares, aplicando a técnica de ativação neutrônica, método k_0 , metodologia de amostras grandes;
- Verificar se as concentrações detectadas nos suplementos alimentares estão em conformidade com as normas de vigência nacionais e internacionais, e com as informações apresentadas nos rótulos dos produtos.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 SUPLEMENTOS ALIMENTARES

Os suplementos alimentares podem ser definidos como substâncias capazes de produzir efeitos nutricionais, fisiológicos ou metabólicos em dietas, nas quais haja restrição ou insuficiência de um determinado componente (ADA, 2009; ANVISA, 1998; ASBRAN, 2014; DWYER *et al.*, 2005). Segundo a *Food and Drug Administration* (FDA), os suplementos são compostos por ingredientes definidos com o objetivo de complementar os nutrientes necessários para uma alimentação adequada (NIELSEN, 2010).

O consumo de substâncias e nutrientes com o objetivo de melhorar o desempenho durante a execução de atividades é uma prática milenar (BACURAU, 2009). De acordo com registros históricos, o comportamento humano na busca pela melhora do desempenho físico teve início na Antiga Grécia, aproximadamente em 776 AC, quando surgiram os primeiros jogos Olímpicos (APPLEGATE e GRIVETTI, 1997). Sem conhecimento científico a respeito de nutrientes, substratos energéticos e trabalho muscular, as manias dietéticas da época surgiam baseadas em superstições, como o consumo de partes dos corpos de animais com o objetivo de incorporar as características do seu comportamento selvagem.

A partir do século XX, as superstições começaram a ser substituídas por conhecimentos científicos de fisiologia, resultando no aparecimento de substâncias e conceitos capazes de produzir, de fato, algum efeito no rendimento dos atletas. Suplementos alimentares, anabolizantes e outras substâncias estimulantes são algumas das modernas opções que foram se aperfeiçoando com o apoio da ciência desde então (APPLEGATE e GRIVETTI, 1997), atingindo não somente os atletas da atualidade, mas qualquer indivíduo inserido em algum tipo de atividade física.

Os produtos alimentícios utilizados para melhorar o desempenho durante a atividade física são denominados ergogênicos. A palavra ergogênico tem origem nos termos gregos *ergo* (trabalho) e *gen* (produção de) e tem como significado, a melhora do potencial de um indivíduo para a produção de trabalho (TIRAPEGUI e CASTRO, 2005; McARDLE, 1999).

O objetivo principal da suplementação é fornecer os nutrientes necessários ao organismo. Comercialmente, tais nutrientes podem ser vendidos sob a forma de

multivitamínicos, embora também sejam adquiridos sob a forma de minerais isolados (ANDRADE e BIANCO, 2010). Ainda que as concentrações de minerais no organismo sejam relativamente pequenas, cada um deles desempenha papel importante para o funcionamento celular adequado (KATCH e McARDLE, 1996).

Os minerais podem ser encontrados como constituintes de enzimas, hormônios e vitaminas, e são classificados como macrominerais, que devem ser ingeridos em quantidades superiores a 100 mg por dia. Os microminerais são aqueles cuja necessidade de ingestão é inferior a 100 mg ao dia (KATCH e McARDLE, 1996).

O acúmulo excessivo dessas substâncias, gerado pelo consumo elevado e frequente, pode causar toxicidade (KATCH e McARDLE, 1996). Situações de toxicidade são consideradas raras, entretanto, são atribuídas a quantidades excessivas de suplementação de um ou mais minerais que podem desequilibrar o balanço normal do organismo, já que alguns deles competem entre si (ANDRADE e BIANCO, 2010).

Os minerais estão presentes na natureza, dissolvidos na água dos rios, lagos e oceanos, na superfície do solo e abaixo dela. Também são encontrados nos vegetais e nos animais, por meio da cadeia alimentar. As maiores concentrações de minerais estão nos produtos de origem animal, quando comparados com produtos de origem vegetal. Tais nutrientes estão intimamente envolvidos na manutenção do ritmo cardíaco normal, na contratilidade muscular, na condução dos impulsos nervosos e no equilíbrio ácido-básico dos líquidos orgânicos, além de agir como reguladores do metabolismo celular, fazendo parte da estrutura de enzimas e hormônios que alteram e regulam a atividade celular. Participam, ainda, da ativação de reações que liberam energia durante o catabolismo de carboidratos, lipídios e proteínas. Como exemplo, é possível citar a necessidade de incorporação de zinco na síntese de insulina, hormônio que facilita a absorção de glicose pelas células (KATCH e McARDLE, 1996).

4.1.1 Classificação dos Suplementos Alimentares

Os recursos ergogênicos podem apresentar diversas classificações (TIRAPEGUI e CASTRO, 2005). De acordo com Bacurau (2001) não há

unanimidade na classificação de suplementos esportivos, porém a *American Dietetic Association* (CDA) e o *American College of Sports Medicine* (ACSM) (2009) destacam a classificação de tais produtos em quatro categorias:

- *Suplementos que podem funcionar conforme informado*, como a creatina, cafeína, isotônicos, barras e géis esportivos, suplementos à base de aminoácidos e proteínas, e bicarbonato de cálcio;

- *Suplementos que podem funcionar conforme informado, mas não possuem evidências suficientes a respeito do aumento do desempenho esportivo e melhora da saúde geral*, como a glutamina, HMB (*b-hidroxi b-metilbultirato*), colostro, ribose;

- *Suplementos que não desempenham funções como informado, em que inclui a maioria dos suplementos comercializados*, como os aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA), carnitina, picolinato de cromo, coenzima Q10, ácido linoleico conjugado (CLA), triglicerídeo de cadeia média (TCM);

- *Suplementos que são perigosos, banidos pelo Comitê Olímpico Internacional (COI) ou ilegais, que não devem ser usados*, como os esteróides anabólicos, *Tríbulus terrestris*, efedrina, hormônio do crescimento (GH).

A grande quantidade de produtos disponíveis no mercado é um fator que dificulta o entendimento adequado sobre os benefícios e malefícios causados pelo consumo de suplementos alimentares (GOSTON e TOULSON, 2009).

4.1.2 Legislação de Suplementos Alimentares

Os suplementos alimentares são considerados alimentos, porém constituem produtos de livre comercialização, apresentando um controle menos rígido por parte da legislação (DE CARVALHO e ARAÚJO, 2008).

4.1.2.1 Legislação Brasileira

De acordo com a legislação brasileira, a classificação de um produto como suplemento ou como medicamento é baseado nas diferenças das concentrações de determinadas substâncias oferecidas ao consumidor em cada produto (DE CARVALHO e ARAÚJO, 2008).

A Portaria SVS n^o. 32 de 13 de janeiro de 1998 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) aprovou o Regulamento Técnico para Suplementos

Vitamínicos e/ou de Minerais (ANVISA, 1998). Este Regulamento define como suplementos nutricionais, ou apenas suplementos, os alimentos utilizados para complementar com vitaminas e/ou minerais a alimentação diária de um indivíduo saudável, em situações em que sua ingestão é insuficiente ou há necessidade de suplementação. Essa portaria restringe a composição do suplemento ao intervalo de 25 a 100% de sua Ingestão Diária Recomendada (IDR) de vitaminas e/ou minerais (DE CARVALHO e ARAÚJO, 2008; ANVISA, 1998). Caso o produto oferecido seja à base de vitaminas e/ou minerais e apresente composição de nutrientes acima de 100% da IDR, a Portaria SVS nº 40/98 considera tais produtos como medicamentos (ANVISA, 1998a; DE CARVALHO e ARAÚJO, 2008).

As disposições e definições apresentadas pelas normas relacionadas levam em consideração a IDR, de acordo com a Portaria SVS nº 33 de 13 de janeiro de 1998 da ANVISA como a quantidade de vitaminas, minerais e proteínas que devem ser consumidas diariamente para atender às necessidades nutricionais da maior parte dos indivíduos, em uma população sadia (ANVISA, 1998b; DE CARVALHO e ARAÚJO, 2008). A Portaria SVS 33/98 estabelece três tabelas de IDR: para crianças e lactentes, para gestantes e lactantes e para adultos.

Constituindo a população integrante do presente estudo, adulta entre 18 e 65 anos, será apenas considerada a tabela direcionada a este grupo (Tabela 1). A tabela para adultos leva em consideração a Resolução GMC nº 18/94 (MERCOSUL, 1994) – regulamento técnico aplicado na rotulagem nutricional dos alimentos produzidos e comercializados nos Estados membros do Mercado Comum do Sul (MERCOSUL) – e também as RDA/NAS (1989) que constituem as Recomendações Nutricionais para a população americana sadia (IOM, 1989) estabelecidas pela *Food and Nutrition Board (FNB) da National Research Council (NRC), National Academy of Sciences* dos Estados Unidos (IOM, 1989). A última edição ocorreu no ano de 1989 (DE CARVALHO e ARAÚJO, 2008), sendo posteriormente substituída pelas *Dietary Reference Intakes (DRIs)*, propostas pelo *Institute of Medicine* dos Estados Unidos, juntamente com a agência canadense *Health Canada* (PADOVANI *et al.*, 2006), que dispõe de valores de referência para 18 elementos da tabela periódica.

Tabela 1. Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos (Portaria SVS nº 33/98 e Resolução GMC nº 18/94 – MERCOSUL e (*) RDA/NAS, 1989)^a

Nutriente	Unidade	IDR
Proteínas	g	50
Vitamina A	mcg RE ⁽¹⁾	800
Vitamina D	mcg ⁽²⁾	5
Vitamina B ₁ (Tiamina)	mg	1,4
Vitamina B ₂ (Riboflavina)	mg	1,6
Niacina	mg ⁽³⁾	18
Ácido Pantotênico	mg	6
Vitamina B ₆ (Piridoxina)	mg	2
Vitamina B ₁₂ (Cianocobalamina)	mg	1
Vitamina C	mg	60
Vitamina E (Tocoferóis)	mg a – TE ⁽⁴⁾	10
Biotina	mg	0,15
Ácido Fólico	mcg	200
Vitamina K (*)	mcg	80
Cálcio	mg	800
Fósforo (*)	mg	800
Magnésio	mg	300
Ferro	mg	14
Flúor (*)	mg	4
Zinco	mg	15
Cobre (*)	mg	3
Iodo	mg	150
Selênio (*)	mcg	70
Molibdênio (*)	mcg	250
Cromo (*)	mcg	200
Manganês (*)	mg	5

^a DE CARVALHO e ARAÚJO, 2008

(1) 1 UI = 0,3 mcg de retinol equivalente ou 1,8 mcg de beta-caroteno

(2) Sob a forma de colicalciferol. 1 mcg de colicalciferol = 40 UI

(3) 1 mg de niacina equivalente = 1 mg de niacina ou 60 mg de triptofano da dieta

(4) 1 alfa tocoferol equivalente = 1 mg d-alfa-tocoferol = 0,671 UI = 0,671 mg d-L-alfa acetato de tocoferila

De acordo com a Portaria SVS nº 32/98 (ANVISA, 1998), a legislação brasileira não define a categoria “suplemento alimentar”. Esses suplementos quando comercializados no Brasil, são classificados como: vitaminas isoladas ou associadas entre si; minerais associados entre si; associações de vitaminas com minerais; e

produtos fontes naturais de vitaminas e ou minerais, legalmente regulamentados por Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) de conformidade com a legislação pertinente (ANVISA, 1998; BRASIL, 1969). O PIQ compreende os padrões a serem adotados pelo estabelecimento, ou seja, todo alimento deve ser produzido de acordo com o PIQ ou Regulamento Técnico (RT) e demais diretrizes estabelecidas, aprovados pela autoridade competente (BRASIL, 1993).

A Portaria SVS nº 32/98 também estabelece determinações específicas para os rótulos de suplementos à base de vitaminas e minerais. De acordo com o estabelecido, o rótulo deve apresentar a quantidade de nutrientes ingerida por porção individual e em comparação percentual a IDR. A porção individual deve ser destacada pelo fabricante, assim como as concentrações máximas de porções individuais permitidas para consumo diário (ANVISA, 1998).

A definição de “alimentos para praticantes de atividade física” constitui um subgrupo dentre os alimentos para fins especiais, de acordo com a Portaria nº 222, publicada pelo Ministério da Saúde (MS) em 1998. De acordo com a norma, são definidos os alimentos especialmente formulados e elaborados para praticantes de atividade física aqueles que apresentem aminoácidos como constituintes de suas fórmulas, incluindo aminoácidos de cadeia ramificada, desde que não apresentem ações terapêuticas ou tóxicas (BRASIL, 1998).

A normatização brasileira é extensa, complexa e de difícil compreensão para muitos dos indivíduos consumidores de suplementos alimentares. Essa situação dificulta o cumprimento das normas por parte das empresas e também dos órgãos responsáveis pelo cumprimento da legislação vigente (DE CARVALHO e ARAÚJO, 2008). Vale ressaltar que os demais países regulamentam e definem os suplementos alimentares de maneiras diferentes. Dessa forma, suplementos produzidos em outros países podem conter ingredientes que não são considerados seguros de acordo com a legislação brasileira (ANVISA, 2003).

4.1.2.2 Legislação Internacional

O *Food and Drug Administration* (FDA) é um órgão do governo norte-americano que tem a função de controlar o uso de alimentos e medicamentos por meio de testes e pesquisas. Logo, regula os suplementos nutricionais e os

ingredientes alimentares nos Estados Unidos (FDA, 2016). A *Dietary Supplement Health and Education Act* (DSHEA) criada em 1994 é uma legislação norte-americana, criada a partir da Lei Pública 103-417, que define e regulamenta a comercialização dos suplementos alimentares. Essa legislação define os suplementos alimentares como produtos ingeridos com o objetivo de complementar a alimentação de um indivíduo (PINCO e RUBIN, 1996; RADIMER *et al.*, 2004). Sendo assim, estão incluídas nessa categoria, as vitaminas, os minerais, certas ervas e espécies vegetais, os aminoácidos, as enzimas, os metabólitos, extratos ou concentrados obtidos em barras, cápsulas, líquidos, géis, entre outros (FDA, 2016a).

Na União Européia, a Diretiva 2002/46/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 10 de junho de 2002 define como suplementos gêneros alimentícios que se destinam a complementar o regime alimentar normal e que constituem fontes concentradas de determinados nutrientes ou outras substâncias com efeito nutricional ou fisiológico, puro ou combinado, comercializado sob a forma de cápsulas, pastilhas, comprimidos, pílulas e outras formas semelhantes de líquidos ou pós (UE, 2002).

4.1.3 Consumo e Indicações

Existem diversas justificativas para a ingestão de suplementos nutricionais. Dentre as razões para o seu uso está a prevenção de deficiências nutricionais, a adequação dos nutrientes no organismo, a manutenção da saúde e aumento à resistência às doenças, a redução da sensação de cansaço, o aumento da disposição, a prevenção de lesões, além dos objetivos estéticos de busca pelo corpo ideal (BROWN e WYON, 2014; CHERUNDOLO e LEVINE, 1999; DASCOMBE *et al.*, 2010; DE SILVA *et al.*, 2010; KIM *et al.*, 1999; MORRISON *et al.*, 2004).

Os atletas, geralmente, constituem o grupo de maior consumo de suplementos alimentares (TIAN *et al.*, 2009). Esse fato pode ser explicado devido às altas demandas energéticas as quais são submetidos (COSTILL, 2003). Essa necessidade pode advir da complementação de nutrientes perdidos e oxidados durante a prática de exercícios físicos (ADA, 2009; HUANG *et al.*, 2006).

O uso de suplementos direcionado para praticantes de atividade física deve ser baseado nos objetivos, nas preferências dietéticas individuais, nas exigências e

nas fases do treinamento (COSTILL, 2003; GOSTON e TOULSON, 2009). Todavia, o seu consumo é promovido como forma de melhorar o desempenho físico, aumentar a massa e a resistência muscular, reduzir a gordura corporal, melhorar a recuperação e o desempenho durante a prática esportiva (GOSTON e TOULSON, 2009). Devido às funções atribuídas aos suplementos, muitos praticantes de atividade física e atletas passam a consumir tais produtos sem indicação de um profissional qualificado (GOSTON e TOULSON, 2009; HASKELL e KIERNAN, 2000).

Sobal e Marquart (1994) avaliaram a prevalência do consumo de suplementos vitamínicos e minerais em uma população dos Estados Unidos, e observaram que o uso de suplementos por atletas é um fator de motivação para o consumo do público em geral. A influência de pais e médicos também constitui importante fonte de incentivo ao consumo de suplementos, assim como a influência de treinadores e de colegas (CHERUNDOLO e LEVINE, 1999).

O consumo de suplementos nutricionais também pode ocorrer por influência de revistas, amigos e vendedores (BROWN e WYON, 2014; MORRISON *et al.*, 2004). Goston e Correia (2010) relatam a influência de pessoas próximas, atendentes de loja e propagandas, como os principais fatores de influência no consumo de suplementos alimentares em Belo Horizonte.

A influência de educadores físicos foi relatada por 33% dos usuários de suplementos alimentares em academias de ginástica em Vitória. Esse estudo verificou que profissionais de educação física prescreviam o uso de suplemento, o que caracteriza exercício ilegal da profissão (SANTOS e SANTOS, 2002).

Os usuários de academias de ginástica de Belo Horizonte, 55%, relataram fazer uso de suplementação nutricional sem nenhuma orientação profissional, apesar de 74% das academias relacionadas na pesquisa possuírem um profissional de nutrição disponível para os seus clientes (GOSTON e CORREIA, 2010). Brown e Wyon (2014) observaram que os professores de dança também exercem grande influência no consumo de suplementos nutricionais, sendo essa influência maior do que a dos médicos e nutricionistas. A Sociedade Brasileira de Medicina Esportiva (SBME) (2009) chama a atenção para o uso excessivo de suplementos alimentares, quanto ao aparecimento de novas drogas e métodos – lícitos e ilícitos – consumidos não apenas por atletas, mas também por frequentadores de academias, clubes e

escolas de esportes, além da crescente utilização de substâncias proibidas ou, quando regulamentadas, adquiridas sem as orientações de um médico e/ou nutricionista.

4.1.4 Prevalência de Consumo

De acordo com a *American Diabetes Association* (ADA) (2005), a indústria de suplementos nutricionais gerou no ano de 2003 cerca de 19,8 bilhões de dólares, apenas nos Estados Unidos. Dados do *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) – programa de estudos destinado a avaliar o estado nutricional e a saúde de adultos e crianças nos Estados Unidos por meio de avaliações físicas e entrevistas (CDC, 2016) – indicam que, de 2003 a 2006, 49% dos adultos americanos consumiam, pelo menos, um suplemento alimentar, sendo os mais comuns os multivitamínicos e multiminerais (BAILEY *et al.*, 2010)

Nos estudos de Cherundolo e Levine (1999), aproximadamente, 38% dos atletas adolescentes relataram fazer uso de suplementos vitamínicos e minerais. Assim como os dados apresentados no trabalho de Morisson e colaboradores (2004), em que 45% dos praticantes de atividade física em academias de Nova Iorque fizeram uso de suplementos multivitamínicos e minerais. Os indivíduos mais velhos, com idades superiores a 46 anos, consumiam mais suplementos multivitamínicos, comparados a indivíduos mais jovens (com idade entre 18 e 30 anos).

A prevalência do consumo de vitaminas foi de, aproximadamente, 63%, enquanto o consumo de suplementos minerais foi de 31% entre atletas de elite canadenses que competiram nas Olimpíadas de Atlanta e Sidney (HUANG *et al.*, 2006).

Brown e Wyon (2014) investigaram o uso de suplementos nutricionais em 334 dançarinos que praticavam essa atividade por um período médio de 20 horas semanais há pelo menos três anos. Os participantes do estudo eram provenientes de cinquenta e três países diferentes. Dentre os resultados obtidos, verificou-se que 48% dos dançarinos relataram fazer uso de suplementos nutricionais, sendo a vitamina C o suplemento mais consumido entre eles, seguido pelos suplementos multivitamínicos.

No Brasil, a revista Exame (2016) publicou dados sobre uma pesquisa realizada pela Associação Brasileira da Indústria de Alimentos Para Fins Especiais e Congêneres (ABIAD) a respeito do consumo de suplementos alimentares. De acordo com o estudo, cerca de 1007 lares em sete capitais brasileiras – São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Brasília, Fortaleza, Porto Alegre e Belém – foram entrevistados entre março e abril de 2015. O estudo concluiu que 75% dos entrevistados complementam a alimentação utilizando suplementos alimentares. Os suplementos mais consumidos foram vitaminas (48%), minerais (22%) e extratos de plantas (19%), sendo o preço dos produtos o principal atrativo de compra para esses consumidores.

Muitos são os estudos que relacionam a prevalência de suplementos nutricionais consumidos por praticantes de atividade física em academias de musculação. De acordo com a Associação Brasileira de Academias (ACAD, 2010) o Brasil apresenta um faturamento aproximado de dois bilhões de reais por ano devido aos seus mais de dezoito mil estabelecimentos. O País ocupa o segundo lugar mundial em número de academias, atrás apenas dos Estados Unidos.

Rocha e Pereira (1998) verificaram o consumo de suplementos em indivíduos praticantes de atividade física em academias de Niterói e São Gonçalo, no Rio de Janeiro. Dentre os 160 indivíduos participantes, 51 faziam uso de pelo menos um suplemento, sendo os aminoácidos e proteínas os mais consumidos dentre os praticantes de musculação, enquanto os praticantes de ginástica consumiam também suplementos vitamínicos e multiminerais. Na cidade de São Paulo, Pereira e colaboradores (2003) avaliaram o perfil de frequentadores de academias, com idades entre 18 e 38 anos. Dentre os entrevistados, 23,9% faziam uso de pelo menos um suplemento, sendo os aminoácidos e os suplementos vitamínicos os mais consumidos.

Araújo e colaboradores (2002) determinaram o uso de suplementos e anabolizantes entre praticantes de musculação em academias de Goiânia. Em seus estudos observaram que a creatina foi o suplemento mais consumido, com o objetivo de aumentar a massa muscular. A análise do consumo de suplementos alimentares em academias de musculação de Belo Horizonte foi realizada por Domingues e Marins (2007). Dentre os voluntários, os suplementos mais citados

foram: creatina (89%), whey protein (83,5%), albumina (82%) e aminoácidos (78,5%). Também na cidade de Belo Horizonte, avaliou-se 1102 praticantes de atividade física em academias, sendo os aminoácidos (58%), bebidas isotônicas (32%), produtos ricos em carboidratos (23%), naturais e fitoterápicos (20%) e multivitamínicos/multiminerais (19%) os produtos de maior consumo (GOSTON e CORREIA, 2010).

4.1.5 Doenças Associadas ao Consumo de Suplementos

Os efeitos reais dos suplementos no organismo e a pureza de seus agentes nutricionais ainda não são conhecidos. Também não há informações suficientes para avaliar os efeitos do uso em longo prazo, apesar de seu consumo se tornar cada vez mais popular (SBME, 2003). O consumo de suplementos, muitas vezes, ocorre de maneira indistinta sem orientação adequada de um profissional (GOSTON e CORREIA, 2010), sendo que alguns indivíduos não fazem uso de apenas um suplemento (ROCHA e PEREIRA, 1998).

O uso indiscriminado de minerais pode causar efeitos adversos ao organismo e comprometer a saúde e o rendimento dos indivíduos, levando até mesmo à redução do desempenho ao decorrer da atividade (ANDRADE e BIANCO, 2010).

A literatura apresenta casos de lesão renal e proteinúria devido ao uso de suplementos, incluindo a creatina (THORSTEINSDOTTIR *et al.*, 2006). Observou-se em ratos que a suplementação de creatina pode aumentar as concentrações de uréia plasmática (PEETERS *et al.*, 1999). Dentre outros efeitos adversos estão a disfunção aguda do fígado devido ao consumo de suplementos à base de plantas (CHEN *et al.*, 2010; RADHA KRISHNA *et al.*, 2011; MOLINARI *et al.*, 2006), lesões colestáticas devido ao consumo de whey protein e creatina (WHITT *et al.*, 2008), além de desordens cardiovasculares (como pressão sanguínea e frequência cardíaca elevadas, infarto agudo do miocárdio) devido ao uso de suplementos termogênicos (SACHDEVA *et al.*, 2005), utilizados para acelerar o metabolismo com o objetivo de se obter maior gasto energético e consequente perda de peso (BACUARU, 2007). Trombose coronariana (SACHDEVA *et al.*, 2005), efeitos cerebrovasculares (BOUCHARD *et al.*, 2005), alterações dermatológicas, como acne, (SIMONART, 2012) e desordens hormonais e psicológicas (CALFEE e

FADALE, 2006; LATTAVO *et al.*, 2007) também foram descritas. O aumento de sono (ARAÚJO *et al.*, 2002), insônia, acne e taquicardia também foram efeitos adversos citados por consumidores de suplementos alimentares (DA SILVA *et al.*, 2014). De acordo com Geyer e colaboradores (2008), esteróides anabolizantes podem estar presentes na composição de suplementos alimentares, sendo que esta informação não consta nos rótulos dos produtos.

Os efeitos adversos relatados ocorrem em indivíduos aparentemente saudáveis (DA SILVA *et al.*, 2014), porém os dados apresentados muitas vezes são obtidos a partir de estudos de caso, podendo não ser considerados suficientes.

A ingestão de proteínas e aminoácidos em excesso pode ser prejudicial à saúde. Proteínas acima de 15% das calorias totais pode causar cetose, desidratação, gota e sobrecarga renal, aumentar a gordura corporal e induzir à perda de massa óssea (ALLEN *et al.*, 1979; MAHAN e ESCOTT-STUMP, 1996).

Kubena e McMurray (1996) relatam a necessidade de maiores estudos a respeito das consequências do uso de suplementos alimentares, principalmente entre aqueles com diferentes nutrientes, pois podem causar efeitos nocivos à função imune.

4.1.6 Análises Químicas de Suplementos

Os alimentos que apresentam propriedades com objetivos funcionais e/ou de saúde para a alimentação infantil que possuem ingredientes e substâncias bioativas e probióticos necessitam de registro no Brasil (ANVISA, 1999, 1999a, 2002).

A crescente variedade de produtos disponibilizados no mercado (EINSEBERG *et al.*, 1998; SILVA e FERREIRA, 2014) torna importante a análise dos elementos constituintes de modo a garantir a segurança alimentar. A qualidade dos suplementos alimentares depende de fatores como condições de crescimento, armazenamento, extração e manipulação da matéria prima utilizada para a fabricação do produto (RAMAN *et al.*, 2004).

Os elementos Ca, K, Mg, Mn, Na, P e Zn foram determinados por meio da espectrometria de emissão óptica (ICP-OES) em suplementos à base de Fe para combater a anemia (BARBOSA *et al.*, 2015). A espectrometria de atomização

eletrotérmica (ETAAS) foi a técnica utilizada para detectar Pb em doze suplementos ferrosos (BARBOSA *et al.*, 2016).

Marrero e colaboradores (2013), com o objetivo de estabelecer uma metodologia para determinar os elementos As, Bi, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, V e Zn em diferentes suplementos alimentares disponíveis para consumo na Argentina e nos Estados Unidos, realizaram a digestão das amostras com HNO₃ e H₂O₂ utilizando microondas. Em seguida, a análise multielementar foi realizada por meio da ICP-OES. Os elementos Ca, Fe e Mg foram aqueles que apresentaram maior abundância dentre os produtos analisados. Os autores verificaram que as concentrações variavam entre as doses de um mesmo produto, concluindo que os consumidores recebem concentrações variadas dos elementos a cada ingestão.

Trinta e três amostras de suplementos alimentares apresentaram concentrações de Fe, Zn, Mn, Se e Mo acima daquelas consideradas seguras. Aproximadamente 34% dos suplementos analisados apresentaram níveis de Cu acima do permitido, assim como as concentrações de As em 62% das amostras analisadas (KORFALI *et al.*, 2013).

Avula e colaboradores (2011) analisaram a composição elementar de trinta e cinco suplementos minerais e multivitamínicos, utilizando o método de espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente, empregando interface de reação/colisão (CRI-ICP-MS). Os elementos As, Cd, Pb e Hg apresentavam concentrações inferiores aos limites considerados seguros à saúde dos consumidores.

A análise de As, Cd, Hg e Pb foi realizada em 95 amostras de suplementos alimentares utilizando o método de digestão assistida por microondas e espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-AES) (DOLAN *et al.*, 2003).

Os elementos Ca, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, P, Se e Zn foram determinados em suplementos minerais e multivitamínicos utilizando a espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS), juntamente com a espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica (ET-AAS) (SOLTYK *et al.*, 2003).

A análise por ativação neutrônica permitiu determinar a concentração de As, Ba, Ca, Co, Cr, Fe, K, Mn, Mo, Na, Sb, Sc, Se, Sr e Zn em suplementos multivitamínicos e suplementos de Ca, Se e Zn. As concentrações dos elementos detectados foram inferiores aos níveis estabelecidos de toxicidade (SAIKI e NARDI, 2001).

4.2 BIOMONITORES

A definição de biomonitores abrange organismos vivos ou seus componentes biológicos que refletem a presença de substâncias no organismo por um determinado tempo. Considera-se biomonitores os fluidos corporais (sangue, urina, saliva) e os tecidos como o cabelo e a unha (MENEZES, 2002; YASAR e OZYIGIT, 2008). Dessa forma, um biomonitor é capaz de mensurar as consequências de um evento em um sistema biológico, devido às características de toxicidade da substância que penetrou o organismo (GRANDJEAN *et al.*, 1994).

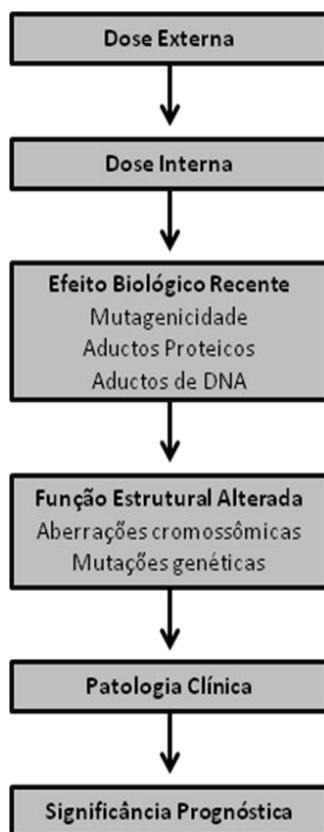
Os elementos químicos podem ser absorvidos por meio da pele, da inalação e da ingestão, sendo a via digestiva a principal responsável pelas concentrações dessas substâncias no organismo (ESTEBAN e CASTAÑO, 2009). As propriedades físicas e químicas dos elementos, o tempo de exposição e as características particulares de cada indivíduo constituem fatores determinantes para sua interação no corpo humano. As concentrações totais dos elementos no organismo dependem da forma em que irá ocorrer a absorção, distribuição e o metabolismo de excreção dessas substâncias (ESTEBAN e CASTAÑO, 2009).

Geralmente, a exposição a elementos químicos é avaliada a partir da determinação das concentrações das substâncias químicas no ambiente (Figura 1). A exposição externa é uma fonte aproximada para a avaliação da exposição interna, que representa a concentração real do elemento absorvida pelo organismo. A exposição interna pode ser estimada por diversos indicadores como as concentrações dos elementos químicos e seus metabólitos em órgãos alvo ou em fluidos corporais. Logo, os biomonitores podem ser considerados essenciais para a extrapolação de riscos em seres vivos (GREIM *et al.*, 1995).

Sabe-se que determinados elementos químicos podem causar, em certas quantidades, efeitos nocivos à saúde humana e que podem assim contribuir para o

surgimento de doenças (CDC, 2005). Informações sobre os efeitos adversos causados por certas substâncias podem ser obtidas por meio do uso de biomonitores (ESTEBAN e CASTAÑO, 2009).

Figura 1. Conceito de biomonitoramento.



(Greim *et al.*, 1995)

Os elementos químicos são absorvidos e difundidos para diferentes sistemas do organismo (GALAFASSI, 1999). Estudos avaliaram qualitativamente e quantitativamente, a presença de determinados elementos em amostras de sangue (CORNELIS *et al.*, 1995; KAZI *et al.*, 2008; LOGUERCIO *et al.*, 2001; MINOIA *et al.*, 1990; WILHELM *et al.*, 2004), cabelo (JOO *et al.*, 2009; MEHRA e JUNEJA, 2005), unhas (RAJPATHAK *et al.*, 2004; YOSHIZAWA *et al.*, 1998, 2002), urina (CORNELIS *et al.*, 1995; MINOIA *et al.*, 1990; WILHELM *et al.*, 2004), e ossos (JAWOROWSKI *et al.*, 1985; ZAICHICK *et al.*, 2002).

Os biomonitores podem ser utilizados para a identificação e eliminação de fontes contaminantes (DREXLER e SCHALLER, 1998; DUTY *et al.*, 2005), para a análise de variações das concentrações elementares ao longo do tempo (JIN *et al.*,

2002; WILHELM *et al.*, 2007), para confirmar ou excluir hipóteses relacionadas a contaminações (COVACI *et al.*, 2008; GIL *et al.*, 2011; SCHUHMACHER *et al.*, 1996); para identificar relações entre exposições químicas e o desenvolvimento de patologias (BADER *et al.*, 1999) e para relacionar as concentrações de substâncias químicas no organismo aos hábitos alimentares em uma população (SCHECTER *et al.*, 2013; TIAN *et al.*, 2011).

A aplicação do biomonitoramento a partir do uso de cabelos para a avaliação de riscos e para vigilância da saúde ao se estimar a exposição de elementos contaminantes é discutível (GREIM *et al.*, 1995).

4.2.1 Biomonitor Cabelo

A escolha do biomonitor depende do tempo da permanência da substância de interesse no organismo, da disponibilidade e conveniência dos procedimentos de coleta, e da forma como a amostra será trabalhada, de modo a minimizar a contaminação (WHO, 1996).

O biomonitor cabelo oferece a vantagem de armazenar por um período maior as concentrações referentes aos elementos inorgânicos metabolizados no organismo (KATZ e KATZ, 1992). O cabelo é capaz de acumular elementos em sua constituição por até duas vezes mais, quando comparado a outros biomonitores, cujo fluxo de constituintes é intermitente, como o sangue (KATZ e KATZ, 1992). A exposição a certos elementos, como o As, pode ser mensurada em cabelo de cadáveres, mesmo após a decomposição de outros tecidos (DAS *et al.*, 1995; DRUYAN *et al.*, 1998).

A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) avaliou a concentração de elementos (como metais) em análises nutricionais, ambientais e ocupacionais (DRUYAN *et al.*, 1993) utilizando o biomonitor cabelo. Dessa forma, cabelo é considerada uma matriz relevante para a monitorização ambiental (DRUYAN *et al.*, 1998; JENKINS, 1980).

Os contaminantes aos quais os seres humanos são suscetíveis podem ser identificados por meio do cabelo, que é considerado um “dosímetro biológico” capaz de indicar o local em que o indivíduo foi exposto (KATZ e KATZ, 1992), devido às concentrações elementares absorvidas pelo biomonitor e a sua correspondência

com os elementos presentes em determinada localidade geográfica do planeta. Esses elementos podem ocorrer naturalmente, ou na forma de contaminantes.

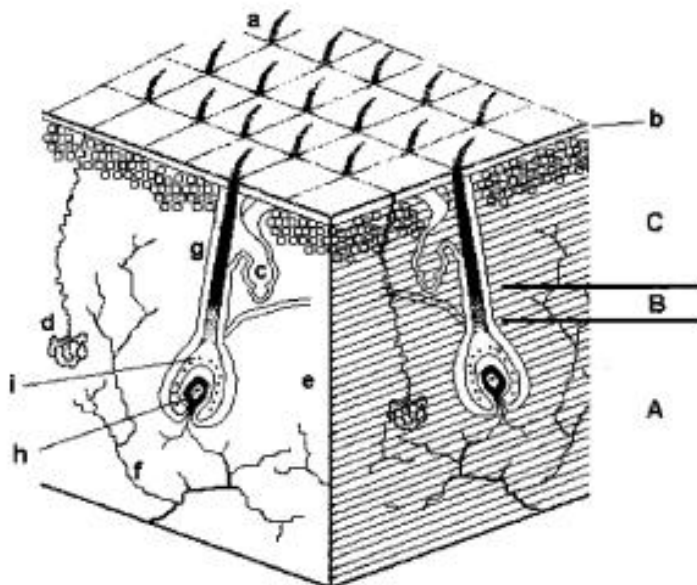
A sua aplicação como biomonitor apresenta vantagens por ser um material de fácil coleta, transporte e armazenamento (ANGERER *et al.*, 2007; BARBOSA *et al.*, 2005; SORENSON *et al.*, 1973; ZHANG *et al.*, 2007). Dentre as desvantagens é possível citar as dificuldades para diferenciar qual a origem das exposições internas e externas aos elementos incorporados à sua matriz, além das variações consideradas normais, como os elementos que estão envolvidos nas colorações naturais do cabelo, assim como no sexo e na raça do indivíduo, sua localização geográfica, ou mesmo às rotinas de cuidados com os cabelos (ANGERER *et al.*, 2007; POZEBON *et al.*, 1999; WILHELM e IDEL, 1996).

A formação dos fios capilares não é um processo demorado. Após suas estruturas serem completamente formadas, elas são eliminadas por meio da superfície da pele a partir dos folículos pilosos que se localizam a cerca de 3 a 5 mm inferiormente à pele (PRAGST e BALIKOVA, 2006; RIVIER, 2000). Ao ser expelido, o cabelo não participa das demais atividades metabólicas e dessa maneira, as substâncias que foram incorporadas ao cabelo não têm acesso para retornar ao sangue (RIVIER, 2000). Por serem bioquimicamente inertes, seus componentes endógenos refletem apenas os registros provenientes de atividades metabólicas durante o tempo de formação relativamente curto, de alguns dias (BANK *et al.*, 1981; HOPPS, 1977; MENEZES, 2002).

O cabelo do couro cabeludo cresce, em média, um centímetro por mês (HOPPS, 1977) e tem a função de proteger a cabeça dos raios solares por meio da melanina, que também é responsável por fornecer a coloração natural aos fios (ROBBINS, 1994).

A matriz capilar é constituída por um filamento queratinizado, formado por cadeias de polipeptídios que possuem elevado teor de pontes de dissulfeto (S-S) que cresce a partir dos folículos (WILKINSON e MOORE, 1990, POZEBON *et al.*, 1999). A Figura 2 apresenta uma ilustração contendo os principais constituintes do couro cabeludo.

Figura 2. Ilustração esquemática do couro cabeludo. a) Extrato córneo; b) epiderme; c) glândula sebácea; d) glândula ecrina; e) derme; f) vasos sanguíneos; g) folículo; h) papila; i) grânulos de melanina. A) Zona de diferenciação; B) Zona de Queratinização; C) Região do Cabelo Permanente



(POZEBON *et al.*, 1999)

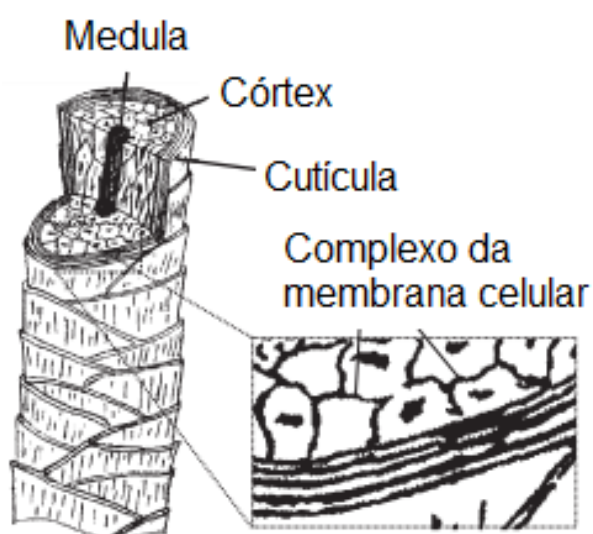
Os componentes principais que constituem o cabelo são: a cutícula, o córtex e a medula (Figura 3). A cutícula está localizada na porção mais externa do fio, formada por material protéico e amorfo, sendo responsável pelo controle de entrada e saída de água nas fibras. É composta por, aproximadamente, seis a dez camadas de células sobrepostas na direção longitudinal da fibra, e devido à maneira como as células se sobrepõem, apenas 1/6 delas são expostas na superfície do cabelo (WALL e HUNTER, 1974). Indivíduos intoxicados com metais, como o Tl e o Pb, a cutícula pode se encontrar danificada (BENCZE, 1990).

O córtex é considerado o principal constituinte da matriz capilar, formado por um conjunto de células cilíndricas em que é possível encontrar queratina e demais proteínas (BENCZE, 1990). O fio de cabelo é constituído, em sua maior parte, pela α -queratina (BANK *et al.*, 1981; WILKINSON *et al.*, 1990; YU *et al.*, 1993), proteína espiralada que fornece sustentação ao cabelo (BENCZE, 1999), e que está distribuída em uma matriz de proteínas ricas em tirosina e enxofre (POZEBON *et al.*, 1999). A ligação entre os elementos químicos, principalmente metais, e os fios de cabelo, poderá ocorrer por meio dos átomos de enxofre (SIGEL, 1979). Certos elementos, como o Au, Ce, Cs, Hf, La, Sc, Sm e Th, são considerados elementos

macios, sendo capazes de se ligar ao grupo sulfidril (-SH), considerados potencialmente tóxicos devido à sua afinidade com o enxofre (COTTON *et al.*, 1987; PEARSON e SONGSTAD, 1967). Elementos como Pb, Hg e As também possuem grande afinidade pela ligação cruzada entre os átomos de enxofre presentes na estrutura queratinosa (MENEZES, 2002).

A medula está localizada no interior da fibra capilar, e pode não ser encontrada em alguns fios (WALL e HUNTER, 1974).

Figura 3. Estrutura e componentes do cabelo humano.



(PRAGST e BALIKOVA, 2006)

Os elementos químicos podem ser incorporados ao cabelo por meio da raiz, e suas concentrações são proporcionais às aquelas presentes nos líquidos corporais responsáveis pela irrigação do tecido capilar, como sangue, linfa e fluido extracelular (ATTAR *et al.*, 1990; BOS *et al.*, 1985). Todavia, o processo de absorção dos elementos por meio dos pelos ainda é considerado controverso (PÓZEBON *et al.*, 1999).

4.2.2 Determinação de Elementos Inorgânicos em Cabelos

A determinação de elementos em cabelo é adequada para atender objetivos em medicina experimental (KRUSE-JARRES, 2000). Logo, a análise das

concentrações de elementos químicos em cabelo tem despertado grande interesse na monitoração dessas substâncias no organismo (MENEZES, 2002).

Mikulewicz e colaboradores (2015) utilizando o método de ICP OES avaliaram o acúmulo de Cr, Fe e Ni em cabelos de pacientes que realizaram tratamento com aparelhos ortodônticos. O objetivo do estudo consistia na avaliação da real exposição de pacientes aos elementos que poderiam ser desprendidos das ligas metálicas dos aparelhos dentários. As concentrações elementares nos cabelos analisados estavam de acordo com os limites máximos permitidos.

A AAN, foi a técnica adotada para a determinação de quatorze elementos inorgânicos (Al, Br, Ca, Cl, Cu, Hg, I, K, Mg, Mn, Na, S, V e Zn) em cabelos de uma população iraniana (TAVAKKOLI *et al.*, 1999). Também foi a escolhida para avaliar as concentrações dos elementos As, Br, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Na, Sb, Sc, Se e Zn em cabelos de indivíduos considerados saudáveis na cidade de São Paulo (FRAZÃO e SAIKI, 2007).

A análise de cabelos está entre os melhores indicadores para avaliar a relação entre o consumo de peixe e a contaminação por mercúrio (DRUYRAN *et al.*, 1998; MALM *et al.*, 1995).

As concentrações de mercúrio em crianças com idades entre 1 e 5 anos, e mulheres entre 16 e 49 anos foi avaliada entre os anos de 1999 e 2000 pela NHANES, nos Estados Unidos (McDOWELL *et al.*, 2004). As análises de cabelo foram efetuadas utilizando a espectrometria de fluorescência atômica (EFA) por vapor frio. A quantidade de Hg presente nas amostras de indivíduos consumidores de peixes foi superior quando comparado aos indivíduos não consumidores. Díez e colaboradores (2008) analisaram, por meio da espectrofotometria de absorção atômica de chama (FAAS), as concentrações de Hg em cabelos de 237 adultos que residiam em Nápoles. Verificou-se uma forte relação entre elevadas concentrações de Hg nas amostras de indivíduos consumidores de peixe, e naqueles que também possuíam amálgamas dentárias.

O biomonitor cabelo também é utilizado para relacionar a presença de elementos traços em patologias. Blaurock-Busch e colaboradores (2011) encontraram diferenças estatísticas significantes nas concentrações de As, Ba, Cd,

Ce, Mg, Pb e Zn em amostras de cabelos de crianças diagnosticadas com desordens do espectro autista (DEA).

Memom e colaboradores (2007) determinaram a presença de Zn em sessenta e cinco mulheres com câncer de mama e ovário de diferentes localidades do Paquistão. Os efeitos do zinco no início e progressão do câncer ainda não estão bem estabelecidos, mas apresenta efeitos negativos no sistema imunológico. Alterações em suas concentrações têm sido encontradas em doenças linfoproliferativas, como em câncer de pulmão, mama e do sistema gastrointestinal (NEWBERNE *et al.*, 1997). As concentrações de Zn foram obtidas a partir da análise por espectrometria de absorção atômica de chama, em amostras de cabelo e sangue. Os pesquisadores verificaram uma redução nas concentrações de Zn nos dois grupos de pacientes com câncer quando comparados ao grupo controle. O decréscimo de Zn foi observado nas amostras de cabelo e nas amostras de sangue.

O selênio em mamíferos constitui componente da enzima glutathione peroxidase que, juntamente com a vitamina E, catalase e superóxido desmutase, é um componente responsável pelas defesas antioxidantes do organismo (ANDERSON, 1988). A concentração de Se foi determinada em vinte e sete amostras de cabelo e vinte e cinco amostras de unha em uma população saudável por meio de espectrometria de absorção atômica eletrotérmica comparada à análise por ativação neutrônica. Harrison e colaboradores (1995) obtiveram resultado médio de 0,31-0,76 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de Se nas amostras de cabelo e 0,17-0,66 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de Se nas amostras de unha. De acordo com os autores, os resultados obtidos com a espectrometria de absorção eletrotérmica foram inferiores aos obtidos por ativação neutrônica.

Concentrações suficientemente altas de determinados elementos podem se tornar tóxicas, constituindo graves problemas de saúde sempre que se tornarem parte da cadeia alimentar humana (OLIVER, 1997), principal fonte de aquisição de elementos inorgânicos pelo homem. A análise de cabelo também pode ser utilizada para avaliação do estado nutricional de indivíduos. Mohammed (2012), utilizando a AAN, determinou cerca de vinte e nove elementos em cabelos de crianças vivendo em duas regiões com classificações socioeconômicas distintas da Tanzânia. A classe considerada baixa e o grupo de classe média apresentaram concentrações

semelhantes dentre os elementos essenciais determinados, indicando que ambos os grupos possuem hábitos alimentares semelhantes. Porém, os elementos Cu e Zn apresentaram quantidades inferiores às reportadas por crianças da mesma faixa etária no Cazaquistão, em Hong Kong e na Itália (CHIBA *et al.*, 2004; MAN *et al.*, 1996; VIOLANTE *et al.*, 2000). Em seus estudos, Beininger e colaboradores (2010) também utilizaram a AAN para averiguar os níveis de Zn no sangue e no cabelo de crianças com idade entre 6 a 24 meses na região de Diamantina, em Minas Gerais. A deficiência de zinco plasmático ocorreu em cerca 11,2% das crianças e a carência de zinco capilar em 16,8%, demonstrando a necessidade de atenção nutricional dentro dessa população, de modo a possibilitar o aumento da ingestão de alimentos com elevadas concentrações desse nutriente.

A FAAS foi a técnica utilizada para a análise capilar de zinco em crianças consideradas saudáveis, em creches da Paraíba. Dentre as amostras de 273 crianças avaliadas, aproximadamente 9,1% delas apresentaram deficiência capilar de Zn (PEDRAZA e SALES, 2013).

5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A TÉCNICA: ANÁLISE POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA

5.1 PRINCÍPIO FUNDAMENTAL

A partir dos estudos desenvolvidos por Georg Hevesy e Hilde Levi, iniciados em 1936, tornou-se possível identificar elementos químicos constituintes de amostras a partir da indução da radioatividade artificial, por meio do bombardeamento com nêutrons. Os pesquisadores observaram que determinadas amostras contendo elementos terras raras em sua composição se tornavam altamente radioativas após exposição a uma fonte de nêutrons (GLASCOCK, 2003).

Dessa forma, a AAN consiste na irradiação de um núcleo atômico por nêutrons, de modo que sejam produzidas espécies radioativas, conhecidas como radionuclídeos (PARRY, 2003). Os radionuclídeos decaem emitindo radiação, mensurada por meio de detectores (IAEA, 1990).

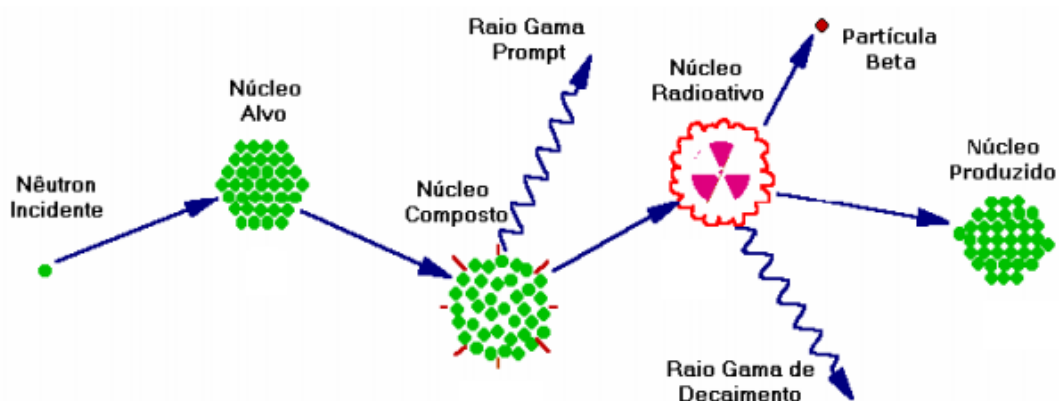
Os nêutrons, ao incidirem sobre o núcleo alvo, sendo estes os núcleos dos átomos constituintes das amostras a serem analisadas, interagem de diferentes formas. A interação mais comum, utilizada no procedimento de AAN, é a captura de

nêutrons (n, γ), principalmente em um núcleo com um intermediário e alto número atômico (Z). Como resultado da interação dos nêutrons, térmicos e epitérmicos, haverá a formação de um núcleo composto excitado, que poderá perder sua energia na forma de radiação gama, denominado raio gama *prompt*. A nova estrutura nuclear pode originar um núcleo radioativo que irá decair emitindo, possivelmente, vários raios gama, adquirindo configuração mais estável. Poderá ocorrer também a emissão de partículas β^- , e radiação gama de decaimento (GLASCOCK, 2003; DE SOETE *et al.*, 1972).

O número de radionuclídeos produzidos dependerá da quantidade de núcleos-alvo disponíveis para sua ativação, do número de nêutrons livres, e de um fator denominado seção de choque (σ), que irá definir a probabilidade de ativação do núcleo alvo pelos nêutrons (PARRY, 2003).

A Figura 4 apresenta a sequência de eventos resultantes da irradiação da amostras durante o procedimento de AAN, e a possível reação de captura de nêutrons (n, γ) (GLASCOCK, 2003).

Figura 4. Processo de captura de nêutrons (n, γ) por um núcleo-alvo, seguido pela emissão de radiação gama.



(GLASCOCK, 2003; IAEA, 1990)

Para emissão do feixe de nêutrons, a escolha da fonte que será utilizada dependerá da faixa de energia com que se deseja trabalhar (PARRY, 2003). Existem diferentes fontes de nêutrons que podem ser utilizadas para a AAN, porém os reatores nucleares apresentam fluxo de nêutrons elevado, de pelo menos da ordem

de 10^6 nêutrons.cm².s¹ no local de irradiação da amostra, produzidos a partir da fissão do urânio (GLASCOCK, 2003), permitindo que o uso da AAN por meio de reatores seja a fonte mais utilizada.

Outras fontes emissoras de nêutrons, que não envolvem o uso de um reator nuclear, são os aceleradores de partículas e as fontes de radioisótopos. Essas fontes são comumente utilizadas em aplicações comerciais. Constituem métodos complementares aos reatores nucleares que fornecem, predominantemente, fluxos de nêutrons térmicos. Os acelerados de partículas são, geralmente, utilizados para a produção de nêutrons mais energéticos, enquanto as fontes de radioisótopos são úteis devido a sua praticidade, pois não necessitam de fontes de alta voltagem, são menores e facilmente transportáveis (PARRY, 2003).

A aplicação da AAN por meio de reatores nucleares apresenta vantagens: as elevadas seções de choque dos elementos para nêutrons térmicos permitem que a análise seja realizada para uma grande variedade de elementos; a técnica apresenta capacidade de realizar análises em amostras densas devido ao grande poder de penetração dos nêutrons; a produção de calor resultante da interação dos nêutrons é consideravelmente baixa; e as irradiações podem ser realizadas concomitantemente a demais atividades de rotina efetuadas em um reator de pesquisa (EHMANN e VANCE, 1981).

Os feixes de nêutrons produzidos no interior do reator abrangem um intervalo amplo de energia de alguns eV até dezenas de MeV (CARDOSO, 2011). Em termos de energia, dentre os nêutrons produzidos no núcleo do reator estão os nêutrons térmicos e epitérmicos (IAEA, 1990).

De maneira geral, a maioria dos produtos de ativação por nêutrons é resultante da interação de nêutrons térmicos, produzidos no reator nuclear (PARRY, 2003). Estes são os nêutrons produzidos em maior proporção, e também constituem aqueles de maior interesse no processo de AAN, pois apresentam fluxos mais elevados no interior do reator, cerca de 10^{14} - 10^{18} nêutrons cm⁻² s⁻¹, e seções de choque favoráveis para que ocorra a captura de nêutrons (n, γ) em muitos nuclídeos estáveis (ALFASSI, 1990; IAEA, 1990; PARRY, 2003).

Os nêutrons térmicos são aqueles que possuem energias inferiores a 1 eV, e atingem equilíbrio térmico com os núcleos presentes nos átomos das amostras

irradiadas. Ao passo que os nêutrons epitérmicos possuem energia entre 0,5 – 2,0 MeV, e podem ser utilizados para aumentar a ativação de alguns núclídeos (CARDOSO, 2011; PARRY, 2003).

Sendo o produto da AAN radioativo, este irá decair em um período de meia vida característico. Logo, o aumento da atividade durante o processo de irradiação irá depender da meia vida do produto da irradiação (PARRY, 2003). É a emissão dos raios gama pelos núcleos ativados, e suas meias vidas características, que irão permitir identificar os radioisótopos formados, e conseqüentemente, determinar quais os elementos presentes nas amostras (PARRY, 2003).

5.2 ESPECTROMETRIA GAMA

Conforme visto anteriormente, a AAN tem como princípio a indução da radioatividade artificial em um elemento que se deseja analisar. Os produtos de decaimento são então detectados e identificados por meio de sua energia, enquanto o intervalo de decaimento é utilizado para determinar as concentrações, ou seja, quantitativamente, o elemento alvo (PARRY, 2003).

A partir do processo de decaimento radioativo é possível obter diferentes produtos capazes de serem utilizados para medir a radioatividade, como as partículas alfa e beta, as radiações gama e X, assim como a emissão de nêutrons. De maneira geral, os raios gamas emitidos após a irradiação das amostras são considerados os mais adequados para a realização de análises multielementares (PARRY, 2003).

O espectro de raios gama emitido é característico para cada radioisótopo, tornando possível identificar os elementos presentes nas amostras e suas concentrações (PARRY, 2003). Para este procedimento, utilizam-se detectores semicondutores, geralmente, do tipo HPGe (*High Pure Germanium*), que possuem alta resolução e eficiência de detecção. A eficiência do detector depende da energia da radiação mensurada, do ângulo entre a amostra e o cristal constituinte do detector, e do volume ativo do cristal (GLASCOCK, 2003; KNOLL, 1989; PARRY, 2003).

Os espectros da radiação gama produzida a partir da irradiação são obtidos a partir da contagem das interações entre a radiação e os cristais do detector

(PARRY, 2003). Esses espectros são analisados por meio de *softwares* que localizam os picos da radiação gama determinando as áreas dos picos e suas respectivas energias, tornando possível a determinação dos elementos presentes e suas concentrações (PARRY, 2003; REIS, 2006).

5.3 ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA: MÉTODO k_0

As análises convencionais, que utilizam a AAN, fazem uso de materiais como padrões primários de referência de cada elemento de interesse, que deverão ser ativados simultaneamente às amostras. As concentrações dos elementos de interesse em uma amostra serão determinadas baseando-se nas concentrações e nas radioatividades conhecidas dos padrões (ABUGASSA *et al.*, 1999; ADLOFF *et al.*, 1993; FRIEDLANDER *et al.*, 1981; PARR, 1993; MENEZES, 2002).

A utilização de padrões de referência para a aplicação da técnica de AAN demanda trabalho e tempo necessário para se investir no preparo, irradiação, mensuração e análise dos espectros de energia correspondentes aos materiais de referência (ABUGASSA *et al.*, 1999). Essas dificuldades podem ser eliminadas utilizando-se o método k_0 de Ativação Neutrônica que dispensa o uso de padrões nas análises por AAN, pois as concentrações elementares são calculadas a partir de constantes determinadas para cada radionuclídeo, parâmetros espectrais na posição de irradiação no reator e equações específicas (DE CORTE, 1980; MONTOYA ROSSI, 1995). No caso do método k_0 padronizado (DE CORTE, 2001; MENEZES e JACIMOVIC, 2006; MENEZES *et al.*, 2003) também é necessário que o sistema de espectrometria gama seja calibrado de forma absoluta (DE CORTE e SIMONITS, 1976).

Assim, o método depende da determinação das eficiências as energias gamas de interesse, da relação entre o fluxo de nêutrons térmicos e epitérmicos (f) e do fator (α) que mede o afastamento do perfil de distribuição dos nêutrons epitérmicos na posição de irradiação da distribuição ideal (CARDOSO, 2011; DE CORTE, 1980; MONTOYA ROSSI, 1995).

A Equação 1 (DE CORTE, 1980; MONTOYA ROSSI, 1995) apresenta a equação fundamental do método k_0 , onde k_0 é uma constante natural dos isótopos em estudo, analisada em função da relação entre as massas atômicas, abundâncias

isotópicas, seções de choque para nêutrons térmicos e probabilidades de emissão gama (DE CORTE e SIMONITS, 2003; DE CORTE *et al.*, 1989; KOLOTOV e DE CORTE, 2004).

A equação simplificada do método k_0 para concentrações elementares é descrita para uma substância a qual se deseja analisar (marcada como α) (DE CORTE, 1986), de acordo com as equações:

$$\rho_a = \frac{A_{sp,a}}{F_{c,Au}} \cdot \frac{1}{k_{0,Au}(a)} \cdot \frac{1}{G_{th,a} \cdot f + G_{e,a} \cdot Q_{o,a}(\alpha)} \cdot \frac{1}{\varepsilon_{p,a}} \quad (1)$$

onde:

$$F_{c,Au} = \frac{A_{sp,m} \cdot 10^{-6}}{k_{0,Au}(m)} \cdot \frac{1}{G_{th,m} \cdot f + G_{e,m} \cdot Q_{o,m}(\alpha)} \cdot \frac{1}{\varepsilon_{p,m}} \quad (2)$$

onde:

- $F_{c,Au}$ é o fator de comparação;
- $A_{sp,m}$ e $A_{sp,a}$ são as atividades específicas do monitor (m) e do analito (a);
- $k_{0,Au}(m)$ e $k_{0,Au}(a)$ são os fatores k_0 do monitor de Au e do analito a . Esse fator é uma composição de constantes nucleares específicas de cada radionuclídeo;
- $\varepsilon_{p,m}$ e $\varepsilon_{p,a}$ são as eficiências de detecção da energia gama para a energia gama do ouro (monitor) e do radionuclídeo em estudo, do analito;
- f é a relação entre os fluxos de nêutrons térmicos e epitérmicos;
- $G_{th,m}$ e $G_{th,a}$ são os fatores de correção para a auto-blindagem a nêutrons térmicos no monitor e no analito;
- $G_{e,m}$ e $G_{e,a}$ são os fatores de correção para a auto-blindagem a nêutrons epitérmicos no monitor e no analito;
- $Q_{o,m}(\alpha)$ e $Q_{o,a}(\alpha)$ são as razões entre as integrais de ressonância ($1/E^{1+\alpha}$) correspondentes a 2200 m s^{-1} e as seções de choque do monitor e do analito, respectivamente;

- α (alfa) é o parâmetro de distribuição do fluxo epitérmico no local de irradiação.

O fator $F_{c,Au}$ definido pela Equação 2 é proporcional à densidade do fluxo de nêutrons e indica, diretamente, um gradiente na densidade do fluxo de nêutrons epitérmicos. Os fatores F_c são calculados utilizando o *software* KayWin tendo como base a irradiação dos monitores de Al-0,1%Au (MENEZES e JACIMOVIC, 2014).

5.4 VANTAGENS DO MÉTODO

A técnica de AAN apresenta inúmeras vantagens (DE CORTE, 1986; GLASGOCK, 2004; IAEA, 1990; MENEZES, 2002; PARRY, 2003) dentre as quais podem ser citadas:

- na natureza, cerca de 70% dos núclídeos apresentam propriedades nucleares adequadas para a AAN, tornando possível a análise multielementar;
- a ocorrência de interferências é baixa devido às diferentes combinações de tempo de irradiação, decaimento e contagem, assim como à seleção de diferentes energias gama durante as análises dos espectros energéticos;
- a contaminação da amostra é minimizada pois uma vez irradiada, seus elementos estarão marcados – radionuclídeos –, não havendo possibilidade de contaminação;
- a amostra poderá ser analisada em diferentes formas. Pode estar em seu estado sólido, líquido, ser um pó, ou mesmo gás;
- não é necessário solubilizar as amostras, condição exigida caso a técnica de análise fosse a de espectrofotometria de absorção atômica (AAA) ou ICP-MS ou mesmo ICP-OES;
- a possibilidade de se determinar concentrações em largas faixas de concentração de partes por trilhão ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) a porcentagem;
- produção de resíduo após irradiação e não de rejeito: em geral, após cerca de dois meses, a amostra é considerada resíduo e não rejeito radioativo, de acordo com CNEN-NN-3.01 “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica”, Posição Regulatória-3.01/001:2011 (CNEN, 2011).

5.5 LIMITAÇÕES DO MÉTODO

O método de AAN é considerado importante técnica para a análise de elementos na concentração de traços a percentagem em amostras de diferentes matrizes (ABUGASSA *et al.*, 1999; LIN *et al.*, 1984; SARMANI *et al.*, 1997; SMODIS *et al.*, 1992). Porém, apresenta limitações (DE CORTE, 1986; GLASGOCK, 2004; IAEA, 1990; MENEZES, 2002; PARRY, 2003) dentre as quais podemos citar:

- a necessidade de se obter uma fonte de nêutrons, geralmente, a partir de um reator nuclear de pesquisas. O uso do reator e de suas instalações torna o custo da análise elevado;
- a técnica não permite identificar a espécie química dos elementos, pois seu princípio de análise é baseado nas propriedades nucleares dos átomos constituintes das amostras e não nas camadas eletrônicas;
- certos elementos não oferecem propriedades nucleares favoráveis para a ativação por nêutrons, como é o caso do chumbo.

6. METODOLOGIA

6.1 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

Para o presente estudo, os seguintes equipamentos e materiais foram utilizados, todos localizados no CDTN/CNEN.

6.1.1 Equipamentos

- 1) Da Unidade do Reator TRIGA, Serviço de Tecnologia de Reatores:
 - Reator nuclear de pesquisa TRIGA MARK I IPR-R1
- 2) Da Unidade de Química Nuclear e Radioquímica, Laboratório de Ativação Neutrônica:
 - Detector HPGe, modelo GC5019, marca CANBERRA, com 50% de eficiência relativa, resolução de 1,9 keV no pico de energia gama de 1332 keV do ^{60}Co , associado à eletrônica DAS-2000, CANBERRA e microcomputador, com *software* Genie 2K, CANBERRA, para aquisição dos espectros gama, completando o sistema, uma blindagem de chumbo CANBERRA de baixo *background*;

- Balança analítica de precisão, Metter Toledo;
- Estufa.

6.1.2 Materiais

Os materiais utilizados foram:

- Tesoura de aço inoxidável;
- Pinça de plástico;
- Espátula de plástico;
- Béqueres de vidro de 50 mL;
- Funis;
- Pisseta;
- Suporte para funis;
- Papel de filtro faixa preta;
- Bastão de vidro;
- Agitador magnético;
- Termostato;
- Dessecador;
- Vidros de relógio;
- Cadinho e pistilo cerâmicos;
- Esponja para a lavagem de vidrarias;
- Tubos de polietilenos, denominados PA1, com as dimensões de 4,3 mm de altura interna, 4,8 mm de raio interno, utilizado para amostras pontuais com massa aproximada de 200 mg;
- Tubo de polietileno, denominado PA2, com as dimensões de 2,2 mm de altura interna e 1,1 mm de raio interno, utilizado para amostras cilíndricas, com massa aproximada de 1 a 2 g;
- Tubos de polietileno, denominados PA3, com as dimensões de 36 mm de altura interna e 6,55 mm de raio interno, utilizado para as amostras cilíndricas com massa aproximada de 3 a 5 g;
- Tubo de polietileno, denominado Porta-Amostra, PA4, onde são inseridas as amostras e os monitores para a irradiação;

- Monitores de fluxo de nêutrons, em discos, apresentando 6 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, constituídos por uma liga de Al-(0,1%)Au, IRMM-530-RA, certificada, fornecidos pelo Instituto de Materiais de Referências e Medidas (IRMM, *Institute for Reference Materials and Measurements*) na Bélgica;
- Material de referência certificado IAEA/Soil-7, amostra de solo, proveniente da Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA (IAEA, *International Atomic Energy Agency*) com sede na Áustria, fornecidos pela AIEA;
- Material de referência certificado GBW 0805, folhas de chá, fornecido pelo *National Analysis Center*, Pequim, China;
- Material de referência certificado GBW 09101, cabelo humano, fornecido pelo *Shanghai Institute of Nuclear Research Academia Sinica*, Shanghai, China.

Os *softwares* utilizados foram:

- *Software* HyperLab[®], 2009, para a deconvolução dos espectros gama;
- *Software* Kayzero for Windows[®], v. 2.42, para a determinação das concentrações elementares pelo método k_0 .

Os reagentes utilizados foram:

- Água deionizada;
- Água destilada;
- Acetona PA.

6.2 CONTROLE DE QUALIDADE

Uma forma de verificar se a resposta analítica de um método é adequada é aplicando teste estatístico. Entre os testes disponíveis, se encontra o teste E_n (ISO, 2005).

O teste E_n leva em consideração a incerteza expandida da análise experimental e os valores certificados com um fator de abrangência $k = 2$ (sendo

95% do intervalo de confiança) (ISO 13528, 2005; SALLES *et al.*, 2016). As equações aplicadas para os cálculos são as seguintes (ISO 13528, 2005):

$$E_n = \frac{\text{Valor}_{\text{Experimental}} - \text{Valor}_{\text{Certificada}}}{\sqrt{U_{\text{Experimental}}^2 + U_{\text{Certificada}}^2}} \quad (3)$$

sendo $U_{\text{Experimental}}$ e $U_{\text{Certificada}}$ as incertezas expandidas ($k=2$) dos resultados obtidos experimentalmente e dos resultados certificados respectivamente e,

$$U_{\text{Experimental}} = 2 \cdot U_{\text{Lab_Comb}} \quad (4)$$

$$U_{\text{Lab_Comb}} = \sqrt{u_{\text{área}}^2 + u_{\text{método}}^2} \quad (5)$$

em que $u_{\text{área}}$ é a incerteza do pico e $u_{\text{método}}$ é a incerteza do método aplicado.

O critério de avaliação da resposta analítica, consequentemente indicando o desempenho do método é $|E_n| \leq 1$, se o desempenho do método aplicado nas análises foi satisfatório e $|E_n| > 1$, se a performance do método foi insatisfatória.

Neste estudo, as amostras foram analisadas como amostras pontuais e como cilíndricas, dependendo da massa disponível para a análise. Com o objetivo de verificar o desempenho analítico do método e fazer o controle de qualidade da análise, foram analisadas em paralelo às amostras, dois materiais de referência, a de solo, IAEA-SOIL-7 (IAEA, 1984) e a de chá, GBW0805 (NRCRM, 1987). A IAEA-SOIL-7 foi analisada como amostra puntual (200 mg) e como cilíndrica (5 g), e a GBW0805 foi analisada como amostra cilíndrica. Os resultados foram avaliados pelo critério E_n (ISO 13528, 2005). As amostras de solo, IAEA-SOIL-7, e chá, GBW0805, foram selecionadas por se tratarem de matrizes constituídas por diversos elementos químicos, visto que não há um material de referência específico para a análise de suplementos alimentares ou medicamentos.

De modo a realizar o controle de qualidade para as amostras de cabelos, analisou-se também um material de referência certificado de cabelo humano, GBW

09101 (SINR, 1988). As amostras do material de referência foram analisadas como pontuais e grandes, e os resultados também foram avaliados pelo critério E_n (ISO 13528, 2005).

No cálculo do $U_{\text{método}}$, a incerteza do método k_0 -AAN estabelecida no CDTN/CNEN é de 3,5% para um fator de abrangência $k = 1$. Este valor é o recomendado pelo software Kayzero for Windows® (KAYZERO, 2003; 2011) e foi calculado incluindo a incerteza dos valores da literatura ($t_{1/2}$, \bar{E}_r , Q_0 , k_0), a incerteza da composição do Au na liga Al-0.1%Au e a incerteza dos parâmetros de fluxos de nêutrons (f and α) previamente determinados usando o método razão de Cd, eficiência do detector de uma amostra, dentre outros.

6.3 ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM

Em trabalhos anteriores utilizando biomonitores, observaram-se variações na concentração dos elementos entre os indivíduos. Para garantir que as diferenças do conteúdo elementar sejam estatisticamente aceitas é recomendado que cada grupo a ser estudado seja composto de, no mínimo, 20 indivíduos (BENCKO *et al.*, 1995; MENEZES, 2002).

6.3.1 Grupo Comparativo, GC

Para realizar o cálculo amostral em relação ao grupo comparativo e a quantidade de indivíduos que participariam do estudo foi aplicada a equação abaixo (SCHEAFFER *et al.*, 1990):

$$n_{GC} = \frac{N\sigma^2}{(N-1)D + \sigma^2} \quad (6)$$

Na Equação 6, N representa o tamanho da população que não pratica atividade física, ou seja, a população que constituiu o Grupo Comparativo do presente trabalho; σ^2 é a variância, que expressa a dispersão estatística das medidas em uma população; D é fornecido como $0,25B^2$ em que B é a magnitude do intervalo de erro da média de uma população μ . Para o presente estudo foi atribuído o valor de $0,5\sigma$ para a variável B , sendo σ o desvio padrão.

Solucionando-se a Equação 6, estabelecendo para N o valor de 2000000 como a população de Belo Horizonte que não realiza atividade física e não consome suplementos alimentares, substituindo o valor de D por $0,0625 \sigma^2$, obtém-se o valor de 16 para n_{GC} . Logo, o Grupo Comparativo deverá ser composto por, no mínimo, 16 indivíduos (MENEZES, 2002).

6.3.2 Grupo de Praticantes de Atividade Física

Para realizar o cálculo amostral em relação aos indivíduos que iriam constituir os grupos de estudo, entre indivíduos que realizavam atividade física sem consumir suplementos, GSS, e também aqueles que faziam uso dessas substâncias, GCS. Logo, o número de indivíduos que irão constituir os grupos poderão ser calculados a partir da seguinte equação:

$$n_{GT} = \frac{N(1-p)}{(N-1)D + (1-p)} \quad (7)$$

Na equação 7, p é a proporção dentre a população que apresenta a característica de interesse, como a prática de atividade física sem consumo de suplemento, ou com o uso de suplemento, sendo p igual a 0,9. Como o valor de p é desconhecido, 0,9 é o valor fornecido como a probabilidade de se encontrar praticantes de atividade física que consomem, e que não consomem suplementos alimentares, como 100%, sendo este um valor conservativo. O valor de D é $0,25B^2$; B é $0,1\sigma$ e supõem-se que σ , desvio padrão, é de 0,5.

Escolheu-se o número de 40 indivíduos devido à uma estimativa de praticantes de atividade física que fazem uso de suplementos alimentares, em entrevistas prévias, realizadas em academias e grupos de atividade física. Substituindo os valores na Equação 7, como N por 40, p por 0,9, D por 0,0125, tem-se o valor de 10, que deverá ser o número mínimo de indivíduos que irão compor os grupos de praticantes de atividades físicas (MENEZES, 2002), GSS e GCS.

6.4 AMOSTRAGEM

6.4.1 Amostras de Suplementos Alimentares

As amostras de suplementos alimentares foram selecionadas de acordo com a indicação de maior consumo em Belo Horizonte (COSTLEY *et al.*, 1998; DOMINGUES e MARINS, 2007; GOSTON e CORREIA, 2010). A aquisição dos suplementos alimentares foi efetuada em lojas de produtos para suplementação esportiva e drogarias. Para o presente trabalho os suplementos alimentares foram agrupados de acordo com sua composição da seguinte maneira (SALLES *et al.*, 2017).

(i) Grupo A, aminoácidos: dois tipos de suplementos alimentares à base de aminoácidos foram coletados. “A1” é um aminoácido de cadeia ramificada consumido, geralmente, com o objetivo de reduzir a perda protéica e a fadiga, aumentando o rendimento durante a atividade física (ALVES e LIMA, 2009). “A2” é formado a partir da associação dos aminoácidos arginina, glicina e metionina, conhecida como ácido α -metil guanidino acético (KREIDER, 1999). Muito utilizado para estimular a síntese de trifosfato de adenosina (ATP) e a produção de energia (ALVES e LIMA, 2009; PERALTA e AMÂNCIO, 2002).

(ii) Grupo C, carboidrato: selecionado um suplemento, denominado “C”, obtido a partir da hidrólise parcial do amido, consumido com a finalidade de manter os níveis de energia elevados por um longo período (BETTS *et al.*, 2007).

(iii) Grupo M, multiminerais: três marcas diferentes foram analisadas e identificadas como “M1”, “M2”, “M3”. Indivíduos fisicamente ativos consomem multiminerais devido à participação dessas substâncias no metabolismo energético (ALVES e LIMA, 2009; LUKASKI, 2000; MAUGHAN, 1999).

(iv) Grupo P, proteínas: três tipos de suplementos à base de proteínas foram selecionados. Um suplemento alimentar com altas concentrações proteicas, obtido a partir da clara de ovo desidratada e pasteurizada, na forma de pó (ALVES e LIMA, 2009), chamado “P1”; “P2” é um pó obtido após a extração de proteínas presentes no soro do leite; e “P3” são proteínas comercializadas na forma de barras. Proteínas são ingeridas, comumente, para melhorar a recuperação muscular após a prática de exercícios (BØRSHEIM *et al.*, 2002).

(v) Grupo V, vitaminas C: suplementos a base de vitaminas C, de duas marcas diferentes, foram estudados e denominadas “V1” e “V2”. Usualmente são consumidos por praticantes de atividade física devido às suas propriedades antioxidantes (MAUGHAN, 1999).

6.4.2 Amostras de Biomonitor Cabelo

De acordo com as normas éticas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS) e pelo Comitê de Ética e Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), esta pesquisa envolvendo material humano – cabelo - foi aprovada para ser desenvolvida sob o número de parecer 1.305.773, apresentado no Apêndice 1.

Dentre os voluntários da pesquisa foram selecionados 27 indivíduos que não praticavam atividade física e não consumiam suplementos alimentares, constituindo o grupo comparativo; 21 indivíduos que praticavam atividade física por, no mínimo, três vezes por semana, com duração mínima de cinquenta minutos (CDC, 2000), mas não faziam uso de suplementos alimentares; e 20 indivíduos praticantes de atividade física, consumidores de suplementos alimentares, por, no mínimo, seis meses. Tempo suficiente para que os elementos presentes nos suplementos possam ser detectados nos fios de cabelo.

As características dos indivíduos pertencentes aos diferentes grupos de estudo estão apresentadas na Tabela abaixo:

Tabela 2. Características etárias e de gênero dos grupos coletados

Característica	Grupo Comparativo, GC (n = 27)	Grupo Atividade Física, Sem Suplemento, GSS (n = 21)	Grupo Atividade Física, Com Suplemento, GCS (n = 20)
Faixa Etária	20 – 65 anos	21 – 53 anos	18 – 55 anos
Média de Idade	46,2 anos	31,3 anos	30,0 anos
Indivíduos do sexo feminino	18,5%	36,4%	20%
Indivíduos do sexo masculino	81,5%	63,6%	80%

Os voluntários foram convidados a participarem do estudo. Nesta ocasião foi explicada como seria a participação. Após a aprovação dos voluntários, isto é, se atendiam aos pré-requisitos, foi pedido que assinassem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), e que respondessem ao questionário de identificação da amostra. Ambos os documentos estão apresentados nos Apêndices 2 e 3, respectivamente. Em seguida, realizou-se a coleta do biomonitor cabelo.

As amostras de cabelo dos voluntários foram cortadas por uma profissional capacitada acompanhada pela aluna responsável pelo estudo (RYABUKHIN, 1978). A coleta foi na região da nuca, utilizando-se uma tesoura de aço inoxidável e limpa (BENCZE, 1990; BOZSAI, 1992; RYABUKHIN, 1978). A aquisição de amostras de cabelo da nuca é padronizada, pois é a área mais irrigada de toda a cabeça, além de estar menos propensa à contaminação externa (BENCZE, 1990; BOZSAI, 1992). As amostras foram coletadas o mais próximo possível da raiz, e apresentaram comprimento do fio entre 0,5 e 2,0 cm, que poderiam variar de acordo com o tamanho do cabelo de cada voluntário.

Dentre as amostras de cabelos, predominou-se a coleta de cabelos escuros. O Grupo Comparativo apresentou 63% das amostras com a tonalidade escura, e 37% de tonalidade clara ou grisalha; o grupo de voluntários praticantes de atividade física, sem o uso de suplementos, GSS, apresentou 76% das amostras com tonalidade escura e 24% clara; enquanto o grupo de praticantes de atividade física que consumiam suplementos alimentares, GCS, apresentou 65% dos fios escuros e 35% dos fios com tonalidade clara.

Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em plásticos limpos, secos e identificados de maneira numérica e sequencial (BENCZE, 1990; BOZSAI, 1992), assim como apresentado na Figura 5. Não era necessário que os voluntários estivessem com os cabelos lavados (MENEZES, 2000, 2002, 2002a, 2004, 2004a, 2007), pois as amostras iriam passar por um rigoroso processo de lavagem na etapa de preparo.

Figura 5. Armazenagem das amostras de cabelo coletadas.



(SALLES, 2017)

O agendamento para a organização dos procedimentos de coleta foi estabelecido de acordo com a disponibilidade dos diferentes grupos de atividade física (como os grupos de corridas, caminhadas e ciclismo), e também de acordo com o horário de funcionamento das academias.

Dentre as amostras obtidas, foram excluídas do estudo aquelas provenientes de voluntários que realizaram tinturas, alisamentos, ou demais procedimentos químicos capazes de interferir na estrutura natural do cabelo (BOLDUC e SHAPIRO, 2001; KANG e LEE, 2006), e nos resultados. Cabelos submetidos a procedimentos de tintura e demais produtos químicos podem estar contaminados com elementos químicos de difícil remoção (BENCZE, 1990), sendo capazes de interferir nos resultados. Ames e colaboradores (1975) verificaram que cerca de 90% dos produtos utilizados para tingir os cabelos apresentam componentes mutagênicos em suas fórmulas.

6.5 PREPARO DAS AMOSTRAS

6.5.1 Amostras de Suplementos Alimentares

Primeiramente foi realizada a aferição da massa dos frascos de polietileno, PA2 e PA3 para a irradiação. O polietileno é um material que apresenta baixa resistência térmica à radiação, baixo conteúdo de elementos que possam interferir

na análise por meio da absorção de nêutrons, não oferece blindagem a nêutrons, além de fácil manuseio durante a realização dos procedimentos (BOUÇAS, 2009).

Em seguida, as amostras de suplementos foram retiradas de suas embalagens originais, transferidas para os tubos de polietileno, e aferidas as massas, assim como mostra a Figura 6.

A escolha do tamanho dos frascos de polietileno considerou, primeiramente, a geometria e o tamanho dos comprimidos e tabletes oferecidos ao público como suplementos alimentares. Visto que uma das grandes vantagens da AAN é poder analisar a amostra sem realizar preparo químico prévio, as amostras foram retiradas das embalagens e inseridas diretamente nos tubos para análises.

Figura 6. Aferição das massas: **A)** Tubo de polietileno. **B)** Tubo de polietileno juntamente com o suplemento alimentar.



(SALLES, 2017)

Também foi realizada a medida de massa dos monitores de fluxo de nêutrons, Al-(0,1%)Au, conforme Figura 7.

Para a irradiação, os monitores foram colocados intercalados entre as amostras de suplementos alimentares, em tubos de polietileno próprios para a irradiação (DE CORTE, 1987).

Figura 7. Monitor de fluxo de nêutrons Al-(0,1%)Au, em destaque.



(SALLES, 2017)

6.5.2 Amostras de Cabelos

As amostras de cabelo devem ser lavadas para a remoção de partículas aderidas aos fios, como poeira, suor e gordura (POZEBON *et al.*, 1999).

As amostras foram submetidas ao procedimento de lavagem padronizado, recomendado pela AIEA estabelecido durante o "IAEA *International Co-Ordinated Programmes on Nuclear Methods for Health-Related Monitoring of Trace Element Pollutants and Health-Related Environmental Research Using Nuclear Techniques*" (IAEA, 1978; IAEA/RL/50, 1985; IAEA-TECDOC-330, 1985). As amostras de cabelo foram lavadas, inicialmente, com acetona, um solvente menos polar, e então, seguida pela lavagem com um solvente muito polar, água deionizada.

Cada amostra foi lavada por quatro vezes, alternando 30 mL de água deionizada e 20 mL de acetona P.A., sendo utilizada a seguinte sequência: água, acetona, água, acetona, água e água. Os procedimentos de lavagem foram efetuados sob agitação contínua por quinze minutos (MENEZES, 2000, 2002, 2002a, 2004, 2004a, 2007), como é mostrado na Figura 8. As amostras foram secadas em estufa por oito horas a 40° C (RYABUKHIN, 1978; BENCKO *et al.*, 1995). Após a secagem, as amostras foram transferidas para um dessecador até o momento da aferição de suas massas para, em seguida, serem analisadas (MENEZES, 2002).

Figura 8. Agitadores magnéticos utilizados para a lavagem das amostras.



(SALLES, 2017)

Inicialmente os frascos de polietileno foram pesados nos quais as amostras foram irradiadas posteriormente. Em seguida, nestes frascos, foram inseridas as amostras de cabelo e pesadas. As massas das amostras foram obtidas por diferença. Os monitores de fluxo de nêutrons, discos de Al-(0,1%)Au também foram pesados.

Para a irradiação, as amostras e monitores foram inseridos no porta-amostra PA4 alternado-se, como foi feito nas amostras de suplementos, o posicionamento dos monitores de fluxo, Al-(0,1%)Au, com as amostras de cabelos. A Figura 9 mostra as amostras de cabelo organizadas para serem dispostas nos frascos próprios para os procedimentos de irradiação.

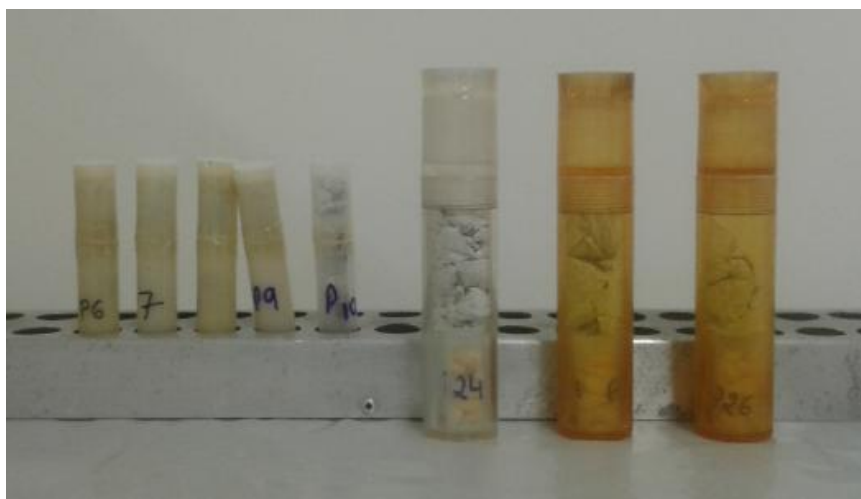
As amostras acondicionadas nos porta-amostras e nos dispositivos conhecidos como “coelhos”, para serem irradiadas na mesa giratória do reator, são apresentadas na Figura 10.

Figura 9. Vista superior e anterior dos frascos contendo as amostras de cabelo. Os menores são o PA2 e os maiores, PA3.



(SALLES, 2017)

Figura 10. À esquerda, as amostras estão dentro do porta-amostra, PA4. À direita, os “coelhos” com que serão inseridos na mesa giratória, para irradiação.



(SALLES, 2017)

6.6 ANÁLISE DAS AMOSTRAS

A técnica utilizada para a determinação dos elementos químicos presentes em suplementos alimentares e cabelos, neste trabalho, foi a AAN, método k_0 , disponível no Laboratório de Ativação Neutrônica, Serviço de Técnicas Analíticas (SERTA) da Divisão de Meio Ambiente e Rejeito (DIMAR), CDTN/CNEN.

No presente trabalho, o método k_0 de ativação neutrônica foi o método escolhido na análise elementar de suplementos alimentares e do biomonitor cabelo de modo a obter resultados a respeito de sua constituição multielementar. A escolha

da técnica de análise foi devido não só as vantagens de aplicar a técnica, já mencionadas, como também devido ao fato de as amostras serem analisadas sem necessidade de serem colocadas em solução. Ou seja, serão analisadas sem serem destruídas. Isso é importante para evitar contaminações durante a solubilização.

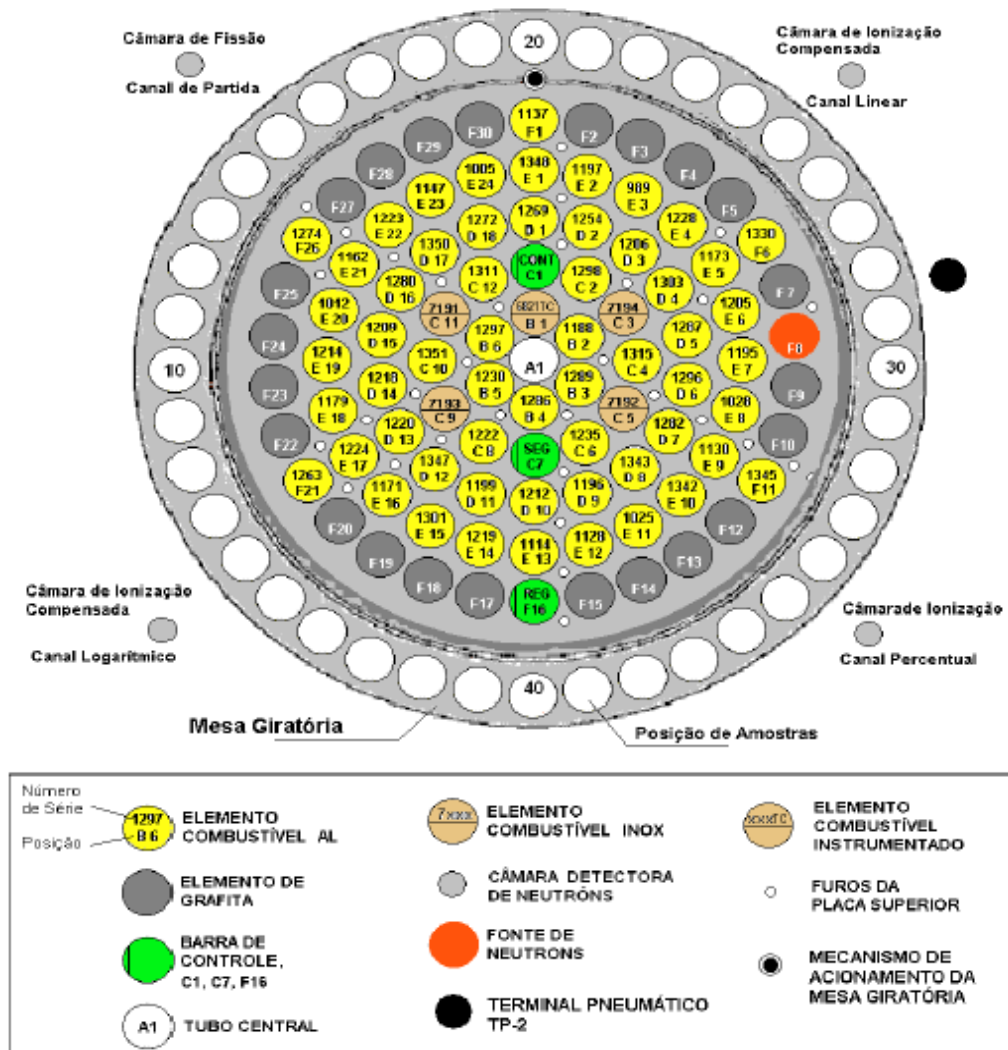
Assim como o cabelo humano (HARKEY, 1993), os suplementos são constituídos, em sua maioria, por substâncias orgânicas cujos componentes não são ativados por nêutrons térmicos. Assim, há mínima interferência nas análises devido à matriz.

A maior parte dos suplementos alimentares é constituída por vitaminas (A, C, B dentre outras), minerais como o Fe, Ca, K, Zn, aminoácidos, metabólitos como a creatina, extratos ou combinações desses ingredientes (APPLEGATE e GRIVETTI, 1997; DWYER *et al.*, 2007; HANNAN *et al.*, 2000; PORTER, 1995).

O método k_0 de Ativação Neutrônica Instrumental foi aplicado utilizando o reator nuclear de pesquisa TRIGA (*Training, Research, Isotope, General Atomics*) MARK I IPR-R1, fabricado pela *General Atomic* de San Diego, Califórnia. Constitui um reator para propósitos de pesquisa que utiliza urânio enriquecido a 20% como combustível, e é refrigerado por água leve. O reator está em operação desde 1960 e é utilizado, principalmente, para a produção de radioisótopos e para a AAN (BOUÇAS, 2009; MENEZES *et al.*, 2003).

O núcleo do reator é constituído por 40 canais de irradiação com secções cilíndricas dispostos na mesa giratória (MENEZES e JACIMOVIC, 2006). A configuração do núcleo é apresentada na Figura 11.

Figura 11. Desenho esquemático do núcleo do reator TRIGA MARK IPR-R1.



(GUERRA, 2011; MESQUITA, 2005; ZANGIROLAMI *et al.*, 2010)

Para a os cálculos de concentração elementar, utilizaram-se os valores de fluxo de nêutrons térmicos, nas posições de irradiação P-6, P-7 e P-8, mesa giratória, de $6,35 \times 10^{11}$ nêutrons $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ à potência de 100 kW e parâmetros espectrais f e α com valores de 22,32 e -0,0022, respectivamente (MENEZES e JACIMOVIC, 2006, 2011; SALLES *et al.*, 2016, 2017).

Com o objetivo de verificar a eficiência do método para análise de cabelo, Menezes (2002) estabeleceu uma sequência de análise, no qual este estudo se baseia. As amostras foram irradiadas por oito horas para ativar os elementos cujos radionuclídeos apresentam tempos de meias vidas médias (inferior a três dias) e longas (superior a dez dias).

Após a irradiação, o tempo de decaimento foi de vinte e quatro horas para a espectrometria gama dos radionuclídeos de meias vidas médias, e o tempo de contagem gama por, no mínimo, de duas horas para determinar elementos como o La, K e Na. Após sete dias, as amostras foram submetidas à espectrometria gama, mais uma vez, para determinar elementos como As, Au, Ga, sendo o tempo de contagem de pelo menos 4 horas. Para a espectrometria gama dos radionuclídeos de meias vidas longas (superior a dez dias), o tempo de decaimento foi de vinte dias, tempo de contagem por, no mínimo, de doze horas para determinar elementos como Co, Cr, Cs, Fe, Hg, Rb, Sb, Sc, Se e Zn (MENEZES, 2002; SALLES *et al.*, 2016).

O sistema de espectrometria gama é composto de detector gama HPGe, com 50% de eficiência relativa, eletrônica associada e programa de aquisição de espectros Genie 2K, CANBERRA, para a aquisição dos espectros gama (SALLES *et al.*, 2016, 2017). Os espectros gamas foram obtidos pelo tempo necessário para que se alcançasse uma boa estatística de contagem. Ou seja, tempo mínimo, de quatro horas (SALLES *et al.*, 2016, 2017). A Figura 12 apresenta o sistema de espectrometria gama.

Figura 12. Sistema de espectrometria gama.



(SALLES, 2017)

Para realizar o desenvolvimento e análise dos fotopicos encontrados nos espectros gama resultantes, utilizou-se o *software* HyperLab[®] ver. 2009 (SIMONITS *et al.*, 2003; HYPERLAB, 2009). O cálculo das concentrações elementares foi

realizado por meio do programa Kayzero for Windows[®], V.2.42, (KAYZERO, 2003; 2011) específico para o método k_0 . Esse programa possui correções por fenômenos de coincidência e os cálculos de concentrações elementares, assim como suas incertezas associadas, por meio de uma livreria contendo informações nucleares a respeito de, aproximadamente, 144 isótopos de interesse analítico (KAYZERO, 2011).

6.7 DESCARTE DAS AMOSTRAS

As amostras de cabelo e de suplementos alimentares analisadas neste estudo foram descartadas após seis meses da irradiação e monitoramento por técnico do Serviço de Tratamento de Rejeitos, CDTN, tendo sido verificado que as atividades medidas a classificavam como resíduo, de acordo com a CNEN-NN-3.01 “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica”, Posição Regulatória-3.01/001:2011 (CNEN, 2011).

7. RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para as amostras de referência GBW 0805 (NRCRM, 1987), analisada como cilíndrica, e IAEA-SOIL-7 (IAEA, 1984), analisada como cilíndrica e puntual, apresentando o E_n relacionado aos valores recomendados (SALLES *et al.*, 2016). Os resultados da amostra de referência GBW 09101 (SINR, 1988) analisada como puntual e cilíndrica foram apresentados na Tabela 4.

Conforme descrito anteriormente, valores de E_n inferiores a 1 indicam que o desempenho do método foi satisfatório produzindo resultados com 95% de probabilidade de se encontrarem dentro da faixa de valores corretos – intervalo de confiança – para a análise das geometrias cilíndricas e/ou puntual. Isso indica que o método produziu resultados adequados independentemente da geometria das amostras.

Tabela 3. Amostras de referência GBW 0805 e IAEA-SOIL-7: resultados experimentais e valores recomendados

El.	GBW 0805 (Folhas de chá)			IAEA-SOIL-7 (Solo)				
	Valores Recomendados (mg kg ⁻¹)	Amostra Puntual Resultados Experimentais (mg kg ⁻¹)	E _n number	Valores Recomendados (mg kg ⁻¹)	Amostra Puntual Resultados Experimentais (mg kg ⁻¹)	E _n number	Amostra Cilíndrica Resultados Experimentais (mg kg ⁻¹)	E _n number
As	0,191 ± 0,03	0,19 ± 0,02	0,18	13,4 ± 0,85	13,2 ± 0,5	0,15	13,1 ± 0,5	0,23
Ba	15,7 ± 2,04	15 ± 1	0,29	159*	149 ± 9	-	150 ± 11	-
Ca	2840 ± 227,20	3134 ± 195	0,65	163000*	165900 ± 6400	-	166000 ± 6066	-
Ce	0,686 ± 0,09604	0,74 ± 0,04	0,43	61 ± 6,50	59 ± 2	0,26	55 ± 2	0,79
Co	NR	< 1	-	8,9 ± 0,85	9,0 ± 0,5	0,08	7,9 ± 0,3	0,96
Cr	NR	< 0,1	-	60 ± 12,50	62 ± 3	0,14	64 ± 2	0,30
Cs	NR	< 0,1	-	5,4 ± 0,75	5,3 ± 0,2	0,12	5,0 ± 0,2	0,47
Fe	373,0 ± 26,11	399 ± 14	0,68	25700*	26750 ± 930	-	27070 ± 950	-
Hf	NR	< 1	-	5,1 ± 0,35	4,8 ± 0,2	0,56	4,6 ± 0,2	0,94
K	19700 ± 1379,00	20860 ± 733	0,58	12100*	12190 ± 480	-	12490 ± 950	-
La	0,458 ± 0,0229	0,44 ± 0,02	0,39	28 ± 1,00	28 ± 1	0,00	27 ± 1	0,44
Na	142 ± 14,20	159 ± 6	0,91	2400*	2422 ± 22	-	2442 ± 85	-
Nd	NR	< 2	-	30 ± 6	28 ± 1	0,32	24 ± 1	0,92
Rb	36,9 ± 1,476	39 ± 1	0,84	51 ± 4,50	49 ± 4	0,22	47 ± 2	0,66
Sb	0,037 ± 0,00333	0,042 ± 0,002	0,96	1,7 ± 0,20	1,6 ± 0,1	0,35	1,6 ± 0,1	0,42
Sc	NR	< 0,01	-	8,3 ± 1,05	8,7 ± 0,3	0,32	7,9 ± 0,3	0,33
Sm	NR	< 1	-	5,1 ± 0,35	4,90 ± 0,03	0,56	4,6 ± 0,2	0,99
Sr	10,8 ± 1,84	12,4 ± 0,9	0,62	NR	< 50	-	< 50	-
Ta	NR	< 0,1	-	0,8 ± 0,2	0,8 ± 0,1	0,00	0,67 ± 0,02	0,64
Tb	NR	< 0,2	-	0,6 ± 0,2	0,63 ± 0,03	0,14	0,6 ± 0,02	0,00
Th	0,105 ± 0,0126	0,114 ± 0,004	0,60	8,2 ± 1,05	7,8 ± 0,3	0,32	7,3 ± 0,3	0,72
U	NR	< 0,1	-	2,6 ± 0,55	2,1 ± 0,2	0,74	2,3 ± 0,1	0,51
Yb	NR	< 0,1	-	2,4 ± 0,35	2,3 ± 0,1	0,25	2,0 ± 0,1	0,99
Zn	38,7 ± 3,87	38 ± 3	0,10	104 ± 6,0	108 ± 5	0,34	107 ± 4	0,30

El., elemento; NR, Não Reportado; * Valor informativo

Tabela 4. Amostras de referência GBW 09101: resultados experimentais e valores recomendados

El.	GBW 09101 (Cabelo Humano)				
	Valores Recomendados (mg kg ⁻¹)	Amostra Puntual		Amostra Cilíndrica	
		Resultados Experimentais (mg kg ⁻¹)	<i>E_n</i> number	Resultados Experimentais (mg kg ⁻¹)	<i>E_n</i> number
As	0,59 ± 0,07	0,54 ± 0,03	-0,52	0,66 ± 0,02	0,88
Co	0,135 ± 0,008	0,12 ± 0,01	-0,54	0,15 ± 0,01	0,47
Cr	4,77 ± 0,38	4,5 ± 0,5	-0,22	5,6 ± 0,5	0,70
Fe	71,2 ± 6,6	73 ± 10	0,10	91 ± 12	0,81
Hg	2,16 ± 0,21	1,9 ± 0,3	-0,37	2,4 ± 0,4	0,34
Na	266 ± 12	283 ± 59	0,15	307 ± 59	0,35
Se	0,58 ± 0,05	0,6 ± 0,1	0,07	0,7 ± 0,2	0,45
Zn	189 ± 8	169 ± 58	-0,18	201 ± 68	0,08

El., elemento

Observou-se que os resultados para as amostras com geometrias puntual e cilíndrica de chá e solo apresentam valores de E_n inferiores a 1, indicando que o desempenho do método foi satisfatório para as duas geometrias. O mesmo ocorreu para as amostras de cabelo, que também apresentaram resultados satisfatórios.

7.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES MULTIELEMENTARES: SUPLEMENTOS

Os resultados das análises multielementares utilizando a AAN, método k_0 , estão apresentadas na Tabela 5.

Os resultados apresentados são referentes às amostras cilíndricas, devido a forma das amostras de suplementos. Os elementos determinados foram aqueles cujos produtos da ativação por nêutrons são radionuclídeos de meias vidas médias e longas. A análise dos radionuclídeos de meia vida curta não foi executada por questões operacionais. O Pb não apresenta características nucleares que permitam sua ativação por nêutrons, dessa forma, não foi possível sua determinação por meio da AAN.

Os elementos Br, Cr, Na e Zn foram aqueles presentes em todas as amostras de suplementos analisadas. O Sb foi detectado nos suplementos, exceto em uma amostra de vitamina C, denominada "V2". Os elementos Ce, Eu, La, Sm e Yb, considerados elementos terras raras, também foram identificados em amostras de aminoácidos, vitamina C e multiminerais. Elementos naturalmente radioativos, como o Th e U também foram identificados em amostras de multiminerais. As amostras de aminoácidos "A1" também apresentaram o elemento Th em sua composição (SALLES *et al.*, 2017).

Tabela 5. Elementos inorgânicos em amostras de suplementos alimentares (SALLES *et al.*, 2017)

El.	Suplementos Alimentares (mg kg ⁻¹)										
	Grupo A, Aminoácidos		Grupo C, Carboidrato	Grupo M, Multiminerais			Grupo P, Proteínas			Grupo V, Vitaminas C	
	A1	A2	C	M1	M2	M3	P1	P2	P3	V1	V2
Ag	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
As	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,160 ± 0,003	0,16 ± 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Au	0,0037 ± 0,0002	0,00007 ± 0,00001	0,00025 ± 0,00002	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,00010 ± 0,00003	< 0,0001
Ba	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Br	0,40 ± 0,02	0,060 ± 0,004	0,441 ± 0,001	0,15 ± 0,02	0,13 ± 0,02	0,5 ± 0,1	2,5 ± 0,1	1,00 ± 0,04	1,0 ± 0,004	0,060 ± 0,001	0,040 ± 0,002
Ca	8728 ± 374	152 ± 21	325 ± 6	155433 ± 64	181633 ± 93	< 300	442 ± 81	4485 ± 51	1091 ± 15	< 300	< 300
Cd	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Ce	0,30 ± 0,04	< 0,2	< 0,2	0,65 ± 0,08	0,8 ± 0,1	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Co	0,168 ± 0,003	< 0,01	< 0,01	0,7700 ± 0,0003	1,085 ± 0,002	0,01 ± 0,003	< 0,01	< 0,01	0,030 ± 0,001	< 0,01	0,020 ± 0,002
Cr	1,10 ± 0,01	0,85 ± 0,02	0,80 ± 0,02	15,00 ± 0,02	18,37 ± 0,02	0,50 ± 0,05	0,86 ± 0,04	1,00 ± 0,04	0,300 ± 0,004	0,50 ± 0,01	1,00 ± 0,03
Cs	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,015 ± 0,001	0,0200 ± 0,0007	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cu	< 10	< 10	< 10	260 ± 12	438 ± 127	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Eu	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,030 ± 0,004	0,038 ± 0,004	< 0,003	< 0,003	12 ± 2	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Fe	96 ± 2	< 10	< 10	5121,0 ± 2,2	6331 ± 16	< 10	< 10	< 10	21,0 ± 0,1	4,7 ± 0,5	< 10
Ga	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Hf	0,014 ± 0,001	0,0068 ± 0,0006	< 0,005	< 0,060 ± 0,004	0,076 ± 0,001	< 0,005	0,073 ± 0,003	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Hg	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
K	65 ± 5	< 200	195 ± 1	< 200	< 200	5665 ± 1420	4230 ± 174	< 200	1807 ± 27	6,3 ± 0,4	< 200
La	0,120 ± 0,007	< 0,02	< 0,02	0,800 ± 0,006	1,000 ± 0,005	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,0200 ± 0,0008
Mo	< 0,05	< 0,05	0,055 ± 0,008	16,4 ± 0,1	19,0 ± 0,2	< 0,05	< 0,05	1,00 ± 0,03	0,50 ± 0,03	< 0,05	< 0,05
Na	812 ± 356	119,4 ± 0,4	516 ± 2	1393,3 ± 0,4	1296 ± 2	26265 ± 2150	5665 ± 314	1293 ± 3	1714 ± 8	33,2 ± 0,8	153 ± 11
Rb	< 0,1	< 0,1	0,16 ± 0,002	< 0,1	< 0,1	< 0,1	5,6 ± 0,2	6,3 ± 0,1	1,00 ± 0,01	< 0,1	< 0,1
Ni	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000
Sb	0,0164 ± 0,0002	0,023 ± 0,002	0,023 ± 0,001	0,0600 ± 0,0003	0,079 ± 0,002	0,020 ± 0,004	0,046 ± 0,006	0,08 ± 0,01	0,040 ± 0,002	0,0300 ± 0,0005	< 0,002
Sc	0,024 ± 0,001	0,0003 ± 0,0001	< 0,0001	0,0700 ± 0,0003	0,0826 ± 0,0002	0,001 ± 0,0003	0,0010 ± 0,0001	< 0,001	0,0020 ± 0,0002	0,00050 ± 0,00005	0,0030 ± 0,0003
Se	< 0,05	< 0,05	< 0,05	15,40 ± 0,05	17,6 ± 0,2	3,4 ± 0,1	0,18 ± 0,01	0,700 ± 0,004	0,070 ± 0,007	< 0,05	< 0,05
Sm	0,03 ± 0,01	< 0,001	< 0,001	0,120 ± 0,006	0,161 ± 0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,0010 ± 0,0001
Sn	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000
Sr	7 ± 1	< 100	< 100	73,8 ± 7,4	104,8 ± 2,1	< 100	4,2 ± 0,7	8 ± 2	< 100	< 100	< 100
Ta	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,0500 ± 0,0001	0,0499 ± 0,0002	< 0,01	< 0,01	0,010 ± 0,002	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,020 ± 0,003	0,028 ± 0,003	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Th	0,047 ± 0,004	< 0,01	< 0,01	0,050 ± 0,005	0,060 ± 0,005	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
U	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,560 ± 0,005	0,78 ± 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
W	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Yb	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,100 ± 0,002	0,100 ± 0,007	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Zn	161 ± 5	0,40 ± 0,03	0,83 ± 0,03	4448 ± 2	5285 ± 14	1157 ± 83	1,8 ± 0,1	5,20 ± 0,03	6,00 ± 0,03	0,40 ± 0,02	56 ± 5

El, elemento.

7.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES MULTIELEMENTARES: CABELOS

7.2.1 Amostragem Piloto

Para dar início às coletas, com o objetivo de verificar se seriam observadas alterações nas concentrações elementares em cabelos de indivíduos que iniciavam um programa de atividade física, realizou-se uma amostragem piloto a partir da coleta de cabelos de um indivíduo do sexo masculino, trinta anos, que inicialmente não realizava atividade física, e não fazia uso de suplementos alimentares.

O voluntário iniciou um programa de atividade física semanal, realizando musculação por, no mínimo, três vezes por semana, durante uma hora. Após seis meses de prática de exercícios, amostras de cabelo foram coletadas novamente para efeito comparativo entre as concentrações elementares antes e após o início de um programa regular de atividade física, sendo os resultados apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Resultado piloto: análise de biomonitor cabelo antes e após período de seis meses de prática de atividade física

Elemento	Sedentarismo mg kg ⁻¹	Prática Regular de Atividade Física mg kg ⁻¹
Ag	< 0,2	< 0,2
As	0,020 ± 0,002	0,06 ± 0,01
Au	0,0050 ± 0,0002	0,0040 ± 0,0002
Ba	< 4	< 4
Br	1,40 ± 0,05	1,80 ± 0,06
Ca	< 500	631 ± 70
Cd	< 2	< 2
Ce	< 0,3	< 0,3
Co	< 0,03	< 0,03
Cr	< 0,2	4,0 ± 0,2
Cs	< 0,04	< 0,04
Cu	62 ± 3	< 0,2
Eu	< 0,004	< 0,004
Fe	< 25	< 25
Hf	< 0,04	< 0,04
Hg	0,70 ± 0,04	0,63 ± 0,03
K	5,0 ± 0,5	< 0,01
La	0,005 ± 0,001	< 0,01
Mo	< 0,3	< 0,3
Na	2,7 ± 0,1	27 ± 1
Nd	< 1	< 1
Rb	< 2	< 2
Sb	0,178 ± 0,007	0,011 ± 0,002
Sc	< 0,002	< 0,002
Se	0,49 ± 0,05	0,50 ± 0,03
Sm	< 0,002	< 0,002
Sr	< 0,02	< 0,02
Ta	< 0,03	< 0,03
Tb	< 0,02	< 0,02
Th	< 0,05	< 0,05
U	< 1	< 1
W	0,049 ± 0,004	< 0,01
Yb	< 0,03	< 0,03
Zn	175 ± 6	202 ± 7

Observou-se que a partir do início da prática de atividade física a concentração de determinados elementos químicos, como o Au e o Hg, mantiveram-se aproximadas, com mínimas alterações. Porém, os elementos As, Ca, Cr, Na e Zn tiveram suas concentrações no organismo aumentadas após a prática de atividade física. Já os elementos Cu, K, La, Sb e W apresentaram redução nas amostras analisadas após o início da prática de exercícios.

A prática de atividade física promove adaptações no funcionamento do organismo (KOURY e DONANGELO, 2003). O estresse oxidativo é produzido a partir do desequilíbrio entre moléculas oxidantes e antioxidantes (SIES, 1993). Esse produto do metabolismo pode causar danos celulares, capazes de comprometer o desempenho para a prática de exercícios (KOURY e DONANGELO, 2003; TELLFORD *et al.*, 1992). Certos micronutrientes são responsáveis por funções importantes, de modo a proteger e/ou minimizar os danos causados pelo estresse oxidativo (KOURY e DONANGELO, 2003). Estudos buscam relacionar a perda de minerais durante a prática de exercícios físicos, evidenciando a necessidade de uma ingestão maior de nutrientes e elementos químicos por atletas quando comparados a indivíduos não atletas (ADA, 2009; CLARCKSON e HAYMES, 1994; LUKASKI, 1995).

Presente em sua forma química trivalente e pentavalente em alimentos, na água e no ambiente, o arsênio é amplamente distribuído geologicamente (CHOU *et al.*, 2007; MAGALHÃES, 2002; WHO, 1996) e pode ser rapidamente absorvido (JOMOVA *et al.*, 2010). Dentre as maiores fontes de aquisição de arsênio pelo organismo humano estão os frutos do mar, arroz e cogumelos (JONES, 2007; NEPUSZ *et al.*, 2009; PETROCZI e NAUGHTON, 2009; SMEDLEY e KINNIBURGH, 2002). Alguns pigmentos utilizados em cosméticos, como maquiagens para os olhos, podem apresentar As em sua composição (SAINO *et al.*, 2000).

Estudos indicam que espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, como o peróxido de hidrogênio e o óxido nítrico, conhecidas como fatores mutagênicos e carcinogênicos (IMLAY, 1988; WISEMAN, 1996), podem ser produzidos pelas células durante o metabolismo do arsênio (SHI *et al.*, 2004). O As é capaz de induzir alterações na estrutura de mitocôndrias, desencadeando interferências no processo de fisiologia celular (SHI *et al.*, 2004).

Estudos demonstram elevada densidade mineral óssea em indivíduos fisicamente ativos quando comparados aos indivíduos sedentários (UUSI-RASI *et al.*, 1998). A prática de exercícios regulares resulta em aumento da mineralização dos ossos submetidos ao estresse (BAILEY e McCULLOCH, 1990). Antebraços de tenistas apresentaram aumento unilateral da densidade mineral óssea do membro utilizado para a prática do esporte (PIRNAY *et al.*, 1987).

Uma das maneiras de se obter a concentração de cálcio disponível no organismo é a partir da avaliação nutricional (DELDICQUE e FRANCAUX, 2015). Infelizmente esse procedimento não permite a aquisição de dados muito precisos devido à alta variabilidade na proporção de cálcio nos alimentos, na ausência de informações nos rótulos dos produtos e a dificuldade dos indivíduos em relatar com precisão os alimentos consumidos diariamente (DELDICQUE e FRANCAUX, 2015).

De acordo com Deldicque e Francaux (2015) o recrutamento e deposição de cálcio no organismo não possui relação direta com a quantidade de exercícios realizados. A atividade física parece aumentar a quantidade de Ca excretada a partir do suor e da urina (BAKER *et al.*, 2011).

Constituindo um elemento importante para a manutenção da estabilidade metabólica influenciado pela prática de esportes e exercícios físicos (MAUGHAN, 1999; ZACCARIA *et al.*, 1998), o sódio contribui para a manutenção da pressão osmótica, para a regulação dos líquidos e para o equilíbrio ácido-base (SPEICH *et al.*, 2001).

O aumento das concentrações de Na plasmático é capaz de gerar um gradiente osmótico, que resulta no fluxo de água para o espaço extracelular (ABREU, 2002).

A literatura apresenta aumento nas concentrações séricas de sódio em atletas que praticam exercícios intensos de curta duração (FELIG *et al.*, 1982). Os autores sugerem que a atividade física pode induzir à presença de sódio circulante devido ao transporte de substâncias entre os fluidos extra e intracelulares (FELIG *et al.*, 1982).

As concentrações de eletrólitos como o Na⁺ e K⁺ variam de acordo com as taxas de transpiração e no teor eletrólito do suor entre os indivíduos (ACSM, 2007; MOORE *et al.*, 1954). O cátion K⁺ é um íon intracelular presente em diversos organismos (PIERSON *et al.*, 1974), considerado como um marcador para indicar

alterações fisiológicas precursoras de doenças (MOORE *et al.*, 1954). De acordo com o *American College of Sports and Medicine* (2009) a perda de proteínas e redução nas concentrações de potássio refletem a perda de tecidos metabolicamente ativos, principalmente para as células musculares.

O cromo é conhecido como um elemento essencial que potencializa a ação da insulina, hormônio responsável pela redução da glicemia. Também possui influência no metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas (WHO, 1996). Estudos sugerem que a atividade física requer um aumento das concentrações de cromo no organismo (LUKASKI, 2000). Anderson e colaboradores (1984) observaram aumento imediato das concentrações de cromo no plasma sanguíneo em corredores do sexo masculino. Os indivíduos percorreram a distância de 10 km e as concentrações de cromo permaneceram elevadas por até duas horas após o encerramento da atividade.

Considerado um elemento químico presente em diversos alimentos, o zinco está amplamente distribuído nos tecidos humanos, como ossos e músculos (TIPTON e COOK, 1963; UNDERWOOD, 1977). A prática de exercícios físicos é conhecida por alterar as concentrações circulantes de zinco (LUKASKI, 2000). Exercícios intensos e prolongados são capazes de aumentar, imediatamente após o início da atividade, as concentrações de zinco no sangue. Essa mobilização pode ser elucidada pelo movimento dos átomos de zinco do músculo esquelético para o líquido extracelular (KARLSON *et al.*, 1968; LUKASKI *et al.*, 1984).

Elemento existente amplamente nos tecidos biológicos, o cobre ocorre na forma de complexos orgânicos, muitos dos quais são metaloproteínas que formam ligações enzimáticas. As enzimas cobre dependentes participam de uma variedade de reações metabólicas, principalmente daquelas que envolvam a geração de energia e a respiração celular (WHO, 1996). Constituem também um elemento importante para a proteção do organismo contra a ação de radicais livres, principalmente em doenças cardiovasculares (SALEHI *et al.*, 2013).

A prática de atividade física é conhecida por alterar o equilíbrio do cobre, sendo capaz de interferir em suas propriedades antioxidantes (KOURY *et al.*, 2007). Porém, os estudos diferem bastante quanto às concentrações de cobre presentes no organismo após a prática de atividade física (SPEICH *et al.*, 2001). As

concentrações de Cu presente no plasma sanguíneo em um grupo de 19 indivíduos masculinos jogadores de futebol profissionais, apresentaram-se reduzidas quando relacionadas ao grupo comparativo, que praticava atividade física regularmente (RESINA *et al.*, 1991). Esses resultados podem indicar a possível relação entre intensidade da atividade praticada e as concentrações de cobre no organismo. De maneira semelhante, pesquisadores da Turquia verificaram que os níveis de Cu no plasma de estudantes sedentários, também se apresentaram reduzidos após a prática de um programa de atividade física (KARA, 2011).

A redução nas concentrações dos elementos La, Sb e W pode ser justificada pela alteração dos hábitos alimentares comumente alterados a partir do início da prática de um programa de atividade física. Geralmente, essa mudança ocorre com o objetivo de melhorar a qualidade de vida, e também para redução de peso. A literatura nos mostra que a implementação de um programa de atividade física causa influência nos hábitos alimentares dos indivíduos (FERREIRA *et al.*, 2003), pela busca de uma alimentação que favoreça a perda de peso a partir do consumo de alimentos mais nutritivos e naturais, como frutas, hortaliças e leguminosas, que possuem maior contato com o solo (PARELOMOV, 2007).

Os elementos considerados terras raras (ETRs) são comumente encontrados em uma grande variedade de minerais como fosfatos, carbonatos, fluoretos e silicatos (TYLER, 2004). Dessa forma, a ingestão de alimentos cultivados em solos tratados com fertilizantes fosfatados (WANG *et al.*, 2003) podem justificar a presença do La em maiores concentrações. O lantânio tem sido utilizado como substituto do cálcio e do alumínio para o tratamento de hiperfosfatemia em pacientes com falência renal aguda (LACOUR *et al.*, 2005).

Apresentando características químicas e toxicológicas semelhantes às do As (GEBEL, 1997), o antimônio e seus compostos são utilizados em vários processos industriais para produção de materiais cerâmicos, fármacos e metalúrgicos (GEBEL *et al.*, 1998). Apesar de, geralmente, não ser mobilizado no meio ambiente (WILSON *et al.*, 2004), é comum encontrar esse elemento disperso no ar, na água, no solo, em invertebrados e pequenos mamíferos (AINSWORTH *et al.*, 1990; GEBEL *et al.*, 1998; IFFLAND, 1998).

O tungstênio é um metal de transição (KOUTSOSPYROS *et al.*, 2005) cuja exposição do ser humano pode incluir a aspiração do gás inerte, soldagem e consumo de água contaminada. As concentrações de W presente no ambiente ainda são desconhecidas (ATSDR, 2003). Porém, os centros urbanos tendem a apresentar maiores concentrações dispersas no ar devido à liberação de tungstênio por chaminés e incineradores industriais (ASTDR, 2003). Infelizmente, as interações toxicológicas, incluindo seus efeitos no organismo permanecem desconhecidos (KOUTSOSPYROS *et al.*, 2005). A literatura sugere que a toxicidade do W está relacionada com a apresentação de sua forma química e com a via de exposição (STRIGUL *et al.*, 2005), evidenciando propriedades fisiológicas semelhantes ao molibdênio e ao vanádio (TAJIMA, 2001). Também tem sido avaliado como agente para o tratamento do diabete (DOMINGO, 2002).

7.2.2 Grupo Comparativo, GC

Dentre as vinte e sete amostras de cabelo analisadas no grupo comparativo, constatou-se que os elementos Au, Br, Na e Zn foram comuns a todas elas. Os resultados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Elementos inorgânicos em amostras de cabelos – Grupo Comparativo, GC

El.	Cabelos – Grupo Comparativo (mg kg ⁻¹)									
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7	Amostra 8	Amostra 9	Amostra 10
Ag	11,3 ± 0,4	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
As	0,080 ± 0,004	0,100 ± 0,008	0,040 ± 0,003	0,200 ± 0,009	< 0,01	0,030 ± 0,003	0,060 ± 0,003	0,030 ± 0,003	0,020 ± 0,002	< 0,01
Au	0,0200 ± 0,0008	0,0070 ± 0,0007	0,030 ± 0,001	0,0200 ± 0,0009	0,020 ± 0,001	0,0150 ± 0,0006	0,0060 ± 0,0002	0,110 ± 0,004	0,0050 ± 0,0002	0,030 ± 0,002
Ba	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
Br	1,50 ± 0,05	1,50 ± 0,06	2,20 ± 0,08	1,50 ± 0,05	4,0 ± 0,2	0,60 ± 0,02	0,50 ± 0,02	3 ± 1	1,40 ± 0,05	2,00 ± 0,08
Ca	< 500	< 500	1095 ± 236	< 500	3058 ± 666	1782 ± 190	1544 ± 193	< 500	< 500	< 500
Cd	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ce	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Co	0,10 ± 0,01	< 0,03	< 0,03	0,60 ± 0,04	< 0,03	0,20 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,20 ± 0,06	< 0,03	< 0,03
Cr	0,7 ± 0,1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	2,0 ± 0,3	< 0,5	0,6 ± 0,1	1,4 ± 0,1	< 0,5	< 0,5
Cs	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cu	101 ± 4	< 5	10 ± 2	13 ± 3	< 5	9 ± 2	19 ± 2	8,8 ± 0,8	62 ± 3	< 5
Eu	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fe	36 ± 7	< 25	< 25	< 25	< 25	35 ± 23	31 ± 3	96 ± 9	< 25	< 25
Ga	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Hf	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Hg	0,30 ± 0,06	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,8 ± 0,1	0,20 ± 0,03	0,60 ± 0,05	< 0,1	0,70 ± 0,04	< 0,1
K	28 ± 1	23 ± 2	< 0,01	11 ± 2	< 0,01	3,5 ± 0,7	< 0,01	4,5 ± 0,5	5,0 ± 0,5	< 0,01
La	0,020 ± 0,002	< 0,005	0,020 ± 0,003	0,110 ± 0,005	< 0,005	0,010 ± 0,002	0,030 ± 0,002	< 0,005	0,005 ± 0,001	< 0,005
Mo	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Na	30 ± 1	236 ± 8	33 ± 1	14,0 ± 0,5	648 ± 23	3,7 ± 0,1	4,0 ± 0,2	4,0 ± 0,2	3,0 ± 0,1	650 ± 23
Nd	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Rb	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sb	0,200 ± 0,008	< 0,01	0,050 ± 0,003	0,40 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,40 ± 0,01	0,070 ± 0,004	5,0 ± 0,2	0,200 ± 0,007	< 0,01
Sc	0,0040 ± 0,0005	< 0,002	0,0040 ± 0,0005	0,010 ± 0,001	0,030 ± 0,005	0,0030 ± 0,0006	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,020 ± 0,003
Se	0,60 ± 0,05	< 0,3	0,50 ± 0,05	< 0,3	< 0,3	0,40 ± 0,05	0,40 ± 0,04	< 0,3	0,50 ± 0,05	< 0,3
Sm	0,0040 ± 0,0004	< 0,002	< 0,002	0,0040 ± 0,0005	0,010 ± 0,002	< 0,002	0,0050 ± 0,0003	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sr	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Ta	< 0,03	0,10 ± 0,02	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Tb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Th	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
U	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
W	0,070 ± 0,004	1,00 ± 0,04	< 0,01	0,20 ± 0,01	1,00 ± 0,07	0,030 ± 0,003	0,050 ± 0,004	< 0,01	0,050 ± 0,004	1,30 ± 0,07
Yb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zn	88 ± 4	224 ± 8	69 ± 3	180 ± 7	147 ± 6	185 ± 7	174,00 ± 0,02	152 ± 5	175 ± 6	198 ± 10

El, Elemento

(continuação) Tabela 7. Elementos inorgânicos em amostras de cabelos – Grupo Comparativo, GC

EI	Cabelos – Grupo Comparativo (mg kg ⁻¹)									
	Amostra 11	Amostra 12	Amostra 13	Amostra 14	Amostra 15	Amostra 16	Amostra 17	Amostra 18	Amostra 19	Amostra 20
Ag	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,25 ± 0,03	< 0,2	124 ± 4	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
As	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,020 ± 0,001	0,04 ± 0,01	0,20 ± 0,01	< 0,01	< 0,01	0,030 ± 0,003	0,010 ± 0,002
Au	0,030 ± 0,003	0,0090 ± 0,0004	0,020 ± 0,001	0,030 ± 0,001	0,010 ± 0,001	0,010 ± 0,001	0,030 ± 0,001	0,0020 ± 0,0003	0,0030 ± 0,0001	0,020 ± 0,001
Ba	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
Br	2,0 ± 0,1	1,10 ± 0,04	2,30 ± 0,08	0,70 ± 0,02	3,0 ± 0,1	1,50 ± 0,06	0,60 ± 0,02	0,20 ± 0,01	0,30 ± 0,01	1,00 ± 0,03
Ca	< 500	< 500	< 500	1304 ± 241	< 500	< 500	< 500	695 ± 154	1200 ± 190	1178 ± 277
Cd	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ce	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Co	3,5 ± 0,3	1,30 ± 0,05	0,30 ± 0,02	0,08 ± 0,01	9,0 ± 0,3	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	1,20 ± 0,05
Cr	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	4,0 ± 0,2
Cs	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cu	< 5	11 ± 2	32 ± 3	35 ± 2	< 5	66 ± 6	< 5	< 5	14 ± 4	31 ± 1
Eu	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fe	< 25	< 25	< 25	< 25	61 ± 11	< 25	< 25	< 25	42 ± 5	62 ± 11
Ga	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Hf	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Hg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,40 ± 0,03	< 0,1	1,0 ± 0,1	< 0,1	0,30 ± 0,02	< 0,1	0,60 ± 0,04
K	< 0,01	17 ± 2	23 ± 2	5,0 ± 0,3	< 0,01	34 ± 3	< 0,01	< 0,01	< 0,01	5,0 ± 0,3
La	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,020 ± 0,002	0,020 ± 0,001	0,080 ± 0,006	0,010 ± 0,003	< 0,005	0,010 ± 0,001	0,030 ± 0,002
Mo	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Na	3684 ± 129	8,0 ± 0,3	13,0 ± 0,5	2,20 ± 0,08	20,0 ± 0,7	12,0 ± 0,4	18,0 ± 0,6	52 ± 2	6,0 ± 0,2	6,0 ± 0,2
Nd	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Rb	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sb	< 0,01	0,20 ± 0,01	0,070 ± 0,008	0,20 ± 0,01	< 0,01	0,10 ± 0,02	0,03 ± 0,02	0,100 ± 0,005	< 0,01	0,70 ± 0,03
Sc	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,020 ± 0,001	< 0,002	< 0,002	0,004 ± 0,001	0,0020 ± 0,0004	< 0,002	0,005 ± 0,001
Se	< 0,3	< 0,3	0,50 ± 0,08	< 0,3	0,6 ± 0,2	< 0,3	0,30 ± 0,03	0,50 ± 0,03	< 0,3	< 0,3
Sm	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,0033 ± 0,0003	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sr	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Ta	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,030 ± 0,008
Tb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Th	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
U	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
W	< 0,01	0,07 ± 0,01	< 0,01	0,040 ± 0,002	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,040 ± 0,003
Yb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zn	212 ± 16	138 ± 5	186 ± 7	175 ± 6	513 ± 18	106 ± 4	252 ± 9	112 ± 72	190 ± 7	161 ± 6

EI, Elemento

(continuação) Tabela 7. Elementos inorgânicos em amostras de cabelos – Grupo Comparativo, GC

El.	Cabelos – Grupo Comparativo (mg kg ⁻¹)						
	Amostra 21	Amostra 22	Amostra 23	Amostra 24	Amostra 25	Amostra 26	Amostra 27
Ag	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	23 ± 1	25 ± 1	< 0,2
As	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,020 ± 0,003	0,020 ± 0,003	0,10 ± 0,01	< 0,01	< 0,01
Au	0,0110 ± 0,0005	0,0040 ± 0,0003	0,0070 ± 0,0003	0,0060 ± 0,0002	0,0100 ± 0,0004	0,050 ± 0,001	0,20 ± 0,01
Ba	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
Br	0,80 ± 0,03	1,00 ± 0,03	1,00 ± 0,04	1,30 ± 0,05	7,0 ± 0,2	4,0 ± 0,2	2,0 ± 0,1
Ca	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Cd	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ce	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Co	0,07 ± 0,01	9,0 ± 0,3	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,02	< 0,03	1,00 ± 0,06
Cr	4,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,0 ± 0,1	2,0 ± 0,1	3,0 ± 0,2	71 ± 3	20 ± 1
Cs	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cu	< 5	7 ± 1	14 ± 1	10 ± 1	19 ± 3	< 5	< 5
Eu	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fe	65 ± 7	33 ± 6	< 25	29 ± 3	< 25	< 25	< 25
Ga	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Hf	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Hg	< 0,1	2,00 ± 0,08	3,0 ± 0,1	0,10 ± 0,01	2,00 ± 0,08	< 0,1	0,6 ± 0,1
K	7 ± 1	9,0 ± 0,8	3,0 ± 0,7	7,0 ± 0,5	5 ± 1	< 0,01	< 0,01
La	0,10 ± 0,01	0,020 ± 0,003	< 0,005	0,010 ± 0,002	0,020 ± 0,003	< 0,005	< 0,005
Mo	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,40 ± 0,06	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Na	23 ± 1	19,0 ± 0,7	30 ± 1	12,0 ± 0,4	27 ± 1	2068 ± 73	702 ± 25
Nd	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Rb	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,30 ± 0,01	0,10 ± 0,01	< 0,01	< 0,01
Sc	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,0050 ± 0,0004	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Se	< 0,3	0,50 ± 0,05	0,60 ± 0,05	0,50 ± 0,03	0,50 ± 0,06	< 0,3	< 0,3
Sm	0,010 ± 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,0020 ± 0,0004	< 0,002	< 0,002
Sr	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Ta	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,10 ± 0,01	< 0,03	< 0,03
Tb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Th	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
U	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
W	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,070 ± 0,004	0,90 ± 0,05	< 0,01	< 0,01
Yb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zn	451 ± 16	368 ± 13	193 ± 7	181 ± 7	34 ± 2	100 ± 6	202 ± 7

El, Elemento

7.2.3 Grupo Praticante de Atividade Física Sem Suplemento, GSS

Analisaram-se vinte e uma amostras de cabelo de indivíduos praticantes de atividade física nas quais foram comuns os elementos Au, Br, Cr e Zn, GSS. Dentre os voluntários desse grupo, 38,1% praticavam exercícios por, no mínimo, 3 vezes por semana; 28,6% praticavam atividade física por, no mínimo, 4 vezes por semana; e cerca de 33,3% realizavam atividade física 5 vezes por semana ou mais. Quanto à duração da atividade praticada, cerca de 4,8% realizavam o exercício por cerca de 105 minutos; 14,3% mantinham a atividade por 80 minutos; assim como 14,3% dos voluntários se exercitavam por 50 minutos; 19% dos indivíduos mantinham a atividade por 120 minutos; 23,8% dos voluntários se exercitavam por 60 minutos; e 23,8% por 90 minutos.

Os resultados referentes às concentrações elementares presentes em cabelos de indivíduos praticantes de atividade física que não fazem uso de suplementos alimentares estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Elementos inorgânicos em amostras de cabelos – Grupo Atividade Física, Sem Suplemento, GSS

EI.	Cabelos – Grupo Atividade Física, Sem Suplemento (mg kg ⁻¹)									
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7	Amostra 8	Amostra 9	Amostra 10
Ag	< 0,2	1,0 ± 0,3	< 0,2	10 ± 1	< 0,2	< 0,2	6,0 ± 0,5	< 0,2	< 0,2	< 0,2
As	0,040 ± 0,003	< 0,01	0,040 ± 0,003	< 0,01	0,030 ± 0,005	< 0,01	1,0 ± 0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Au	0,0050 ± 0,0002	0,20 ± 0,01	0,040 ± 0,001	0,020 ± 0,002	0,0090 ± 0,0004	0,060 ± 0,002	0,40 ± 0,01	0,010 ± 0,002	0,008 ± 0,001	0,020 ± 0,002
Ba	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
Br	1,40 ± 0,05	3,0 ± 0,1	3,0 ± 0,1	6,4 ± 0,3	2,00 ± 0,07	9,0 ± 0,3	2,0 ± 0,1	4,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2	2,0 ± 0,1
Ca	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Cd	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ce	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Co	0,04 ± 0,01	< 0,03	0,60 ± 0,03	< 0,03	6,0 ± 0,2	19,0 ± 0,7	< 0,03	25 ± 1	23 ± 1	13,0 ± 0,5
Cr	3,0 ± 0,3	23 ± 1	1,0 ± 0,1	204 ± 8	9,0 ± 0,6	28 ± 1	57 ± 2	101 ± 5	76 ± 3	67 ± 3
Cs	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cu	9,0 ± 0,6	< 5	< 5	< 5	9 ± 2	31 ± 3	< 5	< 5	< 5	< 5
Eu	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fe	< 25	< 25	39 ± 9	< 25	< 25	273 ± 33	< 25	495 ± 98	< 25	< 25
Ga	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Hf	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,0 ± 0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Hg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,0 ± 0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
K	10,0 ± 0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	18,0 ± 2,0	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
La	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,008 ± 0,002	< 0,005	0,07 ± 0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Mo	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Na	7,0 ± 0,2	1027 ± 36	< 0,03	3264 ± 115	9,0 ± 0,3	35 ± 1	1808 ± 64	1115 ± 40	1073 ± 38	2029 ± 72
Nd	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Rb	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sb	0,20 ± 0,01	< 0,01	0,20 ± 0,01	< 0,01	0,50 ± 0,02	3,0 ± 0,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sc	0,60 ± 0,06	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,8 ± 0,2	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Se	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Sm	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sr	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Ta	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Tb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Th	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
U	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
W	0,070 ± 0,004	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,10 ± 0,01	0,70 ± 0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Yb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zn	156 ± 6	182 ± 7	120 ± 5	138 ± 10	126 ± 5	158 ± 7	111 ± 7	1906 ± 82	1892 ± 68	160 ± 10

EI, Elemento

(continuação) Tabela 8. Elementos inorgânicos em amostras de cabelos – Grupo Atividade Física, Sem Suplemento, GSS

El.	Cabelos – Grupo Atividade Física, Sem Suplemento (mg kg ⁻¹)										
	Amostra 11	Amostra 12	Amostra 13	Amostra 14	Amostra 15	Amostra 16	Amostra 17	Amostra 18	Amostra 19	Amostra 20	Amostra 21
Ag	< 0,2	< 0,2	< 0,2	2,0 ± 0,1	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
As	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Au	0,030 ± 0,003	0,020 ± 0,003	0,020 ± 0,004	0,005 ± 0,001	0,010 ± 0,001	0,010 ± 0,002	0,20 ± 0,05	0,300 ± 0,002	0,010 ± 0,001	0,01 ± 0,001	0,02 ± 0,01
Ba	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
Br	8,0 ± 0,4	4,0 ± 0,2	4,0 ± 0,2	4,00 ± 0,06	1,40 ± 0,04	1,0 ± 0,2	2,00 ± 0,04	1,20 ± 0,04	1,20 ± 0,07	1,40 ± 0,04	2,4 ± 0,1
Ca	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	6558 ± 1205	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Cd	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ce	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Co	< 0,03	16,0 ± 0,7	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Cr	209 ± 8	297 ± 14	255 ± 14	43 ± 2	39 ± 2	19 ± 13	38 ± 2	37 ± 1	59 ± 4	34 ± 1	69 ± 3
Cs	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cu	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Eu	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fe	< 25	< 25	< 25	< 25	153 ± 28	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25
Ga	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Hf	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Hg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,6 ± 0,1	0,8 ± 0,1	1,0 ± 0,2	< 0,1	1,0 ± 0,2
K	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
La	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Mo	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Na	3037 ± 106	1365 ± 48	2260 ± 5	673 ± 1	300 ± 1	654 ± 46	563 ± 1	558 ± 1	913 ± 2	294 ± 1	1197 ± 4
Nd	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Rb	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,20 ± 0,02	< 0,01
Sc	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Se	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Sm	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sr	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Ta	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Tb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Th	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1,00 ± 0,05	< 0,05	< 0,05
U	7,0 ± 0,3	< 1	2,0 ± 0,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2,2 ± 0,1
W	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Yb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zn	196 ± 31	2174 ± 85	3572 ± 26	163 ± 9	839 ± 30	222 ± 113	209 ± 6	109 ± 4	201 ± 7	596 ± 22	165 ± 9

El, Elemento

7.2.4 Grupo Praticante de Atividade Física Com Suplemento, GCS

O grupo de voluntários, GCS, que realizavam atividade física e consumiam suplementos alimentares apresentou em todas as amostras analisadas os elementos Cr, Na e Zn. Dentre os indivíduos analisados, 45% realizavam atividade física durante 60 minutos; 20% praticavam exercícios durante 120 minutos; 15% durante 90 minutos; e cerca de 5% dos indivíduos mantinham sua atividade física por 75, 140 e 150 minutos, respectivamente.

Quanto à frequência de execução da atividade física, cerca de 20% realizavam a atividade por, no mínimo, 4 vezes na semana; 20% por 3 vezes na semana; e a maioria, 60%, cerca de 5 vezes por semana.

Dentre os suplementos alimentares relatados para consumo, 40% dos voluntários relataram consumir o suplemento do tipo proteico “P2”; 40% consumiam o suplemento de aminoácidos definido como “A1”; cerca de 30% faziam uso do suplemento de carboidrato denominado “C”; e 15% da população estudada consumia suplementos multiminerais.

Os resultados referentes às concentrações elementares em indivíduos praticantes de atividade física que consomem suplementos alimentares estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Elementos inorgânicos em amostras de cabelos – Grupo Atividade Física, Com Suplemento, GCS

El.	Cabelos – Grupo Atividade Física, Com Suplemento (mg kg ⁻¹)									
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7	Amostra 8	Amostra 9	Amostra 10
Ag	< 0,2	2,0 ± 0,1	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
As	< 0,01	0,04 ± 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Au	0,010 ± 0,002	0,0040 ± 0,0003	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,04 ± 0,02	0,010 ± 0,002	0,020 ± 0,003	< 0,002	0,010 ± 0,002
Ba	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
Br	2,0 ± 0,2	3,0 ± 0,1	< 0,2	1,5 ± 0,1	3,0 ± 0,2	1,2 ± 0,1	3,5 ± 0,3	5,0 ± 0,3	5,0 ± 0,5	3,0 ± 0,2
Ca	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Cd	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ce	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Co	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	1,0 ± 0,2	< 0,03	1,0 ± 0,1	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Cr	89 ± 4	11,0 ± 0,7	9,0 ± 0,4	98 ± 4	112 ± 6	55 ± 3	118 ± 6	127 ± 7	258 ± 13	144 ± 6
Cs	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cu	< 5	< 5	155 ± 7	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Eu	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fe	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	220 ± 52	360 ± 53	< 25	< 25	< 25
Ga	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Hf	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Hg	< 0,1	0,80 ± 0,06	2,70 ± 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
K	< 0,01	< 0,01	7 ± 1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
La	< 0,005	0,030 ± 0,005	0,030 ± 0,004	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Mo	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Na	1983 ± 146	9,0 ± 0,4	11,0 ± 0,4	918 ± 5	2061 ± 6	381 ± 2	1557 ± 55	3690 ± 142	5906 ± 208	2497 ± 88
Nd	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Rb	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,44 ± 0,05
Sc	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Se	< 0,3	< 0,3	0,7 ± 0,1	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Sm	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sr	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Ta	< 0,03	0,10 ± 0,01	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Tb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Th	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
U	< 1	< 1	< 1	< 1	2,0 ± 0,2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
W	< 0,01	1,00 ± 0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Yb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zn	1686 ± 62	111 ± 4	3,0 ± 0,4	1699 ± 62	164 ± 12	924 ± 35	1644 ± 16	208 ± 12	186 ± 15	360 ± 19

El, elemento.

(continuação) Tabela 9. Elementos inorgânicos em amostras de cabelos – Grupo Atividade Física, Com Suplemento, GCS

El.	Cabelos – Grupo Atividade Física, Com Suplemento (mg kg ⁻¹)									
	Amostra 11	Amostra12	Amostra 13	Amostra 14	Amostra 15	Amostra 16	Amostra 17	Amostra 18	Amostra 19	Amostra 20
Ag	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	4,7 ± 0,2	< 0,2	< 0,2
As	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,070 ± 0,004	< 0,01	0,20 ± 0,03	< 0,01
Au	0,030 ± 0,002	< 0,002	0,01 ± 0,001	< 0,002	0,0020 ± 0,0003	0,070 ± 0,003	< 0,002	0,40 ± 0,01	0,010 ± 0,0004	0,040 ± 0,001
Ba	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	4,3 ± 0,4	< 4	< 4	< 4
Br	2,0 ± 0,1	2,1 ± 0,1	1,70 ± 0,08	1,20 ± 0,06	0,70 ± 0,04	1,30 ± 0,05	< 0,2	1,10 ± 0,06	1,20 ± 0,05	3,0 ± 0,1
Ca	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Cd	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ce	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Co	35 ± 1	23 ± 1	< 0,03	2,0 ± 0,1	2,10 ± 0,08	0,10 ± 0,02	< 0,03	< 0,03	0,80 ± 0,03	0,20 ± 0,01
Cr	100 ± 5	82 ± 4	40 ± 2	52 ± 2	28 ± 1	25 ± 1	240 ± 4	30 ± 1	30 ± 1	6,7 ± 0,5
Cs	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cu	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	21 ± 3
Eu	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fe	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	78 ± 12	< 25	< 25	< 25	< 25
Ga	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Hf	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Hg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,30 ± 0,05	< 0,1	1,0 ± 0,1	< 0,1	< 0,1
K	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	12 ± 2
La	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,10 ± 0,01	< 0,005
Mo	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Na	801 ± 28	1408 ± 49	812 ± 29	408 ± 14	255 ± 9	179 ± 6	4292 ± 9	572 ± 20	531 ± 19	15 ± 1
Nd	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Rb	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sb	0,30 ± 0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	1,00 ± 0,07	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sc	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Se	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Sm	0,04 ± 0,01	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Sr	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Ta	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Tb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Th	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,07 ± 0,01
U	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,6 ± 0,3	< 1	< 1	< 1
W	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,10 ± 0,01
Yb	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zn	1488 ± 54	197 ± 9	255 ± 10	694 ± 27	554 ± 20	464 ± 17	140 ± 8	211 ± 8	135 ± 5	198 ± 2

El, elemento

7.2.5 Resumo das Concentrações Elementares entre os Grupos

Com o objetivo de facilitar a visualização e compreensão da distribuição dos elementos químicos essenciais e não essenciais dentre as amostras de biomonitores coletadas nos diferentes grupos, confeccionou-se a Tabela 10.

Tabela 10. Resumo dos Resultados das Análises dos Biomonitores

Elementos	Grupo Comparativo n = 27		Grupo Atividade Física, Sem Suplemento n = 21		Grupo Atividade Física, Com Suplemento n = 20		Total %
	Quantidade de Amostras Detectadas	%	Quantidade de Amostras Detectadas	%	Quantidade de Amostras Detectadas	%	
Ag	5	18,5	4	19	2	10	16,2
As	18	66,7	5	23,8	3	15	32,2
Au	27	100	21	100	13	65	89,7
Ba	0	0	0	0	1	5	1,5
Br	27	100	21	100	18	90	97,1
Ca	8	29,6	1	4,8	0	0	13,2
Cd	0	0	0	0	0	0	0
Ce	0	0	0	0	0	0	0
Co	17	63	9	42,9	9	45	51,5
Cr	12	44,4	21	100	20	100	77,9
Cs	0	0	0	0	0	0	0
Cu	17	63	4	19	2	10	33,8
Eu	0	0	0	0	0	0	0
Fe	9	33,3	4	19	3	15	23,5
Ga	0	0	0	0	0	0	0
Hf	0	0	0	0	0	0	0
Hg	14	51,9	5	23,8	4	20	33,8
K	17	63	2	9,5	2	10	30,9
La	15	55,6	2	9,5	3	15	29,4
Mo	2	7,4	0	0	0	0	2,9
Na	27	100	20	95,2	20	100	98,5
Nd	0	0	0	0	0	0	0
Rb	0	0	0	0	0	0	0
Sb	17	63	5	23,8	5	25	39,7
Sc	12	44,4	2	9,5	0	0	20,6
Se	12	44,4	0	0	1	5	19,1
Sm	8	29,7	0	0	1	5	13,2
Sr	0	0	0	0	0	0	0
Ta	3	11,1	0	0	1	5	5,9
Tb	0	0	0	0	0	0	0
Th	0	0	1	4,8	1	5	2,9
U	0	0	3	14,3	2	10	7,4
W	15	55,6	3	14,3	2	10	29,4
Yb	0	0	0	0	0	0	0
Zn	27	100	21	100	20	100	100

8. DISCUSSÃO

8.1 SUPLEMENTOS ALIMENTARES

Com o intuito de avaliar a ingestão diária de suplemento pelo consumidor no que se refere a elementos essenciais e potencialmente tóxicos foi realizado um estudo nutricional baseando-se nos resultados de concentração dos elementos determinados nos suplementos estudados, apresentados na Tabela 5.

Inicialmente, construiu-se a Tabela 11 para que os valores de concentrações elementares, expressas em mg por um quilo de amostra, fossem convertidas para valores proporcionais a uma porção de suplemento. O objetivo foi analisar o quanto de cada elemento, daqueles encontrados na amostra, o consumidor ingere diariamente ao utilizar um dos suplementos avaliados. Assim, foi possível verificar se a composição do suplemento estaria de acordo ou não com aquela relatada nos rótulos. Entretanto, a avaliação nutricional dos elementos é limitada, pois as referências disponíveis são, ainda, incipientes. Entre as referências mais utilizadas mundialmente, destacam-se as *Dietary Reference Intakes* (DRIs), que dispõem de valores de referência para 18 elementos, sendo que nem todos podem ser determinados pela AAN, como o chumbo.

Entende-se por DRIs um conjunto de tabelas de valores de referência para vários nutrientes, divididas em quatro categorias, cujo objetivo é servir como base para a conduta do profissional ou estudante de Nutrição, além do processo de rotulagem e fortificação de alimentos pela indústria. Os seus valores foram determinados tomando como base indivíduos saudáveis, podendo variar de acordo com sexo e ciclo da vida. A primeira categoria, denominada *Estimated Average Requirement* (EAR), permite a avaliação da ingestão diária de um indivíduo ou grupo por meio de valores previamente pesquisados que atendem às necessidades de 50% da população para vários nutrientes. A segunda e a terceira categorias, *Recommended Dietary Allowances* (RDA) e *Adequate Intake* (AI), servem para a prescrição ou recomendação de dietas. A diferença entre elas é que a RDA é baseada em valores determinados, oriundos da EAR, e que atendem às necessidades de 97 a 98% da população, enquanto a AI é composta de valores estimados da ingestão nutricional de grupos teoricamente sadios e bem nutridos. A AI só é utilizada quando determinado nutriente não dispõe dos valores de EAR e

RDA para consulta. Por último, a UL, ou *Tolerable Upper Intake Level*, é um conjunto de valores que representam a ingestão máxima diária prolongada de um determinado nutriente que ainda seja segura para consumo. Isso significa que a ingestão continuada de um nutriente em doses acima do valor estabelecido pela UL é um sinal de consumo excessivo do nutriente, devendo ser pesquisada uma possível toxicidade e a ocorrência de efeitos adversos associados a esse consumo (MARCHIONI, 2004; PADOVANI, 2006).

As DRIs são as ferramentas básicas mais utilizadas para a avaliação nutricional de um indivíduo ou grupo. Todavia, não permitem diagnósticos. A partir da constatação de que um indivíduo ou grupo mantém inadequados alguns nutrientes em sua dieta, o profissional/estudante deverá solicitar exames bioquímicos e testes mais minuciosos de avaliação nutricional e clínica para que seja feito então o diagnóstico final de uma condição ou patologia associada aos alimentos. A existência das DRIs é de grande valia para a investigação de fatores alimentares relacionados ao aparecimento das Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) e também às carências nutricionais.

Considerando as DRIs como um parâmetro inicial adequado de avaliação de consumo nutricional, foram construídas as Tabelas 12 e 13 a fim de relacionar os elementos químicos contidos na dose diária de consumo dos suplementos aos valores de referência. O objetivo foi avaliar se a quantidade utilizada de cada suplemento influencia na ingestão diária total recomendada à população saudável. Os valores de RDA e AI não foram utilizados já que representam uma categoria de prescrição nutricional e não de avaliação, que é o objetivo do estudo. Considerando que os valores das DRIs variam de acordo com sexo e ciclo da vida, optou-se por utilizar como base dos cálculos os valores de EAR e de UL para homens, de 19 a 70 anos. Tais valores foram fixados como 100%, para que fosse possível ilustrar a contribuição do consumo de cada nutriente em relação à dieta total diária do indivíduo consumidor do produto. Portanto, será possível se constatar que, muitas vezes, ao consumir uma porção de um suplemento, o indivíduo já atinge 100% das suas necessidades para um determinado nutriente, não considerando ainda a contribuição que os demais alimentos da sua dieta oferecem ao seu organismo, Esse fato pode resultar na ingestão excessiva de algum nutriente.

Para exemplificar a questão, far-se-á uma análise das Tabela 12 e 13 quanto ao elemento selênio, através de um suposto estudo de caso. Supõe-se que um indivíduo adulto, do sexo masculino, esportista e com idade igual a 30 anos, faz uso diário e contínuo de uma cápsula de suplemento multivitamínico, “M2” (51,8% da EAR para Se), combinado com o uso de duas porções de suplementos protéicos “P2” (93,3% da EAR para Se) e, ainda, com o consumo de uma porção de três castanhas-do-pará (12 g) por dia (789% da EAR para Se), sem considerar os demais alimentos presentes na dieta. Ao final do dia, todo esse consumo somaria um total de aproximadamente 0,42 mg de selênio. Lembrando que a UL – limite máximo de ingestão – para o selênio é de 0,4 mg – como mostra a Tabela 13 –, isso significa que o indivíduo estará consumindo 105% do valor estabelecido pela UL. Ao ultrapassar esse valor, o indivíduo poderá ter problemas pelo excesso desse elemento no organismo. O excesso de selênio no organismo é denominado “selenose”, e caracterizado pelo aparecimento de sintomas como anormalidades gastrointestinais e neurológicas, aparecimento de cárie dental, alterações na pele e nas unhas, além de possíveis ações mutagênicas ou genotóxicas (KRAUSE, 2012; PHILIPPI, 2002).

Tabela 11. Elementos contidos em uma porção de suplemento (mg)

El.	Suplementos Alimentares: Elementos Presentes Por Porção (mg)										
	Grupo A, aminoácidos		Grupo C, carboidrato	Grupo M, multimineral			Grupo P, proteína			Grupo V, vitamina C	
	A1	A2	C	M1	M2	M3	P1	P2	P3	V1	V2
Ag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
As	0	0	0	0,0002	0,0002	0	0	0	0	0	0
Au	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Br	0,002	0,0002	0,02	0,0002	0,0002	0,002	0,06	0,03	0,03	0	0
Ca	38,4	0,5	13	232,4	240,5	0	11,1	134,6	32,7	0	0
Cd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ce	0,001	0	0	0,001	0,001	0	0	0	0	0	0
Co	0,0007	0	0	0,001	0,001	0	0	0	0,001	0	0
Cr	0,005	0,003	0,03	0,022	0,02	0,002	0,02	0,03	0,01	0,0003	0,0005
Cs	0	0	0	0	0	0	0,0004	0,0006	0	0	0
Cu	0	0	0	0,4	0,6	0	0	0	0	0	0
Eu	0	0	0	0	0,0001	0	0	0,4	0	0	0
Fe	0,4	0	0	7,7	8,4	0	0	0	0,6	0,002	0
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hf	0,0001	0	0	0,0001	0,0001	0	0,002	0	0	0	0
Hg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0,3	0	7,816	0	0	27,2	105,8	0	54,2	0,003	0
La	0,0005	0	0	0,001	0,001	0	0	0	0	0	0
Mo	0	0	0,002	0,02	0,03	0	0,03	0,03	0,02	0	0
Na	3,6	0,4	20,632	2,1	1,7	126,1	141,6	38,8	51,4	0,02	0,08
Rb	0	0	0,006	0	0	0	0,03	0,2	0,03	0	0
Sb	0,0001	0,0001	0,0009	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,002	0,001	0	0
Sc	0,0001	0	0	0,0001	0,0001	0	0	0	0,0001	0	0
Se	0	0	0	0,02	0,02	0,02	0,005	0,02	0,002	0	0
Sm	0,0001	0	0	0,0002	0,0002	0	0	0	0	0	0
Sr	0,03	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,2	0	0	0
Ta	0	0	0	0,0001	0,0001	0	0	0,0003	0	0	0
Tb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Th	0,0002	0	0	0,0001	0,0001	0	0	0	0	0	0
U	0	0	0	0,0008	0,001	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yb	0	0	0	0,0001	0,0001	0	0	0	0	0	0
Zn	0,7	0,001	0,03	6,7	7,0	5,6	0,05	0,2	0,2	0,0002	0,03

El, elemento.

Tabela 12. Avaliação da ingestão diária de elementos contidos em uma porção de suplemento (EAR/DRI)

El.	EAR (mg)	Suplementos Alimentares: Ingestão diária em relação aos suplementos analisados (%)											
		Grupo A, Aminoácidos		Grupo C, Carboidrato	Grupo M, Multiminerais			Grupo P, Proteínas			Grupo V, Vitaminas C		
		A1	A2	C	M1	M2	M3	P1	P2	P3	V1	V2	
Cu	0,7	0	0	0	55,6	82,8	0	0	0	0	0	0	0
Fe	6	7	0	0	127,6	139,7	0	0	0	10,5	0,04	0	0
Mo	0,034	0	0	6,5	72,1	74,1	0	0	88,2	44,1	0	0	0
Se	0,045	0	0	0	51,1	51,8	36,2	222	46,7	4,7	0	0	0
Zn	9,4	7,5	0,01	0,4	70,8	74,4	59,1	0,54	1,7	1,9	0	0,3	0,3

El, Elementos previstos na EAR/DRI

Tabela 13. Avaliação de toxicidade dos elementos contidos em uma porção de suplemento (UL/DRI)

El.	UL (mg)	Suplementos Alimentares: Ingestão diária em relação aos suplementos analisados (%)											
		Grupo A, Aminoácidos		Grupo C, Carboidrato	Grupo M, Multiminerais			Grupo P, Proteínas			Grupo V, Vitaminas C		
		A1	A2	C	M1	M2	M3	P1	P2	P3	V1	V2	
Ca	2500	1,5	0,02	0,5	9,3	9,6	0	11,6	5,4	1,3	0	0	0
Cu	10	0	0	0	3,9	5,8	0	0	0	0	0	0	0
Fe	45	0,9	0	0	17	18,6	0	0	0	1,4	0,01	0	0
Mo	2	0	0	0,1	1,2	1,3	0	0	1,5	0,8	0	0	0
Na	2300	0,2	0,02	0,9	0,1	0,07	5,5	6,2	1,7	2,2	0	0	0
Se	0,4	0	0	0	5,8	5,8	4,1	25	5,3	0,5	0	0	0
Zn	40	1,8	0	0,08	16,6	17,5	13,9	0,13	0,4	0,5	0	0,07	0,07

El, Elementos previstos na UL/DRI

Outro aspecto a ser considerado é o rótulo dos suplementos alimentares que traz informações sobre o conteúdo dos suplementos. De acordo com a ANVISA (2013), recomenda-se que o produto seja ingerido conforme instruções da embalagem, ou sob orientações fornecidas por um médico ou nutricionista. Dentre as informações, que devem constar nos rótulos, exigidas pela legislação brasileira, estão àquelas referentes à presença de extrato de plantas, hormônios e substâncias farmacológicas. De acordo com a Portaria SVS nº 32/98 (ANVISA, 1998) o rótulo do suplemento deve apresentar a quantidade de nutrientes ingerida por porção individual e em comparação percentual a IDR, sendo a porção individual destacada pelo fabricante (ANVISA, 1998). Dessa forma, a Tabela 14 apresenta os elementos e suas quantidades informadas nos rótulos dos produtos, assim como as concentrações obtidas experimentalmente por meio da ANN, método k_0 .

Muitos dos elementos detectados não estão listados nos rótulos dos produtos, como é o caso do Na. O sódio é um elemento considerado essencial para a execução das funções do organismo, participando dos processos de contração muscular (BOHR *et al.*, 1958), de funções nervosas, do equilíbrio hidrocóporal, constituindo parte importante da regulação dos líquidos extracelulares (KATCH e McARDLE, 1996). Porém, a maior parte da população mundial consome Na em quantidades superiores àquelas recomendadas (BROWN *et al.*, 2009). O consumo abundante de sódio tem como consequência o aumento da pressão arterial, associado a doenças cardiovasculares (BROWN *et al.*, 2009; CONLIN, 2007). A obesidade, a redução da densidade mineral óssea e alguns tipos de câncer gástrico também estão associados ao consumo excessivo de Na (DEVINE *et al.*, 1995; LIEM *et al.*, 2011; TSUGANE *et al.*, 2004). O consumo exagerado de Na, e seus efeitos adversos na saúde, tornou a redução das concentrações desse elemento químico em alimentos, uma prioridade de saúde pública nos países desenvolvidos (CORDAIN *et al.*, 2005; LIEM *et al.*, 2011; NEAL *et al.*, 2006).

Dentre os suplementos analisados, uma das marcas de vitamina C e o suplemento protéico “P2” apresentaram concentrações de sódio inferiores àqueles mencionados no rótulo. Em contrapartida, a quantidade do elemento identificada no suplemento “P3” foi, aproximadamente, duas vezes maior do que àquela informada pelo fabricante.

O elemento Zn, apesar de não ser informado na maioria das embalagens, esteve presente em todas as amostras analisadas. O zinco é um elemento presente em diversas substâncias (CHASAPIS *et al.*, 2012), e em uma vasta quantidade de enzimas, participando na síntese e degradação de carboidratos, gorduras, proteínas e ácidos nucleicos (WHO, 1996). Funções imunes, metabólicas e relacionadas ao metabolismo e reparo do DNA necessitam de zinco para que possam ser desempenhadas adequadamente (MOCCHIGIANI *et al.*, 2000; VALLEE e FALCHUCK, 1993). Dessa forma, é possível encontrar zinco em todos os tecidos e secreções do corpo, sendo que 85% de todo o zinco presente no organismo está concentrado nos músculos e ossos (CHASAPIS *et al.*, 2012).

Apesar de ser considerado atóxico, há relatos de intoxicação pela ingestão excessiva de zinco (BROWN, 1964). Concentrações excessivas de Zn estavam presentes em tumores mamários (RISK e SKY-PECK, 1984) e pulmonares (DIEZ *et al.*, 1989). Zinco em demasia presente durante o processo de embriogênese pode causar efeitos teratogênicos ou até mesmo letais ao feto (WHO, 1996).

As amostras de aminoácidos analisadas “A1” e “A2” não fazem menção em seus rótulos a respeito de macro e micronutrientes, e apresentam em sua composição concentrações dos elementos Ca, Cr, Fe, Na e Zn. Concentrações de K também foram determinadas na amostra “A1”. A ausência de informações no rótulo também ocorre para a amostra “C”, que apresenta Ca, Cr, K, Na, Mo e Zn como constituintes do produto. Os suplementos de vitamina C, quando apresentavam informações sobre nutrientes se referiam apenas ao Na, assim como o suplemento proteico “P2”, apesar de apresentarem elementos como Cr, Co e Zn, dentre outros.

Tabela 14. Elementos inorgânicos presentes em cada porção: informação rotulada e resultados experimentais

EI	Suplementos Alimentares: Elementos Presentes por Porção (mg)																					
	Grupo A, Aminoácidos				Grupo C, Carboidrato		Grupo M, Multiminerais						Grupo P, Proteínas						Grupo V, Vitaminas C			
	A1		A2		C		M1		M2		M3		P1		P2		P3		V1		V2	
	Lab	Exp	Lab	Exp	Lab	Exp	Lab	Exp	Lab	Exp	Lab	Exp	Lab	Exp	Lab	Exp	Lab	Exp	Lab	Exp	Lab	Exp
Ca	NR	38	NR	0,5	NR	13	250	232	250	240	NR	<300	NR	12	NR	134	142	33	NR	< 300	NR	< 300
Cl	NR	NA	NR	NA	NR	NA	0,3	NA	0,3	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA
Cr	NR	0,005	NR	0,003	NR	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	NR	0,002	NR	0,02	NR	0,03	0,04	0,01	NR	0,0003	NR	0,0005
Cu	NR	< 10	NR	< 10	NR	< 10	0,5	0,4	0,5	0,6	NR	< 10	NR	< 10	NR	< 10	0,1	< 10	NR	< 10	NR	< 10
Fe	NR	0,4	NR	< 10	NR	< 10	8	8	8	8	NR	< 10	NR	< 10	NR	< 10	NR	0,6	NR	0,002	NR	< 10
I	NR	NA	NR	NA	NR	NA	0,03	NA	0,03	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA
K	NR	0,3	NR	< 3	NR	8	0,01	< 3	0,01	< 3	75	27	NR	106	NR	< 3	NR	54	NR	0,003	NR	< 3
Mn	NR	NA	NR	NR	NR	NR	1	NR	1	NA	3	NA	NR	NA	NR	NA	0,2	NA	NR	NA	NR	NA
Mg	NR	NA	NR	NA	NR	NA	100	NA	100	NA	40	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA
Mo	NR	< 0,05	NR	< 0,05	NR	0,002	0,02	0,03	0,02	0,03	NR	NR	NR	< 0,05	NR	< 0,05	NR	0,02	NR	< 0,05	NR	< 0,05
Na	NR	4	NR	0,4	NR	27	NR	2	NR	2	230	126	211	142	74	39	26	51	NR	0,02	250	0,1
P	NR	NA	NR	NA	NR	NA	0,1	NA	0,1	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA	NR	NA
Se	NR	< 0,05	NR	< 0,05	NR	< 0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	NR	0,1	NR	0,02	NR	0,002	NR	< 0,05	NR	< 0,05
Zn	NR	0,7	NR	0,001	NR	0,03	7	7	7	7	8	6	NR	0,05	NR	0,2	NR	0,2	NR	0,0002	NR	0,03

EI, Elemento; NA, Não analisado; NR, Não reportado; Rot, Valores no rótulo; Exp, Valores obtidos experimentalmente

Tabela 15. Concentrações em suplementos alimentares obtidas neste estudo e valores máximos previstos pela legislação brasileira

EI.	Suplementos Alimentares (mg kg ⁻¹)											Legislação Brasileiro (mg kg ⁻¹) ANVISA (1962; 1998)				
	Grupo A, Aminoácidos		Grupo C, Carboidrato	Grupo M, Multiminerais			Grupo P, Proteínas			Grupo V, Vitaminas C						
	A1	A2	C	M1	M2	M3	P1	P2	P3	V1	V2					
As	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,160 ± 0,003	0,16 ± 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1,0**
Cd	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	1,0**
Cr	1,10 ± 0,01	0,85 ± 0,02	0,80 ± 0,02	15,00 ± 0,02	18,37 ± 0,02	0,50 ± 0,05	0,86 ± 0,04	1,00 ± 0,04	0,300 ± 0,004	0,50 ± 0,01	1,00 ± 0,03	0,1*				
Cu	< 10	< 10	< 10	260 ± 12	438 ± 127	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	30,0**				
Hg	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	0,01**				
Sb ⁺	16 ± 2	23 ± 2	23 ± 1	60 ± 3	79 ± 2	20 ± 4	46 ± 6	80 ± 10	40 ± 2	30 ± 1	< 2	2000**				
Se	< 0,05	< 0,05	< 0,05	15,4 ± 0,05	17,6 ± 0,2	3,4 ± 0,1	0,18 ± 0,01	0,700 ± 0,004	0,07 ± 0,01	< 0,05	< 0,05	0,3**				
Zn	1612 ± 5	0,40 ± 0,03	0,83 ± 0,03	4448 ± 2	5285 ± 14	1157 ± 83	1,8 ± 0,1	5,20 ± 0,03	6,00 ± 0,03	0,40 ± 0,02	56 ± 47	50,0*				

EI., Elemento; µg kg⁻¹; * 1965; **1998; <, menor que o limite de detecção

Os suplementos alimentares fabricados no Brasil e no exterior devem seguir as normas brasileiras e apresentar o seu rótulo em português (ANVISA, 2013). A ANVISA estabelece valores máximos de aditivos e contaminantes inorgânicos em alimentos para As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Se e Zn (ANVISA, 1965). Os elementos As, Cd, Cu, Hg, Pb e Sn, tem suas concentrações máximas estabelecidas pela Portaria 685 de 27 de Agosto de 1998 (ANVISA, 1998c). A Tabela 15 apresenta as concentrações máximas de elementos presentes em suplementos alimentares, e os valores máximos permitidos pela legislação brasileira. É importante mencionar que Pb não apresenta características nucleares adequadas para ser determinado por AAN. Os elementos Ni e Sn não foram analisados porque as condições técnicas do Laboratório do CDTN não são adequadas para a determinação desses elementos por AAN neste tipo de matriz.

Observou-se que a concentração de Cr estava acima do permitido pela legislação brasileira em todos os suplementos, exceto em “P3”. Os multivitamínicos apresentaram concentrações de Cu e Se acima daquelas recomendadas pela legislação. O elemento Zn foi obtido em concentrações superiores à estabelecida pela norma em “A1”, nos multivitamínicos e em uma amostra de vitamina C.

O cromo tem a função de potencializar a ação da insulina em carboidratos, lipídios e no metabolismo de proteínas (LUKASKI *et al.*, 1996; MERTZ, 1975; WHO, 1996). Mooradian e colaboradores (1994) verificaram que a suplementação de Cr em pacientes diabéticos provocou a redução da glicemia em jejum (MOORADIAN *et al.*, 1994). A toxicidade do Cr está relacionada à absorção por meio de processos industriais em que pode ser inalado ou adsorvido pela pele (COHEN *et al.*, 2008; WHO, 1996). Dentre as espécies químicas do cromo, o Cr (IV) é considerado responsável pelo aumento do risco de desenvolvimento de câncer de pulmão e da cavidade sinusal (IARC, 1990).

O cobre está amplamente distribuído nos tecidos como metaloproteínas em complexos orgânicos, desempenhando funções enzimáticas (UAUY *et al.*, 1998; WHO, 1996). O excesso de Cu no organismo é considerado evento raro e, geralmente os sintomas ocorrem quando a capacidade protetora do fígado é excedida, ocasionando hepatite, cirrose hepática, icterícia e, raramente, crise

hemolítica. Em situações extremas pode causar falha no funcionamento do fígado (TANNER, 1986; WHO, 1996).

O selênio é um elemento considerado essencial para os seres humanos (SUN *et al.*, 2014), fazendo parte, principalmente, da enzima glutathiona peroxidase, sendo um dos componentes das defesas antioxidantes do organismo (COMBS, 1986; WHO, 1996). Concentrações elevadas de Se no organismo estão associadas à indução da carcinogênese, citotoxicidade e genotoxicidade (LEVANDER, 1987; SELVARAJ *et al.*, 2012; 2013; SUN *et al.*, 2014; WHO, 1996). A incidência de cáries, problemas reprodutivos e esclerose lateral amiotrófica têm sido associados a elevadas quantidades de Se no organismo, mas ainda não foram reportadas evidências conclusivas na literatura (WHO, 1987; 1996).

8.2 BIOMONITORES CABELO

8.2.1 Comparação Entre os Três Grupos

Apresentado os valores das concentrações elementares obtidas em três grupos de análise nas Tabelas 7, 8, 9 e 10 observou-se a presença do elemento Zn, comuns a todas as amostras de biomonitores analisadas. Estando os elementos Au, Br, Na e Zn presentes em todas as amostras do grupo comparativo; os elementos Au, Br, Cr e Zn em todas as amostras constituintes do grupo que pratica exercícios, mas não faz uso de suplementos alimentares; enquanto os elementos Cr, Na e Zn foram detectadas em todas as amostras de indivíduos que consomem suplementos.

Assim como dito anteriormente, os elementos Cr, Na e Zn desempenham importantes funções fisiológicas no organismo, inclusive para a prática de atividade física (ANDERSON *et al.*, 1984; KARLSON *et al.*, 1968; LUKASKI, 2000; MAUGHAN, 1999; SPEICH *et al.*, 2001; ZACCARIA *et al.*, 1998).

Dentre os demais elementos detectados, o ouro, juntamente com paládio, irídio e platina, é amplamente utilizado como catalisadores de escapamento veiculares, catalisadores para a indústria química e farmacêutica em ligas metálicas utilizadas em instrumentos, assim como restaurações dentárias. Sendo assim, esses usos do Au provocaram sua distribuição por todo o ambiente (BEGEROW *et al.*, 1997).

Chineses e árabes há 3000 anos a.C. já utilizavam compostos de Au com finalidades terapêuticas (CORNELIS *et al.*, 1993). Atualmente, essas substâncias contendo ouro possuem grande aplicação para o tratamento de artrite reumatóide, doença inflamatória crônica que acomete, principalmente, as articulações dos membros superiores e inferiores (DAVIS, 1988; PANYALA *et al.*, 2009)

Considerado um elemento da família dos halogênios, assim como F, Cl e I, acredita-se que o bromo, assim como os demais elementos, apresente características essenciais para a manutenção das funções orgânicas em seres humanos (CUENCA *et al.*, 1987), porém o seu papel fisiológico ainda não é bem estabelecido (DOLPHIN *et al.*, 2013).

Cerca de 99% do bromo disponível no planeta está presente na água dos mares e oceanos (VAN LEEUWEN e SANGSTER, 1987), constituindo um importante indício de consumo de produtos de origem marinha (CARVALHO *et al.*, 2004; PINHEIRO *et al.*, 1999). Sendo assim, é relevante considerar a absorção de Br a partir do consumo humano de vegetais, animais e demais produtos obtidos próximos a regiões marinhas, elevando suas concentrações nos tecidos humanos.

Rose e colaboradores (2001) identificaram maiores concentrações de Br em castanhas, peixes e vísceras. A literatura apresenta variações entre as concentrações de Br determinadas em alimentos produzidos em diferentes países (SHIRAIISHI *et al.*, 1999, 2004).

Para comparar as concentrações elementares obtidas nos três grupos de indivíduos estudados, os valores foram fornecidos a partir da faixa de concentrações e das médias geométricas. Utilizou-se a média geométrica (x_G) de modo a se obter um valor representativo para todos aqueles que constituem a amostra em estudo (EVANS, 1987) apresentados na Tabela 16.

Tabela 16. Comparação dos elementos detectados em cabelo dos três grupos

Elemento	Grupo Comparativo mg kg ⁻¹		Grupo Atividade Física, Sem Suplemento mg kg ⁻¹		Grupo Atividade Física, Com Suplemento mg kg ⁻¹	
	Total de indivíduos: 27		Total de indivíduos: 21		Total de indivíduos: 20	
	Faixa	X _G x÷S _G	Faixa	X _G x÷S _G	Faixa	X _G x÷S _G
Ag	0,2 – 124	6,4 x÷ 7,8	1 – 10	3,4 x÷ 2,8	2 – 5	3 x÷ 1,8
As	0,01 – 0,2	0,06 x÷ 3,1	0,02 – 1	0,07 x÷ 5,5	0,04 – 0,2	0,1 x÷ 2,3
Au	0,002 – 0,2	0,01 x÷ 2,6	0,004 – 0,4	0,02 x÷ 4	0,002 – 0,3	0,01 x÷ 4
Ba	< 4	ND	< 4	ND	4,3	4,3 x÷ 0,4
Br	0,2 – 7	1 x÷ 2,5	1 – 9	2,5 x÷ 1,9	0,7 – 2	2 x÷ 1,7
Ca	695 – 3057	1309 x÷ 1,5	6558	6558 x÷ 1205	587	587 x÷ 117
Cd	< 2	ND	< 2	ND	< 2	ND
Ce	< 0,5	ND	< 0,5	ND	< 0,5	ND
Co	0,07 – 9	0,4 x÷ 4,8	0,04 – 25	4,3 x÷ 8,6	0,1 – 35	1,5 x÷ 7
Cr	0,6 – 71	2,8 x÷ 3,2	1 – 297	37 x÷ 4,3	4 – 258	47,8 x÷ 3
Cs	< 0,2	ND	< 0,2	ND	< 0,2	ND
Cu	7 – 101	2,8 x÷ 3,2	9 – 31	13,3 x÷ 1,8	20 -155	56,2 x÷ 4
Eu	< 0,01	ND	< 0,01	ND	< 0,01	ND
Fe	29 – 96	49 x÷ 1,6	39 – 495	168 x÷ 3	79 – 359	184 x÷ 2,2
Ga	< 0,2	ND	< 0,2	ND	< 0,2	ND
Hf	< 0,1	ND	< 0,1	ND	< 0,1	ND
Hg	0,1 – 3	0,7 x÷ 2,6	0,6 – 3	1,1 x÷ 2	0,3 – 3	0,9 x÷ 2,2
K	0,02 – 34	6,2 x÷ 5,3	4 – 18	8,9 x÷ 2,2	7 – 12	9 x÷ 1,5
La	0,005 – 0,1	0,02 x÷ 2,5	0,01 – 0,1	0,02 x÷ 4,6	0,03 – 0,1	0,05 x÷ 2
Mo	0,4 - 19	2,9 x÷ 14,8	< 0,3	ND	< 0,3	ND
Na	2 – 3684	36,7 x÷ 8	4 – 3264	427 x÷ 7,5	27 – 5906	466 x÷ 7
Rb	< 5	ND	< 5	ND	< 5	ND
Sb	0,03 – 5	0,2 x÷ 3	0,1 – 3	0,3 x÷ 3,6	0,01 – 1	0,2 x÷ 5
Sc	0,002 – 0,6	0,01 x÷ 4,4	< 0,002	ND	< 0,002	ND
Se	0,3 – 0,6	0,5 x÷ 1,2	0,5 – 1	0,6 x÷ 1,3	0,5 – 0,7	0,6 x÷ 1,3
Sm	0,002 – 0,01	0,005 x÷ 1,7	< 0,002	ND	0,04	0,04 x÷ 0,01
Sr	< 0,02	ND	< 0,02	ND	< 0,02	ND
Ta	0,03 – 0,1	0,05 x÷ 3,2	< 0,03	ND	0,1	0,1 x÷ 0,01
Tb	< 0,01	ND	< 0,01	ND	< 0,01	ND
Th	< 0,05	ND	1	1 x÷ 0,05	0,07	0,07 x÷ 0,01
U	< 1	ND	2 – 7	3,4 x÷ 2,8	1,6 – 2	1,8 x÷ 1,2
W	0,02 – 1	0,1 x÷ 4	0,07 – 0,6	0,2 x÷ 3	0,1 – 1	0,3 x÷ 5
Yb	< 0,1	ND	< 0,1	ND	< 0,1	ND
Zn	34 – 513	155 x÷ 2	109 – 3572	297 x÷ 3	3 – 1699	295 x÷ 4

X_G, média geométrica; S_G, desvio padrão geométrico

Verificou-se, dentre os elementos detectados nos biomonitores cabelo, a presença de faixas de concentrações semelhantes para os três grupos estudados quanto aos elementos Au, Hg e Se. Entre o grupo de indivíduos sedentários e indivíduos que praticavam atividade física sem o consumo de suplementos alimentares, os elementos Na e W apresentaram faixas de concentrações comuns; comparando o grupo comparativo com indivíduos que realizavam exercícios regularmente e consumiam suplementos alimentares, o As também apresentou faixa de concentrações semelhante.

Analisando os grupos de indivíduos ativos, os elementos Cr, K e La apresentaram faixas de concentrações semelhantes. É importante ressaltar que o cromo e o potássio desempenham papel fundamental no metabolismo necessário para a prática de exercícios físicos (ACSM, 2007; 2009; ANDERSON *et al.*, 1984; LUKASKI, 2000; MOORE *et al.*, 1954; WHO, 1996).

Outro fator a considerar a partir da análise da variabilidade entre as faixas de concentrações é que esses valores obtidos podem ser influenciados pelos hábitos alimentares, pelas condições ambientais, pelo uso de medicamentos, dentre outros fatores pessoais provenientes de cada indivíduo doador das amostras de cabelo.

Relacionando os elementos que apresentaram concentrações nos suplementos alimentares acima do permitido pela legislação brasileira: Cu, Cr, Se e Zn com o grupo consumidor de tais produtos, verificou-se que o cobre apresenta concentrações mais elevadas neste grupo. Porém essa característica não ocorre para os demais elementos. O grupo em que os indivíduos praticam atividade física e relataram não utilizar suplementos alimentares (GSS), demonstrou maior faixa de concentração para os elementos cromo, selênio e zinco. Isso pode ocorrer devido à adoção de uma alimentação a partir da qual a intensidade e duração do exercício físico realizado não sejam suficientes para metabolizar os elementos envolvidos em sua fisiologia, como o Cr, Se e Zn (MAUGHAN, 1999; SPEICH *et al.*, 2001)

8.2.2 Comparação com Referências de Mineralograma

A análise de cabelo para a avaliação de suas concentrações elementares é denominada de mineralograma (CARNEIRO *et al.*, 2002). Essa técnica tem como

finalidade realizar o estudo do tecido capilar, e tem sido utilizada para verificar presença de certos elementos acumulados nos fios (CHAT e KATZ, 1988).

Constitui um exame com a finalidade de avaliar diferentes alterações fisiológicas como distúrbios de aprendizagem e nutricionais, além de certas patologias (POZEBON *et al.*, 2010), como na doença de Parkinson (FORTE *et al.*, 2005) e em doenças cardiovasculares (TAN *et al.*, 2007). Esse exame é comumente utilizado para confirmar hipóteses médicas (CARNEIRO *et al.*, 2002). Dessa forma, optou-se por comparar os valores de referência apresentados por um mineralograma obtido para finalidades médicas (THE GREAT PLAINS LABORATORY, 2009), que utiliza como valores de referência resultados obtidos a partir da análise por ICP-MS.

O mineralograma apresentado na Tabela 17 foi selecionado devido à ausência de dados disponíveis para a população brasileira, visto que a comparação desses valores agrega bastante à discussão dos resultados obtidos no presente trabalho, apesar de os valores de referência para a população brasileira necessitarem de tabelas mais específicas devido às variações decorrentes das condições ambientais (MIKULEWICKZ *et al.*, 2013) e hábitos alimentares dos indivíduos avaliados (PARR *et al.*, 1992). Os dados foram agrupados em “elementos tóxicos” e “elementos nutrientes” de acordo com o estabelecido pela tabela de referência utilizada.

Os elementos Al, I, Mn e V não foram determinados neste estudo devido a limitações técnicas do Laboratório de Ativação Neutrônica, os elementos B, F, Pb, Li e Si não apresentam características nucleares adequadas para a AAN, e o Ni e o Sn não foram analisados porque as condições técnicas do Laboratório do CDTN não são adequadas para a determinação desses elementos, por AAN, neste tipo de matriz.

Tabela 17. Comparações dos resultados com mineralograma capilar utilizado na prática médica

Elementos Tóxicos	Padrão de Referência* mg kg ⁻¹	Grupo Comparativo mg kg ⁻¹	Grupo Atividade Física, Sem Suplemento	Grupo Atividade Física, Com Suplemento
			mg kg ⁻¹	
Faixas de concentração				
Ag	< 0,14	0,2 – 124	1 – 10	2 – 5
Al	< 8,0	NA	NA	NA
As	< 0,080	0,2 – 124	1 – 10	2 – 5
Ba	< 0,75	< 4	< 4	4,3
Be	< 0,020	NA	NA	NA
Bi	< 2,0	NA	NA	NA
Cd	< 0,070	< 6	< 6	< 6
Hg	< 0,40	0,1 – 3	0,6 – 3	0,3 – 3
Ni	< 0,20	NA	NA	NA
Pb	< 1,0	NA	NA	NA
Pt	< 0,005	NA	NA	NA
Sb	< 0,066	0,03 – 5	0,1 – 3	0,01 – 1
Sn	< 0,30	NA	NA	NA
Ti	< 0,70	NA	NA	NA
Tl	< 0,002	NA	NA	NA
Th	< 0,002	< 0,05	1	0,07
U	< 0,060	< 1	2 – 7	1,6 – 2

Elementos Nutrientes	Padrão de Referência* mg kg ⁻¹	Grupo Comparativo mg kg ⁻¹	Grupo Atividade Física, Sem Suplemento	Grupo Atividade Física, Com Suplemento
			mg kg ⁻¹	
B	0,50 - 3,5	NA	NA	NA
Ca	160-500	695 – 3057	6558	587
Co	0,004 - 0,020	0,07 – 9	0,04 – 25	0,1 – 35
Cr	0,40 - 0,70	0,6 – 71	1 – 297	4 – 258
Cu	11 – 32	7 – 101	9 – 31	20 -155
Fe	7,0 -16	29 – 96	39 – 495	79 – 359
Ge	0,030 - 0,040	NA	NA	NA
I	0,25 -1,3	NA	NA	NA
K	12 -140	0,02 – 34	4 – 18	7 – 12
Li	0,007 - 0,020	NA	NA	NA
Mg	12 – 50	NA	NA	NA
Mn	0,08 - 0,50	NA	NA	NA
Mo	0,040 - 0,090	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Na	20 - 200	2 – 3684	4 – 3264	27 – 5906
P	150 -220	NA	NA	NA
Rb	0,008 - 0,080	< 5	< 5	< 5
S	44000 - 51000	NA	NA	NA
Se	0,70 -1,1	0,3 – 0,6	0,5 – 1	0,5 – 0,7
Sr	0,21 - 2,1	< 0,02	< 0,02	< 0,02
V	0,025 - 0,10	NA	NA	NA
Zn	110-190	34 – 513	109 – 3572	3 – 1699
Zr	0,060 - 0,70	< 100	< 100	< 100

NA, não analisado; * valores fornecidos em µg/g; < LD, valores inferiores ao limite de detecção (THE GREAT PLAINS LABORATORY, 2009)

A partir da análise dos dados presentes na Tabela 17, observou-se que os elementos Hg, Sb e Zn se encontravam dentro daquelas consideradas referências para o equilíbrio entre os elementos no organismo. Já os elementos Ag, As, Ca, Co, Fe foram detectados em concentrações acima dos relatados como referência em todos os grupos estudados. Os grupos que praticavam exercícios regularmente apresentaram concentrações acima dos referenciais para o Cr e Th. Abaixo dos limites estavam os elementos Cu, K, Na e Se.

8.2.3 Comparação com Dados da OMS

Em relação às amostras de cabelo analisadas do Grupo Comparativo, visou-se verificar se os valores determinados neste grupo estavam de acordo com aqueles considerados referência para a Organização Mundial de Saúde (WHO, 1996), apresentados na Tabela 18.

Tabela 18. Faixa de concentrações consideradas referência para cabelo em adultos

Elemento	Cabelo Referência (WHO, 1996)	Cabelo Grupo Comparativo
	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
Al	3 – 10*	NA
As	0,1 – 0,3	0,018 – 0,16
Ba	0,4 - 2	< 100
B	1 – 2	NA
Br	2 – 10*	0,16 – 4,3
Cd	0,25 – 1	< 2
Co	0,05 – 0,30	0,08 – 3,5
Cr	0,3 – 1,2	0,6 – 2,0
Cs	0,1 – 1,0	< 0,2
Cu	15 – 25*	8,8 - 100
F	NR	NA
I	0,4 – 1,0	NA
Fe	30 – 60*	31 - 96
Pb	2 – 20*	NA
Li	0,01 – 0,1	NA
Mn	0,5 – 1,5	NA
Hg	0,5 – 2,0	0,16 – 0,8
Mo	0,05 – 0,20	< 5
Ni	0,02 – 0,20	NA
Rb	1 – 2	< 5
Se	0,5 – 1,0	0,30 – 0,58
Si	4 – 10*	NA
Sn	NR	NA
V	0,05 – 0,15	NA
Zn	150 – 250*	69 - 252

NR, Não reportado; NA, Não Analisado.

* Dados em mg.kg⁻¹ ou mg.L⁻¹
(WHO, 1996)

Conforme visto anteriormente, os elementos Au, Br, Na e Zn foram aqueles presentes em todas as amostras de cabelo analisadas. Os valores de Au e Na não foram estabelecidos pela OMS (WHO, 1996).

Dentre as concentrações de Br, apenas 37% das amostras analisadas apresentaram valores dentro daqueles considerados adequados. Quanto à determinação de Zn, 59% das amostras apresentaram valores dentro dos limites recomendados. Relacionando os elementos propostos pela OMS (WHO, 1996) e aqueles analisados neste estudo, os elementos apresentam faixa de concentrações bastante diferenciadas daquelas propostas como valores de referência para cabelos de indivíduos adultos saudáveis.

8.2.4 Comparação com Resultados da Literatura

De modo a comparar os resultados obtidos no presente estudo com os valores já relatados pela literatura, confeccionou-se a Tabela 19. Dentre os diversos estudos já realizados, optou-se por comparar as concentrações obtidas a partir da análise das amostras de cabelo que compuseram o Grupo Comparativo com dois estudos realizados no Brasil, que também utilizaram com método de análise a ativação por nêutrons (MENEZES, 2000; SAIKI *et al.*, 1998).

Analisando a constituição elementar de amostras de cabelo de uma população não exposta a um ambiente específico, em Belo Horizonte, Menezes (2002), utilizou a análise por ativação neutrônica, método k_0 . Saiki e colaboradores (1998) utilizaram a ativação neutrônica convencional para avaliar a composição de cabelos de estudantes universitários residentes em São Paulo.

Considerando a diferença entre os anos em que os trabalhos foram publicados, os elementos apresentaram faixa de concentração bastante diferentes dos estudos citados. Dentre elas, àquelas dos elementos Hg e Zn demonstraram os resultados mais semelhantes entre os três grupos. Os elementos Au e La apresentaram concentrações semelhantes ao demonstrado por Menezes (2002); e concentrações de K similares às indicadas por Saiki e colaboradores (1998).

A variabilidade entre os estudos também pode ser justificada devido à influência dos hábitos alimentares dos indivíduos componentes de cada estudo, das amostras de cabelo analisadas para cada voluntário e de fatores ambientais, como a

presença de poluentes (ABOAL *et al.*, 2004; DURUIBE *et al.*, 2007; SINGH *et al.*, 2006; SUBRAMANIAN *et al.*, 2012; UNDERWOOD, 2012; WHO, 1996).

Tabela 19. Elementos detectados nas amostras do Grupo Comparativo e os valores informados pela literatura

El.	Presente Trabalho			Literatura					
	Total de indivíduos: 27			MENEZES, 2002			SAIKI <i>et al.</i> , 1998		
	Faixa	$X_G \times \div S_G$	n	Faixa	$X_G \times \div S_G$	n	Faixa	$X_G \times \div S_G$	n
Al	ND	ND	-	5 – 104	18 $\times \div$ 1	21	1,60 – 37,4	14 $\times \div$ 1,8	35
As	0,014 – 0,158	0,06 $\times \div$ 3	18	ND	ND	-	0,0067 - 0,126	0,022 $\times \div$ 0,002	35
Au	0,002 – 0,242	0,01 $\times \div$ 2,6	27	0,002 – 0,27	0,02 $\times \div$ 3,4	12	ND	ND	-
Br	0,159 – 6,92	1,1 $\times \div$ 2,5	27	0,08 – 2,1	0,5 $\times \div$ 1,5	22	0,42 – 85,4	2,5 $\times \div$ 3,1	28
Cl	ND	ND	-	23 – 809	127 $\times \div$ 2	19	40,7 – 1339	248 $\times \div$ 2,9	33
Co	0,067 – 9,045	0,3 $\times \div$ 5	17	ND	ND	-	0,008 - 0,325	0,032 $\times \div$ 0,002	33
Cr	0,641 – 71,12	2,8 $\times \div$ 3,2	12	0,7 – 17	3 $\times \div$ 2	6	0,068 – 0,753	0,173 $\times \div$ 0,002	32
Cu	7,214 – 100,5	19,4 $\times \div$ 2,2	17	3 – 46	13 $\times \div$ 1	21	4,0 – 56	16,4 $\times \div$ 2,1	35
Fe	29,17 – 95,93	49,5 $\times \div$ 1,6	9	ND	ND	-	7,2 – 37	14,5 $\times \div$ 1,5	33
Hg	0,1217 – 2,66	0,7 $\times \div$ 2,6	14	0,3 – 5	1,2 $\times \div$ 1,5	15	0,08 – 4,75	1,05 $\times \div$ 2,51	35
K	0,019 – 33,62	6,2 $\times \div$ 5,3	17	ND	ND	-	0,53 – 26	3,76 $\times \div$ 2,3	30
La	0,005 – 0,138	0,02 $\times \div$ 2,5	15	0,01 – 0,43	0,03 $\times \div$ 1,97	10	NR	NR	-
Mg	ND	ND	-	ND	ND	-	7,7 – 267	57,1 $\times \div$ 2,4	29
Mn	ND	ND	-	1,2 – 1,7	1,5 $\times \div$ 1	2	0,105 – 2,50	0,393 $\times \div$ 0,002	36
Na	2,22 – 3684	36,7 $\times \div$ 8	26	0,7 – 22	1,5 $\times \div$ 1,5	19	1,50 – 30	4,27 $\times \div$ 1,8	36
Sb	0,03 – 4,76	0,2 $\times \div$ 3	17	ND	ND	-	0,003 – 0,85	0,0305 $\times \div$ 0,029	33
Sc	0,002 – 0,617	0,01 $\times \div$ 4,4	12	ND	ND	-	0,0012 – 0,006	0,0019 $\times \div$ 0,002	14
V	ND	ND	-	ND	ND	-	0,0015 – 0,054	0,0195 $\times \div$ 0,004	9
Zn	34,01 – 513,1	155,2 $\times \div$ 2	27	120 – 280	235 $\times \div$ 1	22	105 – 264	159 $\times \div$ 1,3	32

El, elementos

9. ANÁLISE ESTATÍSTICA

9.1 Técnicas Estatísticas Propostas

A estatística multivariada é um conjunto de métodos estatísticos que podem ser utilizados em situações em que são analisadas diversas variáveis ao mesmo tempo (MINGOTI, 2013).

Para efetuar as análises estatísticas, utilizou-se o *software* Minitab[®], versão 17.1.0.0, efetuando a rotação VARIMAX.

9.1.1 Análise dos Componentes Principais

Com o objetivo de reduzir os dados, sem reduzir as informações, permitindo a simplificação dos dados experimentais, utilizou-se a análise dos componentes principais (PCA) (MENEZES, 2002).

Devido ao número de variáveis (elementos químicos) ser maior que o número de amostras analisadas (cabelos dos voluntários), fez-se a redução dos números de variáveis a partir da frequência dos elementos químicos presentes no conjunto de amostras para cada grupo (comparativo, ativo sem uso de suplementos e ativo com uso de suplementos). Elementos que se apresentaram em uma frequência inferior a cinco amostras, foram excluídos dos dados (MINGOTI, 2013; MOURA, 2016).

9.1.1.1 Grupo Comparativo, GC

Para o presente grupo, a análise dos componentes principais foi aplicada às concentrações dos elementos Ag, As, Au, Br, Ca, Co, Cr, Cu, Eu, Fe, Hg, K, La, Mo, Na, Sb, Sc, Se, Sm, Ta, W e Zn, resultando em 22 variáveis, que explicam, aproximadamente, 83% da variabilidade total das variáveis.

Para cada componente principal (CP), os elementos que possuem maior influência são aqueles que apresentam o módulo que se aproxima mais da unidade (1) (MENEZES, 2002; MINGOTI, 2013). Os valores das CPs mais significativas referentes ao presente grupo foram apresentadas na Tabela 20.

Tabela 20. Resultados da análise de componentes principais após rotação VARIMAX, análise de cabelo do Grupo Comparativo, GC

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7
Ag	0,02	-0,33	0,76	0,04	0,25	0,10	-0,03
As	-0,06	-0,80	0,30	0,20	-0,20	-0,02	0,17
Au	0,04	0,15	-0,06	-0,04	0,60	-0,42	0,11
Br	-0,18	0,11	0,15	0,71	0,42	-0,07	-0,18
Ca	0,12	0,15	-0,19	-0,02	-0,17	0,02	-0,86
Co	-0,73	-0,14	-0,25	-0,13	0,04	0,05	0,26
Cr	0,06	0,07	0,01	-0,04	0,81	0,06	0,05
Cu	0,13	0,02	0,81	-0,19	-0,27	-0,03	-0,01
Eu	-0,99	0,07	0,00	0,01	-0,03	0,03	0,00
Fe	0,09	-0,24	-0,14	-0,23	-0,18	-0,81	-0,03
Hg	0,05	-0,14	0,11	0,13	-0,01	0,07	-0,03
K	0,12	-0,30	0,74	0,10	-0,26	0,05	0,30
La	0,09	-0,88	0,16	-0,14	-0,09	-0,03	-0,09
Mo	-0,99	0,08	0,00	0,01	-0,03	0,03	0,01
Na	0,07	0,08	-0,19	0,00	0,70	0,27	0,08
Sb	0,04	0,11	0,04	0,04	0,04	-0,92	0,03
Sc	-0,98	0,08	-0,01	0,03	-0,04	0,04	-0,04
Se	0,19	0,34	0,10	-0,15	-0,43	0,14	0,13
Sm	0,06	-0,56	0,13	0,11	-0,02	0,03	-0,73
Ta	0,09	-0,08	0,01	0,85	-0,14	0,03	0,26
W	0,11	0,00	-0,13	0,84	-0,08	0,17	-0,20
Zn	-0,66	-0,41	-0,44	-0,22	-0,12	0,01	0,16
Variância	4,0401	2,4147	2,318	2,2113	2,2052	1,839	1,6724
% Var	18,4	11,0	10,5	10,1	10	8,4	7,6

- Fator 1, explica 18,4% da variância total, em que os elementos Co, Eu, Mo, Sc e Zn contribuem negativamente;
- Fator 2, explica 11% da variância total, em que os elementos As e La contribuem negativamente;
- Fator 3, explica 10,5% da variância total, em que os elementos Ag, Cu e K contribuem positivamente;
- Fator 4, explica 10,1% da variância total, em que os elementos Br, Ta e W contribuem positivamente;

- Fator 5, explica 10% da variância total, em que os elementos Cr e Na contribuem positivamente;
- Fator 6, explica 8,4% da variância total, em que os elementos Fe e Sb contribuem negativamente;
- Fator 7, explica 7,6% da variância total, em que os elementos Ca e Sm contribuem negativamente.

9.1.1.2 Grupo Atividade Física Sem Suplemento, GSS

A análise dos componentes principais foi aplicada para as concentrações dos elementos Ag, As, Au, Br, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, La, Na, Sb, Se, Th, U, W e Zn, resultando em 19 variáveis, que explicam, aproximadamente, 86,8% da variabilidade total das variáveis.

Os valores das CPs mais significativas referentes ao presente grupo de indivíduos que praticam atividade física e não consomem suplementos alimentares estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21. Resultados da análise de componentes principais após rotação VARIMAX, análise de cabelo do Grupo Atividade Física, Sem Suplemento, GSS

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6
Ag	0,056	0,292	0,045	-0,473	0,778	-0,096
As	0,05	-0,016	0,058	-0,862	0,077	0,069
Au	0,032	-0,075	0,15	-0,885	-0,048	0,053
Br	-0,602	0,73	-0,159	0,044	0,129	0,023
Ca	0,069	-0,128	0,118	0,145	-0,046	-0,899
Co	-0,284	0,036	-0,812	0,131	-0,068	0,071
Cr	0,217	0,823	-0,284	0,128	0,119	0,122
Cu	-0,94	-0,194	-0,016	0,109	0,036	0,126
Fe	-0,367	-0,042	-0,684	0,017	-0,097	-0,038
Hg	0,028	0,005	0,224	0,185	0,883	0,146
K	-0,915	-0,128	-0,032	0,042	-0,074	0,065
La	-0,967	0,023	-0,154	-0,033	-0,057	-0,054
Na	0,27	0,861	-0,017	-0,144	0,283	-0,027
Sb	-0,975	-0,04	-0,123	0,008	-0,024	-0,012
Se	-0,119	-0,497	0,282	0,337	0,253	0,415
Th	0,064	-0,09	0,102	0,131	0,069	0,107
U	0,004	0,741	0,409	0,171	-0,308	0,125
W	-0,974	-0,04	-0,119	0,021	0,011	0,009
Zn	0,271	0,314	-0,673	0,205	-0,208	0,152
Variância	5,3567	3,0213	2,089	2,0785	1,7389	1,1143
% Var	28,2	15,9	11	10,9	9,2	5,9

- Fator 1, explica 28,2% da variância total, em que os elementos Br, Cu, K, La, Sb e W contribuem negativamente;
- Fator 2, explica 15,9% da variância total, em que os elementos Br, Cr, Na e U contribuem positivamente;
- Fator 3, explica 11% da variância total, em que os elementos Co e Fe contribuem negativamente;
- Fator 4, explica 10,9% da variância total, em que os elementos As e Au contribuem negativamente;
- Fator 5, explica 9,2% da variância total, em que os elementos Ag e Hg contribuem positivamente;
- Fator 6, explica 5,9% da variância total, em que o elemento Ca contribui negativamente.

9.1.1.3 Grupo Atividade Física Com Suplemento, GCS

Os elementos Ag, As, Au, Ba, Br, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, La, Na, Sb, Se, Sm, Ta, U, W e Zn foram utilizados para análise dos CPs, resultando em 21 variáveis, que explicam, aproximadamente, 90,3% da variabilidade total das variáveis.

Os valores das CPs mais significativas referentes ao presente grupo de indivíduos que praticam atividade física e consomem suplementos alimentares estão apresentados na Tabela 22.

Tabela 22. Resultados da análise de componentes principais após rotação VARIMAX, análise de cabelo do Grupo Atividade Física, Com Suplemento, GCS

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5
Ag	0,965	0,087	0,047	0,034	0,026
As	0,996	0,052	0,024	0,048	0,011
Au	0,996	0,059	0,022	0,047	0,01
Ba	0,979	-0,012	0,059	0,047	-0,029
Br	0,037	-0,702	-0,084	-0,105	0,189
Ca	-0,026	0,211	0,177	-0,166	0,802
Co	0,176	0,065	0,02	0,886	-0,058
Cr	-0,192	-0,886	-0,018	0,089	-0,2
Cu	0,061	0,445	0,291	-0,324	-0,594
Fe	0,006	-0,008	-0,881	-0,259	-0,038
Hg	0,978	0,145	0,081	-0,017	-0,052
K	0,814	0,24	0,154	-0,138	-0,204
La	0,996	0,052	0,022	0,048	0,008
Na	-0,136	-0,941	0,131	-0,054	-0,141
Sb	0,995	0,029	0,038	0,057	-0,007
Se	0,995	0,072	0,036	0,033	0,007
Sm	0,996	0,051	0,021	0,051	0,008
Ta	0,996	0,051	0,022	0,049	0,009
U	0,991	0,01	0,047	0,043	-0,005
W	0,996	0,055	0,025	0,045	0,013
Zn	-0,212	0,005	-0,768	0,372	-0,044
Variância	12,557	2,521	1,552	1,189	1,144
% Var	59,8	0,12	0,074	0,057	0,054

- Fator 1, explica 59,8% da variância total, em que os elementos Ag, As, Au, Ba, Hg, K, La, Sb, Se, Sm, Ta, U e W contribuem positivamente;
- Fator 2, explica 12% da variância total, em que os elementos Br, Cr e Na contribuem negativamente;
- Fator 3, explica 7% da variância total, em que os elementos Fe e Zn contribuem negativamente;
- Fator 4, explica 5,7% da variância total, em que o elemento Co contribui positivamente;
- Fator 5, explica 5,4% da variância total, em que o elemento Ca contribui positivamente.

9.1.2 Correlação de Pearson

Com o objetivo de correlacionar as variáveis, ou seja, os elementos detectados nas amostras analisadas, aplicou-se a Correlação de Pearson (MENEZES, 2002).

9.1.2.1 Grupo Comparativo, GC

Aplicou-se a Correlação de Pearson para os elementos Ag, As, Au, Br, Ca, Co, Cr, Cu, Eu, Fe, Hg, K, La, Mo, Na, Sb, Sc, Se, Sm, Ta, W e Zn, resultando em 22 variáveis, apresentadas na Tabela 23.

9.1.2.2 Grupo Atividade Física Sem Suplemento, GSS

Os elementos Ag, As, Au, Br, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, La, Na, Sb, Se, Th, U, W e Zn, foram correlacionados a partir de suas 19 variáveis, apresentadas na Tabela 24.

9.1.2.3 Grupo Atividade Física Com Suplemento, GCS

Já para o terceiro grupo analisado, 21 variáveis foram correlacionadas: Ag, As, Au, Ba, Br, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, La, Na, Sb, Se, Sm, Ta, U, W e Zn, apresentadas na Tabela 25.

Tabela 23. Resultados da Correlação de Pearson, Grupo Comparativo, GC

Variáveis	Ag	As	Au	Br	Ca	Co	Cr	Cu	Eu	Fe	Hg	K	La	Mo	Na
Ag	1														
As	0,459141	1													
Au	-0,06015	-0,24655	1												
Br	0,143349	0,048712	0,168669	1											
Ca	-0,16196	-0,24643	-0,15472	-0,03358	1										
Co	-0,11863	0,200764	-0,05201	0,016242	-0,19981	1									
Cr	0,125252	-0,18223	0,335442	0,31798	-0,13821	-0,07003	1								
Cu	0,428277	0,260764	-0,17242	-0,08851	-0,09505	-0,19626	-0,18325	1							
Eu	-0,05575	-0,00336	-0,0611	0,158983	-0,11218	0,637232	-0,06145	-0,14035	1						
Fe	-0,15262	0,1185	0,072064	-0,2359	0,086599	-0,00209	-0,10421	0,061611	-0,12197	1					
Hg	0,300207	0,32208	-0,10463	0,198784	-0,02758	0,174296	-0,06623	0,192803	-0,12903	-0,11328	1				
K	0,543146	0,524082	-0,19257	-0,06883	-0,3378	-0,09732	-0,19414	0,637083	-0,14737	-0,03116	0,074221	1			
La	0,31854	0,707784	-0,16719	-0,15748	-0,12432	-0,11844	-0,11197	0,154071	-0,1131	0,239744	-0,00515	0,282631	1		
Mo	-0,05702	-0,00545	-0,06318	0,15772	-0,11473	0,635982	-0,06211	-0,14176	0,999755	-0,1198	-0,13121	-0,1474	-0,11427	1	
Na	-0,00282	-0,29155	0,19979	0,206951	-0,09606	0,113062	0,439147	-0,26674	-0,07674	-0,23452	-0,18195	-0,25421	-0,21367	-0,07842	1
Sb	-0,05411	-0,06286	0,313836	0,088626	-0,05868	-0,09543	-0,07081	-0,00888	-0,06527	0,657139	-0,13227	-0,02758	-0,08039	-0,06536	-0,12123
Sc	-0,06446	-0,01512	-0,06583	0,168869	-0,07994	0,628244	-0,06975	-0,14583	0,998273	-0,13367	-0,1355	-0,15955	-0,1157	0,99808	-0,07662
Se	-0,13665	0,006819	-0,28663	-0,03507	-0,04812	-0,05444	-0,20331	0,323735	-0,17194	-0,08009	0,370547	0,072728	-0,19954	-0,16736	-0,31953
Sm	0,211993	0,339133	-0,139	0,182167	0,457492	-0,20236	-0,10081	0,129605	-0,1052	0,081895	0,09343	0,131627	0,557171	-0,10759	-0,08034
Ta	0,038845	0,32423	-0,12411	0,455782	-0,1315	-0,11073	-0,05595	-0,07469	-0,06126	-0,11949	0,182278	0,221059	-0,06591	-0,06265	-0,07367
W	-0,05342	0,047024	-0,12161	0,477693	0,156956	-0,19531	-0,11639	-0,20492	-0,09778	-0,2648	0,045959	-0,0135	-0,14495	-0,09917	0,032019
Zn	-0,26443	0,160043	-0,05264	-0,25345	-0,19713	0,662328	-0,14568	-0,34986	0,611133	0,172459	-0,09782	-0,15854	0,225192	0,611073	-0,05835

Variáveis	Sb	Sc	Se	Sm	Ta	W	Zn
Ag							
As							
Au							
Br							
Ca							
Co							
Cr							
Cu							
Eu							
Fe							
Hg							
K							
La							
Mo							
Na							
Sb	1						
Sc	-0,0698	1					
Se	-0,16678	-0,18673	1				
Sm	-0,09382	-0,07608	-0,2138	1			
Ta	-0,05801	-0,07039	0,000326	-0,06873	1		
W	-0,11065	-0,06325	-0,17723	0,239952	0,555427	1	
Zn	-0,12666	0,606098	-0,23877	0,057876	-0,16942	-0,16751	1

Tabela 24. Resultados da Correlação de Pearson, Grupo Atividade Física, Sem Suplemento, GSS

Variáveis	Ag	As	Au	Br	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K	La	Na	Sb	Se
Ag	1														
As	0,467478	1													
Au	0,285227	0,668164	1												
Br	0,268049	-0,10333	-0,14615	1											
Ca	-0,07899	-0,05245	-0,10964	-0,19795	1										
Co	-0,20784	-0,13397	-0,22612	0,349641	-0,1253	1									
Cr	0,240279	-0,06872	-0,17103	0,507819	-0,14847	0,16674	1								
Cu	-0,14222	-0,07429	-0,10725	0,422047	-0,08574	0,292374	-0,2809	1							
Fe	-0,13466	-0,08716	-0,12928	0,307607	-0,08118	0,612066	-0,04327	0,319377	1						
Hg	0,529456	-0,11328	-0,07082	0,059903	-0,11584	-0,20648	0,078007	0,01442	-0,19749	1					
K	-0,12379	-0,06286	-0,08406	0,430648	-0,07463	0,261894	-0,24213	0,926258	0,325419	-0,15353	1				
La	-0,0881	-0,0565	-0,01651	0,592208	-0,05311	0,370315	-0,14827	0,903516	0,417604	-0,11188	0,87067	1			
Na	0,547454	0,164203	0,046986	0,466689	-0,08271	-0,02038	0,756166	-0,41467	-0,14948	0,209344	-0,36043	-0,25412	1		
Sb	-0,11143	-0,0648	-0,04467	0,568892	-0,06718	0,35685	-0,19823	0,916283	0,400602	-0,05531	0,873866	0,974461	-0,31953	1	
Se	-0,14094	-0,05274	-0,21001	-0,26708	-0,08497	-0,08885	-0,3303	0,391069	-0,14486	0,347071	0,239451	-0,03418	-0,4166	0,067946	1
Th	-0,07899	-0,05245	-0,10964	-0,18627	-0,04762	-0,1253	-0,0441	-0,08574	-0,08118	0,171633	-0,07463	-0,05311	-0,02224	-0,06718	-0,08497
U	-0,11661	-0,07744	-0,12112	0,455818	-0,0703	-0,18498	0,429816	-0,12658	-0,11985	-0,0821	-0,11018	-0,07841	0,52966	-0,09918	-0,12544
W	-0,10361	-0,06101	-0,03978	0,567235	-0,06246	0,368238	-0,18338	0,925891	0,395674	-0,01373	0,877434	0,963026	-0,29988	0,99258	0,119968
Zn	-0,19451	-0,13471	-0,25043	0,110531	-0,09601	0,415668	0,641238	-0,19976	0,226715	-0,2757	-0,17326	-0,12327	0,242827	-0,15359	-0,20036

Variáveis	Th	U	W	Zn
Ag				
As				
Au				
Br				
Ca				
Co				
Cr				
Cu				
Fe				
Hg				
K				
La				
Na				
Sb				
Se				
Th	1			
U	-0,0703	1		
W	-0,06246	-0,09222	1	
Zn	-0,1011	0,025839	-0,14805	1

Tabela 25. Resultados da Correlação de Pearson, Grupo Atividade Física, Com Suplemento, GCS

Variáveis	Ag	As	Au	Ba	Br	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K	La	Na	Sb
Ag	1														
As	-0,04431	1													
Au	0,869996	-0,11288	1												
Ba	-0,06734	0,205457	-0,08651	1											
Br	-0,10473	-0,22331	-0,15272	-0,33824	1										
Ca	-0,06734	0,152894	-0,0747	-0,05	-0,04717	1									
Co	-0,10815	-0,10924	-0,07083	-0,08031	-0,0081	-0,08031	1								
Cr	-0,23622	-0,08816	-0,21747	0,537787	0,39927	-0,24009	0,051044	1							
Cu	-0,07608	-0,09063	-0,08193	-0,05649	-0,31591	-0,05649	-0,09013	-0,25294	1						
Fe	-0,10709	-0,12757	-0,00616	-0,07952	0,10014	-0,07952	-0,1036	0,031521	-0,08984	1					
Hg	0,345479	-0,05825	0,24503	-0,0947	-0,36382	0,13359	-0,15181	-0,39486	0,862371	-0,12829	1				
K	-0,09405	-0,11204	-0,01474	-0,06983	-0,02802	-0,06983	-0,10813	-0,31798	0,579563	-0,11106	0,364487	1			
La	0,003425	0,895157	-0,10214	-0,07307	-0,20022	-0,07307	-0,09776	-0,2589	0,194217	-0,1162	0,186921	0,03978	1		
Na	-0,18416	-0,06846	-0,17217	0,423503	0,540832	-0,19016	-0,07741	0,94184	-0,21729	-0,08001	-0,33233	-0,2682	-0,20904	1	
Sb	-0,13433	0,095436	-0,08696	0,830942	-0,17688	-0,08964	0,059959	0,467889	-0,06047	-0,14937	-0,18126	0,211038	-0,14576	0,332221	1
Se	-0,09577	0,019841	-0,11625	-0,07111	-0,31383	0,532141	-0,11421	-0,32699	0,807864	-0,11309	0,819971	0,355839	0,131205	-0,27234	-0,13605
Sm	-0,06734	-0,08022	-0,01074	-0,05	0,002681	-0,05	0,829824	0,065475	-0,05649	-0,07952	-0,0947	-0,06983	-0,07307	-0,0787	0,149217
Ta	0,370137	0,07274	-0,07511	-0,05	0,11386	-0,05	-0,08031	-0,21636	-0,05649	-0,07952	0,200438	-0,06983	0,171341	-0,19265	-0,09974
U	-0,09707	0,0679	-0,12471	0,602522	-0,09448	-0,07208	-0,09248	0,426967	-0,08144	-0,11463	-0,13651	-0,10067	-0,10533	0,354075	0,454159
W	0,362884	0,064216	-0,07156	-0,05528	0,131172	-0,05528	-0,08831	-0,2407	-0,04778	-0,08792	0,19034	0,021295	0,163543	-0,21292	-0,06834
Zn	-0,19678	-0,25768	-0,1106	-0,16187	-0,01319	-0,13723	0,249903	0,093438	-0,23398	0,449235	-0,33027	-0,23348	-0,25535	-0,08841	-0,13962

Variáveis	Se	Sm	Ta	U	W	Zn
Ag						
As						
Au						
Ba						
Br						
Ca						
Co						
Cr						
Cu						
Fe						
Hg						
K						
La						
Na						
Sb						
Se	1					
Sm	-0,07111	1				
Ta	-0,07111	-0,05	1			
U	-0,10251	-0,07208	-0,07208	1		
W	-0,07863	-0,05528	0,994384	-0,07969	1	
Zn	-0,26204	0,372019	-0,17355	-0,22587	-0,18821	1

A partir da análise da Correlação de Pearson realizada para os três grupos de indivíduos, é possível dizer que a correlação entre os elementos detectados não é clara, e muitas vezes não explicada pela literatura atual (MENEZES, 2002).

As relações entre os elementos podem ocorrer devido à correlação entre suas propriedades químicas, como a associação entre eles como o raio iônico e a carga elétrica (MENEZES, 2002).

É importante ressaltar que as amostras de cabelos de indivíduos praticantes de atividade física que consomem suplementos alimentares apresentaram uma maior correlação entre as variáveis quando comparado aos demais grupos estudados. A maior correlação entre os elementos pode ser explicada pelo consumo de suplementos alimentares com diferentes finalidades e objetivos em sua prática diária ou pela necessidade metabólica desses nutrientes para a prática de atividades físicas (ADA, 2009; CLARKSON e HAYMES, 1994; DARVISHI *et al.*, 2013; HUANG *et al.*, 2006; KNAPIK *et al.*, 2016; LUKASKI, 1995). Esses fatores talvez possam explicar as relações elementares apresentadas.

9.1.3 Análise de Variância

Com o objetivo de comparar as médias entre os três grupos analisados no estudo: Grupo Comparativo – GC, Grupo de Praticantes de Atividade Física Sem Suplemento (GSS), Grupo de Praticantes de Atividade Física Com Suplemento (GCS), utilizou-se a análise de variância (Anava) em que se aplicou o teste de Scott-Knott ou teste *t* (STEEL *et al.*, 2006) por meio do programa Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2011). Um exemplo de como os resultados são obtidos a partir da análise de variância pelo *software* está demonstrado no Apêndice 4.

A Tabela 26 apresenta os resultados dos testes de variância entre os três grupos analisados no presente estudo. Para a execução dos testes foram selecionados os elementos químicos presentes em concentrações superiores a 50% das amostras de cabelo analisadas em cada grupo.

Tabela 26. Resultados do Teste de Variância

Grupos	Elementos																			
	Resultados Obtidos																			
	Ag		As		Au		Br		Ca		Co		Cr		Cu		Fe		Hg	
GC	6,79	S	0,04	S	0,02	S	1,45	S	564,53	S	0,50	S	1,31	AS	19,90	S	17,92	S	0,30	S
GSS	0,92	S	0,07	S	0,07	S	3,09	AS	312,29	S	4,92	S	77,93	S	2,91	S	45,68	S	0,44	S
GCS	0,32	S	0,22	S	0,03	S	2,06	S	27,93	S	3,10	S	79,34	S	8,34	S	21,34	S	0,26	S

GC, Grupo Comparativo; GSS, Grupo Sem Suplemento; GCS, Grupo Com Suplemento; S, similaridade; AS, ausência de similaridade

(continuação) Tabela 26. Resultados do Teste de Variância

Grupos	Elementos													
	Resultados Obtidos													
	K		La		Na		Sb		Se		Sm		Zn	
GC	8,13	AS	0,028	AS	278,94	AS	0,36	S	0,19	S	0,002	S	180,96	AS
GSS	1,52	S	0,004	S	1027,90	S	0,19	S	0,09	S	0	S	643,30	S
GCS	0,88	S	0,010	S	1348,27	S	0,11	S	0,20	S	0,002	S	548,69	S

GC, Grupo Comparativo; GSS, Grupo Sem Suplemento; GCS, Grupo Com Suplemento; S, similaridade; AS, ausência de similaridade

A Tabela 27 resume a ocorrência de similaridades entre as composições elementares determinadas no biomonitor cabelo dos grupos estudados.

Através da análise de variância pode-se concluir que em termos dos elementos determinados, que:

- 61,1% dos resultados indicaram que os grupos são similares, ou seja, os fatos de praticar ou não atividade física e consumir ou não suplementos alimentares, não foram decisivos para diferenciar os grupos;

- 33,3% dos resultados indicaram que os grupos que praticam atividade física são distintos do grupo sedentário. Entretanto, o fato de consumir ou não suplementos alimentares, não diferencia os grupos. Os elementos que se encontram nos grupos de praticantes de atividade física, indicando similaridade entre eles, foram o Cr, K, La, Na e Zn.

A presença dos elementos Cr, K, Na e Zn está diretamente relacionada com a prática de exercícios físicos (ACSM, 2009; FELIG *et al.*, 1982; LUKASKI, 2000; LUKASKI *et al.*, 1984; MAUGHAN, 1999; ZACCARIA *et al.*, 1998). A relação entre os elementos Br e La e podem ser justificadas a partir dos hábitos de consumo alimentar dos indivíduos analisados neste estudo (FERREIRA *et al.*, 2003; PARELOMOV, 2007) e sua dispersão no ambiente (WANG *et al.*, 2003).

Tabela 27. Similaridade entre os Grupos baseando-se na composição elementar obtida no biomonitor cabelo

Elementos	Grupos		
	GC	GSS	GCS
Ag	✓	✓	✓
As	✓	✓	✓
Au	✓	✓	✓
Br	✓	-	✓
Ca	✓	✓	✓
Co	✓	✓	✓
Cr	-	✓	✓
Cu	✓	✓	✓
Fe	✓	✓	✓
Hg	✓	✓	✓
K	-	✓	✓
La	-	✓	✓
Na	-	✓	✓
Sb	✓	✓	✓
Se	✓	✓	✓
Sm	✓	✓	✓
Zn	-	✓	✓

GC, Grupo Comparativo; GSS, Grupo Sem Suplemento; GCS, Grupo Com Suplemento

10. CONCLUSÕES

Neste estudo foi aplicada a metodologia de análise de amostras grandes pelo método k_0 estabelecido recentemente no CDTN. A aplicação desse procedimento significou uma inovação em termos de análise por ativação neutrônica, pois não foi necessário pulverizar as amostras de suplementos alimentares. Isso evitou possíveis contaminações das amostras e envolveu menos etapas de manipulação das amostras. O teste estatístico aplicado, E_n , relacionando os valores experimentais com os recomendados das amostras de referência GBW 0805, Chá, analisada na forma cilíndrica, e a IAEA-SOIL-7, solo, analisada como cilíndrica e puntual, indicou que o desempenho do método foi satisfatório. Foram produzidos resultados com 95% de probabilidade de se encontrarem dentro da faixa de valores corretos –

intervalo de confiança – para a análise das geometrias cilíndricas e/ou puntual. Isso indicou que o método produziu resultados adequados independentemente da geometria das amostras.

A partir da análise dos suplementos alimentares, os rótulos dos suplementos constituintes do grupo A (aminoácidos), Grupo C (carboidrato) e Grupo V (vitaminas C) não apresentavam informações a respeito das concentrações elementares em seus rótulos. Esse fato pode indicar que os elementos químicos determinados nessas amostras constituem impurezas dos produtos.

Os multiminerais (Grupo M) constituem os suplementos alimentares que apresentaram maiores informações sobre a presença de elementos inorgânicos em seus rótulos, e também, demonstraram resultados semelhantes àqueles obtidos no presente estudo.

As concentrações dos elementos Cr, Cu, Se e Zn obtidas em alguns suplementos foram superiores àquelas consideradas ideais para a manutenção da saúde dos indivíduos, de acordo com a legislação brasileira.

Analisando as amostras de cabelo do Grupo Comparativo, os elementos Au, Br, Na e Zn foram determinados em todas as amostras, sendo que os valores de Au e Na não foram estabelecidos pela OMS.

Quanto aos demais elementos, eles apresentaram faixas de concentrações bastante diferenciadas daquelas propostas como valores de referência para cabelos de indivíduos adultos saudáveis. Dentre as concentrações de Br, apenas 37% das amostras analisadas apresentaram valores dentro daquelas consideradas adequados e o Zn, 59% das amostras. Como os hábitos alimentares e ambientais influenciam na composição corporal e, conseqüentemente, no biomonitor cabelo, sugere-se que sejam realizados mais estudos visando estabelecer uma faixa de referência para a população brasileira.

Quanto à análise dos biomonitores cabelos dos grupos estudados, o Zn foi o elemento comum a todas as amostras analisadas neste estudo. Os elementos Au, Br, Na e Zn foram detectados em todas as amostras do Grupo Comparativo; Au, Br, Cr e Zn foram determinados em todas as amostras do Grupo Sem Suplemento; enquanto que Cr, Na e Zn foram detectadas em todas as amostras de indivíduos do Grupo Com Suplemento.

Dentre os grupos de praticantes de atividade física, em termos dos elementos Cr, K, La, Na e Zn, os grupos apresentaram similaridade entre si, independentes do consumo de suplementos alimentares. Este resultado sugere que, nesses grupos amostrados, a ingestão de suplementos não apresentou diferenças estatisticamente significativas nas concentrações elementares de cabelos de indivíduos praticantes de atividade física. Entretanto, o fato de praticar atividades físicas já diferenciou os grupos – consumindo ou não suplementos – do grupo de indivíduos sedentários (GC).

11. DIFICULDADES ENCONTRADAS

As principais dificuldades para o desenvolvimento do estudo estiveram relacionadas à coleta do biomonitor cabelo.

O preenchimento dos requisitos necessários para a participação no estudo constituiu uma das maiores dificuldades:

A maioria dos praticantes de atividade física do sexo masculino que fazem uso de suplementos alimentares e que se voluntariaram para participar do estudo não apresentava um volume capilar suficiente para a realização das análises por meio da ativação neutrônica. Com relação ao sexo feminino, a maioria realizava procedimentos químicos como tinturas e alisamentos, inviabilizando a participação no estudo.

As academias de bairro, mesmo sendo apresentado o projeto detalhado do trabalho científico, não permitiram que as coletas fossem realizadas em suas instalações. A maioria dos estabelecimentos não retornou às nossas solicitações.

12. SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS

O crescimento do consumo de suplementos e produtos com objetivo de melhorar o desempenho esportivo torna necessária a divulgação e informação para seu público consumidor a respeito de sua composição química, seus benefícios e malefícios à saúde.

Apesar dos suplementos alimentares serem considerados substâncias seguras para o consumo, a presença de elementos inorgânicos em concentrações superiores às recomendadas pela legislação brasileira demonstra a

necessidade de aprimorar os cuidados quanto à presença de impurezas no processo de produção, embalagem e armazenamento da matéria prima e do produto final (SALLES *et al.*, 2017).

Com o objetivo de compreender melhor a influência das concentrações elementares em biomonitores cabelo de indivíduos praticantes de atividade física, sugere-se que sejam realizados estudos que obtenham informações a partir do acompanhamento diário de sua alimentação. Dessa forma, talvez seja possível adquirir informações mais precisas a respeito da quantidade e dos tipos de alimentos ingeridos e sua interferência nas concentrações elementares presentes no organismo de seres humanos em determinada população.

A partir dos resultados obtidos com o presente estudo, sugere-se pesquisas que estabeleçam correlações com o tempo de consumo de suplementos alimentares; assim como para o período em que o indivíduo pratica atividade física, qual a sua duração e intensidade para cada indivíduo.

13. REFERÊNCIAS

ABDULLA, M.; CHMIELNICKA, J. New aspects on the distribution and metabolism of essential trace elements after dietary exposure to toxic metals. **Biological Trace Element Research**, v. 23, n. 1, p. 25-53, 1989.

ABDULRAHMAN, F. I. *et al.* Levels of heavy metals in human hair and nail samples from Maiduguri Metropolis, Borno State, Nigeria. **World Environment**, v. 2, n. 4, p. 81-89, 2012.

ABOAL, J. R.; FERNÁNDEZ, J. A.; CARBALLEIRA, A. Oak leaves and pine needles as biomonitors of airborne trace elements pollution. **Environmental and Experimental Botany**, v. 51, n. 3, p. 215-225, 2004.

ABREU, Cristina Pinto. Hipernatremia: uma revisão. **Medicina Interna**, v. 9, n. 2, p. 100, 2002.

ABUGASSA, I.; SARMANI, S. B.; SAMAT, S. B. Multielement analysis of human hair and kidney stones by instrumental neutron activation analysis with the k_0 -standardization method. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 50, n. 6, p. 989-994, 1999.

ADLOFF, J. C. *et al.* Secondary neutron production from thick Pb target by light particle irradiation. **Radiation Measurements**, v. 31, n. 1, p. 551-554, 1999.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Consumo e Saúde: Suplemento Alimentar - Fique atento**. 2013. Disponível em: <<http://www.justica.gov.br/seus-direitos/consumidor/educacao-para-o-consumo/boletim-consumo-e-saude/anexos/consumo-e-saude-no30-suplementos-alimentares-fique-atento-versao-final-22-04-2013.pdf>>. Acesso em: janeiro de 2016.

_____. **Decreto nº 55871, de 26 de Março de 1965**. Modifica o Decreto nº 50 040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de Março de 1962. D.O.U. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 09 de Abril de 1965.

_____. **Portaria nº 29, de 13 de janeiro de 1998**. Aprova o regulamento técnico referente a alimentos para fins especiais. D.O.U. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 30 de março de 1998, 1998c.

_____. **Portaria nº 32 de 13 de janeiro de 1998**. Aprova o Regulamento Técnico para Suplementos Vitamínicos e ou de Minerais. Diário Oficial da União, 1998.

_____. **Portaria nº 33 de 13 de janeiro de 1998**. Níveis de Ingestão Diária Recomendada para as vitaminas, minerais e proteínas. Diário Oficial da União, 1998b.

_____. **Portaria nº 40 de 13 de janeiro de 1998.** Define como "Medicamentos à base de vitamina isolada, vitaminas associadas entre si, minerais isolados, minerais associados entre si e de associações de vitaminas com minerais", aqueles cujos esquemas posológicos diários situam-se acima dos 100% da Ingestão Diária Recomendada IDR. Diário Oficial da União, 1998a.

_____. **Resolução nº 2, de 7 de janeiro de 2002.** Aprova o Regulamento Técnico de Substâncias Bioativas e Probióticos Isolados com Alegação de Propriedades Funcional e ou de Saúde. Diário Oficial da União, Poder Executivo, de 9 de janeiro de 2002.

_____. **Resolução nº 16, de 30 de abril de 1999.** Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimentos e ou Novos Ingredientes, constante do anexo desta Portaria. Diário Oficial da União, Poder Executivo, de 3 de dezembro, de 1999.

_____. **Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999.** Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos, constante do anexo desta portaria. Diário Oficial da União, Poder Executivo, de 3 de dezembro, de 1999a.

AINSWORTH, N.; COOKE, J. A.; JOHNSON, M. S. Distribution of antimony in contaminated grassland: 2—small mammals and invertebrates. **Environmental Pollution**, v. 65, n. 1, p. 79-87, 1990.

ALFASSI, Z. **Activation analysis.** CRC Press, 1990.

ALLEN, L.H.; ODDOYE, E. A.; MARGEN, S. Protein-induced hypercalciuria: a longer term study. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 32, n. 4, p. 741-749, 1979.

ALVES, C; LIMA, R. V. B. Dietary supplement use by adolescents. **Jornal de Pediatria**, v. 85, n. 4, p. 287-294, 2009.

AMES, B. N.; KAMMEN, H. O.; YAMASAKI, E. Hair dyes are mutagenic: identification of a variety of mutagenic ingredients. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 72, n. 6, p. 2423-2427, 1975.

ANDERSON, J. W. Selenium interactions in sulfur metabolism. **Sulfur nutrition and assimilation in higher plants: regulatory, agricultural and environmental aspects**. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands, p. 49-60, 1993.

ANDERSON, R. A.; POLANSKY, M. M.; BRYDEN, N. A. Acute effects on chromium, copper, zinc, and selected clinical variables in urine and serum of male runners. **Biological Trace Element Research**, v. 6, n. 4, p. 327-336, 1984.

ANDRADE, P.; BIANCO, C. Os minerais no exercício. **Bieseck S, Alves LA, Guerra I. Estratégias de nutrição e suplementação no esporte**. Barueri: Manole, p. 103-127, 2010.

ANDRÁSI, E. *et al.* Concentration of elements in human brain: glioblastoma multiforme. **Science of the Total Environment**, v. 139, p. 399-402, 1993.

ANGERER, J.; EWERS, U.; WILHELM, M. Human biomonitoring: state of the art. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 210, n. 3, p. 201-228, 2007.

APPLEGATE, E. A.; GRIVETTI, L. E. Search for the competitive edge: a history of dietary fads and supplements. **The Journal of Nutrition**, v. 127, n. 5, p. 869S-873S, 1997.

ASKWITH, C.; KAPLAN, J. Iron and copper transport in yeast and its relevance to human disease. **Trends in biochemical sciences**, v. 23, n. 4, p. 135-138, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ACADEMIAS (ACAD). **Academia baixo custo/baixo preço: esse modelo funciona no Brasil?** N. 51. Rio de Janeiro, RJ, 2010.

ATTAR, K. ABDEL-AAL, M. A.; DEBAYLE, P. Distribution of trace elements in the lipid and nonlipid matter of hair. **Clinical Chemistry**, v. 36, n. 3, p. 477-480, 1990.

BABCOCK, M. *et al.* Regulation of mitochondrial iron accumulation by Yfh1p, a putative homolog of frataxin. **Science**, v. 276, n. 5319, p. 1709-1712, 1997.

BACURAU, R. F. *Nutrição e Suplementação Esportiva*, 5 edição, editora Phorte. **São Paulo**, 2007.

BACURAU, R. F. **Nutrição e suplementação esportiva**. Phorte, 2009.

BADER, M. *et al.* Biomonitoring of manganese in blood, urine and axillary hair following low-dose exposure during the manufacture of dry cell batteries. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 72, n. 8, p. 521-527, 1999.

BAGLIANO, G.; BENISCHEK, F.; HUBER, I. A rapid and simple method for the determination of trace metals in hair samples by atomic absorption spectrometry. **Analytica Chimica Acta**, v. 123, p. 45-56, 1981.

BAILEY, R. L. *et al.* Dietary supplement use in the United States, 2003–2006. **The Journal of Nutrition**, p. jn. 110.133025, 2010.

BANK, H. L. *et al.* Preparation of fingernails for trace element analysis. **Clinica Chimica Acta**, v. 116, n. 2, p. 179-190, 1981.

BARBOSA J. R. *et al.* A critical review of biomarkers used for monitoring human exposure to lead: advantages, limitations, and future needs. **Environmental health perspectives**, p. 1669-1674, 2005.

BARBOSA, U. A. *et al.* Determination of micro and macro elements in iron supplements used for treatment of anemia and evaluation employing chemometric analysis tools. **RSC Advances**, v. 5, n. 67, p. 54046-54052, 2015.

BEINNER, M. A. *et al.* Plasma zinc and hair zinc levels, anthropometric status and food intake of children in a rural area of Brazil. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 1, p. 75-83, 2010.

BENCKO, V. Use of human hair as a biomarker in the assessment of exposure to pollutants in occupational and environmental settings. **Toxicology**, v. 101, n. 1, p. 29-39, 1995.

BENCZE, K. What contribution can be made to biological monitoring by hair analysis?. **Fresenius' Journal of Analytical Chemistry**, v. 337, n. 8, p. 867-876, 1990.

BENITE, A. M. C.; MACHADO, S.P.M.; BARREIRO, E. J. C. Considerações sobre a química bioinorgânica medicinal. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 4, n. 2, 2007.

BLAUROCK-BUSCH, E.; AMIN, O. R.; RABAH, T. Heavy metals and trace elements in hair and urine of a sample of arab children with autistic spectrum disorder. **Maedica (Buchar)** v. 6, n. 4, p. 247-254, 2011.

BLENDON, R. J. *et al.* Americans' views on the use and regulation of dietary supplements. **Archives of Internal Medicine**, v. 161, n. 6, p. 805-810, 2001.

BOHR, D. F. Conference on electrolyte and adrenal factors in human and experimental renal hypertension. **Circulation**, v. 17, n. 4, p. 771-781, 1958.

BOLDUC, C.; SHAPIRO, J. Hair care products: waving, straightening, conditioning, and coloring. **Clinics in dermatology**, v. 19, n. 4, p. 431-436, 2001.

BORELLA, P. *et al.* Quality control in hair analysis: a systematic study on washing procedures for trace element determinations. **Microchimica Acta**, v. 123, n. 1-4, p. 271-280, 1996.

BOS, A. J. J. *et al.* Incorporation routes of elements into human hair; implications for hair analysis used for monitoring. **Science of the Total Environment**, v. 42, n. 1-2, p. 157-169, 1985.

BOUCHARD, N. C. *et al.* Ischemic stroke associated with use of an ephedra-free dietary supplement containing synephrine. In: **Mayo Clinic Proceedings**. Elsevier, p. 541-545, 2005.

BOUÇAS, J. G. **Aplicação de técnicas nucleares nos estudos de avaliação da poluição do ar da região metropolitana de Belo Horizonte**. Dissertação de Mestrado, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, 2009.

BOZSAI, G. Quality control and assurance in hair analysis. **Microchemical journal**, v. 46, n. 2, p. 159-166, 1992.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969**. Institui normas básicas sobre alimentos. Diário Oficial da União, 1969.

_____. **Portaria nº 222 de 24 de março de 1998**. Aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos para Praticantes de Atividade Física. Diário Oficial da União, 1998.

_____. **Portaria nº 1428, de 26 de novembro de 1993**. Aprova, na forma dos textos anexos, o "Regulamento Técnico para Inspeção Sanitária de Alimentos", as "Diretrizes para o Estabelecimento de Boas Práticas de Produção e

de Prestação de Serviços na Área de Alimentos" e o "Regulamento Técnico para o Estabelecimento de Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ's) para Serviços e Produtos na Área de Alimentos". Diário Oficial da União. Poder Executivo, de 02 de dezembro de 1993.

BROWN, D.; WYON, M. An international study on dietary supplementation use in dancers. **Medical Problems of Performing Artists**, v. 29, n. 4, p. 229, 2014.

BROWN, I. J. *et al.* Salt intakes around the world: implications for public health. **International Journal of Epidemiology**, v. 38, n. 3, p. 791-813, 2009.

BROWN, M. A. *et al.* Food poisoning involving zinc contamination. **Archives of Environmental Health: An International Journal**, 1964, 8.5: 657-660.

BURNS, R.D. *et al.* Intercollegiate student athlete use of nutritional supplements and the role of athletic trainers and dietitians in nutrition counseling. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 104, n. 2, p. 246-249, 2004.

CALFEE, R.; FADALE, P. Popular ergogenic drugs and supplements in young athletes. **Pediatrics**, v. 117, n. 3, p. e577-e589, 2006.

CARDOSO, V. **Estudo das covariâncias envolvidas no método k_0 de análise por ativação neutrônica**. Tese de Doutorado, Instituto de Pesquisas Nucleares, IPEN. São Paulo, 2011.

CARVALHO, C. M. A.; ORSANO, Francisco Evaldo. Perfil dos consumidores de suplementos alimentares praticantes de musculação em academias de Teresina. **ANAIS do II Encontro de Educação Física e Áreas Afins, Núcleo de Estudo e Pesquisa em Educação Física (NEPEF)**. Departamento de Educação Física da UFPI, 2007.

CARVALHO, M. L. *et al.* Synchrotron microprobe determination of the elemental distribution in human teeth of the Neolithic period. **X - Ray Spectrometry**, v. 33, n. 1, p. 55-60, 2004.

CATALANOTTO, F. A. The trace metal zinc and taste. **The American journal of clinical nutrition**, v. 31, n. 6, p. 1098-1103, 1978.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). National Health and Nutrition Examination Survey, 2016. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2016.

_____. **Third National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals**, 2005. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention. National Center for Environmental Health, Division of Laboratory Sciences. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/exposurereport/pdf/thirdreport.pdf>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.

_____. **Promoting physical activity: a best buy in public health**. 2000.

CHASAPIS, C.T. *et al.* Zinc and human health: an update. **Archives of toxicology**, v. 86, n. 4, p. 521-534, 2012.

CHEN, Z.; HUO, J. Hepatic veno-occlusive disease associated with toxicity of pyrrolizidine alkaloids in herbal preparations. **The Netherlands Journal of Medicine**, v. 68, n. 6, p. 252-260, 2010.

CHERUNDOLO, L. A.; LEVINE, A. M. Knowledge, Attitudes, and Use of Dietary Supplements in Collegiate Division Hi Student Athletes. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 99, n. 9, p. A39, 1999.

CHIBA, M. *et al.* Element concentrations in hair of children living in environmentally degraded districts of the East Aral Sea region. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 259, n. 1, p. 149-152, 2004.

CHODZKO-ZAJKO, W. J. *et al.* Exercise and physical activity for older adults. **Medicine & science in sports & exercise**, v. 41, n. 7, p. 1510-1530, 2009.

CLARKSON, Priscilla M.; HAYMES, Emily M. Trace mineral requirements for athletes. **International Journal of Sport Nutrition**, v. 4, n. 2, p. 104-119, 1994.

COHEN, M. D. Chromium. **Environmental Toxicants: Human Exposures and Their Health Effects, Third Edition**, p. 529-550, 1998.

COMBS, G. F. Selenium in foods. **Advances in Food Research**, v. 32, p. 85-113, 1988.

CONLIN, P. R. Eat your fruits and vegetables but hold the salt. **Circulation**, v. 116, n. 14, p. 1530-1531, 2007.

CORDAIN, L. *et al.* Origins and evolution of the Western diet: health implications for the 21st century. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, n. 2, p. 341-354, 2005.

CÓRDOVA, A.; NAVAS, F.J. Os radicais livres e o dano muscular produzido pelo exercício: papel dos antioxidantes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 6, n. 5, p. 204-208, 2000.

CORNELIS, R. *et al.* Sample collection guidelines for trace elements in blood and urine (technical report). **Pure and Applied Chemistry**, v. 67, n. 8-9, p. 1575-1608, 1995.

CORNELIS, R.; BORGUET, F. D.; DE KIMPE, J. Trace elements in medicine: Speciation: the new frontier. **Analytica Chimica Acta**, v. 283, n. 1, p. 183-189, 1993.

COSTILL, D. L. Nutrição: a base para o desempenho humano. **Fisiologia do exercício. 5th ed.** Rio de Janeiro, Brazil: Guanabara Koogan, p. 3-106, 2003.

COSTLEY, C. D.; MANDEL, C. H.; SCHWENK, T. L. Nutritional supplement use in collegiate athletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 30, n. 5, p. 40, 1998.

COTTON, F. A.; WILKINSON, G.; GAUS, P. L. *Basic inorganic chemistry*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1987. 708 p.

COVACI, A. *et al.* Organochlorine contaminants in hair of adolescents from Iassy, Romania. **Chemosphere**, v. 72, n. 1, p. 16-20, 2008.

CUENCA, R. E.; PORIES, W. J.; BRAY, J. Bromine levels in human serum, urine, hair. **Biological Trace Element Research**, v. 16, n. 2, p. 151-154, 1988.

DA SILVA, W. V. *et al.* Supplementation prevalence and adverse effects in physical exercise practitioners. **Nutrición Hospitalaria**, v. 29, n. 1, p. 158-165, 2014.

DANIELSON, A.; STEINNES, E. A study of some selected trace elements in normal and cancerous tissues by neutron activation analysis. **Journal of nuclear Medicine**, v. 11, n. 6, p. 260-264, 1970.

DARVISHI, L. *et al.* The use of nutritional supplements among male collegiate athletes. **International Journal of Preventive Medicine**, v. 4, n. Suppl 1, p. S68, 2013.

DAS, D. *et al.* Arsenic in ground water in six districts of West Bengal, India: the biggest arsenic calamity in the world. Part 2. Arsenic concentration in drinking water,

hair, nails, urine, skin-scale and liver tissue (biopsy) of the affected people. **Analyst**, v. 120, n. 3, p. 917-924, 1995.

DASCOMBE, B. J. *et al.* Nutritional supplementation habits and perceptions of elite athletes within a state-based sporting institute. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, n. 2, p. 274-280, 2010.

DAVIS, P. Gold therapy in the treatment of rheumatoid arthritis. **Canadian Family Physician**, v. 34, p. 445, 1988.

DA ROCHA, L. P.; PEREIRA, M. V. L. Consumo de suplementos nutricionais por praticantes de exercícios físicos em academias. **Revista de Nutrição**, v. 11, n. 1, 1998.

DE CARVALHO, P. B.; ARAÚJO, Wilma Maria Coelho. Rotulagem de suplementos vitamínicos e minerais: uma revisão das normas federais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, n. Sup, p. 779-791, 2008.

DE CORTE, F.; SIMONITS, A. Vade Mecum for ko-users. **Dsm Research, Gelen (NI)**, v. 29, 1994.

DE CORTE, F.; VAN LIERDE, S. Evaluation of (n, γ) cross sections from k_0 -factors for radionuclides with short half-life and/or a complex activation-decay scheme. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 248, n. 1, p. 103-107, 2001.

DE CORTE, F. **The k_0 - standardisation method; a move to the optimisation of neutron activation analysis.** Ryksuniversiteit Gent, Faculteit Van de Wetenschappen, 1980, 464p.

DE CORTE, F. **The k_0 -standardization method—a move to the optimization of neutron activation analysis.** Aggregé Thesis, Gent University, Belgium, 1987.

DE CORTE, F; SIMONITS, A. k_0 -Measurements and related nuclear data compilation for (n, γ) reactor neutron activation analysis: IIIb: Tabulation. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, 1989, 133.1: 43-130.

_____. Recommended nuclear data for use in the k_0 standardization of neutron activation analysis. **Atomic data and Nuclear data Tables**, v. 85, n. 1, p. 47-67, 2003.

DE ROMAÑA, G. L. *et al.* Efficacy of multiple micronutrient supplementation for improving anemia, micronutrient status, growth, and morbidity of Peruvian infants. **The Journal of Nutrition**, v. 135, n. 3, p. 646S-652S, 2005.

DE SILVA, A. *et al.* Dietary supplement intake in national-level Sri Lankan athletes. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 20, n. 1, p. 15-20, 2010.

DE SOETE, D. **Neutron activation analysis**. 1972.

DELDICQUE, L.; FRANCAUX, M. Recommendations for healthy nutrition in female endurance runners: an update. **Frontiers in Nutrition**, v. 2, 2015.

DEVINE, A. *et al.* A longitudinal study of the effect of sodium and calcium intakes on regional bone density in postmenopausal women. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, n. 4, p. 740-745, 1995.

DIEZ, M. *et al.* Use of the copper/zinc ratio in the diagnosis of lung cancer. **Cancer**, v. 63, n. 4, p. 726-730, 1989.

DÍEZ, S. *et al.* Hair mercury levels in an urban population from southern Italy: fish consumption as a determinant of exposure. **Environment International**, v. 34, n. 2, p. 162-167, 2008.

DOLAN, S. P. *et al.* Analysis of dietary supplements for arsenic, cadmium, mercury, and lead using inductively coupled plasma mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 5, p. 1307-1312, 2003.

DOLPHIN, A. E. *et al.* Bromine in teeth and bone as an indicator of marine diet. **Journal of Archaeological Science**, v. 40, n. 4, p. 1778-1786, 2013.

DOMINGO, J. L. Vanadium and tungsten derivatives as antidiabetic agents. **Biological Trace Element Research**, v. 88, n. 2, p. 97-112, 2002.

DOMINGUES, S. F.; MARINS, J. C. B. Utilização de recursos ergogênicos e suplementos alimentares por praticantes de musculação em Belo Horizonte/MG. **Fitness & performance journal**, n. 4, p. 218-226, 2007.

DREXLER, H.; SCHALLER, K. The mercury concentration in breast milk resulting from amalgam fillings and dietary habits. **Environmental Research**, v. 77, n. 2, p. 124-129, 1998.

DRUYAN, M. E. *et al.* Determination of reference ranges for elements in human scalp hair. **Biological Trace Element Research**, v. 62, n. 3, p. 183-197, 1998.

DURUIBE, J. O. *et al.* Heavy metal pollution and human biotoxic effects. **International Journal of Physical Sciences**, v. 2, n. 5, p. 112-118, 2007.

DUTY, S. M. *et al.* Phthalate exposure and reproductive hormones in adult men. **Human Reproduction**, v. 20, n. 3, p. 604-610, 2005.

DWYER, J. T.; ALLISON, D. B.; COATES, P. M. Dietary supplements in weight reduction. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 105, n. 5, p. 80-86, 2005.

EHMANN, W. D.; VANCE, D. E. Advances in neutron activation analysis. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 20, n. 6, p. 405-443, 1989.

EISENBERG, D. M. *et al.* Perceptions about complementary therapies relative to conventional therapies among adults who use both: results from a national survey. **Annals of Internal Medicine**, v. 135, n. 5, p. 344-351, 2001.

EJAZ, M.; QURESHI, M. A. Extraction and preconcentration of selenium from aqueous solutions and its determination in water and hair samples by atomic-absorption spectrophotometry. **Talanta**, v. 34, n. 3, p. 337-340, 1987.

ESTEBAN, M.; CASTAÑO, A. Non-invasive matrices in human biomonitoring: a review. **Environment International**, v. 35, n. 2, p. 438-449, 2009.

EVANS, G.; JERVIS, R. Hair as a bio-indicator: limitations and complications in the interpretation of results. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 110, n. 2, p. 613-625, 1987.

EXAME. **ABIAD divulga pesquisa inédita sobre o consumo de suplementos alimentares no país.** Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/negocios/dino/noticias/abiad-divulga-pesquisa-inedita-sobre-consumo-de-suplementos-alimentares-no-pais.shtml>>. Acesso em: 26 de julho de 2016.

FELIG, P. *et al.* Hypernatremia induced by maximal exercise. **JAMA**, v. 248, n. 10, p. 1209-1211, 1982.

FERREIRA, D. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, M. *et al.* Efeitos de um programa de orientação de atividade física e nutricional sobre a ingestão alimentar e composição corporal de mulheres

fisicamente ativas de 50 a 72 anos de idade. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 11, n. 1, p. 35-40, 2008.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). **Dietary Supplement Products & Ingredients**. Disponível em:

<<http://www.fda.gov/Food/DietarySupplements/ProductsIngredients/default.htm>>.

Acesso em: 12 de setembro de 2016a.

_____. **What We Do**. Disponível em:

<<http://www.fda.gov/AboutFDA/WhatWeDo/default.htm>>. Acesso em: 12 de

setembro de 2016.

FORTE, G. *et al.* Calcium, copper, iron, magnesium, silicon and zinc content of hair in Parkinson's disease. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 19, n. 2, p. 195-201, 2005.

FRAGA, C. G. Relevance, essentiality and toxicity of trace elements in human health. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 26, n. 4, p. 235-244, 2005.

FRAZÃO, S. V. *et al.* Study on trace element determination in human head hair using neutron activation analysis. In: **International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2007**, Santos, São Paulo, 30 de Setembro a 5 de Outubro, 2007.

FRIEDEN, E. The chemical elements of life. **Scientific American**, v. 227, p. 52-60, 1972.

FRIEDLANDER, G.; MACIAS, E. S.; KENNEDY, J. W. **Nuclear and Radiochemistry**. John Wiley & Sons, 1981.

GALAFASSI, M. C. Riscos Químicos. In: **Medicina do trabalho**: programa de controle médico de saúde ocupacional (NR-7). 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GEBEL, T. Arsenic and antimony: comparative approach on mechanistic toxicology. **Chemico-Biological Interactions**, v. 107, n. 3, p. 131-144, 1997.

GEBEL, T. W. *et al.* Human biomonitoring of arsenic and antimony in case of an elevated geogenic exposure. **Environmental Health Perspectives**, v. 106, n. 1, p. 33, 1998.

GEYER, H. *et al.* Nutritional supplements cross - contaminated and faked with doping substances. **Journal of Mass Spectrometry**, v. 43, n. 7, p. 892-902, 2008.

GIL, F. *et al.* Biomonitorization of cadmium, chromium, manganese, nickel and lead in whole blood, urine, axillary hair and saliva in an occupationally exposed population. **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 6, p. 1172-1180, 2011.

GLASCOCK, M. D. An overview of neutron activation analysis. **Anais eletrônicos**, 2003. Disponível em:
<<http://fs.teledos.gr:2206/%3ERESEARCH%20PUBLICATIONS/NUCLEAR%20TECHNOLOGY%20-%20ENGINEERING/Elemental%20Analysis/An%20Overview%20of%20Neutron%20Activation%20Analysis.%20M.%20D.%20Glascock.pdf>>. Acesso em: janeiro de 2016.

GOSTON, J. L.; CORREIA, M. I. T. D. Intake of nutritional supplements among people exercising in gyms and influencing factors. **Nutrition**, v. 26, n. 6, p. 604-611, 2010.

GOSTON, J. L.; TOULSON, M. I. Suplementos nutricionais: histórico, classificação, legislação e uso em ambiente esportivo. **Nutrição e Esporte**, set/out, p. 1-7, 2009.

GRANDJEAN, P.; JØRGENSEN, P. J.; WEIHE, Pál. Human milk as a source of methylmercury exposure in infants. **Environmental Health Perspectives**, v. 102, n. 1, p. 74, 1994.

GREIM, H. *et al.* Biomarkers as tools in human health risk assessment. **Clinical chemistry**, v. 41, n. 12, p. 1804-1808, 1995.

GUERRA, B.T. **Obtenção dos fluxos de nêutrons total e térmicos na mesa giratória do reator TRIGA MARK I IPR-R1 utilizando o método de transporte Monte Carlo**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

HANNAN, M. T. *et al.* Effect of dietary protein on bone loss in elderly men and women: the Framingham Osteoporosis Study. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 15, n. 12, p. 2504-2512, 2000.

HALEY, T. J. Pharmacology and toxicology of the rare earth elements. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 54, n. 5, p. 663-670, 1965.

HARKEY, M. R. Anatomy and physiology of hair. **Forensic Science International**, v. 63, n. 1-3, p. 9-18, 1993.

HARRISON, I.; LITTLEJOHN, D.; FELL, Gordon S. Determination of selenium in human hair and nail by electrothermal atomic absorption spectrometry. **Journal of Analytical Atomic Spectrometry**, v. 10, n. 3, p. 215-219, 1995.

HASKELL, W. L.; KIERNAN, M. Methodologic issues in measuring physical activity and physical fitness when evaluating the role of dietary supplements for physically active people. **The American journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 2, p. 541s-550s, 2000.

HELLMAN, N. E.; GITLIN, J. D. Ceruloplasmin metabolism and function. **Annual Review of Nutrition**, v. 22, n. 1, p. 439-458, 2002.

HENKIN, R. I.; GRAZIADEI, P. P. G.; BRADLEY, D. F. The molecular basis of taste and its disorders. **Annals of Internal Medicine**, v. 71, n. 4, p. 791-821, 1969.

HEYLAND, D. K. *et al.* Antioxidant nutrients: a systematic review of trace elements and vitamins in the critically ill patient. **Intensive Care Medicine**, v. 31, n. 3, p. 327-337, 2005.

HODGES, R. E. *et al.* Hematopoietic studies in vitamin A deficiency. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 31, n. 5, p. 876-885, 1978.

HOPPS, H. C. The biologic bases for using hair and nail for analyses of trace elements. **Science of the Total Environment**, v. 7, n. 1, p. 71-89, 1977

HUANG, S. S.; JOHNSON, K.; PIPE, A. L. The use of dietary supplements and medications by Canadian athletes at the Atlanta and Sydney Olympic Games. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 16, n. 1, p. 27-33, 2006.

HURRELL, R. *et al.* The usefulness of elemental iron for cereal flour fortification: a SUSTAIN Task Force report. **Nutrition Reviews**, v. 60, n. 12, p. 391-406, 2002.

HYPERLAB, 2009 (*HyperLab Software*). **Gamma Spectroscopy Software. HyperLabs Software**. Budapest, Hungary, 1998–2013. Disponível em: <<http://hlabsoft.com/>>. Acesso em: 9 de Junho de 2011.

IMLAY, J. A.; CHIN, S. M.; LINN, S. Toxic DNA damage by hydrogen peroxide through the Fenton reaction in vivo and in vitro. **Science**, v. 240, n. 4852, p. 640, 1988.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). **Certified reference material: IAEA-SOIL-7**. Vienna: IAEA, 1984.

_____. **Co-ordinated research programme on the activation analysis of hair as an indicator of contamination of man by environmental trace elements pollutants.** Vienna: IAEA, October, 1978, IAEA/RL/50 (Report on the Co-ordinated Research Programme: Nuclear-based Methods for Analysis of Pollutants in Human Hair).

_____. **Co-ordinated research programme on the significance of hair mineral analysis as a means for assessing internal body burdens of environmental mineral pollutants.** Neuherberg: IAEA, 1985.

_____. **Health-Related Monitoring of Trace Element Pollutants Using Nuclear-Techniques.** Vienna: International Atomic Energy Agency, 1985, IAEA-TECDOC-330. (Results of Co-ordinated Research Programmes on Nuclear Methods for Health-Related Monitoring of Trace Element Pollutants and Health-Related Environmental Research Using Nuclear Techniques).

_____. Practical aspects of operating a neutron activation analysis laboratory. Vienna: IAEA, 1990.

International Agency for Research on Cancer (IARC). **Chromium, Nickel and Welding.** Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Volume 49, Lyon, 1990.

INSTITUTE OF MEDICINE (IOM). **Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc.** Washington, DC: National Academy Press; 2001. Disponível em: <<https://www.nap.edu/read/10026/chapter/1#xix>>. Acesso em: 30 de julho de 2016.

_____. **Recommended Dietary Allowances: 10th Edition.** Washington, DC: National Academy Press; 1989. Disponível em: <<https://www.nap.edu/read/1349/chapter/1>>. Acesso em: julho de 2016.

ISO 13528: 2005. **Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons**. ISO, Geneva, Switzerland. ISO 13528: 2005

JAWOROWSKI, Z. *et al.* Historical changes of trace metals in human bones from France. In: **Metals in Bone**. Springer Netherlands, 1985. p. 383-393.

JENKINS, D. W. **Biological monitoring of toxic trace metals. Volume 2. Toxic trace metals in plants and animals of the world. Part I**. Environmental Protection Agency, Las Vegas, NV (USA). Environmental Monitoring Systems Lab., 1980.

JIN, T. *et al.* Cadmium biomonitoring and renal dysfunction among a population environmentally exposed to cadmium from smelting in China (ChinaCad). **Biometals**, v. 15, n. 4, p. 397-410, 2002.

JOO, N. *et al.* Hair iron and other minerals' level in breast cancer patients. **Biological trace element research**, v. 129, n. 1-3, p. 28-35, 2009.

JOMOVA, K. *et al.* Arsenic: toxicity, oxidative stress and human disease. **Journal of Applied Toxicology**, v. 31, n. 2, p. 95-107, 2011.

JONES, F. T. A broad view of arsenic. **Poultry science**, v. 86, n. 1, p. 2-14, 2007.

KANG, I.; LEE, M. Quantification of para - phenylenediamine and heavy metals in henna dye. **Contact dermatitis**, 2006, 55.1: 26-29.

KARA, E. The Effects of Acute Submaximal Exercise on Trace Element Metabolism. **Health MED**, v. 6, n. 5, p. 1580-1585, 2011.

KARLSSON, J.; DIAMANT, B.; SALTIN, B. Lactate dehydrogenase activity in muscle after prolonged severe exercise in man. **Journal of Applied Physiology**, v. 25, n. 1, p. 88-91, 1968.

KAWAI, T. *et al.* Comparison of urinary bromide levels among people in East Asia, and the effects of dietary intakes of cereals and marine products. **Toxicology Letters**, v. 134, n. 1, p. 285-293, 2002.

KEITH, S. **Toxicological profile for tungsten**. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2005.

KNAPIK, J. J. *et al.* Prevalence of dietary supplement use by athletes: systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 46, n. 1, p. 103-123, 2016.

KOURY, J. C. *et al.* Zinc and copper biochemical indices of antioxidant status in elite athletes of different modalities. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 14, n. 3, p. 358-372, 2004.

KOURY, J.C.; DONANGELO, C. M. Zinco, estresse oxidativo e atividade física. **Revista de Nutrição**, v. 16, n. 4, p. 433-441, 2003.

KOURY, J.C.; OLIVEIRA, C. F.; DONANGELO, C. M. Association between copper plasma concentration and copper-dependent metalloproteins in elite athletes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 4, p. 259-262, 2007.

KOUTSOSPYROS, A. *et al.* A review of tungsten: from environmental obscurity to scrutiny. **Journal of Hazardous Materials**, v. 136, n. 1, p. 1-19, 2006.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 23, n. 12, p. 1403, 1991.

KATCH, F. I.; MCARDLE, W. D. **Nutrição, exercício e saúde**. 4. ed. Rio de Janeiro: MEDSI, 1996. 657p

KATZ, S. A.; KATZ, R. B. Use of hair analysis for evaluating mercury intoxication of the human body: a review. **Journal of Applied Toxicology**, v. 12, n. 2, p. 79-84, 1992.

KAYZERO/SOLCOIs. **User's Manual for reactor neutron activation analysis (NAA) using the k_0 standardisation method**. Ver. 5a, February, 2003.

KAYZERO FOR WINDOWS[®]. **User's Manual for reactor neutron activation analysis (NAA) using the k_0 standardisation method**. Ver. 2.42. k_0 -ware, Heerlen, The Netherlands, 2011.

KAZI, T. G. *et al.* Copper, chromium, manganese, iron, nickel, and zinc levels in biological samples of diabetes mellitus patients. **Biological Trace Element Research**, v. 122, n. 1, p. 1-18, 2008.

KAZI, T. G. *et al.* Evaluation of zinc status in whole blood and scalp hair of female cancer patients. **Clinica Chimica Acta**, v. 379, n. 1, p. 66-70, 2007.

KIM, S. H.; KEEN, C. L. Patterns of vitamin/mineral supplement usage by adolescents attending athletic high schools in Korea. **International Journal of Sport Nutrition**, v. 9, n. 4, p. 391-405, 1999.

KNOLL, G. F. **Radiation detectors and measurements**. John Wiley & Sons, 1989.

KOLOTOV, V. P.; DE CORTE, F. Compilation of k_0 and related data for neutron-activation analysis (NAA) in the form of an electronic database. **Pure Appl. Chem**, v. 76, n. 10, p. 1921-1925, 2004.

KORFALI, S. I.; HAWI, T.; MROUEH, M. Evaluation of heavy metals content in dietary supplements in Lebanon. **Chemistry Central Journal**, v. 7, n. 1, p. 1, 2013.

KRAUSE, M. V.; MAHAN, L. Kathleen. Alimentos, nutrição e dietoterapia. In: **Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**. Roca, 1985.

KRUSE-JARRES, J. D. Limited usefulness of essential trace element analyses in hair. **American Clinical Laboratory**, v. 19, n. 5, p. 8-10, 2000.

KUBENA, K. S.; MCMURRAY, DAVID N. Nutrition and the immune system: a review of nutrient–nutrient interactions. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 96, n. 11, p. 1156-1164, 1996.

LACOUR, B. *et al.* Chronic renal failure is associated with increased tissue deposition of lanthanum after 28-day oral administration. **Kidney International**, v. 67, n. 3, p. 1062-1069, 2005.

LATTAVO, A.; KOPPERUD, A.; ROGERS, P. D. Creatine and other supplements. **Pediatric Clinics of North America**, v. 54, n. 4, p. 735-760, 2007.

LEVANDER, O. A. A global view of human selenium nutrition. **Annual Review of Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 227-250, 1987.

LIEM, D. G.; MIREMADI, F.; KEAST, R. Reducing sodium in foods: the effect on flavor. **Nutrients**, v. 3, n. 6, p. 694-711, 2011.

LIESER, K. H. **Nuclear and radiochemistry: fundamentals and applications**. John Wiley & Sons, 2008.

LOGUERCIO, C. *et al.* Relationship of blood trace elements to liver damage, nutritional status, and oxidative stress in chronic nonalcoholic liver disease. **Biological Trace Element Research**, v. 81, n. 3, p. 245-254, 2001.

LOVAT, R.; PREISER, J. Antioxidant therapy in intensive care. **Current Opinion in Critical Care**, v. 9, n. 4, p. 266-270, 2003.

LUKASKI, H. C. *et al.* Changes in plasma zinc content after exercise in men fed a low-zinc diet. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 247, n. 1, p. E88-E93, 1984.

LUKASKI, H. C. *et al.* Chromium supplementation and resistance training: effects on body composition, strength, and trace element status of men. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 63, n. 6, p. 954-965, 1996.

LUKASKI, H. C. Magnesium, zinc, and chromium nutriture and physical activity. **The American journal of clinical nutrition**, v. 72, n. 2, p. 585s-593s, 2000.

_____. Micronutrients (magnesium, zinc, and copper): are mineral supplements needed for athletes? **International Journal of Sport Nutrition**, v. 5, n. s1, p. S74-S83, 1995.

LISKOV, T. P. *et al.* **Study Guide for Mahan and Escott-Stump: Krause's Food, Nutrition and Diet Therapy**. Saunders, 1996.

MALM, O. *et al.* Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajos river basin, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 175, n. 2, p. 141-150, 1995.

MAN, C. K.; ZHENG, Y. H.; MAK, P. K. Hair analysis of spastic children in Hong Kong. **Science of the Total Environment**, v. 191, n. 3, p. 291-295, 1996.

MARCHIONI, D. M. L.; SLATER, B.; FISBERG, R. M. Application of dietary reference intakes for assessment of individuals. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 2, p. 207-216, 2004.

MARRERO, J. *et al.* Inductively coupled plasma optical emission spectrometric determination of fifteen elements in dietary supplements: Are the concentrations declared in the labels accurate?. **Microchemical Journal**, v. 108, p. 81-86, 2013.

McARDLE, W. D. *et al.* **Sports and exercise nutrition**. Williams & Wilkins, 1999.

MCDOWELL, M. A. *et al.* Hair mercury levels in US children and women of childbearing age: reference range data from NHANES 1999-2000. **Environmental Health Perspectives**, p. 1165-1171, 2004.

MEHRA, R.; JUNEJA, M. Elements in scalp hair and nails indicating metal body burden in polluted environment. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 64, n. 2, p. 119-124, 2005.

MAJIA, L. A. *et al.* Vitamin A deficiency and anemia in Central American children. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 30, n. 7, p. 1175-1184, 1977.

MENEZES, M. Â. B. C.; JACÍMOVIĆ, R. k_0 -INAA quality assessment by analysis of soil reference material GBW07401 using the comparator and neutron flux monitor approaches. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 69, n. 7, p. 1057-1063, 2011.

MENEZES, M. Â. B. C. **Avaliação da exposição e contaminação por metais em galvanoplastias utilizando filtros de ar e biomonitorios**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2002.

MENEZES, M. Â. B. C.; JACÍMOVIĆ, R. Optimised k_0 -instrumental neutron activation method using the TRIGA MARK I IPR-R1 reactor at CDTN/CNEN, Belo Horizonte, Brazil. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment**, v. 564, n. 2, p. 707-715, 2006.

_____. Implementation of a methodology to analyse cylindrical 5-g sample by neutron activation technique, k_0 method, at CDTN/CNEN, Belo Horizonte, Brazil. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 300, n. 2, p. 523-531, 2014.

MENEZES, M. Â. B. C. *et al.* Assessment of gold exposure and contamination in galvanizing workplace by neutron activation analysis. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 271, n. 1, p. 119-123, 2007.

MENEZES, M. Â. B. C. *et al.* How suitable are scalp hair and toenail as biomonitors? **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 259, n. 1, p. 81-86, 2004.

MENEZES, M. Â. B. C. *et al.* k_0 -Instrumental neutron activation analysis establishment at CDTN, Brazil: a successful story. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 257, n. 3, p. 627-632, 2003.

MENEZES, M. Â. B. C. *et al.* Assessment of workers' contamination caused by air pollution exposure in industry using biomonitors. **Journal of Atmospheric Chemistry**, v. 49, n. 1-3, p. 403-414, 2004.

MENEZES, M. Â. B. C. *et al.* k_0 -NAA applied to certified reference materials and hair samples: Evaluation of exposure level in a galvanising industry. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 245, n. 1, p. 173-178, 2000.

Mercado Comum do Sul (MERCOSUL). MERCOSUL/GMC/RES N° 18/94. **Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados**. Normas Técnicas, 1994.

MERTZ, W. The essential trace elements. **Science**, v. 213, n. 4514, p. 1332-1338, 1981.

MESQUITA, A. Z. **Investigação experimental da distribuição de temperaturas no reator nuclear de pesquisa TRIGA IPR-R1**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

MIKULEWICZ, M. *et al.* Metal ions released from fixed orthodontic appliance affect hair mineral content. **Biological Trace Element Research**, v. 163, n. 1-2, p. 11-18, 2015.

MIKULEWICZ, M. *et al.* Reference values of elements in human hair: A systematic review. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 36, n. 3, p. 1077-1086, 2013.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Editora UFMG, 2005.

MINOIA, C. *et al.* Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European community I. A study of 46 elements in urine, blood and serum of Italian subjects. **Science of the Total Environment**, v. 95, p. 89-105, 1990.

MOCCHEGIANI, E.; MUZZIOLI, M.; GIACCONI, R. Zinc and immunoresistance to infection in aging: new biological tools. **Trends in Pharmacological Sciences**, v. 21, n. 6, p. 205-208, 2000.

MOHAMMED, N. K. Elemental Contents in Hair of Children from Two Regions in Dar Es Salaam. **International Journal of Analytical Chemistry**, v. 2012, 2012.

MOLINARI, M. *et al.* Acute liver failure induced by green tea extracts: case report and review of the literature. **Liver Transplantation**, v. 12, n. 12, p. 1892-1895, 2006.

MONTOYA ROSSI, E. H. **Evaluacion y estandarizacion del analisis por activacion neutronica segun el metodo del k_{sub} cero en el reactor nuclear PR-10: Estudio preliminar empleando irradiaciones cortas**. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia, Escuela Peruana de post grado Victor Aezamona Castro, 1995. 92p.

MOORADIAN, A. D. *et al.* Selected vitamins and minerals in diabetes. **Diabetes Care**, v. 17, n. 5, p. 464-479, 1994.

MORRISON, L. J.; GIZIS, F.; SHORTER, B. Prevalent use of dietary supplements among people who exercise at a commercial gym. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 14, p. 481-492, 2004.

MOURA, I. F. **Avaliação de MP10 na região metropolitana de Belo Horizonte**. 144p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2016.

NATIONAL RESEARCH CENTRE FOR CRM. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration components. Langfang, China: (GBW 0805), Tea Leaves, 1987

NEPUSZ, T.; PETRÓCZI, A.; NAUGHTON, D. P. Food alert patterns for metal contamination analyses in seafoods: longitudinal and geographical perspectives. **Environment International**, v. 35, n. 7, p. 1030-1033, 2009.

NEWBERNE, M.; SCHRAGER, T. F.; BROITMAN, S. Esophageal carcinogenesis in the rat: zinc deficiency and alcohol effects on tumor induction. **Pathobiology**, v. 65, n. 1, p. 39-45, 1997.

NIELSEN, S. S. United States Government regulations and international standards related to food analysis. In: **Food Analysis**. Springer US, 2010. p. 15-33.

OLIVER, M. A. Soil and human health: a review. **European Journal of Soil Science**, v. 48, n. 4, p. 573-592, 1997.

PADOVANI, R. M. *et al.* Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 6, p. 741-760, 2006.

PANYALA, N. R.; PEÑA-MÉNDEZ, E. M.; HAVEL, J. Gold and nano-gold in medicine: overview, toxicology and perspectives. **Journal of Applied Biomedicine (De Gruyter Open)**, v. 7, n. 2, 2009.

PARRY, S. J. **Handbook of neutron activation analysis**. Viridian Pub., 2003.

PARR, R. M. *et al.* Human dietary intakes of trace elements: a global literature survey mainly for the period 1970–1991. **Data listings and sources of information**. Vienna: IAEA, 1992.

PEARSON, R. G.; SONGSTAD, J. Application of the Principle of Hard and Soft Acids and Bases to Organic Chemistry. *Journal of American Chemical Society*, v. 89, n. 8, p. 1827-36, 1967.

PEDRAZA, D. F.; SALES, M. C. Performance evaluation of hair zinc levels as a diagnostic method of zinc deficiency: a comparative study with serum zinc. **Revista de Nutrição**, v. 26, n. 6, p. 617-624, 2013.

PEETERS, B. M.; LANTZ, CHRISTOPHER D.; MAYHEW, J. L. Effect of Oral Creatine Monohydrate and Creatine Phosphate Supplementation on Maximal Strength Indices, Body Composition, and Blood Pressure. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 13, n. 1, p. 3-9, 1999.

PEREIRA, R. F.; LAJOLO, F. M.; HIRSCHBRUCH, M. D. Consumo de suplementos por alunos de academias de ginástica em São Paulo. **Revista de Nutrição**, 2003.

PERELOMOV, L. V. Interactions of rare earth elements with biotic and abiotic soil components. **Agrokimiia**, v. 11, p. 85, 2007.

PETRÓCZI, A. *et al.* Limited agreement exists between rationale and practice in athletes' supplement use for maintenance of health: a retrospective study. **Nutrition Journal**, v. 6, n. 1, p. 1, 2007.

PETROCZI, A.; NAUGHTON, D. P. Mercury, cadmium and lead contamination in seafood: a comparative study to evaluate the usefulness of Target Hazard Quotients. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, n. 2, p. 298-302, 2009.

PHILIPPI, S. T. **Tabela de composição de alimentos: suporte para decisão nutricional**. Coronário, 2002.

PINCO, R. G.; RUBIN, P. D. Ambiguities of the Dietary Supplement Health and Education Act of 1994. **Food & Drug LJ**, v. 51, p. 383, 1996.

PINHEIRO, T. *et al.* Microprobe analysis of teeth by synchrotron radiation: environmental contamination. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms**, v. 158, n. 1, p. 393-398, 1999.

POZEBON, D.; DRESSLER, V. L.; CURTIUS, A. J. Análise de cabelo: uma revisão dos procedimentos para a determinação de elementos traço e aplicações. **Química Nova**, v. 22, n. 6, p. 838-41, 1999.

PRAGST, F.; BALIKOVA, M. A. State of the art in hair analysis for detection of drug and alcohol abuse. **Clinica Chimica Acta**, v. 370, n. 1, p. 17-49, 2006.

RADHA KRISHNA, Y. *et al.* Acute liver failure caused by 'fat burners' and dietary supplements: a case report and literature review. **Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology**, v. 25, n. 3, p. 157-160, 2011.

RADIMER, K. *et al.* Dietary supplement use by US adults: data from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999–2000. **American journal of epidemiology**, v. 160, n. 4, p. 339-349, 2004.

RAJPATHAK, S. *et al.* Lower toenail chromium in men with diabetes and cardiovascular disease compared with healthy men. **Diabetes Care**, v. 27, n. 9, p. 2211-2216, 2004.

RAMAN, P.; PATINO, L. C.; NAIR, M. G. Evaluation of metal and microbial contamination in botanical supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 26, p. 7822-7827, 2004.

RESINA, A. *et al.* Comparison of some serum copper parameters in trained professional soccer players and control subjects. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 31, n. 3, p. 413-416, 1991.

RIVIER, L. Is there a place for hair analysis in doping controls? **Forensic Science International**, v. 107, n. 1, p. 309-323, 2000.

RIZK, S. L.; SKY-PECK, H. H. Comparison between concentrations of trace elements in normal and neoplastic human breast tissue. **Cancer Research**, v. 44, n. 11, p. 5390-5394, 1984.

ROBBINS, C. R. The physical properties and cosmetic behavior of hair. In: **Chemical and physical behavior of human hair**. Springer New York, 1994. p. 299-370.

RODRIGUEZ, N. R. *et al.* Position of the American dietetic association, dietitians of Canada, and the American college of sports medicine: nutrition and athletic performance. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 109, n. 3, p. 509-527, 2009.

ROSE, M. *et al.* Bromine and iodine in 1997 UK total diet study samples© Crown copyright. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 3, n. 4, p. 361-365, 2001.

RYABUKHIN, Y. Nuclear-based methods for the analysis of trace element pollutants in human hair. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 60, n. 1, p. 7-30, 1980.

SACHDEVA, R. *et al.* Coronary thrombosis related to use of Xenadrine® RFA. **Texas Heart Institute Journal**, v. 32, n. 1, p. 74, 2005.

SAIKI, M; NARDI, D.T. **Characterization of inorganic components in multiminerals/mineral supplements.** *In:* Proceedings of the 3th International Symposium on Trace Elements in Human: New Perspectives, 4-6 october, 2001, Atenas, Grecia, 2001.

SAINIO, E. *et al.* Metals and arsenic in eye shadows. **Contact Dermatitis**, v. 42, n. 1, p. 5-10, 2000.

SALEHI, A. *et al.* Effects of two months of physical activity on the copper level of overweight sedentary young male and female measured at nano scale level. **Life Science Journal**, v. 3, p. 10, 2013.

SALLES P. M. B. *et al.* Elemental composition of dietary supplements most consumed in Belo Horizonte, Brazil, analysed by k_0 -INAA. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 312, n. 2, p. 421-431, 2017.

SALLES, P. M. B. *et al.* Inorganic elements in sugar samples consumed in several countries. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 308, n. 2, p. 485-493, 2016.

SANTOS, M. Â. A.; DOS SANTOS, R. P. Uso de suplementos alimentares como forma de melhorar a performance nos programas de atividade física em academias de ginástica. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 16, n. 2, p. 174-85, 2002.

SARMANI, S. B. *et al.* Determination of mercury and methylmercury in hair samples by neutron activation. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 216, n. 1, p. 25-27, 1997.

SCHEAFFER, R. L.; MENDENHALL, W.; OTT, L. **Elementary Survey Sampling**. 4 ed. Belmont: Duxbury Press, 1990.

SHI, H.; SHI, X.; LIU, K. J. Oxidative mechanism of arsenic toxicity and carcinogenesis. **Molecular and Cellular Biochemistry**, v. 255, n. 1-2, p. 67-78, 2004.

SHIRAISHI, K. *et al.* Estimation of dietary iodine and bromine intakes of Ukrainians. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 242, n. 1, p. 199-202, 1999.

SHIRAISHI, K. *et al.* Dietary intake of bromine for Ukrainian subjects. **Biomedical Research on Trace Elements**, v. 15, n. 3, p. 268-271, 2004.

SIES, H. Strategies of antioxidant defense. **The FEBS Journal**, v. 215, n. 2, p. 213-219, 1993.

SINGH, A.; DEUSTER, P. A.; MOSER, P. B. Zinc and copper status in women by physical activity and menstrual status. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 30, n. 1, p. 29-36, 1990.

SINGH, V.; GARG, A. N. Availability of essential trace elements in Indian cereals, vegetables and spices using INAA and the contribution of spices to daily dietary intake. **Food Chemistry**, v. 94, n. 1, p. 81-89, 2006.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO (SBAN). **O quanto você realmente sabe sobre suplementos alimentares? Dos aspectos básicos à necessidade de regulamentação.** Disponível em: <
http://www.sban.org.br/por_dentro/informativos/142/o-quanto-voce-realmente-sabe-

sobre-suplementos-alimentares-dos-aspectos-basicos-a-necessidade-de-regulamentacao.> Acesso em: agosto de 2016.

SCHECTER, A. *et al.* Phthalate concentrations and dietary exposure from food purchased in New York State. **Environmental Health Perspectives (Online)**, v. 121, n. 4, p. 473, 2013.

SCHUHMACHER, M. *et al.* Impact of reduction of lead in gasoline on the blood and hair lead levels in the population of Tarragona Province, Spain, 1990–1995. **Science of the Total Environment**, v. 184, n. 3, p. 203-209, 1996.

SCHWARTZ, M. K. Role of trace elements in cancer. **Cancer Research**, v. 35, n. 11 Part 2, p. 3481-3487, 1975.

SCHWENK, T. L.; COSTLEY, C. D. When food becomes a drug: nonanabolic nutritional supplement use in athletes. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 6, p. 907-916, 2002.

SCOFIELD, D. E.; UNRUH, S.. Dietary supplement use among adolescent athletes in central Nebraska and their sources of information. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 20, n. 2, p. 452-455, 2006.

SELVARAJ, S. *et al.* Grey matter differences in bipolar disorder: a meta - analysis of voxel - based morphometry studies. **Bipolar Disorders**, 2012, 14.2: 135-145.

SINR, SHANGHAI INSTITUTE OF NUCLEAR RESEARCH ACADEMIA SINICA. **Certificate of Certified Reference Material GBW 09101 Human Hair**. China, Abril, 1988.

SIAN - HÜLSMANN, J. *et al.* The relevance of iron in the pathogenesis of Parkinson's disease. **Journal of Neurochemistry**, 2011, 118.6: 939-957.

SIGEL, H. (Ed.). **Metal Ions in Biological Systems: Volume 20: Concepts on Metal Ion Toxicity**. CRC press, 1986.

SILVA, L. F. M.; FERREIRA, K. S. Food safety of supplements sold in Brazil. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 5, p. 374-378, 2014.

SIMONART, Thierry. Acne and whey protein supplementation among bodybuilders. **Dermatology**, v. 225, n. 3, p. 256-258, 2012.

SIMONITS, A. *et al.* HyperLab: A new concept in gamma-ray spectrum analysis. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 257, n. 3, p. 589-595, 2003.

SMEDLEY, P. L.; KINNIBURGH, D. G. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. **Applied Geochemistry**, v. 17, n. 5, p. 517-568, 2002.

SMODIŠ, B. *et al.* Multielement analysis of NIST proposed SRM 1547 Peach Leaves. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 160, n. 1, p. 101-108, 1992.

SOBAL, J.; MARQUART, L. F. Vitamin/mineral supplement use among high school athletes. **Adolescence**, v. 29, n. 116, p. 835, 1994.

SOŁTYK, K. *et al.* Determination of chromium and selected elements in multimineral and multivitamin preparations and in pharmaceutical raw material. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 32, n. 3, p. 425-432, 2003.

SORENSEN, J. RJ *et al.* Interferences in the Determination of Metallic Elements in Human Hair: An Evaluation of Zinc, Copper, Lead, and Cadmium, Using Atomic Absorption Spectrophotometry. **Archives of Environmental Health: An International Journal**, v. 27, n. 1, p. 36-39, 1973.

SRIVASTAVA, A. K.; GUPTA, B. N. The role of human hairs in health and disease with special reference to environmental exposures. **Veterinary and Human Toxicology**, v. 36, n. 6, p. 556-560, 1994.

SROGI, K. Heavy metals in human hair samples from Silesia province: the influence of sex, age and smoking habit. **Changes**, v. 11, p. 40, 2004.

STEEL, R. G. D.; TORRE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3rd. Moorpark: Academic Internet Publishers, 2006.

STRIGUL, N. *et al.* Effects of tungsten on environmental systems. **Chemosphere**, v. 61, n. 2, p. 248-258, 2005.

SUBRAMANIAN, R. *et al.* Analysis of mineral and heavy metals in some medicinal plants collected from local market. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 2, n. 1, p. S74-S78, 2012.

SUN, H. *et al.* Arsenic and selenium toxicity and their interactive effects in humans. **Environment International**, v. 69, p. 148-158, 2014.

TAJIMA, Y. A review of the biological and biochemical effects of tungsten compounds. **Current Topics in Biochemical Research**, v. 4, p. 129-136, 2001.

TAN, C.; CHEN, H.; XIA, C. The prediction of cardiovascular disease based on trace element contents in hair and a classifier of boosting decision stumps. **Biological Trace Element Research**, v. 129, n. 1-3, p. 9-19, 2009.

TANNER, M. Stuart. Role of copper in Indian childhood cirrhosis. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 67, n. 5, p. 1074S-1081S, 1998.

TAVAKKOLI, A.; AHMADINIAR, A.; SHIRINI, R. Determination of hair element content in Iranian population using INAA. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 243, n. 3, p. 731-735, 2000.

THE GREAT PLAINS LABORATORY. **Laboratório Great Plains: Saúde, Metabolismo e Nutrição.** Disponível em: <<http://www.examesortomoleculares.com.br/tipos-de-exames/mineralograma-e-minerais-essenciais/102-mineralograma-capilar.html>>. Acesso em: maio de 2017.

THORSTEINSDOTTIR, B.; GRANDE, J. P.; GAROVIC, Vesna D. Acute renal failure in a young weight lifter taking multiple food supplements, including creatine monohydrate. **Journal of Renal Nutrition**, v. 16, n. 4, p. 341-345, 2006.

TIAN, H. H. *et al.* Nutritional supplement use among university athletes in Singapore. **Singapore Medical Journal**, v. 50, n. 2, p. 165, 2009.

TIPTON, I. H.; COOK, M. J. Trace Elements in Human Tissue Part II. Adult Subjects from the United States. **Health Physics**, v. 9, n. 2, p. 103-145, 1963.

TIRAPÉGUI, J. Nutrição, metabolismo e suplementação na atividade física. *In: Nutrição, metabolismo e suplementação na atividade física.* Atheneu, 2005.

TORO, E. C. *et al.* The significance of hair mineral analysis as a means for assessing internal body burdens of environmental pollutants: results from an IAEA Co-ordinated Research Programme. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 167, n. 2, p. 413-421, 1993.

TSUGANE, S. *et al.* Salt and salted food intake and subsequent risk of gastric cancer among middle-aged Japanese men and women. **British Journal of Cancer**, v. 90, n. 1, p. 128-134, 2004.

TYLER, G. Rare earth elements in soil and plant systems-A review. **Plant and Soil**, v. 267, n. 1-2, p. 191-206, 2004.

UAUY, R.; OLIVARES, M.; GONZALEZ, M. Essentiality of copper in humans. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 67, n. 5, p. 952S-959S, 1998.

UNDERWOOD, E. J. *et al.* **Trace elements in human and animal nutrition**. 3^a ed. New York, USA, Academic Press, Inc., 1971.

UNIÃO EUROPÉIA (UE). Directive 2002/46/EC of the European Parliament and of the Council of 10 June 2002 on the approximation of the laws of the Member States relating to food supplements. **Official Journal of the European Communities**, L 183/12.07.2002

UUSI - RASI, K. *et al.* Associations of physical activity and calcium intake with bone mass and size in healthy women at different ages. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 13, n. 1, p. 133-142, 1998.

VALLEE, B. L.; FALCHUK, K. H. The biochemical basis of zinc physiology. **Physiological reviews**, v. 73, n. 1, p. 79-118, 1993.

VAN LEEUWEN, F. X. R.; SANGSTER, B.; HILDEBRANDT, A. G. The toxicology of bromide ion. **CRC Critical Reviews in Toxicology**, v. 18, n. 3, p. 189-213, 1987.

VIOLANTE, N. *et al.* Human hair as a marker of pollution by chemical elements emitted by a thermoelectric power plant. **Microchemical Journal**, v. 67, n. 1, p. 397-405, 2000.

WALL, R. A.; HUNTER, L. D. Normal adult hair structure and properties. **Cosmet Perf**, v. 89, p. 31-36, 1974.

WANG, Z.; SHAN, X.; ZHANG, S. Effect of exogenous rare earth elements on fraction of heavy metals in soils and bioaccumulation by plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 34, n. 11-12, p. 1573-1588, 2003.

WHITT, K.N. *et al.* Cholestatic liver injury associated with whey protein and creatine supplements. In: **Seminars in liver disease**. Thieme Medical Publishers, 2008. p. 226-231.

WHITING, Susan J.; BARABASH, Wade A. Dietary reference intakes for the micronutrients: considerations for physical activity. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 31, n. 1, p. 80-85, 2006.

WILSON, N. J.; CRAW, D.; HUNTER, K. Antimony distribution and environmental mobility at an historic antimony smelter site, New Zealand. **Environmental Pollution**, v. 129, n. 2, p. 257-266, 2004.

WISEMAN, H.; HALLIWELL, B. Damage to DNA by reactive oxygen and nitrogen species: role in inflammatory disease and progression to cancer. **Biochemical Journal**, v. 313, n. Pt 1, p. 17, 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Trace elements in human nutrition and health (a report of a re-evaluation of the role of trace elements in human health and nutrition)**. Geneva, 1996.

WILHELM, M.; IDEL, H. Hair analysis in environmental medicine. **International Journal of Hygiene and Environmental Medicine**, v. 198, n. 6, p. 485-501, 1996.

WILHELM, M.; EWERS, U.; SCHULZ, C. Revised and new reference values for some trace elements in blood and urine for human biomonitoring in environmental medicine. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 207, n. 1, p. 69-73, 2004.

WILHELM, M. *et al.* Human biomonitoring studies in north rhine-westphalia, germany. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 210, n. 3, p. 307-318, 2007.

WILKINSON, J.B.; MOORE, R.J. **Cosmetologia de Harry**. Madrid: Diaz de Santos, 1990. 1039p.

WOLINSKY, I.; HICKSON JUNIOR, J.F. **Nutrition in Exercise and Sport**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 1994.

YASAR, U.; OZYIGIT, I. I. Use of human hair as a potential biomonitor for zinc in the Pendik District Istanbul Turkey. **Rom Biotech Lett**, v. 14, n. 3, p. 4477-4484, 2009.

YOSHIZAWA, K. *et al.* Mercury and the risk of coronary heart disease in men. **New England Journal of Medicine**, v. 347, n. 22, p. 1755-1760, 2002.

YOSHIZAWA, K. *et al.* Study of prediagnostic selenium level in toenails and the risk of advanced prostate cancer. **Journal of the National Cancer Institute**, v. 90, n. 16, p. 1219-1224, 1998.

YU, J. *et al.* Human hair keratins. **Journal of Investigative Dermatology**, v. 101, 1993.

ZAICHICK, V.; TZAPHLIDOU, M. Determination of calcium, phosphorus, and the calcium/phosphorus ratio in cortical bone from the human femoral neck by neutron activation analysis. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 56, n. 6, p. 781-786, 2002.

ZANGIROLAMI, D. M., OLIVEIRA, A. H. D., & FERREIRA, A. V. Thermal and epithermal neutron fluence rates in the irradiation facilities of the TRIGA IPR-R1 nuclear reactor. **Brazilian Journal of Physics**, 40(1), 47-51, 2010.

ZHANG, H.; CHAI, Z.; SUN, H. Human hair as a potential biomonitor for assessing persistent organic pollutants. **Environment International**, v. 33, n. 5, p. 685-693, 2007.

14. APÊNDICE

APÊNDICE 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CABELO E UNHA COMO BIOMONITORES DE ELEMENTOS ESSENCIAIS E NÃO ESSENCIAIS

Pesquisador: Tarciso Passos Ribeiro de Campos

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 47235215.8.0000.5149

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.305.773

Apresentação do Projeto:

A nutrição corresponde aos processos gerais de Ingestão e conversão de substâncias alimentícias em nutrientes que podem ser utilizadas para manter a função orgânica. Quando os nutrientes se apresentam em quantidades ótimas, a saúde e o bem-estar do indivíduo são maximizados. Para cada elemento há um intervalo entre concentrações que são saudáveis e adequadas em que a homeostase é capaz de manter concentrações ótimas para os tecidos mantendo suas funções adequadas. Cada elemento é potencialmente tóxico quando o intervalo de suas concentrações adequadas é excedido. Quatro elementos (oxigênio, carbono, hidrogênio e nitrogênio) são responsáveis por 96% da matéria viva. Cerca de cinquenta elementos conhecidos estão presentes em concentrações mensuráveis nos sistemas vivos. Em seres humanos e outros mamíferos, cerca de vinte e três elementos possuem atividades biológicas conhecidas. Destes elementos, onze podem ser classificados como "elementos essenciais" devido a sua importância e quantidade limitada no organismo humano. Dentre os onze elementos essenciais, oito estão localizados no quarto período da tabela periódica, sugerido uma relação ótima entre o tamanho de seu núcleo e a disponibilidade eletrônica destes elementos ao Interagir com moléculas orgânicas presentes nos sistemas biológicos. Os metais de transição vanádio, cromo, manganês, ferro, cobalto, cobre, zinco e molibdênio; e os não metais selênio, flúor e iodo. Todos eles pertencem a uma categoria

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2ª Ad S/N 3015

Bairro: Unidade Administrativa II

CEP: 31.270-901

UF: MG

Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (51)3400-4502

E-mail: coep@proq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 1.305.773

de micronutrientes que são requeridos pelo organismo humano em quantidades muito pequenas (geralmente inferior a 100 mg/dia (FRAGA, 2005), podendo variar de 50 microgramas a 18 miligramas diárias (MERTZ, 1981)), diferentemente de elementos considerados macronutrientes como o sódio, cálcio, magnésio, potássio, e cloro cujas concentrações no organismo devem ser maiores.

METODOLOGIA: O estudo irá coletar amostras dos alimentos que terão suas concentrações de elementos essenciais e não essenciais analisadas. E também será realizada coleta de cabelo e unha de diferentes grupos de pessoas que serão selecionadas de acordo com seus hábitos alimentares. Os voluntários serão convidados a participarem do estudo. Após a aprovação dos mesmos, ocorrerá a assinatura do TCLE e os voluntários responderão ao questionário de identificação da amostra, que contém informações como: Idade, etilismo, tabagismo e medicamentos em uso, além de questionários a respeito dos seus hábitos alimentares. Será realizada a coleta das amostras de cabelo e unha. O biomonitor unha será obtido a partir da coleta de unhas dos dedos dos pés, que estão menos expostas a contaminantes externos (JERVIS et al., 1987; MENEZES, 2002). As amostras de unha serão obtidas utilizando uma tesoura que será empregada apenas para esta finalidade. A tesoura será higienizada com álcool 70º após a coleta das amostras de unha de cada paciente. A amostra será transferida para um saco plástico devidamente identificado, de maneira numérica e sequencial. O cabelo será coletado por um profissional capacitado acompanhado da aluna responsável pelo estudo, na região da nuca, utilizando uma tesoura nova que terá seu uso restrito para a coleta deste biomarcador. A amostra será transferida para um saco plástico devidamente identificado, de maneira numérica e sequencial. Não há necessidade de que os voluntários estejam com os cabelos lavados. As amostras de cabelo serão lavadas por quatro vezes alternando água deionizada e acetona, e em seguida, lavadas duas vezes com água deionizada. Cada lavagem será efetuada sob agitação contínua por quinze minutos. As amostras serão secas em estufa por doze horas a 40ºC. Após a secagem as amostras serão pesadas e armazenadas em tubos de polietileno para, em seguida, serem irradiadas (MENEZES, 2002). Este método constitui procedimento recomendado pela Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA (IAEA TECDOC 330, 1985) estabelecido durante os "IAEA International Co-Ordinated Programmes on Nuclear Methods for Health-Related Monitoring of Trace Element Pollutants and Health-Related Environmental Research Using Nuclear Techniques" (MENEZES, 2002). De acordo com o protocolo de preparo de Kucëra e colaboradores (1996) cada amostra de unha será colocada, separadamente, em bêqueres, e será submetida a um banho de ultra-som por dez minutos. Em seguida, serão realizadas lavagens alternadas com 25 mL de água deionizada, acetona, solução

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2ª Ad 31 2006

Bairro: Unidade Administrativa II

CEP: 31.270-901

UF: MG

Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@proq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 1.305.773

detergente (Triton 1% em água), água deionizada, água deionizada, acetona e água deionizada. Após cada etapa de lavagem, o meio utilizado será descartado. Em seguida, as amostras serão colocadas em vidro de relógio e secas a temperatura ambiente. Após secagem as amostras serão pesadas, em torno de 300mg, e, em seguida, transferidas para os tubos de polietileno, próprios para a irradiação (MENEZES, 2002). A técnica a ser utilizada para a determinação dos elementos químicos, neste trabalho, será a de Ativação Neutrônica, disponível no Laboratório de Ativação Neutrônica, Serviço de Reator e Técnicas Analíticas (SERTA) da Divisão de Reator e Irradiações (DIRRA), CDTN/CNEN (Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/Comissão Nacional de Energia Nuclear). A análise por k_0 - Ativação Neutrônica Instrumental (MENEZES e JACIMOVIC, 2011) será realizada utilizando reator nuclear de pesquisa TRIGA MARK I IPR-R1, com fluxo de nêutrons térmicos de $6,6 \times 10^{11}$ nêutrons.cm⁻².s⁻¹ a potência de 100 kW na mesa giratória (MENEZES, 2000, 2002a, 2002b, 2004a, 2004b, 2007). E será utilizado o protocolo de análises desenvolvido por MENEZES (2002).

Critério de Inclusão: Voluntários consumidores dos alimentos analisados. Voluntários que exerçam atividades ocupacionais com riscos potenciais de contaminantes ao organismo.

Critério de Exclusão: Para o Grupo de Estudo e Comparativo: Indivíduos que tenham utilizado ou estejam utilizando tratamentos quimioterápicos, bem como produtos químicos decorrentes de tinturas e/ou procedimentos de alisamento nos cabelos.

Técnicas Estatísticas Propostas para o Tratamento de Dados: segundo os autores, quando se tem diversas informações sobre um mesmo indivíduo, trata-se de um caso de observação multidimensional. Para se estudar essas informações o tratamento estatístico requer o uso de técnicas multivariadas. Poderá ser realizada a Análise de Componentes Principais (ACP) para explorar, interpretar e reduzir os dados, gerar hipóteses a partir dos dados coletados e testar essas hipóteses. O principal objetivo desta técnica é reduzir os dados sem perda de informação, a partir de combinações lineares das variáveis originais.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Aplicar a técnica de a técnica de ativação neutrônica nos biomonitores cabelo e unha de indivíduos determinando a concentração de metais e demais elementos químicos, relacionando as concentrações de determinados elementos à sua rotina de ingestão de substâncias.

Objetivo Secundário:

- Verificar a diferença quanto à absorção destes elementos em biomonitores cabelo e unha em indivíduos que consomem e indivíduos que não consomem tais alimentos.

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad 51 2006

Bairro: Unidade Administrativa II

CEP: 31.270-901

UF: MG

Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@cpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 1.305.773

- Verificar a relação entre as concentrações de elementos detectada nos biomonitores cabelo e as informações nutricionais relatada pelos indivíduos.
- Verificar possível correlação entre diferentes grupos de análise de acordo com seus hábitos alimentares e a concentração de um determinado elemento em seu organismo.
- Verificar possível correlação entre as diferentes concentrações de elementos com a presença de disfunções/patologias em determinados grupos de indivíduos.
- Verificar se as concentrações detectadas estão em conformidade com as normas de vigência nacionais e internacionais.
- Verificar se há relação entre o consumo de determinados alimentos e a realização de determinada atividade ocupacional.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: de acordo com o pesquisador este trabalho não apresentará riscos.

Benefícios: Os resultados do estudo ajudarão a esclarecer a relação entre os elementos inorgânicos presentes no organismo e suas concentrações a partir da ingestão de determinados alimentos ou da atividade ocupacional exercida por um indivíduo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O trabalho é exequível, está bem fundamentado e bem delimitado. Poderá contribuir para aplicar a técnica de ativação neutrônica nos biomonitores cabelo e unha de indivíduos determinando a concentração de metais e demais elementos químicos, relacionando as concentrações de determinados elementos à sua rotina de ingestão de substâncias.

Previsão de término da pesquisa em 31/07/2017.

Em carta resposta ao COEP os investigadores esclarecem:

CONCLUSÕES OU PENDÊNCIAS E LISTAS DE INADEQUAÇÕES

TCLE

1. Deve constar os nomes e sobrenomes dos pesquisadores, com telefones e endereço dos mesmos (físico e eletrônico), além do endereço completo do COEP/UFMG.

Comentário: As observações relatadas foram inseridas no texto, e estão destacadas em vermelho.

2. O TCLE não deve conter qualquer tipo de identificação da UFMG (exceto do COEP/UFMG), unidade, programa de pós-graduação, pois isto pode configurar "argumento de autoridade" e constranger o sujeito de pesquisa.

Comentário: As informações relatadas foram removidas do texto.

3. Deve-se modificar no TCLE: "você receberá uma cópia do TCLE" por: você receberá uma via do TCLE.

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2ª Ad S/N 2005

Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901

UF: MG Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4502

E-mail: coep@ppq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 1.305.773

Comentário: A alteração solicitada foi inserida no texto, e está destacada em vermelho.

4. TCLE com duas páginas: deve conter espaço para rubrica do sujeito de pesquisa na primeira página, sem dispensar o espaço para assinatura do mesmo na segunda página.

Comentário: Buscou-se reduzir o TCLE para apenas uma página.

5. Ressaltar, ainda em relação ao TCLE, que o COEP/UFMG somente deverá ser acionado em caso de possíveis dúvidas éticas em relação à pesquisa.

Comentário: As observações relatadas foram inseridas no texto, e estão destacadas em vermelho.

TERMOS DE APRESENTAÇÃO OBRIGATÓRIA

• Apresentar o questionário norteador para a entrevista.

Comentário: O questionário a ser utilizado no estudo foi baseado nos estudos de Domingues e Martins (2007). (Domingues, Sabrina Fontes, and João Carlos Bouzas Martins. "Utilização de recursos ergogênicos e suplementos alimentares por praticantes de musculação em Belo

Horizonte/MG." *Fitness & performance Journal* 4 (2007): 218-226). O arquivo com o questionário também foi inserido na Plataforma Brasil.

• Apesar de a pesquisadora relatar que não serão utilizados métodos que possam afetar diretamente ou indiretamente os sujeitos da pesquisa, sabe-se que toda e qualquer pesquisa com seres humanos envolve riscos em tipos e gradações diferentes. Portanto, a pesquisadora deve evidenciar quais os riscos pertinentes à presente pesquisa.

Comentário: A alteração solicitada foi inserida no texto: "Sabe-se que a participação em qualquer projeto de pesquisa envolve riscos. Considera-se que a sua participação no presente estudo apresenta risco mínimo. Os possíveis riscos envolvidos estão relacionados a um possível constrangimento relacionado à coleta de cabelo e unha, contudo, sem causar desfiguramento".

Ressalta-se, ainda, a necessidade de esterilização da tesoura que será utilizada na coleta de unhas dos dedos dos pés dos participantes da pesquisa.

Comentário: A observação relatada foi inserida no texto, e está destacada em vermelho.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados:

- Folha de rosto.
- Parecer consubstanciado com aprovação do Departamento de Engenharia Nuclear da UFMG.
- TCLE revisado.
- Questionário norteador para a entrevista.
- Carta resposta ao COEP-UFMG.

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2ª Ad. Sl 2005

Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901

UF: MG Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3400-4502

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 1.305.773

Recomendações:

Este Comitê salienta que as tesouras submetidas a álcool 70o sofrerão apenas desinfecção parcial e o que o recomendável é a autoclavagem das mesmas para completa esterilização. Apesar de ser um procedimento metodológico, visamos a proteção total do participante de pesquisa. Este processo de desinfecção pode ser procurado em outras Unidades da UFMG que tenham Central de Esterilização. Confiamos nas providências pertinentes dos pesquisadores.

Recomenda-se a aprovação do projeto de pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Somos favoráveis à aprovação do projeto "CABELO E UNHA COMO BIOMONITORES DE ELEMENTOS ESSENCIAIS E NÃO ESSENCIAIS" do Pesquisador Responsável Prof. Dr. Tarcisio Passos Ribeiro de Campos.

Considerações Finais a critério do CEP:

Aprovado conforme parecer.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB INFORMACOES BÁSICAS DO PROJETO_530493.pdf	16/10/2015 17:37:22		Acelto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_DESTAQUE_ALTERACOES.pdf	16/10/2015 17:36:07	Tarcisio Passos Ribeiro de Campos	Acelto
Outros	RESPOSTA_AO_PARECER_CONSUBSTANCIADO DO CEP.pdf	16/10/2015 17:34:27	Tarcisio Passos Ribeiro de Campos	Acelto
Outros	QUESTIONARIO_2015.pdf	16/10/2015 17:32:41	Tarcisio Passos Ribeiro de Campos	Acelto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_REVISADO.pdf	16/10/2015 17:30:35	Tarcisio Passos Ribeiro de Campos	Acelto
Outros	Resposta à Pendência_Parecer Consubstanciado.pdf	30/06/2015 13:02:27		Acelto
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PLANO DE TESE_COEP_Paula de Sailes.pdf	02/06/2015 15:54:03		Acelto
Folha de Rosto	Folha de Rosto_Tarcisio Campos.pdf	02/06/2015 15:16:45		Acelto

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2ª Ad S/N 2005

Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901

UF: MG Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (51)3409-4502

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 1.305.773

TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Tarcisio Campos.pdf	02/06/2015 15:09:27		Acelto
Outros	Parecer Consubstanciado_Tarcisio Campos.pdf	02/06/2015 15:07:23		Acelto

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 03 de Novembro de 2015

Assinado por:
Telma Campos Medeiros Lorentz
(Coordenador)

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad S/N 2005

Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901

UF: MG Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3400-4592

E-mail: coep@ppq.ufmg.br

APÊNDICE 2



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



Título do Projeto: Cabelo como biomonitor de suplementação alimentar

Você está sendo convidado a participar de um estudo sobre a avaliação da quantidade de elementos essenciais e não essenciais, que constituem substâncias presentes naturalmente no organismo humano ou adquiridos a partir de hábitos diários como alimentação, uso de medicamentos, ingestão de bebida alcoólica, fumo, ou até mesmo devido às suas atividades ocupacionais.

Procedimentos: Você responderá a um questionário que tem como objetivo verificar seus hábitos diários e possíveis vias de entrada de elementos essenciais e não essenciais em seu organismo. Em seguida, serão coletadas amostras de cabelo da nuca. Essa coleta será realizada por um profissional com experiência. Para a coleta serão utilizados objetos esterilizados e limpos, para esta finalidade. Não será necessário um novo contato, pois os procedimentos citados acima serão realizados em um encontro único. A fim de assegurar seu anonimato, você receberá um número de identificação no início do estudo, e seu nome, assim como os seus dados pessoais, não serão revelados em nenhuma situação. Os resultados do estudo serão divulgados e poderão ser apresentados em eventos e revistas científicas, sem, no entanto, divulgar sua identidade.

Riscos: Sabe-se que a participação em qualquer projeto de pesquisa envolve riscos. Considera-se que a sua participação no presente estudo apresenta risco mínimo. Os possíveis riscos envolvidos estão relacionados a um possível constrangimento relacionado à coleta de cabelo, contudo, sem causar desfiguramento.

Benefícios: Os resultados do estudo ajudarão a esclarecer a relação entre os elementos essenciais e não essenciais presentes no organismo, a forma com que são absorvidos pelo cabelo e sua correlação à atividade ocupacional, prática de exercícios, hábitos alimentares e saúde.

Pagamento: Você não receberá nenhuma forma de pagamento.

Recusa ou abandono: A sua participação é voluntária, e você tem o direito de se recusar a participar por qualquer razão e em qualquer momento.

Depois de ler as informações acima, se for da sua vontade participar desse estudo, favor preencher o consentimento abaixo.

Consentimento:

Declaro que li e entendi a informação contida acima. Todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e recebi uma via deste formulário de consentimento.

Eu, _____
concordo em participar deste estudo.

Local e Data

Assinatura do Participante

Local e Data

Assinatura do Pesquisador

Contato: - Paulo de Sales. (31) 97365-4128; pmba@cdtn.br
- Tarcísio Campos. (31) 3406-6691; tprcampos@pc.cnpq.br
- Mario Ângelo Menezes. (31) 3069-3448; menezes@cdtn.br

- No caso de possíveis dúvidas éticas em relação ao estudo em questão, as mesmas poderão ser esclarecidas por meio dos contatos acima ou pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Avenida Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II, 2º andar/2005, Pampulha, Belo Horizonte/MG. CEP 31270-901 - (31) 3409-4592; coep@prpq.ufmg.br

APÊNDICE 3



QUESTIONÁRIO N.º Controle: _____



"Cabelo como biomonitor de suplementação alimentar"

Nome: _____ Data de Nascimento: _____
Endereço: _____ Cidade: _____
Telefone: _____ E-mail: _____
Escolaridade: _____ Estado Civil: _____
Profissão: _____ Tempo na profissão: _____
Trabalha ou trabalhou em indústrias: () Sim () Não Qual? _____
Realiza procedimento de tintura nos cabelos: () Sim () Não
Realiza outro procedimento químico nos cabelos: () Sim () Não Qual? _____
Tabagismo: () Sim () Não Cigarros/dia: _____
Consumo de álcool: () Sim () Não Quantidade média/dia: _____
Doença crônica ou congênita: () Sim () Não Qual? _____
Medicação constante: () Sim () Não Medicamento: _____
Realiza atividade física de maneira regular: () Sim () Não

- Há quanto tempo pratica atividade física de maneira regular?
() até 1 mês () entre 1-3 meses () entre 3-6 meses () entre 6-9 meses
() entre 9-12 meses () entre 1-3 anos () mais de 3 anos

- Quantos dias da semana você pratica atividade física?
() 1 vez () 2 vezes () 3 vezes () 4 vezes () 5 vezes () Mais de 5 vezes

- Tempo aproximado de duração da atividade física? _____
- Qual o seu objetivo ao praticar atividade física?
() estética () saúde () força () reabilitação () força () condicionamento geral
() qualidade de vida () resistência () Outros: _____

Você faz uso de algum suplemento alimentar abaixo: () Sim () Não

Em caso afirmativo, quais:

() Albumina	() Glutamina	() Aminoácidos	() Hiperprotéicos
() Anabolizantes	() HMB	() Mega mass	() Inosina e colina
() BCAA	() Maltodextrina	() Boro	() Carnitina
() Bebida carboidratada	() Piruvato	() Creatina	() Pólen de abelha
() Coenzima Q-10	() TCM	() Cromo	() Vanádio
() Whey Protein	() Vitaminas	() Glicerol	() Gel/Barra Nutricional
() Outros: _____			

Se possível, especifique o nome comercial, e/ou fabricante: _____

Caso você faça o consumo de qualquer produto relacionado anteriormente, responda às seguintes perguntas:

- Segue as recomendações do fabricante?

() Sim () Não

- Qual a dose diária total consumida: _____

- Geralmente o consumo ocorre:

() antes do treinamento () durante o treinamento () depois do treinamento
() antes de uma refeição () durante uma refeição () após uma refeição

- Quanto ao uso:

() esporádico () contínuo () carga de manutenção com intervalos

APÊNDICE 4

Variável analisada: CONCENTRAÇÃO Zn

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
GRUPOS	2	2505458.126651	1252729.063326	3.080	0.0533
erro	60	24403107.882009	406718.464700		
Total corrigido	62	26908566.008660			
CV (%) =	139.35				
Média geral:	457.6506825	Número de observações:	63		

Teste Scott-Knott (1974) para a FV GRUPOS

NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 21

Erro padrão: 139,167330714152

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
1	180.964762	a1
3	548.692048	a2
2	643.295238	a2