

---

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS**  
Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos  
Área de Nutrição Experimental

Avaliação do estado nutricional em magnésio, ferro, zinco e cobre de atletas de polo aquático feminino em períodos de treinamento pré-competitivo, de destreinamento e de treinamento de manutenção.

Fátima Aparecida Arantes Sardinha

Tese obtenção do grau de  
DOUTOR

Orientador:  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Célia Colli

São Paulo  
2002

---

Ficha Catalográfica  
Elaborada pela Divisão de Biblioteca e  
Documentação do Conjunto das Químicas da USP

S244a Sardinha, Fátima Aparecida Arantes  
Avaliação do estado nutricional em magnésio, ferro,  
zinco  
e cobre de atletas de polo aquático feminino em  
períodos de treinamento pré-competitivo, de  
destreinamento e de treinamento de manutenção /  
Fátima Aparecida Arantes Sardinha. -- São Paulo, 2002.  
101p.

Tese (doutorado) - Faculdade de Ciências  
Farmacêuticas da Universidade de São Paulo.  
departamento de Alimentos e Nutrição Experimental  
Orientador: Colli, Célia

1. Nutrição experimental : Ciência dos alimentos 2.  
Esporte : Nutrição 3. Minerais : Metabolismo :  
Fisiologia humana I. T. II. Colli, Célia

641.1 CDD

---

Fátima Aparecida Arantes Sardinha

Avaliação do estado nutricional em magnésio, ferro, zinco e cobre de atletas de polo aquático feminino em períodos de treinamento pré-competitivo, de destreinamento e de treinamento de manutenção.

Comissão Julgadora  
da  
Tese para obtenção do grau de Doutor

Prof. Dr. Célia Colli  
Orientador/Presidente

---

1º Examinador

---

2º Examinador

---

3º Examinador

---

4º Examinador

São Paulo, 05 de Abril de  
2002

---

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	I
<b>ABSTRACT</b> .....	II
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>1.2.REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	4
1.2.1 - Minerais na Atividade Física .....	4
1.2.2 - Avaliação do Estado Nutricional em Minerais .....	15
1.2.3 - Considerações Finais.....	21
<b>2. OBJETIVO</b> .....	23
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
3.1 - Casuística .....	24
3.2 - Material de Ensaio .....	25
3.3 - Lavagem dos Materiais Utilizados.....	26
3.4 - Métodos .....	26
3.5 - Esquema Cronológico de Coletas de Dados.....	30
3.6 - Análise Estatística dos Resultados .....	31
<b>4. RESULTADOS</b> .....	34
Adequação ingestão e parâmetros bioquímicos.....	34
Avaliações Bioquímicas nas diferentes situações de treinamento .....	46
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	54
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	76
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	78
<b>8. ANEXOS</b> .....	91
<b>9. APÊNDICE</b> .....	

---

## RESUMO

O estudo avaliou o efeito do treinamento no estado de nutrição em magnésio, ferro, zinco e cobre em atletas de polo aquático feminino pertencentes à Seleção Brasileira, considerando as concentrações de magnésio eritrocitário ( $Mg^{2+}Er$ ) e sérico ( $Mg^{2+}S$ ); zinco eritrocitário ( $Zn^{2+}Er$ ) e sérico ( $Zn^{2+}S$ ); a atividade da superóxido dismutase (Cu/Zn-SOD) e a concentração de cobre sérico ( $Cu^{2+}S$ ); hemoglobina (Hb), ferritina sérica (FER) e porcentagem de saturação da transferrina (%ST) em períodos pré-competitivo, de destreino e de manutenção. Foi também avaliada a ingestão desses minerais, considerando as novas DRIs, que foi associada aos parâmetros bioquímicos do pré-competitivo e comparada a um grupo de controles.

Em atletas houve consumo de  $Mg^{2+}$  com maior probabilidade de inadequação e a concentração do  $Mg^{2+}S$  mostrou tendência a valores menores, comparadas às controles. O consumo dietético de  $Zn^{2+}$  foi maior para as atletas ( $p<0,05$ ), entretanto, a sua concentração média de  $Zn^{2+}Er$  foi menor ( $p<0,05$ ). O consumo de ferro não foi diferente entre os dois grupos estudados, porém, o estado nutricional (EN) em ferro foi significativamente maior em atletas. Ambos os grupos apresentaram estado de nutrição em cobre adequado. A atividade da Cu/Zn-SOD foi maior para atletas ( $p<0,05$ ) e o  $Cu^{2+}S$ , sem diferença entre os grupos, foi o parâmetro que melhor associou-se à ingestão dietética.

O treinamento pré-competitivo alterou significativamente o estado de nutrição em cobre e em ferro ( $p<0,05$ ). Possivelmente, o treinamento intenso promoveu redistribuição compartimental de  $Zn^{2+}$  a partir do eritrócito. O estado de nutrição em  $Mg^{2+}$  não foi alterado pelo treinamento, porém, mecanismos fisiológicos de homeostase podem ter ocorrido, sem evitar, entretanto, o aparecimento de câimbras após o treinamento intenso. No destreino houve recuperação do  $Zn^{2+}Er$ .

---

## ABSTRACT

The study evaluated the effect of training on the magnesium, iron, zinc, and copper nutritional status, in female water polo athletes of the Brazilian national team, considering the concentrations of  $ErMg^{2+}$  and  $SMg^{2+}$ ;  $ErZn^{2+}$  and  $SZn^{2+}$ ; Cu/Zn-SOD activity and  $SCu^{2+}$ ; Hb, FER and %TS in pre-competitive, detraining, and maintenance periods. The intakes of these minerals were also evaluated, considering the new DRIs, which were associated to the biochemical parameters of the pre-competitive, and compared to a control group.

Athletes presented a magnesium intake with greater probability of not being adequate and the  $SMg^{2+}$  concentration showed a tendency to lower values, compared to controls. The dietary  $Zn^{2+}$  intake was greater for athletes ( $p < 0.05$ ); however, their mean  $ErZn^{2+}$  concentration was lower ( $p < 0.05$ ). The iron intake was not different between the two studied groups; however, the iron nutrition status was significantly better in athletes. Both groups presented adequate copper nutritional status. The Cu/Zn-SOD activity was greater for athletes ( $p < 0.05$ ) and the  $SCu^{2+}$ , with no difference between groups, was the parameter, which was better associated to the dietary intake.

The pre-competitive training altered copper and iron nutritional status significantly ( $p < 0.05$ ). Possibly, the intense training promoted the compartmental redistribution of  $Zn^{2+}$  as from the erythrocyte. The training did not alter the  $Mg^{2+}$  nutritional status; however, homeostatic physiologic mechanisms may have occurred, nevertheless not avoiding the occurrence of cramps after intense training.  $ErZn^{2+}$  was recovered in the detraining.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 20 anos, muito se tem estudado sobre as condições nutricionais e de treinamento que levam ao maior desempenho esportivo e ainda sobre os níveis de atividade física que são benéficos para a população em geral.

Nesse contexto, o trabalho com atletas tem permitido um aprofundamento do conhecimento dos aspectos fisiológicos, ligados à geração de energia, nas diferentes condições de treinamento específico de cada modalidade esportiva.

A importância dos minerais tem sido evidenciada dadas as funções que exercem no organismo. Se por um lado os macronutrientes representam o combustível para o desenvolvimento do trabalho físico, vitaminas e minerais são, por assim dizer, as ferramentas necessárias para que esse combustível seja utilizado (CLARKSON e HAYMES, 1995; LUKASKI *et al.*, 1996; NUVIALA *et al.*, 1996). O zinco por exemplo, é cofator de várias enzimas, como da anidrase carbônica que é responsável pela remoção do dióxido de carbono resultante do ciclo de Krebs. O ferro é integrante da hemoglobina e mioglobina, responsáveis respectivamente, pelo transporte e reserva de oxigênio muscular. O magnésio tem função essencial no metabolismo energético e na contração muscular e o cobre, além de ser essencial para o metabolismo de ferro, é cofator de várias enzimas, dentre elas a superóxido-dismutase que tem função antioxidante.

A atividade física promove elevação do gasto energético e também um aumento das perdas de minerais, fato que leva à especulação sobre uma possível recomendação específica de minerais para atletas, especialmente para os de resistência aeróbia. Além disso, tem sido sugerido também por alguns pesquisadores, que o consumo aumentado de alguns minerais estaria relacionado com um melhor desempenho físico (SINGH *et al.*, 1992; BAZARRE *et al.*, 1993). Contudo, ainda não foi esclarecido se atletas pertencem verdadeiramente a um grupo de risco para deficiência em minerais (LUKASKI, 1995, FOGELHOLM *et al.*, 1992). Assim é que o conhecimento do estado nutricional em minerais em diferentes situações de treinamento pode contribuir para o planejamento alimentar tanto de atletas como de indivíduos que tem diferentes níveis de atividade física.

Estarão os atletas em geral ingerindo quantidade satisfatória destes nutrientes, capaz de garantir a integridade do organismo, especialmente após grandes competições, quando ocorre um período de recuperação e as necessidades

---

nutricionais tendem a aumentar? Qual o limite no qual a integridade metabólica não é alterada? Estas são as principais questões que tem sido levantadas e que permanecem sem respostas.

Um dos principais fatores limitantes na avaliação do estado de nutrição em minerais é a falta de indicadores bioquímicos e clínicos do estado nutricional (DEUSTER *et al.*, 1987). Exceção feita ao ferro, para cuja avaliação há parâmetros bioquímicos e hematológicos bem estabelecidos.

Os estudos de avaliação nutricional em atletas tem sido desenvolvidos especialmente naqueles considerados de alto nível de competição como maratonistas, nadadores, triatletas, devido ao grande desgaste físico envolvido. Outros atletas pertencentes a um grupo também de competição, mas não considerados profissionais, despertam também o interesse quando se pensa em avaliar o desgaste decorrente da atividade física que está além dos padrões da população normal. A grande variação da atividade física pode representar riscos nutricionais para estes atletas, que na maioria das vezes não recebem a atenção necessária como ocorre com os atletas profissionais.

Em nosso meio o polo aquático ainda não é considerado um esporte profissional, especialmente o feminino. Apesar de ser reconhecido em outros países desde 1860, pouco ou quase nada se sabe sobre os efeitos fisiológicos decorrentes deste tipo de esporte e quais seriam os fatores que poderiam melhorar o desempenho físico e manter as funções do organismo em situações como de treinamento pré-competitivo e de destreinamento. Os poucos estudos existentes são realizados em atletas masculinos e o objetivo tem sido avaliar a estratégia e a técnica do jogo (SMITH, 1997).

A equipe brasileira de polo aquático feminino tem se destacado nos últimos anos, com a participação em vários campeonatos internacionais, como o Pan-Americano de 1999, quando obteve a 3ª colocação. Ressaltamos aqui também, o grande esforço e persistência individual e de equipe para o desenvolvimento desta modalidade esportiva no Brasil.

Dando continuidade a uma linha de pesquisa na avaliação do estado nutricional de minerais iniciada em nosso laboratório em atletas maratonistas, com atividade predominantemente aeróbia (VÁSQUEZ, 1998), desenvolvemos este estudo em atletas de polo aquático, considerada uma atividade de natureza mista



---

(aeróbia e anaeróbia). Além disso, a falta de estudos nesta modalidade esportiva, em especial, em mulheres, justificou a elaboração e a execução do nosso trabalho.

---

## 1. 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 1.2.1. MINERAIS NA ATIVIDADE FÍSICA

A maioria dos estudos desenvolvidos na área da nutrição esportiva referem-se aos macronutrientes, que são os responsáveis diretos pela produção da energia para o funcionamento do organismo humano e desenvolvimento de atividades físicas de quaisquer níveis ou intensidade (MCARDLE *et al.*, 1998).

Se compararmos o corpo humano a um motor, podemos considerar que os macronutrientes (carboidratos, lipídios e proteínas) representam o combustível gerador de energia e os micronutrientes (vitaminas e minerais) representam os aditivos e lubrificantes que promovem um melhor aproveitamento da energia produzida, além de promover um maior tempo útil do "motor", no nosso exemplo o corpo humano, fato que torna as vitaminas e os minerais essenciais para a formação, desenvolvimento e manutenção do organismo humano.

Apesar da importância dos minerais para a integridade e funcionamento do organismo, poucos estudos são desenvolvidos nesta área em atletas, o que se deve pela dificuldade metodológica associada à falta de indicadores para essa avaliação. Além disso, o conhecimento dos mecanismos exatos das funções de alguns minerais na nutrição humana, ainda não é completo.

### ZINCO

O zinco é um mineral essencial para a função de mais de 300 enzimas em muitas espécies. As enzimas dependentes de zinco participam no metabolismo de carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (WILLIAMS, 1989). Algumas dessas enzimas, como a lactato-desidrogenase e a anidrase carbônica, desempenham papéis críticos no metabolismo do exercício pela regulação da glicólise e da remoção do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). É também importante para a integridade estrutural da superóxido-dismutase (Cu/Zn-SOD), uma enzima antioxidante (MC CORD e FRIDOVICH, 1969; CLARKSON e HAYMES, 1994).

A atividade física intensa pode alterar a distribuição do zinco no organismo, o que é demonstrado especialmente por mudanças na sua concentração plasmática (LICHTI *et al.*, 1970, CAMPBELL e ANDERSON, 1987). Entretanto, concentrações plasmáticas de Zn aumentadas ou diminuídas em atletas são resultantes, principalmente do tipo de atividade praticada e de sua intensidade, bem como do

---

momento do treinamento em que foi feita a avaliação (COUZY *et al.*, 1990; MUNDIE e HARE, 2001).

Em atletas com atividades predominantemente aeróbia a diminuição da concentração plasmática de zinco pode ser devida à maior mobilização do mineral a partir deste compartimento para sustentar as funções metabólicas aumentadas, como a estimulação de enzimas zinco-dependentes relacionadas ao metabolismo energético, ao sistema imune e à ação antioxidante (CAMPBELL e ANDERSON, 1987; TSUJI, *et al.*, 1992; ANDERSON *et al.*, 1995). Por outro lado, tem sido sugerido em atletas de resistência, que o rompimento das fibras musculares decorrentes de lesões pelo esforço excessivo, poderia promover a liberação de zinco para o plasma, aumentando a sua concentração (MUNDIE e HARE, 2001).

Na atividade anaeróbia considera-se a participação ativa de zinco durante o trabalho muscular dependente de glicólise, devido ao aumento da produção de lactato muscular (KROTKIEWSKI *et al.*, 1982; LUKASKI, 1990). Confirmando estes dados, VAN LOAN (1999) verificou que durante a depleção de zinco ocorre diminuição da resistência e não da força muscular, devido à inibição da lactato-desidrogenase e ao aumento do ácido láctico no músculo. Esta ação específica de Zn no músculo pode ser responsável por uma possível mobilização de Zn desde o eritrócito até o plasma, em situação de atividade física intensa, refletindo-se em aumento "temporário" da sua concentração plasmática. Reforça esta hipótese, a conclusão de FOGELHOLM (1995) que considera as alterações observadas nos níveis plasmáticos de Zn em atletas como um estado "transitório" deste mineral neste compartimento.

Ressalta-se, entretanto, que atletas altamente treinados constituem subpopulações para risco de deficiência de zinco, devido ao seu padrão dietético e às alterações das funções gastrintestinais provocadas pelo treinamento, que resultariam em menor absorção de minerais, além do possível aumento de suas necessidades pelo aumento das perdas pelo suor e urina (DRESSENDORFER e SOCKOLOV, 1980; ANDERSON *et al.*, 1995; CLARKSON e HAYMES, 1995; DOLEV *et al.*, 1995).

## **COBRE**

O papel bioquímico do cobre é primariamente catalítico, uma vez que várias metaloenzimas dependentes deste mineral, agem como oxidases para reduzir o

---

oxigênio molecular. É cofator em várias enzimas essenciais não somente ao crescimento e ao desenvolvimento do organismo, mas também à sua manutenção (MASON, 1979). É essencial para a manutenção do sistema imunológico, maturação das hemácias e glóbulos brancos do sangue, desenvolvimento ósseo, transporte de ferro, metabolismo de colesterol, contração do miocárdio, metabolismo glicolítico e desenvolvimento cerebral (SOLOMONS, 1979; PERCIVAL, 1998; KLEVAY, 2000).

Dentre as enzimas cuprodependentes, destacamos aquelas que tem sido estudadas por sua relação com situações fisiológicas conseqüentes da atividade física :

### **Ceruloplasmina**

É uma proteína predominante no plasma, que tem como função primária transportar o cobre do fígado para outros tecidos. Está entre as proteínas envolvidas na reação de fase aguda de inflamações e na "varredura" de radicais oxigênio para proteger a célula contra as lesões celulares.

A ceruloplasmina apresenta atividade ferro-oxidase, onde é importante para a oxidação do íon ferroso ( $Fe^{2+}$ ) a íon férrico ( $Fe^{3+}$ ), para o transporte de ferro para a transferrina, como relatado na revisão de JOHNSON *et al.* (1992) e LINDER e HAZEGH-AZAM (1996).

### **Superóxido-dismutase (Cu/Zn-SOD)**

Esta enzima tem por função remover os radicais superóxidos, intermediários da redução de  $O_2$ . Por meio de sua dismutação, catalisa a conversão do radical superóxido em água oxigenada (peróxido de hidrogênio), que é transformada em água por ação de catalases e peroxidases (MONTE e LUSTIG, 1994). A SOD é especialmente abundante no fígado, rins, adrenal e eritrócitos (MC CORD e FRIDOVISCH, 1969; WINTERBOURN *et al.*, 1975).

### **Citocromo-c-oxidase**

A citocromo-c-oxidase estabelece um alto gradiente energético, necessário para a síntese de adenosina trifosfato (ATP), participando no processo de fosforilação oxidativa de todas as células vivas, catalisando a oxidação da citocromo-c-oxidase reduzido pelo oxigênio molecular (O' DELL, 1976).

---

A deficiência grave de cobre reduz a atividade desta enzima e a capacidade respiratória das mitocôndrias, particularmente no fígado, coração e cérebro (LINDER e HAZEGH-AZAM, 1996)

Os efeitos da atividade física no estado de nutrição em cobre não são claros. Os estudos mostram que a concentração de cobre sérico ou plasmático pode estar aumentada (ANDERSON *et al.*, 1995), reduzida (RESINA *et al.*, 1991) ou ainda inalterada (LUKASKI *et al.*, 1990; SINGH, 1990). Estas diferenças ocorrem, provavelmente pela duração, intensidade e tipo de exercício desenvolvido pelo atleta e de fatores como variação circadiana e o período do treinamento em que a concentração é determinada.

É descrito por alguns autores que ocorre uma redução significativa (mais de 50%) da concentração de cobre plasmático após a prática de exercícios extenuantes e predominantemente aeróbio e que retorna aos níveis normais 30 minutos após cessarem os exercícios. Esta alteração pode indicar uma transferência do cobre do sangue para outros tecidos, por mecanismos ainda não esclarecidos (MARELLA *et al.*, 1990). No entanto, outros autores não observaram tal alteração em estudo realizado em nadadores de ambos os sexos (LUKASKI *et al.*, 1996), triatletas, ciclistas e corredores (BAZARRE *et al.*, 1993), todos com ingestão dietética adequada do mineral.

RESINA *et al.* (1990), verificaram em corredores de longa distância, uma diminuição na concentração de cobre sérico com conseqüente redução da atividade biológica da ceruloplasmina. Este é um dado importante, visto que a ceruloplasmina tem ação antioxidante contra agentes causadores de danos celulares, podendo a redução de sua atividade refletir tanto na saúde geral do atleta como em seu desempenho físico.

Um aumento na concentração de Cu sérico acompanhado de maior concentração de interleucina 1- IL1 (um mediador da resposta inflamatória da imunidade natural), foi encontrado após exercícios prolongados, cuja intensidade foi aumentada gradualmente (OLHA *et al.*, 1982). É descrito que exercícios extenuantes podem promover alteração imunológica, favorecendo os processos inflamatórios (NIEMAN, 2000). Portanto, o aumento do cobre sérico poderia estar relacionado com a necessidade de um aumento da atividade da ceruloplasmina que está também relacionada com a resposta de fase aguda à inflamações (ARUOMA *et al.*, 1988; JOHNSON *et al.*, 1992).

---

Tem sido sugerido que o aumento da atividade da superóxido-dismutase (SOD) em atletas, relaciona-se com uma adaptação funcional ao treinamento aeróbio (LUKASKI *et al.*, 1990), sendo inclusive descrita a sua utilização para avaliação do condicionamento físico do atleta (LUKASKI *et al.*, 1996).

As alterações na atividade da superóxido-dismutase decorrentes da prática esportiva, dependem da modalidade do exercício, se de resistência ou de velocidade/força, da duração do exercício e do esforço efetivo realizado pelo atleta.

PEREIRA *et al.* (1989) demonstraram, em animais, que a atividade da SOD varia de acordo com o tipo de tecido estimulado e pode ser regulada por outros fatores além do consumo de oxigênio. Alterações hormonais durante o exercício podem representar importantes reguladores desta enzima, como é o caso dos glicocorticóides. Em humanos, a atividade da SOD muscular encontra-se aumentada com o treinamento (JENKINS *et al.*, 1984). No eritrócito, OHNO *et al.* (1990) não encontraram alteração da atividade desta enzima antioxidante após uma sessão de trinta minutos de exercícios em 75% do VO<sub>2</sub>máx. em indivíduos não treinados. Já LUKASKI *et al.* (1996), verificaram em nadadores de ambos os sexos, aumento da atividade da SOD eritrocitária. A diferente resposta verificada nos estudos citados pode ser justificada pela adaptação aos efeitos do treinamento nos atletas (nadadores) comparados aos indivíduos não treinados.

## MAGNÉSIO

O magnésio é necessário para a geração de energia, tanto anaeróbia como aeróbia, indiretamente como parte do complexo Mg-ATP ou diretamente como enzima ativadora. Na mitocôndria, é cofator da enzima isocitrato-desidrogenase, produzindo  $\alpha$ -cetoglutarato. É cofator da enzima piruvato-desidrogenase, que inicia as reações de oxidação do ciclo de Krebs, potencializando a ação dessas enzimas (STRYER, 1988). Além disso, o Mg é importante para manter um adequado suprimento de purina e pirimidina, nucleotídeos requeridos para aumento da síntese de DNA e RNA durante a proliferação celular (WHITE *et al.*, 1978). É importante para a regulação do potássio intracelular, especialmente em células do miocárdio e controle da concentração intracelular de cálcio (MATSUDA, 1991).

Portanto, a essencialidade deste mineral para o crescimento, desenvolvimento e manutenção do organismo, ressalta a sua importância em todos os períodos da vida e também para o desempenho físico de atletas.

---

A atuação do magnésio no metabolismo energético e na contração muscular envolve alguns aspectos importantes da atividade física que depende da natureza do exercício (aeróbia e/ou anaeróbia ou de curta ou longa duração). De acordo com essa natureza, há a utilização preferencial de um sistema energético.

Tanto a atividade aeróbia como a anaeróbia podem aumentar, respectivamente, 20 e 50 vezes a taxa metabólica do organismo. Os macronutrientes fornecem a energia necessária, a partir da produção de ATPs, para suprir esta demanda. A produção de ATP, por sua vez, depende de níveis adequados de magnésio no organismo, independentemente da via metabólica utilizada.

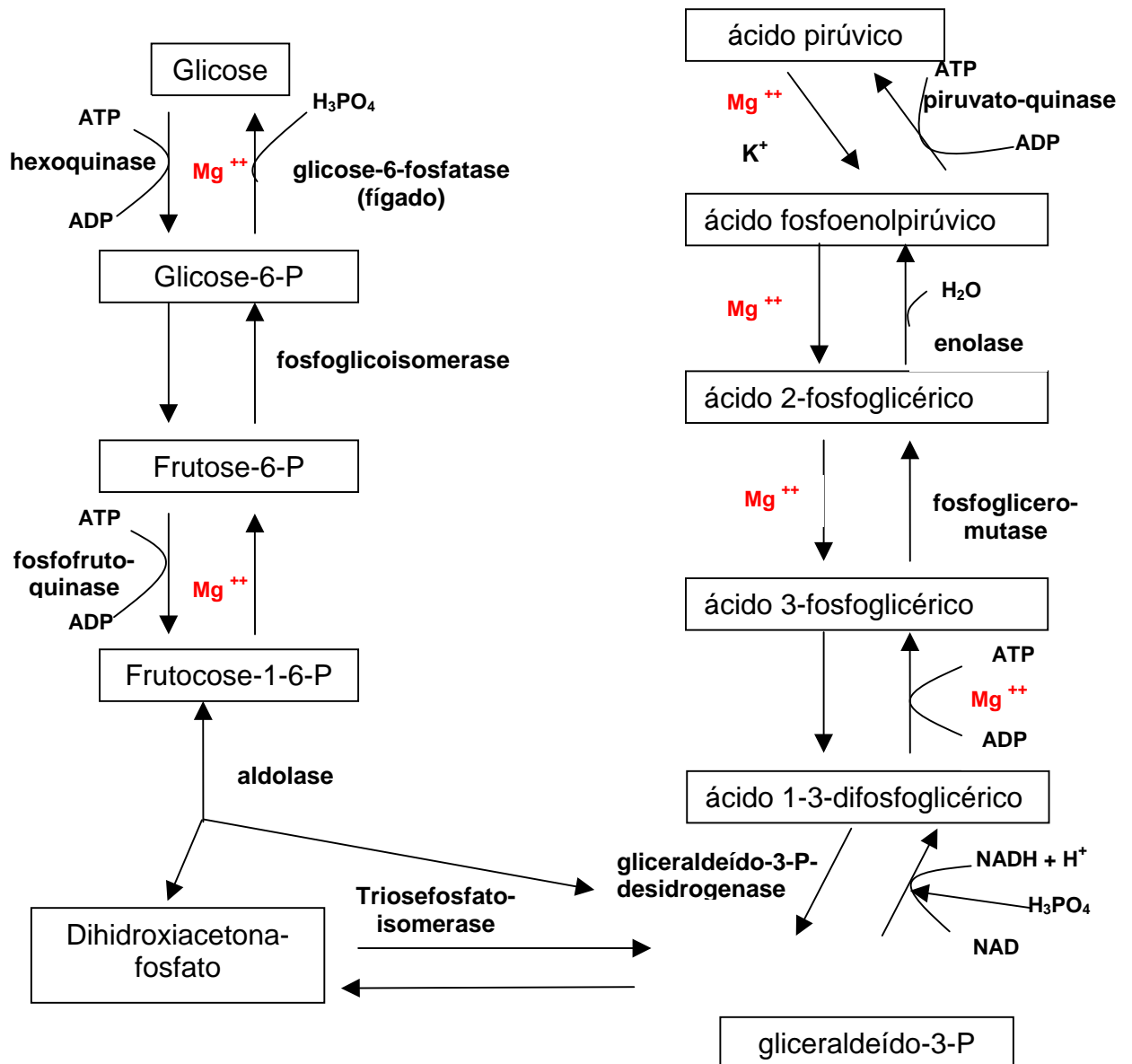
A enzima creatina-fosfatase, responsável pela formação de energia pelo sistema creatina-fosfato, também chamado de sistema imediato, é regulada pelo íon Mg e pela concentração de hidrogênio. Assim, a manutenção de níveis adequados do mineral é essencial para a formação de energia, especialmente nos momentos iniciais do exercício, que utiliza preferencialmente, esta via energética.



A regulação deste sistema ocorre em função dos níveis de Mg, isto é, se alto, o ATP é preferencialmente sintetizado e se diminuído, o organismo sintetiza a creatina-fosfato (SAKS *et al.*, 1975; GARFINKEL e GARFINKEL, 1985).

A participação do Mg na via glicolítica ocorre em várias etapas, como demonstrado no esquema abaixo:

## METABOLISMO ANAERÓBIO DA GLICOSE - PARTICIPAÇÃO DO MAGNÉSIO



Fonte: Adaptado de Raw e Colli, 1966. Fundamentos de bioquímica - parte 2 .

A contração muscular ocorre a partir da hidrólise do ATP e uma deficiência do mineral diminui a produção de energia comprometendo o desempenho esportivo, como discutido na revisão de BRILLA e LOMBARDI (1995) .

A atividade aeróbia mobiliza mais as fibras musculares de contração lenta (Tipo I) e a anaeróbia, as de contração rápida (Tipo II). A predominância de um tipo de fibra no atleta, determinada tanto geneticamente, quanto adquirida pelo



---

treinamento, influenciará a demanda de magnésio no processo de contração muscular (RESINA *et al.*, 1995).

O papel do magnésio tem sido relacionado com a atividade física em estudos em que são avaliados tanto os efeitos de possível deficiência do mineral por baixa ingestão como os efeitos da depleção por alterações metabólicas decorrentes do exercício físico (NUVIALLA *et al.*, 1999).

Parece existir uma redistribuição do Mg nos diversos compartimentos do organismo, dependendo do tipo de atividade física, se aeróbia ou anaeróbia. Acredita-se que a atividade anaeróbia promova redução na concentração do magnésio plasmático, aumento na do magnésio eritrocitário e aumento da excreção urinária, que retornam aos níveis iniciais 24h após os exercícios. Quanto mais anaeróbio o exercício, mais acentuado esse deslocamento entre os compartimentos. No entanto, há relatos de que exercícios de força de alta intensidade e curta duração resulte em hipermagnesemia, relacionada com o decréscimo do volume plasmático associado com exercícios extremos e ao efluxo aumentado do magnésio para o *pool* vascular (MC DONALD e KEEN, 1988; BRILLA e LOMBARDI, 1995; CLARKSON, 1995).

Em estudos com atividades aeróbias, especialmente em corredores, não se tem verificado uma relação entre os compartimentos, ou a concentração do Mg nos eritrócitos está diminuída e a plasmática não alterada (MANORE *et al.*, 1995) ou a plasmática está diminuída e a eritrocitária aumentada, porém, sem relação entre os parâmetros (CASONI *et al.*, 1990).

Em atividade anaeróbia, os estudos mostram que o magnésio é necessário para sustentar altos níveis de força muscular ou para diminuir sintomas de hiperexcitabilidade neuromuscular, como espasmos e câimbras (BRILLA e LOMBARDI, 1995).

A avaliação do Mg muscular é muito difícil. No exercício extremo é esperada uma mobilização do magnésio da célula muscular, decorrente de lesões na membrana.

Na rbdomiólise (lesão da célula muscular) do esforço há então aumento dos níveis de CPK (creatinafosfoquinase) e de LDH (lactato-desidrogenase). O magnésio muscular, no entanto, é preservado como demonstrado em estudos em animais e em humanos, independente da ingestão dietética (McDONALD *et al.*, 1988; CLARKSON e HAYMES, 1995).

---

Estudos sobre avaliação do estado nutricional em Mg a partir da urina mostram uma excreção urinária aumentada após exercícios, quando não há um redirecionamento para a sua utilização em outros compartimentos e aumento da concentração plasmática de Mg. Além desse, outros fatores também promovem o aumento na excreção urinária induzida pelo exercício como a acidose metabólica, o aumento da aldosterona e do hormônio antidiurético, que regula a absorção renal de magnésio (CLARKSON e HAYMES, 1995; SHILS, 1998).

Por outro lado, estudos em maratonistas mostram uma redução significativa na excreção urinária e na concentração sérica de Mg logo após a atividade física, sugerindo possível deficiência de magnésio decorrente de maior demanda do músculo esquelético (BUCHMAN *et al.*, 1998).

A dificuldade para conclusões definitivas sobre os efeitos da atividade física no estado em nutrição em zinco, cobre e magnésio, ocorre primeiro devido a ampla distribuição desses minerais em vários compartimentos do organismo e segundo, devido à falta de definição do limite de adaptação do organismo à restrição dietética desses minerais e das conseqüências dessas adaptações.

## **FERRO**

O ferro é essencial para o metabolismo aeróbio devido seu papel nos grupos funcionais da maioria das enzimas do ciclo de Krebs. Assim é que como componente da hemoglobina transporta O<sub>2</sub> para o músculo em atividade; como componente da mioglobina pode servir como fixador do oxigênio nas fibras musculares cardíacas e músculo esquelético; como componente dos citocromos participa da via oxidativa para a produção de energia (FAIRBANKS, 1998).

O conhecimento do estado nutricional em ferro de atletas desperta muito interesse, especialmente por ser a anemia por deficiência de ferro, um problema de saúde pública mundial. A redução do desempenho físico relaciona-se com a menor capacidade do organismo de captar oxigênio e transportá-lo para os tecidos, particularmente, o muscular (KARAMIZRAK *et al.*, 1996).

Atletas altamente treinados freqüentemente apresentam baixos níveis de hemoglobina, associados com menor valor de hematócrito. Entretanto, esta alteração hematológica não ocorre em todos os atletas treinados.

---

A hemodiluição é uma característica permanente de atletas em treinamento, especialmente os envolvidos em esportes de resistência. Eles podem ter valor de hematócrito de 40 a 42% sem qualquer redução na concentração de hemoglobina circulante (CONVERTINO, 1991).

O treinamento aumenta o volume plasmático e estimula a eritropoiese, mas estas adaptações são reguladas por mecanismos diferentes (CONVERTINO, 1991). O aumento do volume plasmático é regulado por alterações na pressão osmótica que é dependente de resposta hormonal para exercícios de curta ou de longa duração. A eritropoiese depende da produção e liberação de eritropoietina, que é regulada pelo conteúdo de oxigênio sanguíneo (GREEN *et al.*, 1991).

A expansão plasmática decorrente do treinamento ocorre mais rapidamente e em maior extensão do que ocorre o aumento da síntese de eritrócitos. Este fato tem sido responsável pelo estado de pseudo-anemia verificado em atletas altamente treinados, que tem aparentemente baixos níveis de hemoglobina e estoque de ferro corporal normal (WEIGHT, 1991).

Fatores como sangramento gastrointestinal, hemólise, suor, menstruação, associados com uma ingestão de ferro dietético inadequada, representam risco para deficiência deste mineral em atletas.

O sangramento ocorre na parte superior do trato intestinal e pode não ser aparente. Dentre os fatores responsáveis por este tipo de sangramento ressalta-se a isquemia temporária do trato gastrointestinal que está relacionada com a intensidade e a duração do exercício (GAUDIN *et al.*, 1990). NACHTIGALL *et al.* (1996) avaliando a deficiência de ferro em corredores de longa distância utilizando marcador biológico ( $^{59}\text{Fe}$ ) concluíram que o efeito mais relevante na homeostase deste mineral é o sangramento gastrointestinal, por representar perdas em torno de 3 a 5 mg de ferro/dia, tanto no treinamento como na competição.

Com referência à hemólise verificada em atletas, várias causas tem sido atribuídas para justificá-la, como o impacto da planta do pé com o chão, a isquemia renal, a hipóxia, a liberação de fatores hemolisantes, a desidratação, o aumento da temperatura corporal, as lesões de tecidos musculares e a peroxidação dos eritrócitos (CIANFLOCCO, 1992).

A quantidade de suor perdida em exercícios prolongados resulta em 3 litros ou mais em temperatura moderada e as perdas de ferro pelo suor podem representar de 1 a 2 mg (SEILER *et al.*, 1989).

---

Por outro lado, NACHTIGALL *et al.* (1996), verificaram em corredores, que o ferro excretado pelas glândulas sudoríparas e pelos rins não representa risco para deficiência do mineral, ressaltando que a determinação do mineral no suor é de difícil interpretação, uma vez que o material analisado é susceptível à contaminação com o próprio metal. A mesma equipe de pesquisadores concluem em outro estudo que o aumento das perdas fecais de ferro pode ser um importante fator determinante para explicar o estado nutricional inadequado de ferro em corredores de longa distância (NIELSON e NACHTIGALL, 1998).

A perda de sangue por ciclo menstrual pode variar de 30 a 100mL (HALLBERG *et al.*, 1966). ROWLAND E KELLEHER (1989) encontraram relação inversa entre o fluxo menstrual e o nível de ferritina sérica, denotando que mulheres representam risco para deficiência de ferro, especialmente em associação com ingestão dietética inadequada.

A conseqüência funcional da depleção de ferro é a anemia, que prejudica o transporte de O<sub>2</sub> para os tecidos. A significativa diminuição de mioglobina e de outras proteínas contendo ferro no músculo esquelético, resulta em redução drástica da capacidade aeróbia muscular (BEARD e TOBIN, 2000).

No treinamento aeróbio ocorre aumento das enzimas mitocondriais dependentes de ferro e da atividade das citocromos da cadeia respiratória. Conseqüentemente, a deficiência de ferro, mesmo sem anemia, pode prejudicar a resposta de adaptação a este tipo de treinamento. HILTON *et al.* (2000), verificaram melhora na adaptação fisiológica para o treinamento de resistência em mulheres com deficiência de ferro, porém, não anêmicas, que receberam tratamento com suplementação do mineral, chamando a atenção para a importância da manutenção do estado nutricional em ferro para o desempenho físico. Os autores concluíram que a conduta de suplementar mulheres jovens, cujo padrão dietético e de atividade física aumenta o risco para a deficiência em ferro pode maximizar os benefícios do treinamento aeróbio. NIELSON e NACHTIGALL (1998) discutem que atletas considerados de risco (níveis de ferritina sérica < 35ng/mL) devem receber suplementação com ferro para prevenir o desenvolvimento de anemia por deficiência em ferro e regular a absorção de ferro intestinal em indivíduos com depleção do mineral.

Porém, a prevenção de baixos estoques de ferro pode naturalmente ocorrer pela combinação de uma dieta balanceada e um planejamento do treinamento,

---

alternando períodos de treinamento intenso com períodos de descanso (CHATARD *et al.*, 1999). Além disso, a avaliação periódica dos parâmetros hematológicos é sugerido especialmente em mulheres (FAINTUCH, 1992; NUVIALA *et al.*, 1996).

### **1.2.2. AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL EM MINERAIS AVALIAÇÃO DIETÉTICA**

A alimentação inadequada, pelo fornecimento insatisfatório de nutrientes, em quantidade e/ou qualidade, resulta no organismo, inicialmente, em diminuição das reservas celulares, na grande maioria não detectável por análises bioquímicas e fisiológicas. Portanto, o levantamento dietético de uma população ou indivíduo, é o primeiro parâmetro a ser considerado para avaliar o seu estado nutricional, determinando quantitativa ou qualitativamente o consumo alimentar (DRI, 2000).

A avaliação dietética é realizada após a obtenção do cálculo dos valores nutritivos dos alimentos ingeridos, com base nos valores de composição desses alimentos e da comparação deste resultado com padrões de referência de ingestão para os nutrientes. Entretanto, considerando que a ingestão dietética e a necessidade diária de ingestão de um nutriente, nem sempre estão disponíveis com total confiabilidade, erros associados aos métodos aplicados devem existir. Mais recentemente tem sido proposta uma nova metodologia para avaliar a adequação da ingestão dietética, que leva em consideração as diferenças inter e intra-individuais na ingestão dietética e na necessidade de nutrientes. este novo método permite decidir com um nível de confiança pré-determinado, se a ingestão de um nutriente está adequada ou excessiva, considerando-se a distribuição em z-score, método já empregado na avaliação da desnutrição (DRI, 2000).

Gostaríamos de ressaltar que os padrões de ingestão dietética que utilizamos para a avaliação nutricional em nosso meio, foram definidos para a população americana e canadense, o que pode não estar representando a nossa realidade. Por exemplo, a recomendação definida para o zinco foi estimada a partir da absorção deste mineral que considera uma dieta típica americana. Com relação ao ferro, a sua recomendação foi definida considerando-se parâmetros (peso corporal, velocidade de crescimento, valor de hemoglobina e de ferritina, perdas menstruais) baseados

---

em levantamentos de dados americanos (DRI, 2001). Será portanto, esta recomendação adequada para a nossa população?

A avaliação mais refinada dos dados de ingestão e a dos padrões de recomendação de ingestão dietética, representam áreas promissoras para novas pesquisas uma vez que nem sempre os parâmetros bioquímicos podem ser utilizados para complementar a avaliação nutricional.

### **BIODISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES**

Outro fator a ser considerado na avaliação dietética é a biodisponibilidade dos nutrientes na dieta, que refletem: o ambiente químico, a interação de nutrientes e a condição geral do organismo ( COUZY *et al.*, 1993).

A importância desse conceito para a avaliação de uma dieta, tem estimulado a utilização de expressões matemáticas empíricas que refletem o peso de todos esses fatores. Exemplos são os modelos desenvolvidos por MONSEN *et al.* (1982), por HALLBERG e HULTHEN (2000), que estabeleceram algoritmos para calcular o Fe heme e não heme absorvido, permitindo uma avaliação dietética mais refinada.

Em nosso meio estudos de biodisponibilidade vem sendo desenvolvidos por vários pesquisadores, tanto *in vivo* (SZARFARC, 1983, de ANGELIS, 1989; TRAMONTE, 1994; PEDROZA e COZZOLINO,1993;) como *in vitro* (COLLI e BARBÉRIO, 1990; RAMOS, 1999; AZEVEDO, 2000; POLTRONIERI *et al.*, 2000; MISTURA e COLLI, 2001). O grande desafio é o estabelecimento desses algoritmos na avaliação da dieta do brasileiro.

### **PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DE AVALIAÇÃO NUTRICIONAL**

O compartimento mais importante para o estudo do metabolismo em atletas é sem dúvida o músculo, cujas alterações e adaptações decorrentes do treinamento, podem ser avaliadas pela determinação da atividade de várias enzimas relacionadas com o trabalho muscular.

Por sua importância, o tecido muscular parece ser preservado. SARDINHA e AMANCIO (1997), verificaram em ratos com desnutrição energético-protéica, que a concentração de cobre muscular é mantida as custas da redução dos níveis séricos do mineral. Estudos sobre a cinética de alguns minerais têm demonstrado que a

---

redução de seus níveis séricos, pode representar uma redistribuição e para a preservação de órgãos como o músculo (KING *et al.*, 2000). Assim é que a determinação de parâmetros bioquímicos sanguíneos para a avaliação do estado nutricional em minerais de atletas é de extrema importância, uma vez que poderá indicar a existência de alterações no estado nutricional do mineral antes de refletir deficiência em nível muscular, que provavelmente causaria maior repercussão no desempenho físico.

Entretanto, os parâmetros bioquímicos para a avaliação do estado nutricional em minerais não são bem definidos, além de existir uma grande dificuldade para serem estabelecidos os padrões de normalidade para os mesmos (LADEFOGED e HAGEN, 1988; ABDALLAH e SAMMAN, 1993; SARIS *et al.*, 2000).

Exceção ao ferro, uma vez que uma série de indicadores bioquímicos podem ser usados para caracterizar precisamente o seu estado em nutrição e para classificar o grau da deficiência neste mineral. Os estágios considerados são: depleção de estoque de ferro; deficiência precoce de ferro; anemia por deficiência de ferro (DRI, 2001).

O quadro abaixo ilustra esta definição.

### **CARACTERIZAÇÃO DOS ESTÁGIOS DA DEFICIÊNCIA DE FERRO**

<b>Estágio da Deficiência</b>	<b>parâmetro bioquímico</b>	<b>ponto de corte</b>
<i>Estoque depletado</i>	CTLF (Capacidade Total de Ligação do Fe)	>400 µg/dL
	Concentração de ferritina sérica	< 12µg/L
<i>Deficiência precoce de ferro funcional</i>	Saturação de transferrina	< 16%
<i>Anemia por deficiência de ferro</i>	Concentração de hemoglobina	< 13,0 g/dL (homens) <12,0 g/dL (mulheres)

---

Adaptado de Dietary Reference Intakes for Iron - p. 9-9 Institute of Medicine. National Academy Press, Washington, D.C., 2001.

---

## **CONCENTRAÇÃO SÉRICA OU PLASMÁTICA DE Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> E Mg<sup>2+</sup>.**

A concentração plasmática ou sérica tem sido utilizada como indicador de deficiência para a maioria dos minerais, refletindo uma ingestão dietética inadequada de longo período (MASON, 1979; COUZY *et al.*, 1990; MILNE, 1994)

A cinética dos minerais no soro/plasma é muito rápida, por ser este um compartimento de distribuição. Fatores como sexo, idade, variação circadiana, estado fisiológico como gestação e terapia hormonal com estrógenos, podem alterar a concentração sérica/plasmática do mineral (MILNE e JOHNSON, 1993; WASTNEY *et al.*, 2000).

### **ZINCO**

A redução da concentração de Zn<sup>2+</sup> no soro/plasma pode representar ou um mecanismo homeostático para a manutenção de níveis críticos de Zn<sup>2+</sup> em tecidos mais susceptíveis para a depleção, como o músculo (KING *et al.*, 2000) ou ser resultante de restrição dietética prolongada ou ainda de ingestão marginal em períodos de aumento da sua necessidade, como crescimento ou lactação. A baixa concentração sérica associada aos sinais clínicos de deficiência, especialmente as alterações cutâneas, representam redução importante de seus estoques corporais (JACKSON, 1989; KING, 1990; HAMBIDGE, 2000).

A concentração de zinco sérico/plasmático pode também estar diminuída devido à infecções ou outros fatores estressantes, como a desnutrição, a hipotermia, além de terapias com hormônios (glicocorticóides, estrógenos) e durante a gestação (COUZY *et al.*, 1990).

### **COBRE**

A diminuição da concentração de Cu<sup>2+</sup> sérico/plasmático, representa quase sempre uma deficiência do mineral com depleção de seus estoques, decorrente de ingestão inadequada de Cu<sup>2+</sup> por um período longo de tempo (MILNE, 1994; 1998). O Cu<sup>2+</sup> sérico pode estar diminuído também em indivíduos que fazem uso de hormônios como os corticosteróides e corticotropina, na síndrome de Menkes, na doença de Wilson, na desnutrição energético-protéica e na síndrome nefrótica. Por outro lado, infecções, inflamações, artrite reumatóide, doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer (mama, pâncreas), uso de alguns anticonvulsivos, de contraceptivo oral (estrógeno) e a gravidez podem aumentar a concentração plasmática/sérica de cobre (MILNE e JOHNSON, 1993).



---

## MAGNÉSIO

A concentração de  $Mg^{2+}$  no soro/plasma não se correlaciona com nenhum outro pool tecidual do mineral, exceto o intestinal (LADEFOGED e HAGEN, 1988).

Níveis de magnésio sérico abaixo do limite inferior normal, pode estar relacionado com depleção do mineral, indicando ingestão inadequada. Entretanto, valor sérico normal tem sido verificado em indivíduos com concentração de magnésio eritrocitário, ósseo ou muscular abaixo do limite de normalidade, indicando que o magnésio sérico deve ser utilizado juntamente com outro parâmetro bioquímico de avaliação nutricional (ELIN, 1987; DRI, 1997).

A concentração de  $Mg^{2+}$  no soro/plasma pode estar diminuída em: síndromes de má absorção intestinal; isquemia ou infarto cardíaco, disfunção renal; doenças hepáticas, eclâmpsia e hemodíalise (SEELIG, 1993; SARIS *et al.*, 2000).

## FERRO

A concentração de  $Fe^{2+}$  no soro pode estar normal em situação de deficiência do mineral, limitando a sua utilização para a avaliação do estado de nutrição em ferro como um único indicador. No entanto, a sua determinação para a o cálculo da porcentagem de saturação da transferrina é de grande utilidade na avaliação nutricional deste mineral.

Os valores de Fe no soro/plasma apresentam alta variabilidade circadiana e também em mulheres que fazem uso de contraceptivos (LEE e NIEMAN, 1995).

## CONCENTRAÇÃO ERITROCITÁRIA - ZINCO E MAGNÉSIO

No eritrócito atividade de várias enzimas que participam da via glicolítica para a produção do ATP utilizado como fonte de energia no trabalho celular, são dependentes de minerais. Esta célula tem vida média de 120 dias e seu desaparecimento ocorre pelo "envelhecimento", ou seja, pelo esgotamento das enzimas eritrocitárias, cujo estoque não pode ser renovado (VERRASTRO e LORENZI, 1998). Assim, a utilização deste parâmetro é uma importante ferramenta para a avaliação de alterações crônicas no estado nutricional em minerais (AGGETT e FAVIER, 1993).

A concentração eritrocitária de  $Zn^{2+}$  e de  $Mg^{2+}$  está diminuída na deficiência severa de ambos os minerais, podendo representar também uma redistribuição do mineral para outros órgãos como o fígado e o músculo. A redução de suas

concentrações ( $Zn^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ) é verificada após cerca de 8 semanas de ingestão dietética insuficiente (DEUSTER *et al.*, 1987; ABDALLAH e SAMMAN, 1993).

É descrito que o  $Mg^{2+}$  eritrocitário está diminuído em mulheres com síndrome de tensão pré menstrual (ABRAHAM e LUBRAN, 1981). Em leucemia linfocítica crônica, tanto a concentração eritrocitária de  $Mg^{2+}$  como a de  $Zn^{2+}$ , estão aumentadas (ROSNER e GORFIEN, 1968 *apud* DEUSTER, 1987).

O  $Zn^{2+}$  eritrocitário pode estar diminuído no hipertireoidismo e aumentado no hipotireoidismo (AIHARA *et al.*, 1984) e na insuficiência renal crônica (MAFRA *et al.*, 2001).

### ATIVIDADE DA SUPERÓXIDO DISMUTASE NO ERITRÓCITO

A atividade da superóxido-dismutase (Cu/Zn-SOD), tem sido considerada um bom indicador do estado nutricional em cobre. Não sofre influência da idade, do sexo e do uso de hormônios (MILNE e JOHNSON, 1993). O maior problema com relação ao uso deste parâmetro é a falta de padronização para os métodos de análise e a não disponibilidade de uma variação normal para os valores. Ainda assim, pode ser considerado o indicador mais utilizado para a avaliação do estado nutricional em cobre, especialmente na área esportiva (ABDALLAH e SAMMAN, 1993; COVAS *et al.*, 1997).

### Concentração de zinco, cobre, ferro e magnésio séricos e eritrocitários e atividade da superóxido dismutase de indivíduos normais.

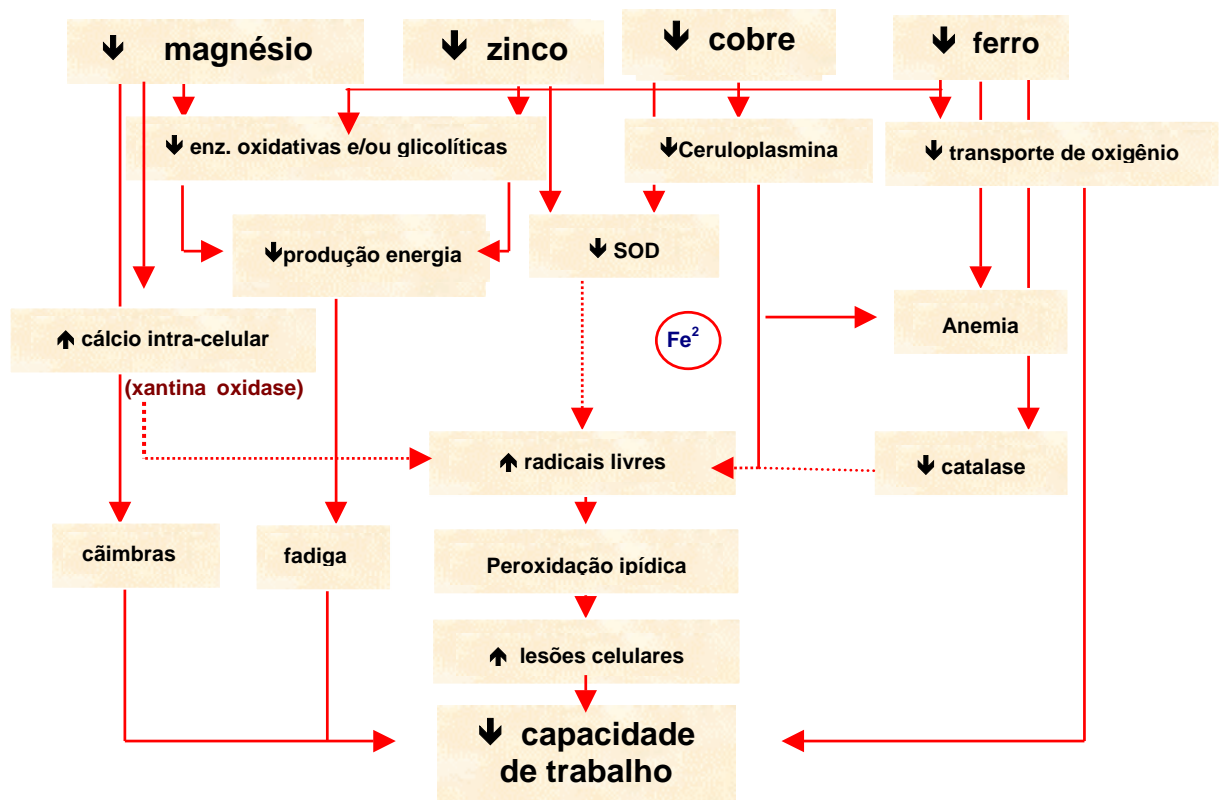
	Zinco	cobre	ferro	magnésio	SOD*
Soro/plasma	70 - 150 < 70* ( $\mu\text{g/dL}$ )	64 - 159 63 - 157,5 <64* ( $\mu\text{g/dL}$ )	56 - 168 <sup>1</sup> 50 - 175 ( $\mu\text{g/dL}$ )	1,56 - 2,52 ( $\mu\text{g/dL}$ )	2110 - 4830 (U/gHb)
Referência	SHILS (1998)	GIBSON, 1990 LENTER, 1984 <i>apud</i> (DRI, 2001)	<sup>1</sup> THE BRITISH... (1995) MAHAN E ARLIN (1998)	TIETZ (1990) <i>apud</i> SARIS <i>et al.</i> (2000)	MILNE e JOHNSON, 1993.
Eritrócito	42 $\pm$ 6 ( $\mu\text{gZn/gHb}$ )			134 - 215 ( $\mu\text{gMg/gHb}$ )	
Referência	GIBSON, 1990			TIETZ (1990) <i>apud</i> SARIS <i>et al.</i> (2000)	

\* corte para a deficiência (DRI, 2001);

<sup>1</sup> THE BRITISH NUTRITION FOUNDATION (1995)

### 1.2.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

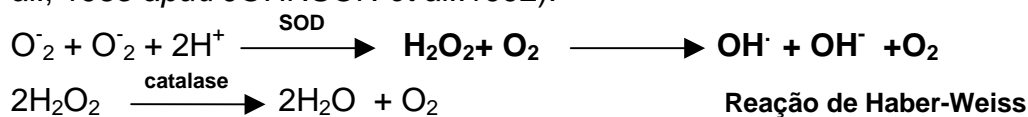
O esquema abaixo ilustra alguns dos efeitos da inadequação do estado nutricional em magnésio, zinco, cobre e ferro no desempenho físico. Verifica-se que direta ou indiretamente esses minerais agem na produção de energia, na manutenção de atividades de enzimas antioxidantes, na prevenção de fadiga, dentre outras funções.



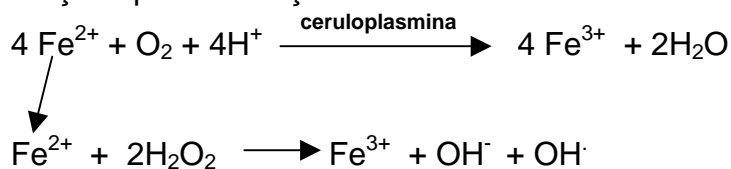
Esquema de alguns dos efeitos do estado de nutrição inadequado em  $Mg^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  e  $Fe^{2+}$  na capacidade de trabalho físico.

A redução das enzimas glicolíticas e oxidativas dependentes de magnésio, zinco e ferro, resulta em diminuição da produção de energia, que por sua vez levará à fadiga e a redução de trabalho. A redução temporária nos níveis de ATP na célula, resulta em acúmulo de cálcio no citoplasma. Níveis elevados de cálcio ativam a protease que converte a xantina-oxidase inativa na forma ativa, oxidando a hipoxantina e xantina a ácido úrico com formação concomitante de radical superóxido (LANGER, 1986; INAL *et al.*, 2001). O magnésio é ainda importante na

prevenção de câimbras, pela sua função na contratibilidade muscular. A enzima antioxidante Cu/Zn-SOD (superóxido-dismutase) é dependente de cobre para a sua atividade e zinco para a sua estruturação, portanto, a diminuição de sua atividade em situação de inadequação de ambos os minerais, resulta em aumento dos radicais livres formados durante o metabolismo oxidativo e glicolítico (PEREIRA, 1994). Ainda com referência à produção de radicais livres, a ação da catalase, uma enzima antioxidante ferro-dependente, é essencial para a transformação de peróxido de hidrogênio em água, em ação conjunta com a SOD. Conseqüentemente, a inadequação nutricional em ferro resulta em diminuição da ação desta enzima, que vai gerar radical livre pela estimulação da reação de Haber-Weiss (GUTTERIDGE *et al.*, 1983 *apud* JOHNSON *et al.*, 1992).



O cobre está relacionado com o metabolismo de ferro por meio da enzima ferroxidase que catalisa a incorporação de  $\text{Fe}^{2+}$  na apotransferrina e apoferritina, removendo o  $\text{Fe}^{2+}$  da circulação, diminuindo a sua disponibilidade para participar de reações para formação de radicais livres.



**Reação de Fenton (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 1983 *apud* JOHNSON *et al.*, 1992)**

O estado inadequado em cobre pode, conseqüentemente, estimular tanto a reação de Fenton como a reação de Haber-Weiss para a geração de radicais livres.

A anemia por deficiência em ferro diminui a capacidade de trabalho por diminuir o transporte de oxigênio. Ressalta-se, porém, que esta deficiência pode ocorrer não somente por inadequação de ferro, mas também por inadequação do estado nutricional em cobre, mostrando a relação entre os nutrientes (WINZERLING e LAW, 1997).

Assim é que a manutenção do estado de nutrição desses minerais torna-se essencial para garantir um bom desempenho físico e especialmente, preservar o organismo de danos na sua maioria, evitáveis por uma nutrição adequada.

---

## **2. OBJETIVO**

Avaliar o estado de nutrição em ferro, cobre, zinco e magnésio em atletas de polo aquático feminino em diferentes situações de treinamento: no pré-competitivo, no destreinamento e no de treinamento.

### **2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar a adequação de ingestão dietética de magnésio, ferro, zinco e cobre, segundo as novas DRIs
- Identificar parâmetros bioquímicos que se associam com a ingestão dietética

---

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O protocolo deste estudo foi submetido aos Comitês de Ética da Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, do Instituto do Coração - Faculdade de Medicina USP e do Instituto de Pesquisa Energética e Nuclear (IPEN - CNEN/SP) (Anexo 1).

Todos os seus participantes, atletas e controles, receberam um convite formal e assinaram termo de consentimento e de responsabilidade (anexos 2, 3 e 4), após receberem informações sobre o estudo em todos os seus aspectos.

#### **3.1. CASUÍSTICA**

As participantes deste estudo foram classificadas em :

##### **3.1.1. ATLETA**

Este grupo foi constituído por atletas amadoras, praticantes de polo aquático, em fase pré competitiva e em diferentes períodos após a competição (em destreinamento - férias, e em treinamento de manutenção). As atletas representavam clubes filiados à Federação Aquática Paulista (FAP) e pertencentes à Seleção Brasileira de Polo Aquático.

Os campeonatos de que participaram ocorreram em julho de 1999 na Itália (Campeonato Mundial de Pólo Aquático Feminino) e em julho e agosto do mesmo ano, no Canadá (Jogos Pan-Americanos). As atletas foram convocadas para treinamento, cerca de 20 a 24 semanas antes dos campeonatos. Na metade do período de treino, foram selecionadas as melhores jogadoras para compor a equipe representante do Brasil nas competições.

Foram incluídas tanto as jogadoras que participaram da seleção brasileira como as que não foram convocadas, totalizando 26 jogadoras, cuja faixa etária variou de 17 a 31 anos.

Os critérios de exclusão considerados foram o uso de medicamentos e/ou suplementos nutricionais nas 72 horas que antecederem a coleta de sangue e durante o período de coleta dos demais dados; presença de doenças no período de levantamento de dados, desistência da atleta por motivos técnicos ou pessoais (exclusão do campeonato, dificuldades de envolvimento com o treino ou com o projeto em questão).

---

### **3.1.2. CONTROLE**

O grupo controle foi constituído por 21 mulheres da comunidade USP (estudantes de graduação e de pós-graduação e funcionárias) não praticantes de atividade física sistemática, cuja faixa etária variou de 17 a 30 anos de idade. Os critérios de exclusão considerados foram índice de massa corporal (IMC) maior ou igual a 28kg/m, VO<sub>2</sub> máximo menor que 70% do predito; prática de algum tipo de atividade física em frequência superior a 2 horas semanais ou ainda realizada por mais de 3 vezes na semana; hábito de fumar; artrite, dislipidemias ou presença de doenças no período de levantamento de dados, uso de medicamentos ou suplementos nutricionais nas 72 horas que antecederem a coleta de sangue e durante o período de coleta de todos os dados.

## **3.2. MATERIAL DE ENSAIO**

### **3.2.1. COLETA DE SANGUE**

As amostras de sangue das atletas foram coletadas, primeiramente, em período que antecedeu as competições, denominado pré-competitivo, representado por período de 210 dias de treinamento intenso. Neste período as atletas treinavam de 4 a 5 horas diárias durante 6 dias da semana (n=25). Em um segundo momento, denominado período de destreinamento, quando as atletas retornaram dos jogos e estavam em férias, cerca de 20 dias após a interrupção do treinamento intenso (n=8) e em terceiro momento, denominado de período de treinamento de manutenção, em torno de 60 dias após as atletas retornaram ao treinamento de manutenção da equipe e 120 dias após o término do período de competição (n=9).

Foram coletados, em cada fase, 25 mL de sangue das jogadoras, em jejum de no mínimo, 12 horas. Destes, 3 mL (com heparina) foram separados para a determinação de eritrograma; 5 mL (com citrato de sódio) para a determinação do zinco e do magnésio eritrocitários, 3 mL (com heparina) para análise da atividade da superóxido-dismutase e o restante colhido sem anti-coagulante, para obtenção de soro e armazenado em freezer (-70°C), até o momento da análise. As determinações no soro foram realizadas para: zinco, cobre, ferro, magnésio, ferritina e transferrina.

As amostras de sangue do grupo controle, coletadas cerca de 2 meses após a primeira coleta das atletas, foram submetidas as mesmas análises e procedimentos descritos para o grupo de atletas.

---

### 3.3. LAVAGEM DOS MATERIAIS UTILIZADOS

Toda a vidraria e os demais materiais utilizados para as determinações bioquímicas foram desmineralizados (HNO<sub>3</sub> 30% por 24 horas, enxaguados com água desionizada, 10 vezes) e secos em estufa a 37°C, para garantir a ausência de minerais (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

### 3.4. MÉTODOS

#### 3.4.1. AVALIAÇÃO DIETÉTICA DE MINERAIS DE ACORDO COM AS NOVAS DRIs

Para a avaliação da ingestão dos minerais Fe<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, utilizou-se a metodologia descrita nas novas recomendações nutricionais para minimizar os erros potenciais, considerando a ingestão individualmente (DRI, 2000).

Os cálculos são realizados a partir da seguinte fórmula:

$$\frac{D}{DP_D}$$

$D = I - EAR$ , onde:

$I$  = média de ingestão levantada a partir de registro alimentar (individual)

$EAR$  = é a necessidade média estimada para o nutriente

$$DP_D = \sqrt{\frac{DP_{EAR}^2 + DP_{ing}^2}{n}}, \text{Onde:}$$

$DP_{EAR}$  - desvio padrão da recomendação média diária de ingestão do nutriente, representando de 10 a 15% da estimativa da necessidade média para a maioria dos nutrientes.

$DP_{ing}$  - desvio padrão da média de ingestão que considera a variabilidade de ingestão de um mesmo indivíduo (variabilidade intra e inter-pessoal).

$n$  - número de dias de levantamento dietético (neste estudo, registro alimentar de 3 dias)



---

Assume-se que os nutrientes apresentam uma distribuição normal para a ingestão e as necessidades diárias. Para os nutrientes, cuja distribuição tende a ser assimétrica, como é o caso do zinco (ingestão diária) e do ferro (necessidade diária) o método não é aplicável. Para a avaliação desses dois minerais (Fe e Zn), adotamos a seguinte classificação com base nas definições estabelecidas nas próprias IDRs (DRI, 2000).

< EAR - inadequado

entre EAR-RDA - incerteza de adequação ou inadequação

≥ RDA - adequação

A associação da avaliação dietética com outros parâmetros de avaliação nutricional, como por exemplo, os bioquímicos, é sugerida para complementar essa avaliação (DRI, 2000) e a indicação de parâmetros bioquímicos no caso de minerais é de grande interesse. Assim é que, consideramos além dos dados de ingestão, os dados bioquímicos para a avaliação do estado nutricional nos minerais (Mg, Fe, Cu e Zn).

As concentrações séricas de magnésio, cobre e zinco e os parâmetros hematológicos obtidos no que consideramos período pré-competitivo, já avaliados em trabalho anterior (MARI, 2002), cuja metodologia e resultados encontram-se em apêndice, foram complementados por determinações de zinco e magnésio no eritrócito e atividade da superóxido-dismutase eritrocitária (Cu-Zn-SOD).

### **3.4.2. DETERMINAÇÃO DE ZINCO ERITROCITÁRIO**

#### **ATLETA E CONTROLE**

O zinco eritrocitário foi determinado pelo método descrito por WHITEHOUSE *et al.* (1982), com curva padrão diluída em solução de glicerol 3% e ácido nítrico 1%.

O padrão de zinco utilizado foi o Titrisol - 1g/L (Merck), considerando os seguintes pontos para a curva de calibração: 0,1; 0,2; 0,3; 0,5 e 1,0µg/mL e determinado por espectrofotometria de absorção atômica (Hitachi - Z 5000), nas seguintes condições:

- $\lambda$ : 213,9nm
- fenda: 0,9mm
- chama: ar acetileno.

---

O resultado foi apresentado em  $\mu\text{gZn/gHb}$ .

#### **PADRÃO INTERNO DE ZINCO ERITROCITÁRIO**

Como não há padrão certificado para o  $\text{Zn}^{2+}$  eritrocitário, a reprodutibilidade e a repetibilidade do ensaio foram determinados em um *pool* de eritrócitos hemolisados e armazenados a  $-70^{\circ}\text{C}$ . A exatidão foi determinada no mesmo *pool* pela análise de adição de padrões (Anexo 8).

#### **3.4.3. DETERMINAÇÃO DE MAGNÉSIO ERITROCITÁRIO**

##### **ATLETA E CONTROLE**

O magnésio eritrocitário foi determinado a partir de adaptação do método de WHITEHOUSE *et al.* (1982), considerando o estudo de DEUSTER *et al.* (1987), seguindo protocolo de validação desenvolvido em nosso laboratório (Anexo 8).

O padrão de  $\text{Mg}^{2+}$  utilizado foi o  $\text{MgCl}_2$  (Titrisol Merck), sendo considerados os seguintes pontos para a curva de calibração: 0,05; 0,075; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 e  $0,6\mu\text{g/mL}$ . A determinação do magnésio foi feita por espectrofotometria de absorção atômica (Hitachi, Z 5000), nas seguintes condições:

- 285,2nm
- fenda: 0,7mm
- chama: ar acetileno

#### **PADRÃO INTERNO DE MAGNÉSIO ERITROCITÁRIO**

Como não há padrão certificado para o  $\text{Mg}^{2+}$  eritrocitário, a reprodutibilidade e a repetibilidade do ensaio foram determinadas em um *pool* de eritrócitos hemolisados e armazenados a  $-70^{\circ}\text{C}$ . A exatidão foi determinada no mesmo *pool* pela análise de adição de padrões (Anexo 8).

O resultado foi apresentado em  $\mu\text{gMg/gHb}$ .

#### **3.4.4. DETERMINAÇÃO DE SUPERÓXIDO-DISMUTASE (SOD)**

##### **ATLETAS E CONTROLE**

Foi determinada pelo método descrito por MCCORD e FRIDOVICH (1969), que consiste em gerar ânion superóxido a partir de reação catalisada pela xantina-oxidase. Esta reação é acoplada à redução da citocromo-c-oxidase pelo  $\text{O}_2$ .

---

Citocromo c (c -7752 -Sigma)

Xantina-oxidase (x - 1875 - Sigma)

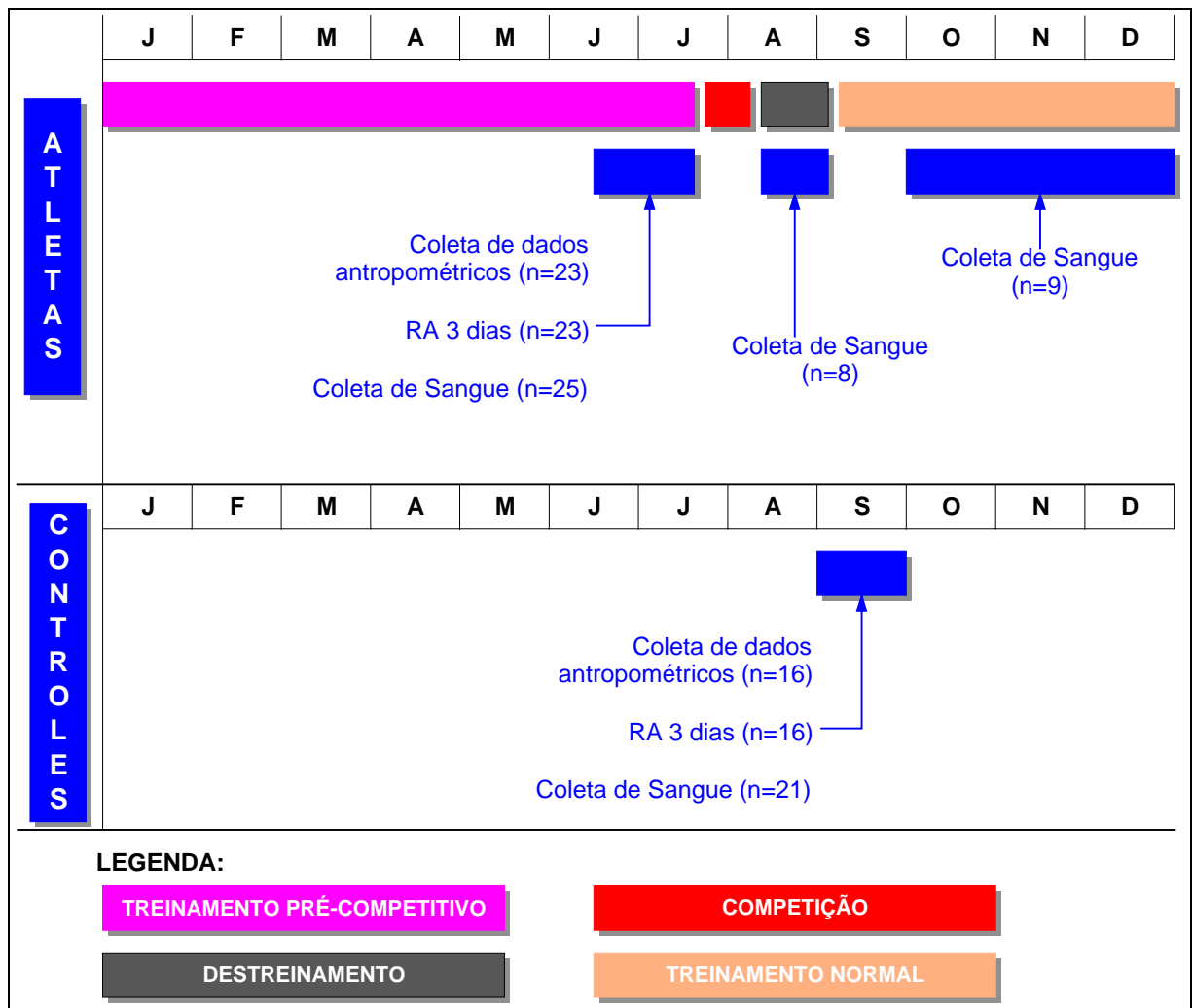
A leitura foi realizada em espectrofotômetro (Hitachi U-3210) nas seguintes condições:

- 550nm
- 25°C
- quantidade de xantina-oxidase ajustada para variação de absorbância de 0,030 e 0,025 por unidade de minuto (corresponde a uma inibição na velocidade de citocromo-c-oxidase pelo O<sub>2</sub> entre 20 e 40%).

O resultado foi apresentado em USOD/gHb.

Uma unidade (U) de SOD é definida como a quantidade de enzima que inibe 50% da reação de redução de citocromo-c-oxidase, por minuto, à 25°C e em pH 7,8.

### 3.5. ESQUEMA CRONOLÓGICO DE COLETAS DE DADOS



---

### **3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS RESULTADOS**

As análises estatísticas foram realizadas por aluno de graduação do curso de estatística do Instituto de Matemática e Estatística da USP, com coordenação e supervisão de um professor responsável.

#### **3.6.1. Programas Computacionais Utilizados**

Microsoft Excel for Windows, versão 2000

Microsoft Word for Windows, versão 2000

Minitab for Windows, versão 13

SPSS for Windows, versão 8

#### **3.6.2. Técnicas Estatísticas Utilizadas**

##### **3.6.2.1. Análise Inferencial**

O objetivo da análise inferencial é a comparação das concentrações médias de minerais no soro de mulheres do grupo polo e controle. Para verificar a suposição de normalidade utilizou-se o teste de ANDERSON-DARLING. Nos casos de não normalidade, utilizou-se o teste não-paramétrico de MANN-WHITNEY (CONOVER, 1980), enquanto que quando houve normalidade utilizou-se o teste t de STUDENT para amostras independentes (NETER *et al.*, 1996). Para verificar a suposição de igualdade de variâncias utilizou-se o teste de LEVENE (NETER *et al.*, 1996); quando as variâncias se mostraram diferentes, utilizou-se uma versão do teste t para variâncias desiguais.

##### **3.6.2.2. Estudo das Relações das Variáveis**

Para determinar a relação de algumas variáveis com outras, foi utilizado a técnica de regressão linear múltipla (NETER *et al.*, 1996). A correlação mede o efeito de dependência linear entre a variável denominada resposta e as variáveis denominadas explicativas, além de mostrar o sentido desta dependência.

- 
- ***Comparação da distribuição das atletas e das controles quanto a adequação de consumo alimentar para os minerais (ferro, cobre, zinco e magnésio)***

Com o objetivo de verificar a distribuição das atletas e das controles nas regiões de inadequação, incerteza e adequação de consumo alimentar. O teste utilizado foi o Teste Exato de FISHER (AGRESTI, 1990).

- ***Avaliação de associação entre a adequação alimentar e o parâmetro bioquímico***

Com o objetivo de verificar se a adequação alimentar de ferro, cobre, zinco e magnésio avaliada para atletas e controles a partir de registro alimentar de 3 dias, associou-se com o parâmetro bioquímico considerado para avaliar o estado de nutrição do mineral.

Para verificar a suposição de igualdade de variâncias utilizou-se o teste de LEVENE (NETER *et al.*, 1996); quando as variâncias se mostraram iguais foi utilizada a ANOVA de um fator (NETER *et al.*, 1996). Quando as variâncias foram diferentes, alternativamente utilizou-se o teste não-paramétrico de KRUSKAL-WALLIS (CONOVER, 1999).

- ***Comparação entre os parâmetros bioquímicos nos diferentes períodos de treinamento: pré-competitivo, destreinamento e treinamento de manutenção***

Com a finalidade de verificar se há uma diferença média dos parâmetros bioquímicos nas diferentes situações de treinamento dos atletas de polo aquático, foi ajustado um modelo de análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas (NETER *et al.*, 1996). Para verificar a suposição de igualdade de variâncias utilizou-se o teste de LEVENE (NETER *et al.*, 1996). A necessidade de se utilizar medidas repetidas vêm do fato de ser um estudo longitudinal pois na etapa de pré-competição foram avaliadas 25 atletas, na de destreinamento, 8, e na de treinamento de manutenção, 9; sendo que as atletas das últimas duas etapas foram as mesmas da primeira. Nos casos em que se detectou diferenças, foram realizados comparações múltiplas pelo método de BONFERRONI (NETER *et al.*, 1996).

- 
- ***Comparação do gasto energético obtido pelo método de BOUCHARD (1983) e pelo método FAO (1989) com o consumo energético obtido por meio de registro alimentar de 3 dias de atletas e de controles.***

Foi utilizado teste t de STUDENT (NETER *et al.*, 1996) para comparar as médias de consumo e de gasto energético, considerando o consumo energético a partir de registro alimentar de 3 dias e o gasto energético obtido tanto pelo método de BOUCHARD como pelo método FAO. O objetivo foi verificar qual dos métodos aplicados para a avaliação de gasto energético, seria melhor ajustado ao consumo energético de atletas e de controles.

- ***Comparação da concentração do mineral no soro e no eritrócito de atletas***

Foi utilizado o teste de correlação de Pearson (BUSSAB e MORETTIN, 2002), com o objetivo de avaliar a relação entre a concentração sérica e a eritrocitária de um determinado mineral nas diferentes situações de treinamento estudadas.

#### 4. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as concentrações de magnésio e de zinco eritrocitários (MgEr e ZnEr) e atividade da superóxido-dismutase eritrocitária (Cu/Zn-SOD) de atletas de polo aquático e de controles. O ZnEr foi significativamente menor para as atletas, enquanto que a atividade da Cu/Zn-SOD foi significativamente maior para este grupo.

**Tabela 1** - Concentração de zinco (ZnEr) e magnésio (MgEr) no eritrócito e atividade da superóxido-dismutase (Cu/Zn-SOD) de atletas de polo aquático feminino e de controles. Média (desvio-padrão), valores mínimo e máximo.

Grupo	ZnEr ( $\mu\text{gZn/gHb}$ )	MgEr ( $\mu\text{gMg/gHb}$ )	Cu/Zn-SOD (U/gHb)
<b>Atletas</b> n=25	<b>34,6</b> (5,4) <sup>a</sup> 21,6-45,5	<b>154,5</b> (17,6) <sup>a</sup> 126,8-190,7	<b>4739</b> (1559) <sup>a</sup> 2389 - 9228
<b>Controles</b> n=21	<b>37,3</b> (4,7) <sup>b</sup> 27,5-46,7	<b>148,6</b> (16,8) <sup>a</sup> 123,9-185	<b>3204</b> (912) <sup>b</sup> 1906 - 5422
<b>Valores considerados</b>	<b>42 (6)</b> <sup>1</sup>	<b>134 - 215</b> <sup>2</sup>	<b>2255 (303)</b> <sup>3</sup> <b>2996,3 (2110 - 4490)</b> <sup>4</sup>

Colunas com letras sobrescritas diferentes: com diferença estatística ( $p < 0,05$ )

<sup>1</sup>GIBSON (1990); <sup>2</sup>TIETZ (1990) *apud* (SARIS *et al.*, 2000); <sup>3</sup>BEUTLER (1984); <sup>4</sup>MILNE e JOHNSON (1993)<sup>1</sup>

A concentração de ZnEr e de MgEr e a atividade da Cu/Zn-SOD em mulheres não praticantes de atividade física e atletas é demonstrada na Tabela 1a. Verifica-se que poucos são os estudos que avaliam a concentração eritrocitária desses minerais em atletas do sexo feminino.



**Tabela 1a** - Concentração de zinco (ZnEr) e magnésio (MgEr) no eritrócito e atividade da superóxido-dismutase (Cu/Zn-SOD) de mulheres não praticantes de atividade física e de atletas do sexo feminino de várias modalidades esportivas.

<b>Estudo</b>	<b>ZnEr</b> <b>(µgZn/gHb)</b>	<b>Estudo</b>	<b>MgEr</b> <b>(µgZn/gHb)</b>	<b>Estudo</b>	<b>Cu/Zn-SOD</b> <b>(U/gHb)</b>
Este estudo atletas de polo aquático feminino (n=26) média (dp) Brasil	<b>34,6 (5,4)<sup>5</sup></b> 21,6-45,5	Este estudo atletas de polo aquático feminino (n=26) média (dp) Brasil	<b>154,5 (17,6)<sup>5</sup></b> 126,8-190,7	Este estudo atletas de polo aquático feminino (n=26) média (dp) Brasil	<b>4739 (1559)<sup>5</sup></b> 2389 - 9228
Este estudo controles (n=21) média (dp) Brasil	<b>37,3 (4,7)</b> 27,5-46,7	Este estudo controles (n=21) média (dp) Brasil	<b>148,6 (16,8)</b> 123,9-185	Este estudo controles (n=21) média (dp) Brasil	<b>3204 (912)</b> 1906 - 5422
<b>SINGH et al. (1990) Mulheres NT<sup>1</sup> (n=27) média (dp) USA</b>	<b>36,8 (5,7)</b>	<b>LUKASKI et al. (1996) Nadadoras 100mts (n=4) média (dp) USA</b>	<b>187(14)<sup>5</sup></b>	<b>COVAS et al. (1997) mulheres saudáveis (n=9) média (dp) Espanha</b>	<b>917 (158)</b>
<b>ABDALLAH e SAMMAN (1993) Mulheres saudáveis (n=6) média (dp) USA</b>	<b>37,5(6,4)</b>			<b>ABDALLAH e SAMMAN (1993) Mulheres saudáveis(n=6) média (dp) USA</b>	<b>2337 (127,4)</b>
<b>SINGH et al. (1990) Corredoras AT<sup>2</sup> (n=80) média (dp) USA</b>	<b>39,7(5,7)<sup>5</sup></b>			<b>MILNE e JOHNSON (1993) MNTH<sup>3</sup> (n=19) Média (intervalo mínimo e máximo) USA</b>	<b>2996,3</b> 2110 - 4490
				<b>MILNE e JOHNSON (1993) MCTH<sup>4</sup> (n=19) Média (intervalo mínimo e máximo) USA</b>	<b>3096,3</b> 2160 - 4830
				<b>LUKASKI et al. (1996) Nadadoras 100mts (n=4) média (dp) USA</b>	<b>5225 (248)<sup>5</sup></b>

<sup>1</sup>NT - mulheres não treinadas ; <sup>2</sup>AT - mulheres altamente treinadas; <sup>3</sup>MNTH - mulheres não utilizando terapia hormonal; <sup>4</sup>MCTH - mulheres com terapia hormonal; <sup>5</sup>resultado em atletas.

A tabela 2 apresenta o resultado da avaliação da ingestão de magnésio de atletas e de controles, a partir de registro alimentar de 3 dias, com base na metodologia descrita nas DRIs (DRI, 2000) e expresso como probabilidade de adequação ou inadequação. Observa-se que 71% (17/24) das atletas apresentaram de 85 a 98% de probabilidade de inadequação de ingestão deste mineral enquanto que 8% (2/24) apresentaram probabilidade de 85 a 98% para adequação de ingestão.

Dentre as controles, 38% (6/16) das controles apresentaram o mesmo intervalo de probabilidade para a inadequação e 24% (4/16) para a adequação de ingestão do mineral. A distribuição das atletas não mostrou diferença significativa em relação a distribuição das controles ( $p < 0,05$ ).

As demais encontram-se no que é considerado uma região de incerteza para adequação, 21% (5/24) das atletas e 38% (6/16) das controles.

**Tabela 2** - Comparação entre a distribuição de atletas de polo aquático feminino e de controles quanto a adequação da ingestão de magnésio, a partir de registro alimentar de 3 dias, de acordo com as novas DRIs (2000).

Grupo	Probabilidade de Inadequação 85 a 98%	70 - 50% Região de incerteza	Probabilidade de Adequação 85 a 98%
Atletas Total n=24	17/24 <sup>a</sup>	5/24 <sup>a</sup>	2/24 <sup>a</sup>
Controles Total n=16	6/16 <sup>a</sup>	4/16 <sup>a</sup>	6/16 <sup>a</sup>

Colunas com letras sobrescritas iguais: sem diferença estatística (<sup>a,a</sup>) ( $p < 0,05$ )

Na tabela 2a, observa-se que tanto para as atletas como para as controles não houve associação entre a ingestão e a concentração dos parâmetros bioquímicos determinados para a avaliação do estado de nutrição no mineral.

**Tabela 2a** - Distribuição de atletas de polo aquático feminino e de controles quanto a adequação da ingestão de magnésio, a partir de registro alimentar de 3 dias, de acordo com as novas DRIs (2000) e a concentração de magnésio eritrocitário - MgEr e de magnésio sérico - MgS. Média (desvio-padrão), valores mínimo e máximos.

<b>Variáveis</b>	<b>Probabilidade de Inadequação 85 a 98%</b>	<b>70 - 50% Região de incerteza</b>	<b>Probabilidade de Adequação 85 a 98%</b>
<b>MgEr (µgMg/gHb)</b>			
<b>Atletas</b>	<b>154 (19)<sup>a</sup></b> 127 - 179	<b>161 (19)<sup>a</sup></b> 139 - 191	<b>161 (5)<sup>a</sup></b> 157 - 164
<b>Controles</b>	<b>145 (15)<sup>a</sup></b> 124 - 170	<b>140 (7)<sup>a</sup></b> 131 - 151	<b>139 (11)<sup>a</sup></b> 127 - 154
<b>Média (dp)</b>			
<b>MgS (mg/dL)</b>			
<b>Atletas</b>	<b>1,91 (0,21)<sup>a</sup></b> 1,60 - 2,30	<b>1,88 (0,11)<sup>a</sup></b> 1,70 - 2,00	<b>1,65 (0,07)<sup>a</sup></b> 1,60 - 1,70
<b>Controles</b>	<b>2,00 (0,28)<sup>a</sup></b> 1,70 - 2,40	<b>1,97 (0,19)<sup>a</sup></b> 1,80 - 2,20	<b>2,05 (0,33)<sup>a</sup></b> 1,60 - 2,30
<b>Média (dp)</b>			

Linhas com letras sobrescritas iguais: sem diferença estatística (<sup>a,a</sup>) (p<0,05)

A tabela 3 apresenta o resultado de ingestão de cobre de atletas e de controles, considerando a mesma metodologia aplicada para o Mg, DRIs (DRI, 2000). Observou-se que 1 das atletas apresentou probabilidade de inadequação para a ingestão de cobre.

A maioria das atletas encontraram-se entre a região de incerteza para a ingestão, 50% (12/24) e de probabilidade de 85 a 98% para adequação da ingestão, 46% (11/24). Das controles, mais da metade delas, 81% (13/16) apresentaram probabilidade de adequação para a ingestão de Cu (85 a 98% de probabilidade), enquanto que as demais encontraram-se em região de incerteza para a adequação, 19% (3/16). As controles encontraram-se significativamente mais concentradas em região de probabilidade de 85 a 98% para adequação de ingestão, comparadas com a distribuição das atletas (p<0,05).

**Tabela 3** - Comparação entre a distribuição de atletas de polo aquático feminino e de controles quanto a adequação da ingestão de cobre a partir de registro alimentar de 3 dias, de acordo com as novas DRIs (2000).

<b>Grupo</b>	<b>Probabilidade de Inadequação 85 a 98%</b>	<b>70 - 50% Região de incerteza</b>	<b>Probabilidade de Adequação 85 a 98%</b>
Atletas Total n=24	1/24 <sup>a</sup>	12/24 <sup>a</sup>	11/24 <sup>a</sup>
Controles Total n=16	0/16	3/16 <sup>b</sup>	13/16 <sup>b</sup>

Colunas com letras sobreescritas diferentes: com diferença estatística (<sup>a,b</sup>) p<0,05)

Observa-se pela Tabela 3a que, apesar de ser verificado uma tendência para aumento da concentração dos parâmetros bioquímicos utilizados para o cobre (Cu/Zn-SOD e CuS) com o aumento da ingestão dietética, não houve correlação significativa entre eles.

**Tabela 3a** - Distribuição de atletas de polo aquático feminino e de controles quanto a adequação da ingestão de cobre a partir de registro alimentar de 3 dias, de acordo com as novas DRIs (2000) e atividade da superóxido dismutase -SOD (U/gHb) e concentração de cobre sérico - CuS ( $\mu\text{g/dL}$ ) correspondente. Média (desvio-padrão), valores mínimo e máximos.

<b>Grupo</b>	<b>Probabilidade de Inadequação 85 a 98%</b>	<b>70 - 50% Região de incerteza</b>	<b>Probabilidade de Adequação 85 a 98%</b>
<b>SOD (U/gHb)</b>			
<b>Atletas</b>	<b>3154<sup>a</sup></b>	<b>4780 (1355)<sup>a</sup></b> 2930 - 7890	<b>5003 (1778)<sup>a</sup></b> 2389 - 9228
<b>Controles</b>	-	<b>2977 (1247)<sup>a</sup></b> 1949 - 4364	<b>3266 (949)<sup>a</sup></b> 1906 - 5422
Média (dp)			
<b>CuS (<math>\mu\text{g/dL}</math>)</b>			
<b>Atletas</b>	<b>119<sup>a</sup></b>	<b>97 (12)<sup>a</sup></b> 76 - 115,3	<b>102 (29)<sup>a</sup></b> 78,2 - 169,7
<b>Controles</b>	-	<b>67 (10)<sup>a</sup></b> 55,1 - 73,9	<b>137 (51)<sup>a</sup></b> 53,2 - 203,9
média (dp)			

Linhas com letras sobrescritas iguais: sem diferença estatística (<sup>a,a</sup>) ( $p < 0,05$ )

Nas tabelas 4, 4a, 5 e 5a encontram-se a adequação para a ingestão de Zn e de Fe de atletas e de controles, considerando como pontos de corte os valores de EAR e RDA para as faixas etárias das participantes, uma vez que a metodologia de ajuste estatístico (DRI, 2000) não pode ser aplicada nem para o zinco, devido ao coeficiente de variação (CV) da ingestão ser maior que 60% e nem para o ferro porque a curva de distribuição de necessidade do mineral é assimétrica.

A distribuição de adequação para a ingestão de zinco em atletas e em controles, encontra-se na tabela 4. Considerando maior probabilidade para a inadequação uma ingestão de Zn < EAR, verifica-se que 29% (7/24) das atletas e somente 6% (1/16) das controles estavam com maior probabilidade para a inadequação. 50%(12/24) e 38%(6/16) de atletas e controles apresentaram ingestão acima da RDA, portanto consideradas com maior probabilidade para a adequação. Verifica-se que 21% (5/24) das atletas e 56% (9/16) das controles encontraram-se em região de incerteza para a adequação de ingestão, aqui considerada entre a EAR e a RDA. Verificou-se que atletas consumiram maior quantidade de zinco dietético do que controles ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 4** - Comparação entre a distribuição da ingestão de zinco de atletas de polo aquático feminino e de controles, a partir de registro alimentar de 3 dias, considerando pontos de corte os valores de EAR e RDA para a idade e sexo.

<b>Grupo</b>	<b>&lt;EAR*</b>	<b>EAR-RDA</b>	<b>≥RDA*</b>
Atletas Total n=24	7/24 <sup>a</sup>	5/24 <sup>a</sup>	12/24 <sup>a</sup>
Controles Total n=16	1/16 <sup>b</sup>	9/16 <sup>b</sup>	6/16 <sup>b</sup>

EAR - Estimated Average Requirement (DRI, 2001)

RDA - Recommended Dietary Allowances (DRI, 2001)

Colunas com letras sobrescritas diferentes: com diferença estatística (<sup>a,b</sup>) (p<0,05)

Não foi verificada associação entre concentração dos parâmetros bioquímicos considerados para a avaliação do estado de nutrição em zinco e a ingestão dietética do mineral (tabela 4a).

**Tabela 4a** - Distribuição da ingestão de zinco de atletas de polo aquático feminino e de controles, a partir de registro alimentar de 3 dias, considerando pontos de corte os valores de EAR e RDA para a idade e sexo e concentração de zinco eritrocitário - ZnEr, zinco sérico - ZnS e de atividade de superóxido dismutase - SOD. Média (desvio-padrão), valores mínimos e máximos.

Variáveis	<EAR*	EAR-RDA	≥RDA*
<b>ZnEr (µgZn/gHb)</b>			
<b>Atletas</b>	<b>34 (94)<sup>a</sup></b> 27 - 41	<b>35 (9)<sup>a</sup></b> 22 - 46	<b>34 (5)<sup>a</sup></b> 27 - 41
<b>Controles</b>	<b>39<sup>a</sup></b>	<b>38 (4)<sup>a</sup></b> 32 - 47	<b>36 (5)<sup>a</sup></b> 28 - 41
Média (dp)			
<b>Zn sérico (µg/dL)</b>			
<b>Atletas</b>	<b>98 (29)<sup>a</sup></b> 57 - 137	<b>134 (28)<sup>a</sup></b> 106 - 172	<b>98 (32)<sup>a</sup></b> 66 - 186
<b>Controles</b>	<b>108<sup>a</sup></b>	<b>126 (38)<sup>a</sup></b> 80 - 179	<b>121 (44)<sup>a</sup></b> 63 - 172
Média (dp)			
<b>SOD (U/gHb)</b>			
<b>Atletas</b>	<b>3934 (767)<sup>a</sup></b> 2930 - 5029	<b>5055 (1652)<sup>a</sup></b> 3731 - 7890	<b>5229 (1724)<sup>a</sup></b> 2389 - 9228
<b>Controles</b>	<b>1949<sup>a</sup></b>	<b>3575 (988)<sup>a</sup></b> 2341 - 5422	<b>2876 (755)<sup>a</sup></b> 1906 - 4165
Média (dp)			

EAR - Estimated Average Requirement (DRI, 2001)

RDA - Recommended Dietary Allowances (DRI, 2001)

Linhas com letras sobrescritas iguais: sem diferença estatística (<sup>a,a</sup>) - (p<0,05)

Considerando maior probabilidade para a inadequação uma ingestão de Fe < EAR, verificamos que 8% (2/24) das atletas encontraram-se nesta classificação, enquanto que nenhuma das controles ingeriram abaixo da EAR. 25%(6/24) e 6%(1/16) das atletas e das controles apresentaram ingestão acima da RDA, portanto consideradas com maior probabilidade para a adequação. A maioria, tanto de atletas como de controles, 67% (16/24) e 94% (15/16), respectivamente, encontraram-se em região de incerteza para adequação de ingestão, aqui considerada entre a EAR e a RDA (Tabela 5). Não houve diferença significativa na distribuição da ingestão de ferro entre atletas e controles (p<0,05).

**Tabela 5** - Comparação entre a distribuição da ingestão de ferro de atletas de polo aquático feminino e de controles, a partir de registro alimentar de 3 dias, considerando pontos de corte os valores de EAR e RDA para a idade e sexo .

<b>Grupo</b>	<b>&lt;EAR*</b>	<b>EAR-RDA</b>	<b>≥RDA*</b>
Atletas Total n=24	2/24 <sup>a</sup>	16/24 <sup>a</sup>	6/24 <sup>a</sup>
Controles Total n=16	0/16	15/16 <sup>a</sup>	1/16 <sup>a</sup>

EAR - Estimated Average Requirement (DRI, 2001)

RDA - Recommended Dietary Allowances (DRI, 2001)

Colunas com letras sobrescritas iguais: sem diferença estatística (<sup>a,a</sup>) (p<0,05)

A associação dos parâmetros hematológicos considerados para a avaliação do estado de nutrição em ferro não mostrou nenhuma associação com a ingestão dietética deste mineral, em ambos os grupos (Tabela 5a).



**Tabela 5a** - Distribuição da ingestão de ferro de atletas de polo aquático feminino e de controles, a partir de registro alimentar de 3 dias, considerando pontos de corte os valores de EAR e RDA para a idade e sexo e concentração de ferritina sérica - FER, de ferro sérico - FeS, de hemoglobina - Hb e porcentagem de saturação de transferrina - %ST - Média (desvio-padrão), valores mínimos e máximos).

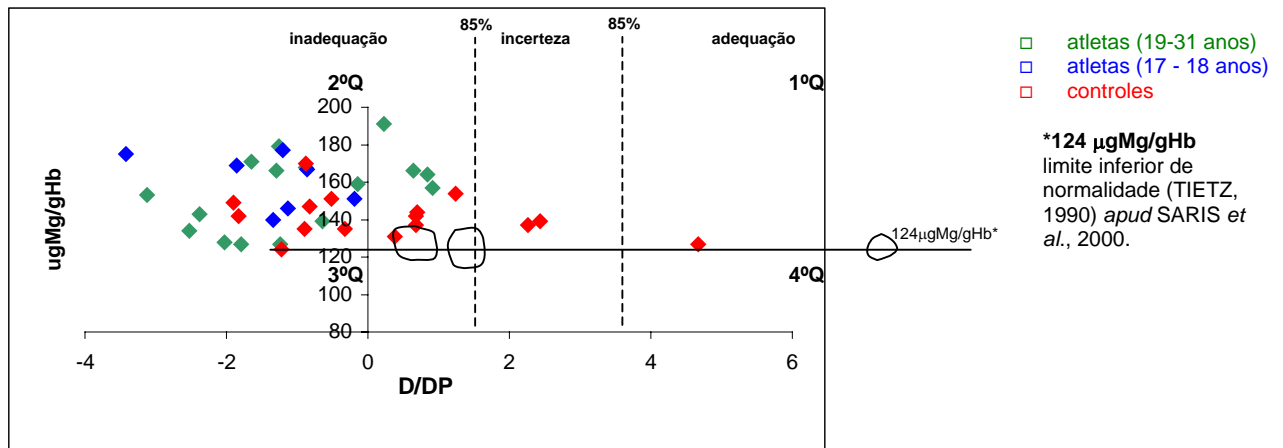
Variáveis	<EAR*	EAR-RDA	≥RDA*
<b>Hb (g/dL)</b>			
<b>Atletas</b>	<b>12,8 (1,3)<sup>a</sup></b> 11,8 - 13,7	<b>13,9 (0,6)<sup>a</sup></b> 13 - 15,3	<b>13,6 (0,8)<sup>a</sup></b> 12,7 - 14,8
<b>Controles</b> Média (dp)	-	<b>13 (1,4)<sup>a</sup></b> 10 - 14,7	<b>12,7<sup>a</sup></b>
<b>FER (ng/mL)</b>			
<b>Atletas</b>	<b>26 (18)<sup>a</sup></b> 13 - 39	<b>32 (15)<sup>a</sup></b> 11 - 79	<b>28 (19)<sup>a</sup></b> 7 - 56
<b>Controles</b> Média (dp)	-	<b>26 (36)<sup>a</sup></b> 3 - 143	<b>64<sup>a</sup></b>
<b>FeS (µg/dL)</b>			
<b>Atletas</b>	<b>85 (25)<sup>a</sup></b> 67 - 102	<b>104 (35)<sup>a</sup></b> 31 - 150	<b>87 (33)<sup>a</sup></b> 38 - 120
<b>Controles</b> Média (dp)	-	<b>84 (40)<sup>a</sup></b> 28 - 165	<b>84<sup>a</sup></b>
<b>%ST</b>			
<b>Atletas</b>	<b>26 (11)<sup>a</sup></b> 18 - 34	<b>33 (12)<sup>a</sup></b> 15 - 51	<b>23 (8)<sup>a</sup></b> 8 - 31
<b>Controles</b> Média (dp)	-	<b>23 (18)<sup>a</sup></b> 6 - 78	<b>23<sup>a</sup></b>

EAR - Estimated Average Requirement (DRI, 2001)

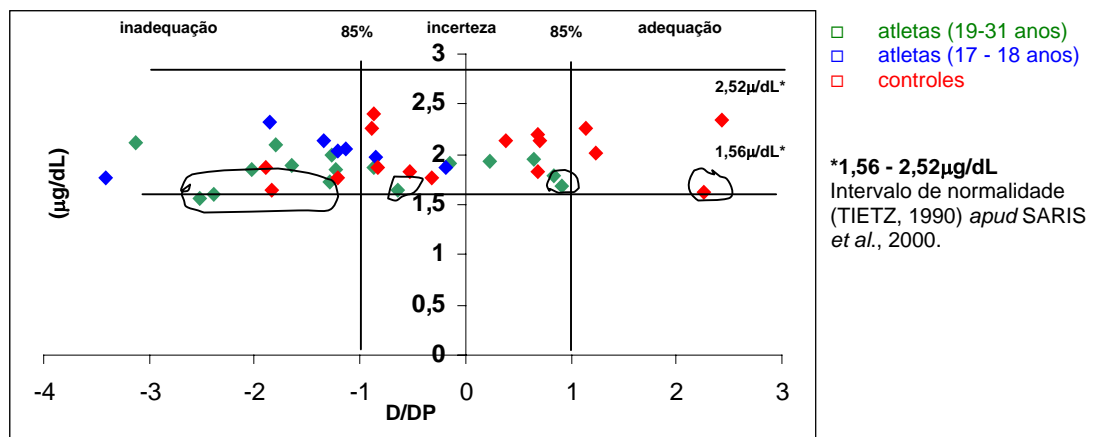
RDA - Recommended Dietary Allowances (DRI, 2001)

Linhas com letras sobrescritas iguais: sem diferença estatística (<sup>a,a</sup>) (p<0,05)

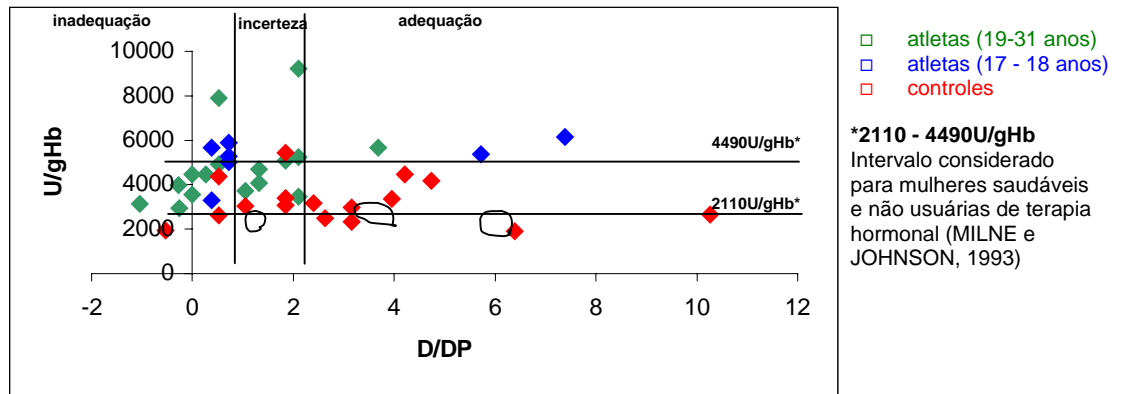
Os gráficos abaixo, foram utilizados com o objetivo de possibilitar melhor visualização da relação entre o parâmetro bioquímico e a ingestão dietética do nutriente (Gráficos 1 a 9).



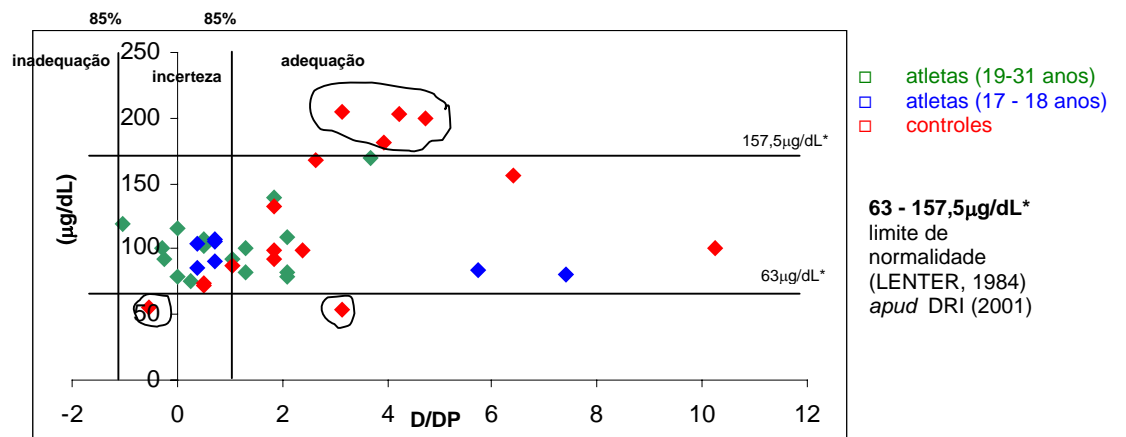
**Gráfico 1** - Adequação da ingestão dietética de magnésio (mg/dia) e concentração média de magnésio eritrocitário ( $\mu\text{gMg/gHb}$ ) em atletas de polo aquático ( $n=24$ ) e em controles ( $n=16$ ).



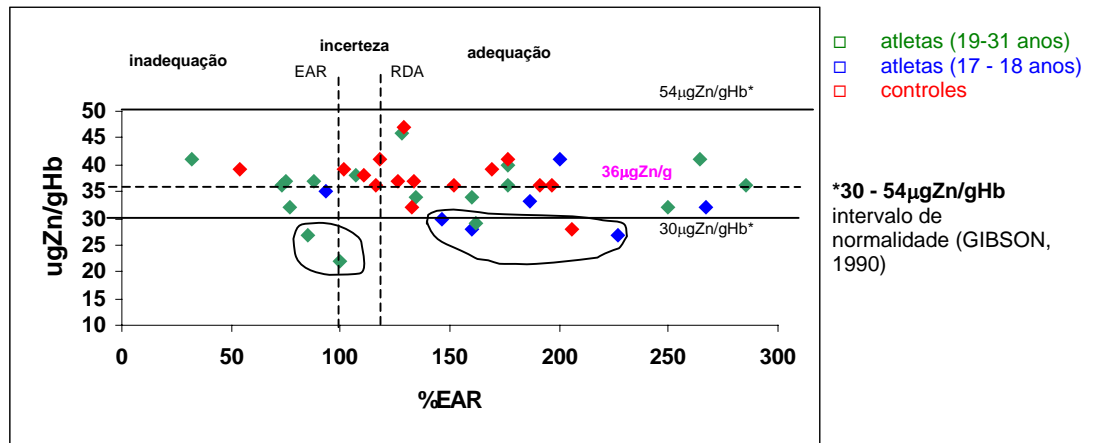
**Gráfico 2** - Adequação da ingestão dietética de magnésio (mg/dia) e concentração média de magnésio sérico ( $\mu\text{g/dL}$ ) em atletas de polo aquático ( $n=24$ ) e em controles ( $n=16$ ).



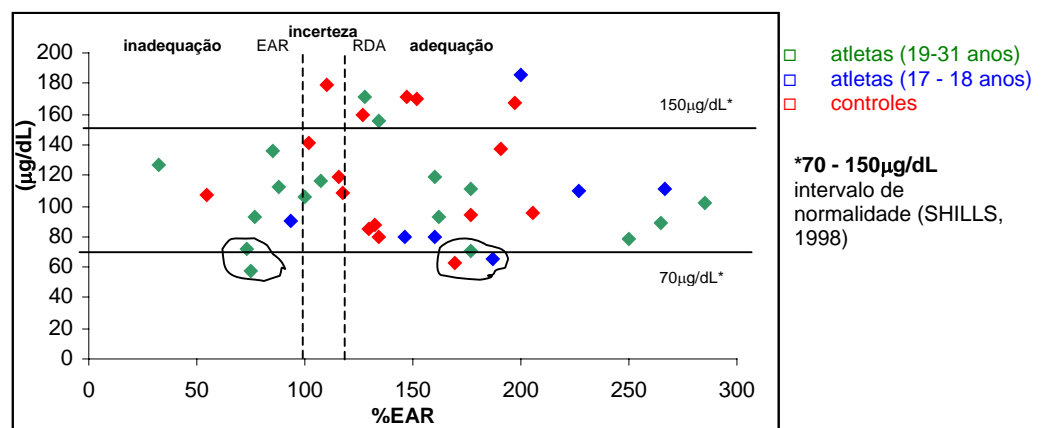
**Gráfico 3** - Adequação da ingestão dietética de cobre (mg/dia) e atividade média de superóxido dismutase (U/gHb) em atletas de polo aquático (n=24) e em controles (n=16).



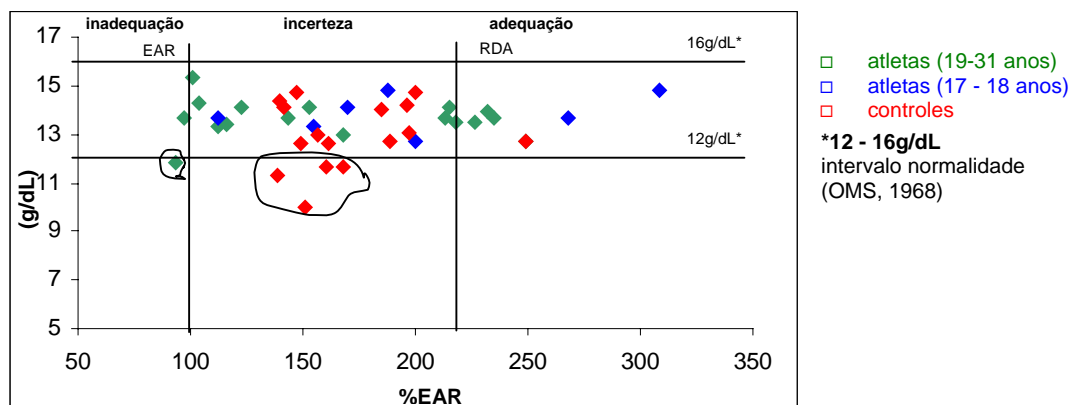
**Gráfico 4** - Adequação da ingestão dietética de cobre (mg/dia) e concentração média de cobre sérico (µg/dL) em atletas de polo aquático (n=24) e em controles (n=16).



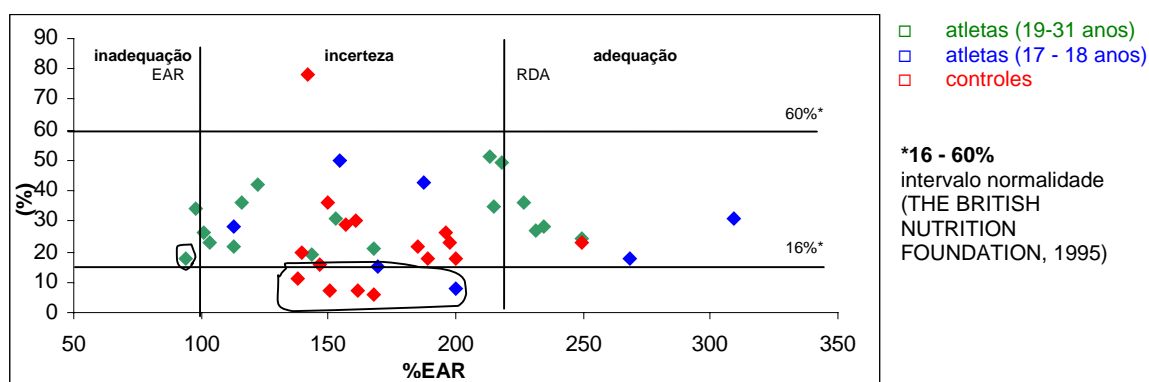
**Gráfico 5** - Adequação da ingestão dietética de zinco (mg/dia) e concentração média de zinco eritrocitário ( $\mu\text{gZn/gHb}$ ) em atletas de polo aquático ( $n=24$ ) e em controles ( $n=16$ ).



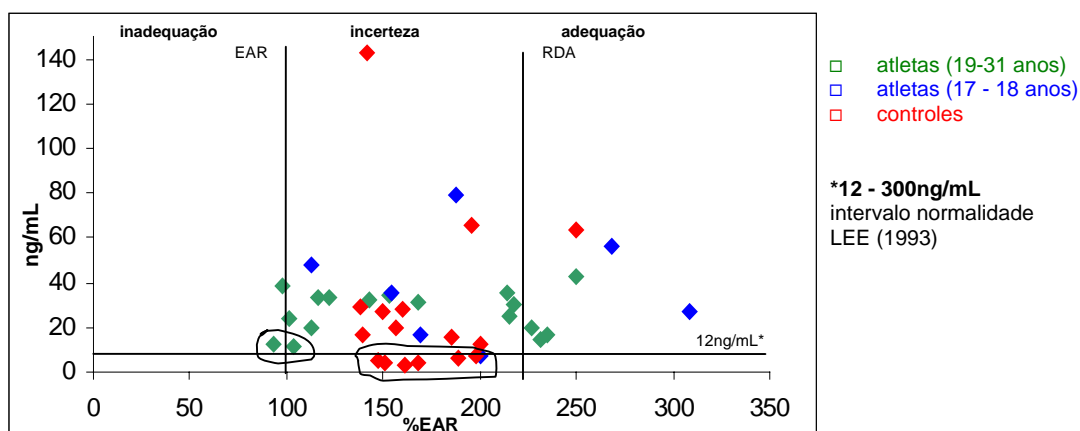
**Gráfico 6** - Adequação da ingestão dietética de zinco (mg/dia) e concentração média de zinco sérico ( $\mu\text{g/dL}$ ) em atletas de polo aquático ( $n=24$ ) e em controles ( $n=16$ ).



**Gráfico 7** - Adequação da ingestão dietética de ferro (mg/dia) e concentração média de hemoglobina (g/dL) em atletas de polo aquático (n=24) e em controles (n=16).



**Gráfico 8** - Adequação da ingestão dietética de ferro (mg/dia) e porcentagem de saturação da transferrina (%St) em atletas de polo aquático (n=24) e em controles (n=16).



**Gráfico 9** - Adequação da ingestão dietética de ferro (mg/dia) e concentração média de ferritina sérica (ng/mL) em atletas de polo aquático (n=24) e em controles (n=16).

## AVALIAÇÕES BIOQUÍMICAS NAS DIFERENTES SITUAÇÕES DE TREINAMENTO

A Tabela 6 mostra o resultado da relação entre as variáveis estudadas para atletas de polo aquático e controles. Em relação ao CuS, verificou-se que a concentração média de CuS de atletas mais controles foi de 109mg e o aumento estimado para cada mg/dia de cobre consumido correspondeu a um aumento de 17,9µg/dL de cobre no soro. Quanto ao MgEr x VO<sub>2max</sub>, verificou-se que o MgEr médio foi de 153mL/kg/min para atletas mais controles e o aumento de uma unidade no VO<sub>2max</sub> representou um aumento de 1,16µgMg/gHb. A relação entre SOD x VO<sub>2max</sub>, mostrou que a atividade média da Cu/Zn-SOD para atletas mais controles foi de 4302U/gHb e o aumento de uma unidade de VO<sub>2max</sub> correspondeu a um aumento estimado de 151U/gHb.

**Tabela 6** - Teste de regressão linear múltipla entre as variáveis do estudo (atletas e controles).

Variáveis			
Resposta	Explicativa	Equação	p
CuS	Consumo de Cu	$CuS=109+17,9(consCu- consCu)$	0,017
MgEr	VO <sub>2max</sub>	$MgEr=153+1,16(\overline{VO_{2max}} - VO_{2max})$	0,010
SOD	VO <sub>2max</sub>	$SOD=4302+151(\overline{VO_{2max}} - VO_{2max})$	0,000

p<0,05

A tabela 7 mostra os resultados dos parâmetros bioquímicos determinados para a avaliação do efeito das diferentes situações de treinamento no estado de nutrição em cobre. Verifica-se que atividade da superóxido-dismutase (Cu/Zn-SOD)

---

foi significativamente maior no pré-competitivo, 4739(1559)U/gHb, comparado ao no destreino, 2135(1245)U/gHb, média(dp), enquanto que a atividade da SOD no treinamento de manutenção não foi diferente estatisticamente da dos períodos pré-competitivo e de destreino (figura 1).

Em relação a concentração de cobre sérico, verifica-se que não houve diferença significativa entre os diferentes períodos estudados, porém, pode-se observar tendência a valores diminuídos no período de destreino.

**Tabela 7** - Atividade de superóxido-dismutase eritrocitária - Cu/Zn-SOD e cobre sérico - CuS em atletas de polo aquático feminino em períodos de treinamento pré-competitivo, de destreino e de treinamento de manutenção e em controles. Média (desvio-padrão), valores mínimo e máximo.

Períodos	t (dias)*	Cu/Zn-SOD (U/gHb)	CuS <sup>2</sup> (µg/dL)
<b>Pré-competitivo<sup>1</sup></b> n=25	<b>210</b>	<b>4739 (1559)<sup>a</sup></b> 2389 - 9228	<b>100,3 (20,8)<sup>a</sup></b> 75,6-169,7
<b>Destreino</b> n=8	<b>20</b>	<b>2135 (1245)<sup>b</sup></b> 613 - 4001	<b>106,8 (33,0)<sup>a</sup></b> 78,5-185,4
<b>Treinamento</b> manutenção n =9	<b>60</b>	<b>4296 (967)<sup>a,b</sup></b> 2907 - 5602	<b>91,0 (17,0)<sup>a</sup></b> 70,4-129
<b>Controle<sup>1</sup></b> n =21	-	<b>3204 (912)<sup>a</sup></b> 1906 - 5422	<b>129,4 (53,1)<sup>a</sup></b> 53,2- 203,9
<b>Valor considerado</b>		<b>2255 (303)<sup>3</sup></b> <b>2996,3 (2110 - 4490)<sup>4</sup></b>	<b>80 - 155<sup>5</sup></b> <b>63 - 157,5<sup>6</sup></b>

Colunas com letras sobrescritas diferentes: com diferença estatística (<sup>a,b</sup>) p<0,05)

<sup>1</sup> comparação - atletas período pré-competitivo x controles

<sup>2</sup>CuS: dados obtidos a partir de estudo de MARI (2002)

<sup>3</sup>BEUTLER (1984); <sup>4</sup>MILNE e JOHNSON (1993)

<sup>5</sup>GIBSON (1990); <sup>6</sup>LENTER (1984) *apud* DRI (2001)

<sup>2</sup>Fonte: MARI (2002)

\* **data de coleta em relação ao início de cada período (pré, destreino ou manutenção)**

A concentração de MgEr e de MgS nas diferentes situações de treinamento encontra-se na Tabela 8. Não houve diferença significativa entre os períodos, 154,5(17,6) x 151,4(16,2) x 160,1(20,0)µgMg/gHb, média (dp), respectivamente para períodos pré-competitivo, destreino e treinamento de manutenção. Observou-



se, porém, tendência a valores menores de MgEr no período de destreino em relação aos demais. O MgS não foi alterado em nenhum dos períodos estudados.

**Tabela 8** - Magnésio eritrocitário- MgEr e magnésio sérico - MgS em atletas de polo aquático feminino em períodos de treinamento pré-competitivo, de destreino e de treinamento de manutenção e em controles. Média (desvio-padrão), valores mínimo e máximo.

Períodos	t *	MgEr ( $\mu\text{gMg/gHb}$ )	MgS <sup>2</sup> (mg/dL)
<b>Pré-competitivo<sup>1</sup></b> n=25	<b>210</b>	<b>154,5 (17,6)<sup>a</sup></b> 126,8-190,7	<b>1,88 (0,19)<sup>a</sup></b> 1,6-2,3
<b>Destreino</b> n=8	<b>20</b>	<b>151,4 (16,2)<sup>a</sup></b> 126,4-176,5	<b>1,85 (0,26)<sup>a</sup></b> 1,41-2,27
<b>Treinamento</b> manutenção n=9	<b>60</b>	<b>160,1 (20)<sup>a</sup></b> 127,1-184,5	<b>1,91 (0,16)<sup>a</sup></b> 1,66-2,21
<b>Controles<sup>1</sup></b> n=21	-	<b>148,6 (16,8)<sup>a</sup></b> 123,9 - 185	<b>1,99 (0,23)<sup>a</sup></b> 1,66-2,21
<b>Valor considerado</b>		<b>134 - 215<sup>3</sup></b>	<b>1,56 - 2,52<sup>3</sup></b>

Colunas com letras sobscritas iguais: sem diferença estatística (<sup>a,a</sup>) ( $p < 0,05$ )

<sup>1</sup> comparação atletas período pré-competitivo x controles

<sup>3</sup> TIETZ (1990) *apud* SARIS *et al.* (2000)

Fonte: MARI (2002)

<sup>2</sup> MgS: dados obtidos a partir de estudo de MARI (2002)

\* data de coleta em relação ao início de cada período (pré, destreino ou manutenção)

Na tabela 9 verifica-se a concentração de ZnEr e de ZnS nos diferentes períodos de treinamento. Não foi encontrada diferença significativa entre eles,

34,6(5,4) x 33,8(6,8) x 38,1(3,5)µgZn/gHb, respectivamente para pré-competitivo, destreino e treinamento de manutenção.

No destreino ocorreu tendência a valores de ZnEr menor em relação aos demais períodos. Quanto ao ZnS não houve diferença entre os períodos estudados, 104,8 (32,0) x 116,1(39,3) x 148,2(83)µg/dL.

**Tabela 9** - Zinco eritrocitário- ZnEr e zinco sérico - ZnS em atletas de polo aquático feminino em períodos de treinamento pré-competitivo, de destreino e de treinamento de manutenção e controles. Média (desvio-padrão), valores mínimo e máximo.

Períodos	t* (dias)	ZnEr (µgZn/gHb)	ZnS <sup>2</sup> (µg/dL)
<b>Pré-competitivo<sup>1</sup></b> n=25	<b>210</b>	<b>34,6 (5,4)<sup>a</sup></b> 21,6-45,5	<b>104,8 (32,0)<sup>a</sup></b> 57,1-185,6
<b>Destreino</b> n=8	<b>20</b>	<b>33,8 (6,8)<sup>a</sup></b> 22,8-44,7	<b>116,1 (39,3)<sup>a</sup></b> 74,4-197
<b>Treinamento</b> manutenção n=9	<b>60</b>	<b>38,1 (3,5)<sup>a</sup></b> 32,8-44,2	<b>148,2 (83,0)<sup>a</sup></b> 94,1-358
<b>Controles<sup>1</sup></b> N=21	-	<b>37,3 (4,7)<sup>b</sup></b> 27,5 - 46,7	<b>117,7 (35,2)<sup>a</sup></b> 63,1 - 179
<b>Valor considerado</b>		<b>42 (6)</b> <b>30 - 54<sup>3</sup></b>	<b>70 - 150<sup>4</sup></b>

Colunas com letras sobrescritas diferentes: com diferença estatística (<sup>a,b</sup>) (p<0,05)

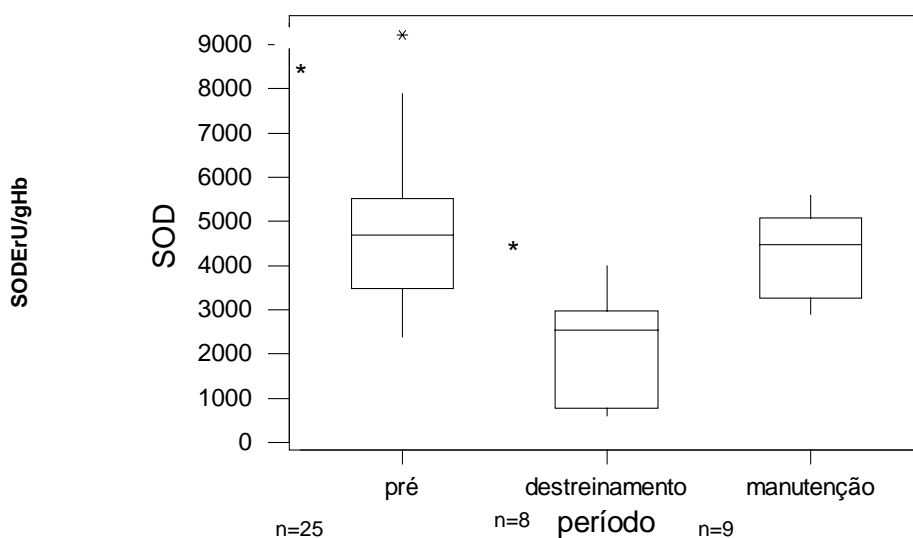
<sup>1</sup> comparação atletas período pré-competitivo x controles

<sup>2</sup>ZnS: dados obtidos a partir de estudo de MARI (2002)

<sup>3</sup>dois desvios-padrão da concentração média considerada 42 (6) µgZn/gHb (GIBSON, 1990); <sup>4</sup>SHILLS (1998);

\* data de coleta em relação ao início de cada período (pré, destreino ou manutenção)

A figura 1 ilustra o efeito do treinamento de atletas de polo aquático feminino na atividade da Cu/Zn-SOD.



**Figura 1-** Atividade da superóxido-dismutase (U/gHb) em diferentes situações de treinamento (pré-competitivo, destreino e treinamento de manutenção) de atletas de polo aquático feminino. Mediana e quartis. \*asterisco: diferença ( $p < 0,05$ )

A tabela 10 mostra os resultados das determinações de ferritina sérica (FER), ferro sérico (FeS), hemoglobina (Hb) e porcentagem de saturação de transferrina em diferentes situações de treinamento.

A comparação dos resultados médios mostra que o tipo de treinamento não alterou significativamente a concentração de FER, 29,8(15,5) x 35,4(10,6) x 35,2(22,6)ng/mL, média (dp) e de FeS (96,5(33,4) x 86,1(29,5) x 90,2 (24,3)μg/dL, respectivamente para períodos de pré, de destreino e de manutenção. Entretanto, a concentração de Hb foi significanemente menor no treinamento de manutenção comparado ao pré-competitivo, 13,4(0,8) x 13,7(0,8)g/dL, respectivamente; enquanto

---

que a %ST apresentou-se significativamente menor no destreino comparado ao pré-competitivo, 26,4(10,5) x 30,0(11,1)%, respectivamente.

**Tabela 10** - Parâmetros hematológicos (ferritina sérica-FER, ferro sérico-FeS, hemoglobina-Hb e porcentagem de saturação de transferrina - ST em atletas de polo aquático feminino em períodos de treinamento pré-competitivo, de destreinamento e de treinamento de manutenção e de controles. Média (desvio-padrão), valores mínimo e máximo.

Períodos	t* (dias)	Ferritina (ng/mL)	FeS** (µg/dL)	Hb (g/dL)	ST (%)
<b>Pré-competitivo<sup>1</sup></b> n=25	<b>210</b>	<b>29,8 (15,5)<sup>a</sup></b> 7 - 79	<b>96,5 (33,4)<sup>a</sup></b> 31 - 150	<b>13,7 (0,8)<sup>a</sup></b> 11,8 - 15,3	<b>30,0 (11,1)<sup>a</sup></b> 8,2 - 50,5
<b>Destreina-mento</b> n=8	<b>20</b>	<b>35,4 (10,6)<sup>a</sup></b> 21,3 - 53	<b>86,1 (29,5)<sup>a</sup></b> 44,5 - 139,2	<b>13,4 (0,4)<sup>a,b</sup></b> 12,8 - 14,1	<b>23,3 (7,3)<sup>b</sup></b> 13,0 - 32,2
<b>Treiname-nto</b> manutenção n=9	<b>60</b>	<b>35,2 (22,6)<sup>a</sup></b> 12,7 - 78,2	<b>90,2 (24,3)<sup>a</sup></b> 69,6 - 147	<b>13,4 (0,8)<sup>b</sup></b> 12,1 - 14,4	<b>26,4 (10,5)<sup>a,b</sup></b> 14,8 - 50,3
<b>Controles</b> 1 n=21	<b>-</b>	<b>27,6 (34,0)<sup>b</sup></b> 2,5 - 143	<b>79,9 (38,0)<sup>a</sup></b> 26,4 - 164,9	<b>12,9 (1,3)<sup>b</sup></b> 10 - 14,7	<b>22,7 (16,1)<sup>a</sup></b> 5,9 - 78,2
<b>Valores normais</b>		<b>12 a 300<sup>2</sup></b>	<b>37 a 145<sup>4</sup></b>	<b>12 - 16<sup>1</sup></b>	<b>16 a 60<sup>3</sup></b>

*Valores normais para a idade e sexo*

Colunas com letras sobrescritas diferentes: com diferença estatística (<sup>a,b</sup>) (p<0,05)

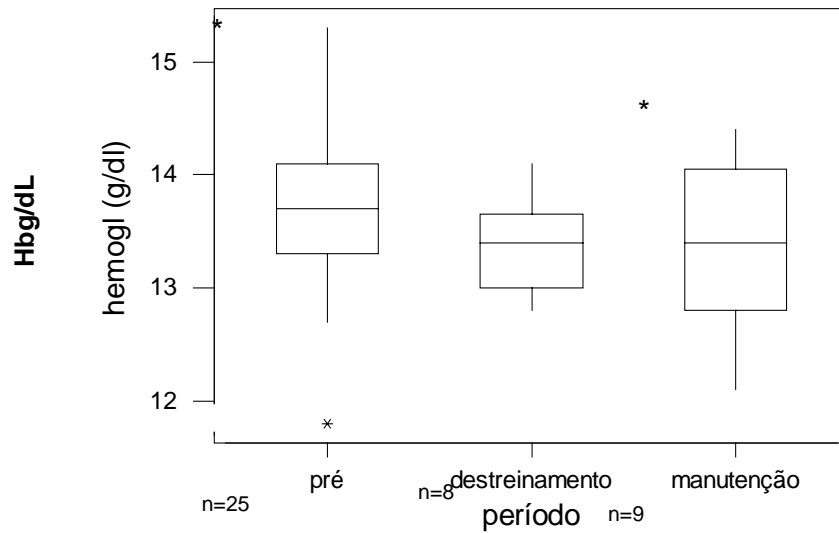
<sup>1</sup>comparação atletas período pré-competitivo x controles

<sup>1</sup>OMS, 1968; <sup>2</sup>LEE, 1993; <sup>3</sup>THE BRITISH NUTRITION FOUNDATION, 1995; <sup>4</sup>CRISP

\*Fonte: MARI (2002)

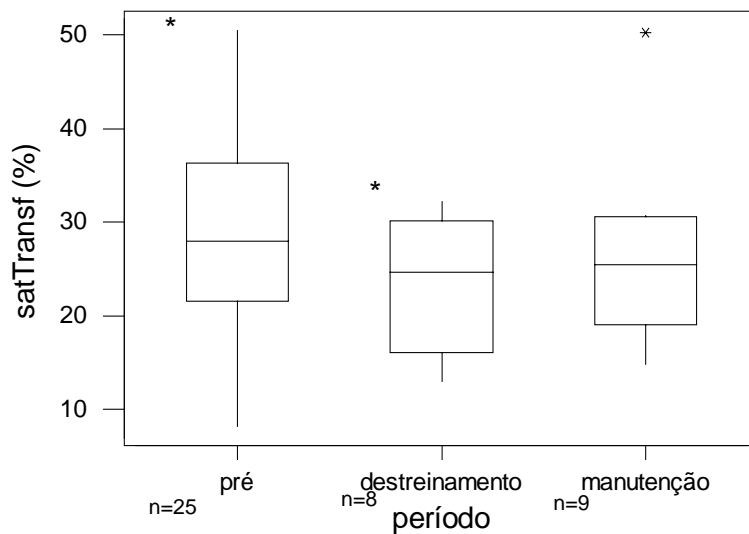
\* data de coleta em relação ao início de cada período (pré, destreinamento ou manutenção)

As figuras 2 e 3 ilustram o efeito do treinamento de atletas de polo aquático no estado de nutrição em ferro.



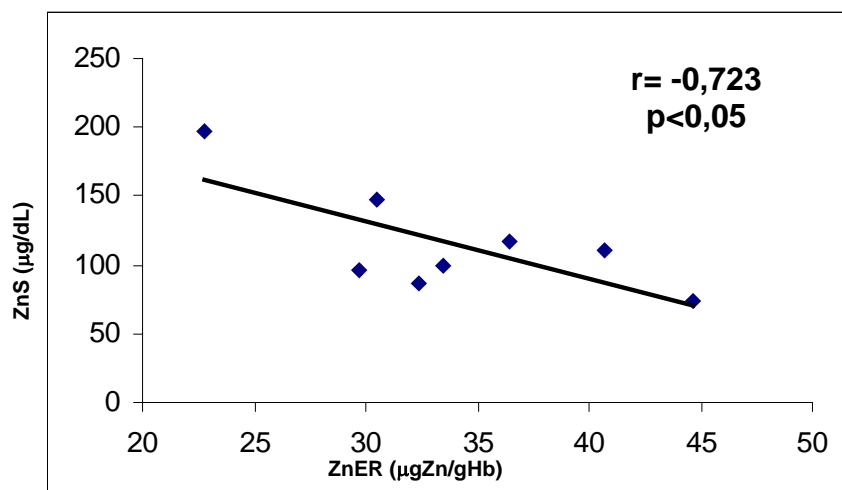
**Figura 2** - Concentração de Hb (g/dL) em diferentes situações de treinamento (pré-competitivo, destreino e treinamento de manutenção) de atletas de pólo aquático feminino. Mediana e quartis.

\* asterisco: diferença ( $p < 0,05$ )



**Figura 3** - Porcentagem de saturação da transferrina (%) em diferentes situações de treinamento (pré-competitivo, destreino, treinamento de manutenção) de atletas de pólo aquático feminino. Mediana e quartis.

- asterisco: diferença ( $p < 0,05$ )



**Figura 4** - Relação da concentração de zinco sérico - ZnS ( $\mu\text{g/dL}$ ) e de zinco eritrocitário - ZnEr ( $\mu\text{gZn/gHb}$ ) em atletas de pólo aquático feminino em período de destreino ( $n=8$ ).





---

## DISCUSSÃO

A busca de um modelo de saúde adequado para a manutenção da integridade do organismo humano tem determinado a interação de profissionais de diversas áreas, cujo principal papel é avaliar criticamente indivíduos e grupos e propor condutas.

Os atletas constituem um grupo da população normal que é muito exigido física e psicologicamente. Assim, a pesquisa na área esportiva pode trazer importantes contribuições para o conhecimento da fisiologia, especialmente em condições limites do organismo, fato que pode ser importante para uma orientação dirigida à população geral.

Mulheres na adolescência e as adultas jovens são grupo de risco de anemia por deficiência em ferro e possivelmente de outros minerais. A pergunta é se a atividade física ajuda ou prejudica esse quadro e em que grau.

O presente estudo objetivou avaliar o efeito da atividade física desenvolvida por atletas de polo aquático feminino, em diferentes situações de treinamento.

Estas atletas já haviam sido caracterizadas quanto aos indicadores antropométricos, de adiposidade e de atividade física e ingestão de macronutrientes e de minerais magnésio, ferro, zinco e cobre (MARI, 2002) (Apêndices 7 a 13).

Quanto ao gasto energético (Apêndice 11), chamou a atenção, o fato de atletas apresentarem gasto energético médio 30% maior do que o consumo energético e este resultado pode estar refletindo ou superestimando algumas atividades anotadas para o cálculo da gasto energético considerado no método de BOUCHARD (1983) ou ainda subregistro da quantidade de alimentos ingeridos. Portanto, consideramos as atividades relatadas pelas atletas e foi aplicado um outro método para calcular o gasto energético, a fim de verificar se esta diferença entre consumo e gasto energético seria ou não mantida.

O método utilizado foi o descrito na RDA (NCR, 1989), que considera as equações da FAO (1985) para calcular o gasto energético (Anexos 5 e 6). O resultado obtido encontra-se no Apêndice 11.

Verifica-se que o gasto energético obtido pelo método FAO, tanto para atletas como para controles, foi menor, comparado com o obtido pelo método de BOUCHARD (1983). Entretanto, atletas apresentaram gasto energético significativamente maior do que o das controles em ambos os métodos utilizados

---

(Apêndice 11). O gasto energético para atletas por meio do método de BOUCHARD foi 3200(477)kcal/dia e por meio do método FAO foi 2570(251)kcal/dia e para controles foi, respectivamente para métodos BOUCHARD e FAO, 2256(298)kcal e 1849(140)kcal/dia. Comparando o consumo e o gasto energético obtido pelo método da FAO, verificou-se que atletas apresentaram consumo energético de 2455(726)kcal/dia e gasto energético de 2570kcal/dia e controles apresentaram consumo de 2060(437)kcal/dia e gasto energético de 1849 (140)kcal/dia, ambos os grupos sem diferenças entre consumo e gasto energético.

Com o método descrito pela FAO para cálculo do gasto energético, os resultados obtidos com as atletas estão mais de acordo com o consumo energético diário.

O método descrito por BOUCHARD (1983) foi validado para aplicação em adultos e consiste em dividir as 24 horas de um dia em partes de 15 minutos cada, totalizando 96 partes. O objetivo é minimizar os possíveis erros associados ao levantamento das atividades durante o dia. Entretanto, para as atletas, parece ter ocorrido uma super estimação dos pesos dados para as atividades físicas desenvolvidas por elas. PASCHOAL (1999) encontrou relação positiva entre o consumo e o gasto energético calculado por meio do método de BOUCHARD (1983) em nadadores do sexo masculino. Ressaltamos que estes atletas eram profissionais, o que pode ter reduzido os erros associados aos registros de atividade física e consumo alimentar. Esses atletas apresentavam dedicação exclusiva às atividades esportivas, o que não ocorreu com as atletas de polo aquático. WILLET (1998) relata a dificuldade em se avaliar o gasto energético computando o desenvolvimento de atividade física, uma vez que o gasto associado à atividade física é o maior diferenciador do gasto energético total, dado que as outras frações do gasto energético são mais constantes.

Sugerimos que para o cálculo do gasto energético de atletas utilizando o método de BOUCHARD, sejam as atividades desenvolvidas anotadas no prontuário e a pontuação da atividade realizada pelo pesquisador, na tentativa de minimizar uma superestimação.

---

## AVALIAÇÃO DIETÉTICA

Considerando a nova metodologia de avaliação dietética-DRI, para indivíduos, verifica-se que a maioria das atletas, 71% (17/24) apresentaram de 85 a 98% de probabilidade de ingestão inadequada de Mg, enquanto que somente 2 atletas apresentaram alta probabilidade de ingestão adequada. O restante das atletas, ficaram situadas em uma chamada região de incerteza, ou seja, com probabilidade de inadequação menor do que 70% ou probabilidade de adequação menor do que 70%. Assim, a maioria das atletas tiveram de 85 a 98% de probabilidade de inadequação de ingestão de Mg (Tabela 2a).

No caso das controles, 38% tiveram consumo considerado inadequado (85 - 98% de probabilidade) e por outro lado 38% tiveram consumo considerado adequado (85 - 98% de probabilidade).

A comparação dos 2 grupos não revelou diferenças nessa distribuição ( $p=0,119$ ), porém esse aspecto mereceria ser estudado com uma amostragem maior, considerando valor de alfa em torno de 10% como indício para diferenças (Tabela 2).

Avaliamos também a associação entre ingestão e os parâmetros bioquímicos analisados. Não houve diferença significativa da concentração de MgEr e MgS entre o grupo que teve ingestão de Mg considerado adequado e aquele que teve ingestão inadequada (Tabela 2a).

Tanto a concentração de magnésio no eritrócito como no soro não refletiram a avaliação dietética do mineral, especialmente em atletas.

Alguns fatores podem ter contribuído para a ausência desta associação. Primeiro, a falta de Tabelas de Composição de Alimentos Nacionais com determinação de valores de minerais, compromete em muito, a eficiência do cálculo da quantidade ingerida. Segundo, existe a possibilidade de a necessidade diária estimada para o Mg ser menor do que tem sido considerada. Na Espanha (VÉRDU e ALMENDROS, 1998) também não encontraram associação entre a ingestão dietética de Mg e os parâmetros bioquímicos que avaliaram em adultos. Neste estudo, os autores analisaram no próprio laboratório os alimentos consumidos, o que diminuiu os possíveis erros relacionados ao cálculo dietético. Levantou-se então, neste estudo, a hipótese, de que a necessidade diária para o Mg é suprida, a partir de consumo inferior ao que é recomendado pela DRI (1997). Finalmente, a

---

possibilidade de estar ocorrendo mobilização de Mg a partir do osso e assim a concentração do Mg eritrocitário somente seja alterada com um grau mais grave de deficiência do mineral e, conseqüentemente, os parâmetros utilizados não refletem a situação nutricional e dietética real do indivíduo. De qualquer maneira, estas possibilidades devem ser melhor investigadas.

É importante lembrar os relatos de que exercícios prolongados podem promover diminuição do Mg muscular, fato que poderia relacionar-se com o aparecimento de câimbras e espasmos após treinamentos prolongados e extenuantes (BRILLA e HALEY, 1992; FINSTAD *et al.*, 2000). A maioria das atletas relatou que após o treinamento pré-competitivo, sentiam câimbras e dores musculares. Este fato torna-se importante, uma vez as mesmas atletas não apresentaram concentração dos parâmetros bioquímicos avaliados (Mg no eritrócito e no soro) abaixo do limite de normalidade considerado, entretanto, o Mg muscular não foi avaliado. Considera-se ainda que as atletas, em sua maioria, consumiram Mg inadequadamente, fato que pode ter contribuído para um possível mecanismo de homeostase do mineral.

O Mg é um íon essencial para a função eritrocitária (BRILLA e LOMBARDI, 1995; VERRASTRO e LORENZI, 1998). Em atletas, há aumento da atividade desta célula em decorrência da maior captação de oxigênio. A correlação positiva entre  $VO_{2máx}$  e concentração de MgEr demonstra este fato (Tabela 6).

A concentração de MgEr de atletas mostrou tendência à valores maiores e o MgS à valores menores comparados aos das controles. Este resultado pode estar indicando que a manutenção da concentração de Mg no eritrócito, pode ter ocorrido as custas de mobilização do mineral a partir do osso e/ou músculo e a ingestão inadequada do mineral não permitiu a recuperação adequada destes compartimentos, fato que pode ter contribuído para a ocorrência de câimbras e dores musculares após o treinamento intenso.

Colaborando este apontamento, PASCHOAL (1999) suplementou nadadores de elite do sexo masculino com 150mg de Mg durante o período de treinamento. A autora verificou que as queixas de câimbras reduziu significativamente, o que reforça a necessidade de ingestão adequada do mineral em período de treinamento pré-competitivo e ainda se necessário, a sua suplementação com quantidade abaixo do nível máximo de ingestão (UL) de 300mg/dia (DRI, 1997). Outros pesquisadores têm

---

sugerido a suplementação de Mg em atletas como medida profilática para o aparecimento de câimbras (CASONI *et al.*, 1990; BRILLA e HALEY, 1992).

A seguir, apresentamos gráficos que ilustram a relação entre ingestão e parâmetro bioquímico. Eles permitem a visualização de tendências a riscos de deficiências a partir de análises descritiva de resultados. Indivíduos com risco potencial podem ser apontados e acompanhados.

Se considerarmos um sistema cartesiano tendo por eixo das abcissas a linha de limite inferior do parâmetro bioquímico considerado ( $124\mu\text{gMg/gHb}$ ), exemplo gráfico 1, e por eixo das ordenadas a linha de valor zero para a razão de D/DP, o primeiro quadrante, representaria os indivíduos em região sem risco, ou seja, indivíduos com ingestão e parâmetro bioquímico adequados, o segundo quadrante, representaria os indivíduos com relato de ingestão não usual, ou seja, aqueles com parâmetro adequado e ingestão inadequada e portanto, deveriam ser reavaliados, o terceiro quadrante, representaria os indivíduos em risco potencial para deficiência, pois ambos, ingestão e parâmetro encontram-se inadequados e o quarto quadrante representaria os indivíduos com possibilidade de risco, uma vez que apresentam ingestão adequada e parâmetro bioquímico inadequado.

Ainda explorando este gráfico, podemos traçar duas linhas imaginárias verticais cruzando o eixo da razão D/DP no valor de 1 e -1, delimitando a área considerada de incerteza para adequação de ingestão. Nesta região, pode-se definir dentre os indivíduos com ingestão incerta, aqueles que potencialmente necessitariam de maior atenção, ou seja, aqueles com parâmetro bioquímico inadequado poderiam estar refletindo uma ingestão usual com maior tendência de inadequação e os com parâmetro adequado, estar refletindo ingestão usual mais próxima da adequada.

Considerando os itens descritos, pode-se verificar no presente estudo, que as atletas e controles assinaladas nos gráficos 1 e 2 apresentam risco potencial para deficiência em Mg e deveriam ser reavaliadas e melhor acompanhadas.

Analisando o estado nutricional em cobre, os parâmetros bioquímicos considerados foram a atividade da superóxido-dismutase e a concentração de cobre sérico. A atividade da Cu/Zn-SOD é sensível às alterações no estado de nutrição de

---

cobre (OLIVARES e UAUY, 1996; ABDALLAH e SAMMAN, 1993; DRI, 2001). Apesar desta relação positiva entre este parâmetro e o estado nutricional em cobre, a falta de um padrão de normalidade na atividade dessa enzima em diferentes populações pode na maiorias das vezes, limitar a sua utilização. Quanto à metodologia, há ainda relatos (comunicação oral) de que o armazenamento do sangue diminui a atividade enzimática da SOD, portanto, é recomendada a sua determinação em pelo menos 6 horas da coleta de sangue.

Parece existir uma grande variação intra-pessoal na atividade da SOD. COVAS *et al.* (1997) encontraram concentração média (dp) de 917 (158)U/gHb em 9 mulheres espanholas com idade de 24 a 48 anos. No estudo de ABDALLAH e SAMMAN (1993), realizado em 6 estudantes australianas saudáveis, do sexo feminino, com idades de 18 a 36 anos, a atividade da Cu/Zn-SOD variou de 2247 a 2427U/gHb. Estes autores consideraram variação normal de 2255 (303)U/gHb. MILNE e JOHNSON (1993) encontraram variação de 2110 a 4830U/gHb em estudantes americanas saudáveis, com idades de 20 a 39 anos, consumindo ou não contraceptivos orais e considerando somente as mulheres que não utilizavam terapia hormonal a variação foi de 2110 a 4490U/gHb (Tabela 1a). No presente estudo, a variação verificada nas 21 mulheres saudáveis pertencentes à comunidade USP, com faixa etária de 19 a 30 anos, foi de 1906 a 5422U/gHb.

Considerou-se que a variabilidade verificada na atividade da Cu/Zn-SOD em controles pertencentes à comunidade USP (mulheres sem terapia hormonal), foi comparável a verificada por MILNE e JOHNSON (1993). Somente uma das controles, chamou a atenção por apresentar atividade desta enzima de 5422U/gHb, cerca de 1000U/gHb a mais do que as que apresentaram os maiores valores de atividade da enzima, que foi em torno de 4500U/gHb (Tabela 1). Portanto, consideramos que este valor está acima do esperado para mulheres saudáveis e normais e que pode refletir algum tipo de alteração fisiológica associada.

Quanto à ingestão dietética de cobre, verifica-se que somente uma atleta apresentou consumo inadequado (probabilidade de 85 a 98%) e a atividade da Cu/Zn-SOD não foi diferente daquelas que consumiram maior quantidade de cobre. A maioria das atletas apresentaram ingestão que representou incerteza para a sua adequação, e a atividade da Cu/Zn-SOD não foi diferente da verificada tanto para aquelas que apresentaram adequação como para as com inadequação de ingestão

---

do mineral, em atletas e em controles. O mesmo foi observado para a concentração de CuS (Tabela 3a).

A distribuição da ingestão de cobre foi significativamente diferente entre os dois grupos (Tabela 3), com maior concentração de atletas em região de incerteza, enquanto que as controles apresentaram ingestão mais adequada (probabilidade de 85 a 98%).

A observação dos gráficos 3 e 4, mostra respectivamente, a relação entre ingestão de cobre e atividade da Cu/Zn-SOD e ingestão e concentração de CuS. Utilizando o mesmo método descrito para o Mg, pode-se verificar que 1 das controles apresentou Cu/Zn-SOD abaixo de 2119U/gHb, concentração de CuS abaixo de 63µg/dL e ingestão inadequada, indicando deficiência do mineral. Ainda verifica-se que uma das controles apresentou Cu/Zn-SOD (1906U/gHb) abaixo do limite definido neste estudo, entretanto, a concentração de CuS encontrou-se dentro do limite considerado e o consumo dietético apresentou probabilidade de 98% para a adequação. A atividade da Cu/Zn-SOD pode se alterar após 2 semanas de interferência no metabolismo de cobre (ABDALLAH e SAMANN, 1993). Por outro lado, a concentração no soro mostrou relação positiva com a ingestão de cobre. A correlação estatística aponta uma estimativa de que a cada mg/dia de cobre consumido existiu um adicional de 17,9µg/dL de cobre sérico (Tabela 6), o que nos permite concluir que a concentração sérica de cobre pode ser considerada neste estudo como um indicador da situação atual de ingestão. Assim, esta controle poderia estar consumindo quantidade adequada somente no período desta avaliação (registro alimentar de 3 dias), não representando o seu hábito alimentar, portanto, deverá ser reavaliada, especialmente quanto a ingestão alimentar de cobre.

Concluimos desta avaliação que o estado de nutrição em cobre das atletas é melhor do que o das controles e que a associação da ingestão com o CuS pode ser útil para validar a ingestão dietética atual.

A falta de associação entre a ingestão dietética e os parâmetros bioquímicos pode ter ocorrido, principalmente, pelo pequeno número de atletas ou de controles distribuídas entre os grupos classificados com inadequação ou adequação para a ingestão do mineral, fato que limitou a comparação. Por exemplo, apenas 1 atleta constituiu o grupo daquelas com probabilidade de 85 a 98% de inadequação de ingestão de cobre. Assim, a associação entre estes parâmetros bioquímicos (Cu/Zn-

---

SOD e CuS) e a ingestão dietética de cobre merece ser melhor explorada em estudos com maior número de participantes.

Para a determinação do ZnEr, utilizou-se o método adaptado de (WHITEHOUSE *et al.*, 1982). A validação deste método está sendo realizada em nosso laboratório (Anexo 8). Um dos fatores que parece interferir no resultado, refere-se ao armazenamento do eritrócito para a determinação da hemoglobina. O armazenamento parece diminuir a concentração da Hb, o que poderia estar resultando em aumento da concentração de zinco por grama de hemoglobina. Se este fato for comprovado (estudo em andamento), haverá necessidade de definição de valores de normalidade de ZnEr na população brasileira, uma vez que a concentração terá tendência a valores menores aos descritos por GIBSON (1990) e utilizados em estudos nacionais.

O eritrócito tem um *turnover* lento, isto é, tem uma velocidade de troca lenta. Conseqüentemente sua concentração não reflete estado nutricional recente. Em estudos de depleção e repleção, a concentração de ZnEr nem sempre é alterada, o que para alguns autores, limita a sua utilização para a avaliação do estado nutricional em Zn (RUZ *et al.*, 1992). Entretanto, a metodologia para a avaliação de metalotioneína, de atividade da fosfatase-alcalina na membrana eritrocitária é complexa, tem alto custo e também não apresentam padrões de normalidade. Assim, o ZnEr nos pareceu uma ferramenta importante para avaliar o estado nutricional progresso das atletas e controles.

A distribuição da ingestão foi diferente significativamente entre os grupos ( $p=0,052$ ). Atletas consumiram mais adequadamente do que controles (Tabela 4).

A concentração dos parâmetros bioquímicos (ZnEr, ZnS e atividade da Cu/Zn-SOD) não foi diferente entre atletas e controles que consumiram zinco dietético adequada ou inadequadamente (Tabela 4a). Atletas com consumo <EAR apresentaram concentração média de ZnEr de 34(9) ( $\mu\text{gZn/gHb}$ ) e de ZnS de 98(29) $\mu\text{g/dL}$  e as que consumiram acima da RDA apresentaram respectivamente, 34(5) ( $\mu\text{gZn/gHb}$ ) e 98(28) $\mu\text{g/dL}$  e as que apresentaram ingestão entre EAR e RDA a concentração de ZnEr foi de 35(9) ( $\mu\text{gZn/gHb}$ ) e de ZnS de 134(28). Para a controle



---

com consumo abaixo da EAR a concentração de ZnEr foi de 39( $\mu\text{gZn/gHb}$ ) e para as com consumo acima da RDA foi 36(5) ( $\mu\text{gZn/gHb}$ ), também sem diferença das com consumo entre EAR e RDA, 38(4) ( $\mu\text{gZn/gHb}$ ). O ZnS para estas controles foi 108, 126(38) e 121(44) $\mu\text{g/dL}$ , respectivamente <EAR, entre EAR e RDA e maior do que RDA.

A falta de relação positiva verificada pode ser resultado da limitação do alcance dos parâmetros bioquímicos considerados para determinar deficiência limítrofe.

A recomendação de ingestão diária do nutriente tem relação direta com a distribuição das necessidades e com a biodisponibilidade dos nutrientes. Esse fator chama a atenção para uma avaliação nutricional em zinco cuidadosa, especialmente no que se refere a condutas que possam contribuir para maior consumo de suplementos sem uma necessidade real. Além disso, em atletas, por exemplo, a menor concentração de ZnEr comparada a concentração de controles deste estudo, pode representar alteração fisiológica normal devido ao tipo e à intensidade de treinamento e não necessariamente deficiência do mineral.

A avaliação individual das atletas e das controles, quanto ao consumo dietético e os parâmetros bioquímicos (ZnEr e ZnS) é verificada nos Gráficos 5 e 6.

Nestes gráficos, considerando a direita da linha RDA, na região acima da linha traçada pelo limite inferior do parâmetro considerado, ( $30\mu\text{gZn/gHb}$  para ZnEr e  $70\mu\text{g/dL}$  para ZnS), visualiza-se a região em que os indivíduos não apresentam riscos para deficiência em Zn e na região abaixo, os indivíduos com parâmetro inadequado e ingestão adequada, podendo representar necessidade de reavaliação do consumo alimentar. Considerando a esquerda da EAR, na região acima da linha de limite inferior para o parâmetro bioquímico, apresentam-se também os indivíduos com necessidade de reavaliação da ingestão alimentar, e os abaixo, os com risco potencial para deficiência no mineral. A região entre a EAR e a RDA, também pode definir aqueles com maior tendência para deficiência em Zn, considerando que aqueles com o parâmetro acima do limite, representam maior tendência para o consumo adequado e parâmetro adequado, portanto, menor risco e os com parâmetro abaixo, consumo inadequado, representando também maior risco para a deficiência, frente ao parâmetro reduzido e ao consumo com maior tendência ao inadequado.

---

Assim, avaliando nossos resultados e observando a tendência individual por meio dos gráficos 5 e 6, concluímos que 2 atletas apresentaram grande risco para deficiência e devem ser orientadas para maior consumo de alimentos-fonte deste mineral, necessitando de acompanhamento. As assinaladas no segundo quadrante devem novamente ser avaliadas para a ingestão e as do terceiro quadrante devem ser reavaliadas quanto ao parâmetro bioquímico e a ingestão dietética. Dentre as com concentração acima do limite superior, 3 atletas e 5 controles, considerou-se importante proceder uma reavaliação do parâmetro e da ingestão dietética. Este acompanhamento das atletas em diferentes níveis, pode também contribuir para a definição dos limites de normalidade dos parâmetros bioquímicos em estudos futuros.

Com referência à avaliação dietética de ferro, verificou-se que a maioria das atletas e das controles apresentaram consumo de ferro entre EAR e RDA, e a distribuição da ingestão entre os grupos não mostrou diferença significativa (Tabela 5).

A avaliação da ingestão das atletas, mostrou que a maioria delas encontrou-se em região de indefinição para a adequação ou a inadequação e a média dos parâmetros avaliados não foi significativamente diferente das atletas que ingeriram abaixo da EAR ou ainda acima da RDA, o mesmo foi observado para as controles (Tabela 5a). Verifica-se que as atletas apresentaram concentração dos parâmetros hematológicos maiores do que os das controles, independente da sua classificação para a ingestão, indicando que a ingestão dietética não foi um fator diferenciador para o melhor estado nutricional em ferro verificado nas atletas.

NUVIALLA *et al.* (1996) também não encontrou em seu estudo associação entre ingestão dietética e estado nutricional de ferro em mulheres atletas e controles.

Observando a distribuição individual de atletas e de controles, quanto à ingestão dietética e aos valores de Hb, %ST e FER (Gráficos 7, 8 e 9, respectivamente), considerando o mesmo critério descrito para o Zn, determina-se que a atleta assinalada na região definida como de alto risco (esquerda da EAR e abaixo do limite inferior do parâmetro bioquímico) deve ser reavaliada quanto ao parâmetro de Hb e orientada para preferir alimentos fonte de Fe. As assinaladas nesta região, porém, acima do limite inferior, devem ser orientadas para melhor

---

seleção dos alimentos. As atletas e controles que encontram-se à direita da RDA e acima do limite inferior do parâmetro bioquímico podem ser consideradas em região sem risco para deficiência no mineral. Aquelas que encontram-se em região de incerteza para a adequação e parâmetro hematológico adequado, podem ser consideradas com maior tendência para terem uma alimentação mais adequada quanto ao ferro e aquelas nesta região de incerteza que apresentaram o parâmetro hematológico inadequado, podem representar uma maior tendência para ingestão inadequada de ferro, devendo, portanto, receber orientação dietética.

Ressalta-se que apesar de não existir relação positiva entre a ingestão dietética do mineral e o parâmetro bioquímico, nenhuma das participantes, atletas e controles cuja ingestão observada foi acima da RDA para o ferro, apresentou parâmetro bioquímico abaixo do limite inferior considerado.

A característica geral da dieta de atletas e de controles foi semelhante, inclusive, ambos os grupos comparáveis às características de consumo da população em geral (MARI, 2002). Portanto, o fato de mulheres dedicarem-se a atividades esportivas, especialmente de competição, não foi um fator determinante para um melhor hábito alimentar, o que deveria ser incentivado no meio em que elas se encontram. A importância de um adequado estado nutricional reflete-se não somente no desempenho físico do atleta, mas, principalmente na sua qualidade de vida.

---

## EFEITO DO TREINAMENTO

O efeito do tipo do treinamento no estado nutricional em magnésio, ferro, cobre e zinco foi avaliado, considerando-se alterações significativas nos parâmetros bioquímicos determinados.

O período pré-competitivo correspondeu a 210 dias do início do treinamento intenso e pré-competitivo pelas atletas, enquanto que o período de destreinamento correspondeu a 20 dias do início da interrupção das competições e a 55 dias do período final de treinamento intenso pré-competitivo. O período de treinamento de manutenção, correspondeu a 60 dias após o início deste tipo de treinamento e 140 dias após o término do período de competição (esquema cronológico de coletas de dados).

O efeito do tipo do treinamento no estado de nutrição em cobre foi avaliado por possíveis alterações da atividade da superóxido-dismutase eritrocitária (Cu/Zn-SOD) e da concentração de cobre sérico (tabela 7).

Como consequência do treinamento físico, o organismo promove adaptações funcionais como as cardiovasculares e respiratórias e bioquímicas como o aumento de enzimas mitocondriais, do ciclo de Krebs, dentre outras. A intensidade e a duração da atividade física durante o treinamento ou competição, definem a natureza da fonte energética utilizada com maior predominância, ou seja, aeróbia ou anaeróbia (HOLLOSZY e COYLE, 1984).

Tanto no exercício de velocidade como no de resistência ocorre uma elevação do consumo de oxigênio, fato que pode aumentar a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) (DAVIES, *et al.*, 1982).

PEREIRA *et al.* (1989) ressaltam que a ação antioxidante de enzimas tem sido estudada em situação de treinamento físico, especialmente considerando que os exercícios físicos ou o treinamento prolongado podem ter um efeito pró-oxidante, decorrente da estimulação das principais vias metabólicas envolvidas na geração de EROs: metabolismo mitocondrial, ciclo de degradação de purinas e metabolismo de ferro e cobre. Corroborando com o apontamento do autor, INAL *et al.* (2001), observaram que em nadadores, especialmente os de 100 metros, ocorre aumento significativo da atividade de enzimas antioxidantes (catalase e glutathione-peroxidase).

---

Em nosso estudo, verificamos que atletas em período pré-competitivo apresentaram atividade média da Cu/Zn-SOD, 4739(1559)U/gHb, significativamente maior do que a do grupo controle, 3204(912)U/gHb (Tabela 7). Além disso, comparando os períodos de treinamento das atletas, verificamos que no pré-competitivo, 4739(1559)U/gHb, a atividade da Cu/Zn-SOD foi significativamente maior do que a do destreinamento, 2135(1245)U/gHb. Este resultado pode indicar adaptação ao treinamento, especialmente ao verificarmos que a atividade da Cu/Zn-SOD no período de treinamento de manutenção não apresenta diferença significativa em relação a atividade do pré-competitivo, demonstrando que o retorno à atividade física, ainda que em intensidade menor, promove a elevação da atividade da enzima para níveis próximos dos iniciais, o que pode confirmar a suposição de adaptação do organismo ao treinamento, como sugerido por LUKASKI *et al.* (1990) avaliando nadadores de ambos os sexos.

Além disso, por ser a SOD uma enzima antioxidante, podemos também concluir que o treinamento e o período de competição de polo aquático aumentam a produção de radicais livres.

Existem vários relatos de que exercícios físicos extenuantes alteram o sistema imunológico de atletas (ARUOMA *et al.*, 1988; PYNE e GLEESON, 1998; BISHOP *et al.*, 1999). MEYER *et al.* (2000) relatam que séries repetidas de exercícios anaeróbios podem levar a uma resposta de fase aguda, indicando inflamação. Exercícios repetidos de explosão e de força fazem parte tanto durante o treinamento como durante o jogo de polo aquático, o que poderia estar induzindo a uma situação de resposta de fase aguda. A inflamação por sua vez, promove aumento da geração de radicais livres, justificando o aumento da atividade da SOD encontrada nas atletas em situação de treinamento.

Outro aspecto a ser considerado refere-se a relação entre a atividade da SOD e o  $VO_{2MÁX}$ . A correlação entre a atividade da SOD e o  $VO_{2MÁX}$  tem sido verificada em estudos em humanos após treinamento (JENKINS *et al.*, 1984).

Em nosso estudo a atividade da SOD mostrou relação positiva com o  $VO_{2MÁX}$  (Tabela 6). Foi possível verificar que o aumento estimado para cada unidade de  $VO_{2MÁX}$  representa um adicional de 151U/gHb de atividade da SOD, ou seja, a atividade da SOD refletiu a captação de oxigênio, independentemente de ter sido a avaliação do  $VO_{2MÁX}$ , como discutido por MARI (2002), a mais adequada para o tipo de exercício desenvolvido pelas atletas de polo aquático.

---

Este resultado mostra existir uma relação entre o consumo de oxigênio e a atividade da Cu/Zn-SOD, contrariamente ao que foi verificado por OHNO *et al.* (1985). Assim é que a redução da atividade desta enzima no período de destreino pode também corroborar este achado.

Estes resultados nos permitem considerar que o treinamento físico das atletas de polo aquático aumenta a formação de radicais livres, quer seja pela estimulação de resposta inflamatória de fase aguda, quer seja pela captação de oxigênio e que portanto, o estado de nutrição adequado em cobre torna-se muito importante para a preservação do organismo dessas atletas, reforçando que a avaliação constante do estado nutricional em cobre deve ser estimulado em atletas desta modalidade esportiva.

A concentração média de CuS não foi diferente nos períodos pré-competitivo, 100,3(20,8)µg/dL, de destreino, 106,8(33,0)µg/dL e de treinamento de manutenção, 91,0(17,0)µg/dL (Tabela 7), corroborando os achados de outros autores que também não verificaram alteração na concentração sérica de cobre resultante de exercício físico (LUKASKI *et al.*, 1996; DEUSTER *et al.*, 1991). Também não foi verificada diferença entre a concentração de CuS de atletas em período de treinamento pré-competitivo, 100,3(20,8)µg/dL e de controles, 129,4(53,1)µg/dL. No entanto, as atletas apresentaram concentração sérica do mineral com tendência a valores menores (Tabela 7).

Apesar de a concentração média de CuS não variar com o treinamento, a concentração média tende a ser maior no destreino do que nos demais períodos. Um aumento da amostragem pode esclarecer se esta tendência realmente é um achado.

Alterações nas concentrações de cobre plasmático e ceruloplasmina tem sido verificadas em atletas do sexo masculino logo após uma série de exercícios de explosão (OLHA *et al.*, 1982; ANDERSON *et al.* 1995). Entretanto, uma possível redução na concentração de cobre sérico e aumento de atividade da ceruloplasmina em atletas de polo aquático deve ser melhor explorada, em decorrência de possíveis processos inflamatórios induzidos por exercícios repetitivos e de explosão que caracterizam este tipo de esporte. Isto reforça que a ingestão adequada do mineral pode também assegurar proteção dos efeitos deletérios provenientes de infecções repetitivas.

---

Não foi verificada correlação entre atividade da Cu/Zn-SOD e concentração de CuS em atletas nas diferentes situações de treinamento e também em controles.

O estado nutricional relativo ao Mg foi avaliado por alterações no magnésio eritrocitário (Mg Er) e magnésio sérico (MgS) (Tabela 8).

A concentração média de MgEr de controles, 148,6(16,8)  $\mu\text{gMg/gHb}$ , menor do que as atletas, 154,5(17,6) não mostrou diferença significativa. A concentração sérica de magnésio de atletas, 1,9(0,2)  $\mu\text{g/dL}$  e de controles, 2,0(0,2)  $\mu\text{g/dL}$ , não foi diferente ao nível de 5%, porém, foi diferente a nível de 10% de significância. Novamente, ressaltamos que um "n" (número de amostras) maior poderia confirmar as tendências de atletas apresentarem menor concentração de MgS. A concentração média de MgEr e de MgS para atletas e controles encontraram-se dentro dos limites de normalidade considerados.

Não houve correlação entre concentração de MgS e MgEr, quando agrupadas atletas e controles, também observado em outros estudos com atletas (RESINA *et al.*, 1995; MANORE *et al.*, 1995).

A literatura apresenta resultados variados de MgS e de MgEr, em decorrência de fatores como intensidade do exercício, necessidade energética, tipo de fibra muscular predominante e reserva corporal de Mg (DEUSTER *et al.*, 1987; BRILLA e LOMBARDI, 1995; DOLEV *et al.*, 1995).

Tem sido descrito que o MgEr tende a diminuir em indivíduos não treinados após uma série de exercícios aeróbios ou mistos e que o MgS tende a aumentar significativamente com exercícios mistos (BRILLA e LOMBARDI, 1995).

As alterações verificadas após um programa de treinamento podem ser muito diferentes das observadas em uma única série de exercícios. A avaliação do efeito de um programa de treinamento aeróbio e aeróbio/anaeróbio de 12 semanas em homens saudáveis, considerando determinações realizadas em três períodos mostrou que durante o treinamento aeróbio/anaeróbio ocorreu aumento significativo do magnésio plasmático (MgPI) e em ambos os grupos (aeróbio e aeróbio/anaeróbio) ocorreu diminuição do MgEr. Os autores consideram que a diminuição do MgEr é decorrente de redistribuição do mineral para o soro e para o tecido muscular (MANORE *et al.*, 1995).

---

CASONI *et al.* (1990), por outro lado, verificaram em corredores do sexo masculino, aumento do MgEr. Os autores descrevem que o Mg pode ser mobilizado mais facilmente a partir dos ossos (cristais de apatita), para o plasma e daí ser redistribuído aos outros tecidos, como o músculo e o eritrócito.

Existem ainda relatos de um possível mecanismo de captação de Mg do plasma para os adipócitos e células musculares em atividades decorrente de exercícios aeróbios. Essa distribuição ocorre devido ao aumento da lipólise no adipócito e na produção e utilização de energia pelo músculo (RYSSIGUIER, 1977; FLINK, 1983).

BRILLA e LOMBARDI, 1995, descrevem em revisão, que a hipomagnesemia pode prejudicar o funcionamento da dessaturase, que tem um papel essencial no metabolismo de ácidos graxos e manutenção da função e fluidez da membrana celular, causando prejuízo de produção de energia e induzindo a tetania, o que prejudica o desempenho físico. Portanto, parece que a manutenção de níveis adequados de Mg intra-celular é de extrema importância para a preservação da integridade da membrana celular e do funcionamento da célula, especialmente em situações que exigem maior esforço do organismo, como durante a prática de exercícios.

Reforçamos que as atletas, independentemente de sua ingestão dietética do mineral, apresentaram concentração de MgEr com tendência a valores maiores do que as controles (Gráfico 1), podendo estar indicando um possível mecanismo fisiológico decorrente de seu treinamento físico, como já discutido anteriormente.

LUKASKI *et al.* (1996) avaliando a utilização do estado nutricional em ferro, cobre, zinco e magnésio como preditores do desempenho de nadadores de 100 metros livres, sugeriram que, tanto a atividade da SOD, por estar relacionada com a adaptação ao treinamento aeróbio, como a concentração de MgEr, por apresentarem correlação positiva com o  $VO_{2MÁX}$ , poderiam ser considerados preditores do desempenho desta modalidade de nadadores.

Em nosso estudo, a análise dos resultados permitiu verificar relação positiva também entre o MgEr e o  $VO_{2MÁX}$ , indicando que o aumento estimado de MgEr para cada unidade de  $VO_{2MÁX}$  representou um adicional  $1,16\mu\text{gMg/gHb}$  (Tabela 6), indicando que o aumento da captação de oxigênio pelo organismo, reflete em aumento da utilização do sistema glicolítico para obtenção de energia pelo eritrócito. Apesar de neste estudo não ter sido objetivo avaliar a utilização destes parâmetros



---

(atividade da SOD e concentração de MgEr) como preditores do desempenho em atletas de polo aquático, os resultados encontrados apontam para uma correlação promissora também para esta modalidade esportiva, devendo ser melhor explorada em estudos mais específicos.

Assim, consideramos que apesar de o Mg no eritrócito não ter sido um parâmetro bioquímico adequado para avaliar o estado nutricional, a sua utilização como avaliador de desempenho físico de atletas justifica a sua determinação em estudos na área esportiva.

Tanto o zinco eritrocitário (ZnEr) como o zinco sérico (ZnS) foram considerados para a avaliação do estado nutricional deste mineral. Verifica-se pela tabela 9, que atletas apresentaram concentração de ZnEr,  $34,6(5,4)\mu\text{gZn/gHb}$ , significativamente menor a das controles  $37,3(4,7)\mu\text{gZn/gHb}$ , enquanto que a concentração de ZnS não mostrou diferença entre os grupos estudados.

Avaliando a relação entre a concentração de ZnEr e de ZnS, verificou-se que atletas com maior concentração de ZnEr apresentaram tendência a valores de ZnS também maiores, fato não observado para as controles.

Os períodos de treinamento avaliados não tiveram efeito significativo na concentração de zinco, tanto no eritrócito como no soro (Tabela 9).

Entretanto, é possível verificar uma tendência a valores de concentração de ZnEr maiores no período de treinamento de manutenção em comparação aos demais períodos. Também a concentração sérica de Zn no período de manutenção mostrou tendência a valores maiores, fato que mereceria ser melhor explorado em estudo com maior número de atletas.

No período de destreinamento verificou-se correlação negativa entre a concentração de ZnS e a de ZnEr (Figura 4). Por ser o soro um compartimento de distribuição, possivelmente a entrega de zinco para o eritrócito refletiu em maior concentração eritrocitária e menor concentração sérica do mineral. Este fato pode indicar que o zinco, em situação de treinamento intenso de atletas de polo aquático, pode ser mobilizado do eritrócito para outros tecidos, talvez para o fígado e/ou para o músculo, como descrito na literatura (TSUJI e BURINI, 1989; WASTNEY *et al.*, 2000). Além disso, mostra que a interrupção do treinamento por curto período torna-se importante para a normalização dos estoques compartimentais deste mineral.

---

A literatura não é muito clara quanto às alterações verificadas no estado nutricional em zinco decorrentes do treinamento físico. A maioria dos estudos relatam as alterações verificadas no soro, que mostra valores significativamente maiores logo após exercícios aeróbios, tanto em indivíduos treinados como em indivíduos sedentários, que retornam aos valores iniciais cerca de trinta minutos após cessar o exercício (ANDERSON *et al.*, 1995). COUZY *et al.* (1990) verificaram que durante o período de treinamento de corredores de meia distância (800-1500m), a concentração de ZnS diminuiu significativamente, comparada a do período de competição. No treinamento desses atletas, o tipo de corrida realizada foi de curta distância (100 - 600m), desenvolvendo mais a velocidade. O resultado encontrado pelos autores mostra claramente que o tipo de treinamento pode alterar significativamente a concentração de zinco no soro. Outros estudos apontam que o treinamento aeróbio, pode diminuir a concentração de ZnS (OHNO *et al.*, 1985; TSUJI *et al.*, 1992). Tem sido descrito que, em atletas altamente treinados, a concentração sérica de zinco tende a ser maior do que em indivíduos não treinados (ANDERSON *et al.*, 1995). Por outro lado, existem relatos de que indivíduos com atividade física intensa apresentam menores valores de zinco plasmático do que a população geral (SINGH *et al.*, 1990). No presente estudo, nenhuma das características citadas foi observada, uma vez que a concentração de zinco no soro não foi diferente entre atletas e controles (não praticantes de atividade física sistemática).

SINGH *et al.* (1990) concluíram que a maior concentração de ZnEr observada em corredoras altamente treinadas comparada a um grupo de sedentárias, sugere que exercícios crônicos possam estimular a redistribuição de zinco entre os compartimentos teciduais. A maioria do Zn no eritrócito está ligado à anidrase carbônica, que transporta CO<sub>2</sub> e mantém o equilíbrio ácido/base nos tecidos. Portanto, esta função é vital para o músculo em exercício, o que poderia esclarecer a maior concentração de ZnEr em atletas de resistência aeróbia.

Ainda ressaltamos que OHNO *et al.* (1995) observaram que tanto exercícios físicos agudos como crônicos, induzem movimento de zinco para o plasma e descrevem que em parte, esta mobilização ocorre a partir do eritrócito. Devido ao papel crítico do zinco na regulação da atividade da lactato-desidrogenase, o aumento da necessidade deste íon no fígado, pode justificar a diminuição da concentração de Zn no eritrócito. Esta justificativa pode ser sustentada pelos

---

estudos de RICHARDSON e DRAKE (1979) que verificaram em ratos, que a suplementação diária com zinco diminui a fadiga muscular; de VAN LOAN *et al.* (1999) em atletas de resistência, que verificaram diminuição rápida e significativa na capacidade total de trabalho com a depleção aguda de zinco.

O acúmulo de ácido láctico no músculo é diretamente associado com o desenvolvimento de fadiga muscular. Uma adequada concentração de zinco muscular pode facilitar a redução de ácido láctico para piruvato, pela ação da lactato desidrogenase que é uma enzima zinco-dependente, conseqüentemente, reduzindo a fadiga muscular. A ativação da lactato-desidrogenase pode promover não somente o aumento da força muscular, como o aumento da resistência ao esforço físico (BROOKS *et al.*, 1996). Assim, a redistribuição de ZnEr para o músculo ou fígado é um mecanismo de proteção do organismo. Reforçando este mecanismo, KONSTANTAKI *et al.* (1998) não verificaram diferença significativa entre a resposta média de lactato sangüíneo em jogadoras de polo aquático nos diferentes quartos do jogo, sugerindo que durante a competição existe atividade balanceada entre produção de lactato e mecanismo de remoção, prevenindo o acúmulo durante o acontecimento do jogo. Os autores não avaliaram o estado nutricional em minerais.

Em nosso estudo, o ZnEr mostrou tendência a valores menores no período de treinamento pré-competitivo. Assim, considerando o estudo de OHNO *et al.* (1995) e os achados sobre manutenção da concentração de lactato sangüíneo, podemos aventar a hipótese de que o exercício físico decorrente provavelmente do treinamento intenso de polo aquático, promove movimentação do ZnEr para outros tecidos e que no período de destreinamento, ocorre uma movimentação contrária verificada pela correlação negativa entre zinco no soro e no eritrócito, decorrente da redução da ação das enzimas, que ocorre durante a interrupção do treino (TOURINHO FILHO e BARBANTI, 2000). Este movimento pode representar um mecanismo fisiológico ao treinamento em atletas de polo aquático, fato que torna a avaliação do estado de nutrição em zinco de extrema importância para a recuperação adequada do organismo e que merece ser melhor avaliada em estudo com maior número de atletas.

Ainda se considera que a redução da concentração de Zn no eritrócito, pode resultar em prejuízo da atividade da anidrase-carbônica. OHNO *et al.* (1995) relatam que a mobilização de Zn deste compartimento, ocorre especialmente a partir da anidrase carbônica I, que tem menor função na regulação do equilíbrio ácido/base

---

do organismo. Conseqüentemente, a mobilização do mineral a partir do eritrócito não interferiria na manutenção da atividade da anidrase carbônica durante exercícios físicos. Este achado pode confirmar a importância da mobilização do Zn a partir do eritrócito, que possivelmente, seja dependente do tipo e da intensidade do exercício realizado pelo atleta.

Portanto, a menor concentração de zinco eritrócitário verificada nas atletas de polo aquático, possivelmente represente um mecanismo fisiológico adaptativo do organismo ao tipo de exercício realizado durante o treinamento intenso, não representando, necessariamente, deficiência do mineral. Entretanto, a avaliação contínua deste mineral é sugerida, com especial atenção, para os períodos pós-competitivos, pois espera-se, que ocorra aumento da concentração de ZnEr para valores mais próximos do normal, considerando-o um valor médio de 42(6) $\mu\text{gZn/gHb}$  (GIBSON, 1990).

Assim, o ZnEr não é um parâmetro bioquímico adequado para avaliação do estado de nutrição em Zn de atletas em período pré-competitivo.

O estado nutricional em ferro, avaliado pela hemoglobina, ferritina sérica e porcentagem de saturação de transferrina, é apresentado na tabela 10.

Verifica-se que atletas apresentaram para todos os parâmetros determinados, valores maiores do que os das controles, com significância a nível de 5% para a ferritina, 29,8 (15,5)ng/mL (atletas) e 27,7(34,0)ng/mL (controles) e para a hemoglobina, 13,7(0,8)g/dL (atletas) e 12,7(1,3)g/dL (controles) e em nível de 10% para ferro sérico, 96,5(33,4) $\mu\text{g/dL}$  (atletas) e 82,2(38,2) $\mu\text{g/dL}$  (controles) e para porcentagem de saturação de transferrina, 30,0(11,1)% (atletas) e 22,7(16,1)% (controles).

As atletas apresentaram estado nutricional em ferro melhor que as controles, no entanto, quando consideramos a situação de treinamento, concluímos que, no polo aquático, o treinamento pré-competitivo altera significativamente o estado de nutrição em ferro de atletas do sexo feminino.

VÁSQUEZ (1998) relacionou a deficiência de ferro em maratonistas brasileiras (22% delas) ao número de maratonas em que as atletas participavam anualmente, indicando que o exercício físico intenso e prolongado promoveu também alteração do estado nutricional do mineral.

---

Em nosso estudo, verificamos que a concentração de hemoglobina mostrou diferença significativa somente no período de treinamento de manutenção comparado ao de pré-competitivo, 13,7(0,8)g/dL (pré-competitivo) e 13,4(0,8)g/dL (treinamento de manutenção). No destreino, houve tendência de ligeira redução da concentração, que se manteve mais próxima dos valores do período de pré-competição. Este resultado mostra que a alteração na concentração de hemoglobina decorrente do treinamento ocorreu cerca de 120 dias após o período final de competição. O que chamamos de destreino refletiu o efeito de 20 dias de interrupção do treino e menos de 60 dias do final do período de treinamento intenso pré-competitivo, portanto, a concentração de hemoglobina não poderia apresentar alteração significativa neste momento, uma vez que a vida média do eritrócito é de 120 dias. É importante ainda ressaltar que apesar da redução na concentração de hemoglobina, os valores encontraram-se dentro de limites de normalidade, não sendo detectado valores menores à 12g/dL após a competição.

Quanto à saturação de transferrina, verificou-se que no destreino, 23,3(7,3)%, o valor foi significativamente menor ao verificado no pré-competitivo, 30,0(11,1)%. Este parâmetro pode indicar uma redução de estoque de ferro tecidual que antecede a instalação da anemia. A concentração de ferro sérico está também diminuída, sendo positivamente correlacionada com a redução da %ST. A diminuição do ferro circulante pode estar representando uma redistribuição deste mineral para os tecidos. Assim é que o período de destreino pode representar um período de recuperação dos estoques teciduais de ferro.

Tem sido descrito que durante treinamentos prolongados o organismo encontra-se em catabolismo e que no destreino, encontra-se em anabolismo, fato que pode contribuir para alterações significantes de parâmetros bioquímicos (MCCARDLE *et al.*, 1991), como parece ser o caso do ferro sérico em nosso estudo.

A concentração de ferritina sérica não mostrou diferença significativa nas situações de treinamento, 29,8(15,5)ng/mL para pré-competitivo e 35,2(22,6)ng/mL para treinamento de manutenção ou na de destreino, 35,4(10,6)ng/mL (Tabela 10).

A concentração de ferritina tende a aumentar quando o suprimento de ferro excede a necessidade funcional das células, tornando o ferro intracelular mais ou menos disponível (FAIRWEATHER-TAIT, 1993).

---

A comparação entre valor individual de ferritina sérica e % de ST mostra a existência de um possível processo de recuperação do organismo. No início do processo verifica-se atletas com concentração de ferritina diminuída e de ferro sérico aumentada, podendo indicar uma mobilização de ferro deste compartimento para o soro para redistribuição de ferro para os tecidos, resultando em diminuição da concentração de ferro em ambos os compartimentos. Após suprir os tecidos para as necessidades funcionais celulares, o estoque é novamente incorporado, refletindo em aumento da ferritina sérica e entretanto, ainda valores diminuídos de ferro sérico. Ao serem "completados" os estoques corporais, ocorre aumento da concentração de ferro também no soro, situação verificada somente no período de treinamento de manutenção, que reflete 120 dias do período final de competição.

O pequeno número de participantes nos períodos de destreinamento e de treinamento de manutenção limita as conclusões, entretanto, este mecanismo do ferro, poderia ser definido como uma alteração fisiológica da eritropoiese, possivelmente relacionada ao tipo e a intensidade do treinamento das atletas neste período, merecendo maior atenção em estudo com número aumentado de atletas.

Portanto, a suplementação com o mineral, deverá ser avaliada criteriosamente, especialmente, pelo fato de que a conduta para o acompanhamento de atletas não é ainda definida e depende muito da equipe técnica que segue os times. Alguns pesquisadores recomendam suplementação de ferro para atletas que apresentam ferritina sérica igual ou inferior a 25 ou 30ng/mL, dependendo do tipo de exercício praticado, com o objetivo de prevenir a deficiência de ferro e evitar redução de ferro tecidual, que pode levar a diminuição da atividade de várias enzimas oxidativas e resultar em prejuízo do rendimento físico, independente do efeito da anemia por deficiência em ferro (NIELSON e NACHTIGALL, 1998; HILTON *et al.*, 2000).

É importante, entretanto, considerar que a deficiência de ferro pode causar diminuição do desempenho físico, mas que por outro lado, o ferro em quantidade superior às necessidades individuais, pode desencadear reações oxidantes, que irão aumentar a produção de radicais livres (EROs) e também alterar o desempenho físico, promovendo em ambos os casos, deficiência e excesso, prejuízo do organismo. Assim, consideramos que a avaliação nutricional no mineral deve ser realizada continuamente, sendo enfatizado o aumento da densidade de ferro na dieta em substituição ao consumo de suplementos.

---

Portanto, o treinamento pré-competitivo promove alteração no estado nutricional de ferro em atletas de polo aquático feminino, entretanto, esta alteração pode não representar risco para deficiência do mineral em situação de ingestão dietética adequada.

---

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos em nosso estudo pode-se concluir que:

***As atletas apresentaram estado de nutrição em ferro melhor do que as controles em todos os períodos de treinamento e no treinamento pré-competitivo:***

- a concentração de Hb foi maior nesse período, manteve-se no destreinamento e reduziu-se no treinamento de manutenção enquanto a %ST foi maior nesse período reduziu-se no destreinamento e aumentou novamente no treinamento de manutenção o que indica uma maior atividade eritropoiética no exercício intenso.

***O treinamento pré-competitivo de atletas de polo aquático alterou significativamente o estado de nutrição em cobre e em zinco uma vez que:***

- a atividade da Cu/Zn-SOD foi maior nesse período em comparação ao período de destreinamento, retornando aos valores iniciais no treinamento de manutenção. A atividade da enzima foi sempre maior em atletas do que em controles o que indica que a atividade desta enzima reflete a atividade física.
- a concentração de Zn eritrócito foi significativamente menor em comparação com o grupo controle, aumentando no treinamento de manutenção.
- O ZnS e o ZnEr não mantiveram relação no período pré-competitivo, porém, no destreinamento houve uma correlação inversa significativa, ou seja, o ZnS tendeu a diminuir e o ZnEr a aumentar. Uma não recuperação da concentração de ZnEr neste momento pode indicar deficiência do mineral.

O treinamento pré competitivo não alterou significativamente o estado de nutrição em Mg avaliado pela concentração do mineral no eritrócito:

- a concentração de MgEr tende a ser mantida nos diversos períodos de treinamento e aparentemente vai se alterar significativamente na deficiência grave. Por outro lado, relação do MgEr com o  $\dot{V}O_2$ , pode ser um preditor do desempenho do atleta, ou seja quanto maior o  $\dot{V}O_2$  maior a conc. de MgEr, e portanto, melhor sua capacidade física.



---

Os parâmetros de Cu e de Fe refletiram mais a ingestão diária do que os de Zn e Mg uma vez que :

- houve correlação entre a ingestão e a concentração sérica de cobre
- embora não houvesse correlação entre os parâmetros de Fe e a ingestão diária do mineral, atletas e controles que consumiram a quantidade recomendada diária não apresentaram nenhum dos parâmetros abaixo do limite de normalidade (Hb, FER e %ST).
- não houve correlação entre as concentrações de Zn no eritrócito e a ingestão diária do mineral no intervalo de 2 a 20 mg Zn/d.
- não houve correlação entre as concentrações de Mg no eritrócito e a ingestão diária do mineral no intervalo de 80 a 390mg/dia Mg. A concentração de Mg eritrocitário não se alterou em casos com uma probabilidade de 98 a 85% de ingestão inadequada (DRI, 2000) do mineral.

**Nesses casos ou a recomendação está subestimada para atletas ou a ingestão está superestimada ou a depleção desse compartimento não ocorre imediatamente a esse nível de deficiência do mineral**

O uso do score-z na avaliação dietética utilizando dados de ingestão diária de minerais (ou outros nutrientes) e parâmetros bioquímicos representativos permite uma avaliação preventiva de risco potencial para deficiência em nutrientes.

O destreinamento representa um período de recuperação do organismo e deve ser melhor definido ao longo do ano de competições para que não ocorra deficiência de minerais.

---

**Anexo 3 - Convite para participação voluntária no presente estudo**

**GRUPO DE ATLETAS**



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
FARMACÊUTICAS  
DEPTO. DE ALIMENTOS E NUTRIÇÃO  
EXPERIMENTAL  
Av. Prof. Lineu Prestes, 580  
05508-900 S.Paulo Brasil  
Fax (00 55) (11) 815 4410**

*Laboratório de Nutrição. F: 818 3651*

**CONVITE**

São Paulo, ..... de .....de 1999

Ilmo Sr. (a)

Por meio da presente, formalizamos o convite para que participe do projeto “Avaliação do estado nutricional em minerais (Zn, Cu, Fe e Mg) de jogadoras de Pólo Aquático em fases pré e pós competitiva”. O referido estudo será realizado na Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (USP) e no INCOR (Instituto do Coração).

O estudo tem como objetivo geral a avaliação do estado nutricional, de vários minerais, em atletas de competição da modalidade Pólo Aquático.

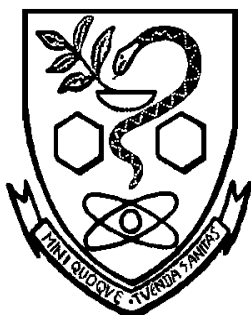
Com essa finalidade, serão realizadas as avaliações:

- A- Consumo Alimentar
- B- Antropometria
- C- Eritrograma
- D- Soro, para análise de outros minerais

---

**Anexo 3 - Convite para participação voluntária no presente estudo**

**GRUPO CONTROLE**



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
FARMACÊUTICAS  
DEPTO. DE ALIMENTOS E NUTRIÇÃO  
EXPERIMENTAL  
Av. Prof. Lineu Prestes, 580  
05508-900 S.Paulo Brasil  
Fax (00 55) (11) 815 4410**

*Laboratório de Nutrição. F: 818 3651*

**CONVITE**

São Paulo, ..... de .....de 1999

Ilmo Sr. (a)

Por meio da presente, formalizamos o convite para que participe do projeto “Avaliação do estado nutricional em minerais (Zn, Cu, Fe e Mg) de jogadoras de Pólo Aquático em fases pré -competitiva”. O referido estudo será realizado na Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (USP) e no INCOR (Instituto do Coração).

O estudo tem como objetivo geral a avaliação do estado nutricional, de vários minerais, em atletas de competição da modalidade Pólo Aquático.

Com essa finalidade, serão realizadas as avaliações:

A- Consumo Alimentar

B- Antropometria

---

C- Eritrograma

D- Soro, para análise de outros minerais

#### Anexo 4 - Termo de Consentimento

### GRUPO DE ATLETAS



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
FARMACÊUTICAS  
DEPTO. DE ALIMENTOS E NUTRIÇÃO  
EXPERIMENTAL  
Av. Prof. Lineu Prestes, 580  
05508-900 S.Paulo Brasil  
Fax (00 55) (11) 815 4410**

*Laboratório de Nutrição. F: 818 3651*

### TERMO DE CONSENTIMENTO

São Paulo, ..... de ..... de 1999

Eu ....., fui informado (a) sobre os objetivos do estudo “Avaliação do estado nutricional em minerais (Zn, Cu, Fe e Mg) de jogadoras de Pólo Aquático em fases pré e pós competitiva.”, e reconhecendo a sua importância, concordo em participar de todas as avaliações a serem realizadas. Desta forma, disponho-me a fornecer as informações que forem necessárias e permito que seja feita uma coleta de sangue de 25 ml em cada fase do estudo (pré e pós competitivo), assim como a realização do Teste Ergoespirométrico.

---

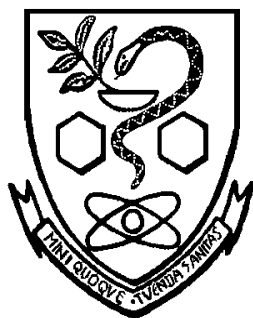
Concordo também que os dados obtidos sejam utilizados para os fins a que se prestam o referido estudo.

Nome.....

Assinatura.....

Pesquisador.....

#### Anexo 4 - Termo de consentimento pós-informação



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
FARMACÊUTICAS  
DEPTO. DE ALIMENTOS E NUTRIÇÃO  
EXPERIMENTAL  
Av. Prof. Lineu Prestes, 580  
05508-900 S.Paulo Brasil  
Fax (00 55) (11) 815 4410**

*Laboratório de Nutrição. F: 818 3651*

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO - PÓS-INFORMAÇÃO**

São Paulo, ..... de ..... de 1999

Eu,....., ..... anos de idade,  
RG....., residente na R./Av.....  
Nº..... Bairro....., no município de  
....., Estado de ....., aceito  
participar como voluntária no trabalho de pesquisa denominado, **“Avaliação do estado nutricional em minerais (Zn, Cu, Fe e Mg) de jogadoras de Pólo Aquático em fases pré e pós competitiva”**, cuja pesquisadora responsável é Prof. Célia Colli, telefone (011) 818-3651.

Declaro também que tenho pleno conhecimento das seguintes informações:

---

1. Que os dados obtidos na minha avaliação serão comparados aos obtidos em atletas de polo aquático feminino.

2. Que serão coletados 25 ml de sangue, uma única vez, em jejum de 12 horas no Laboratório de Análises Clínicas da Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, bloco 17 com materiais descartáveis de alta qualidade.

Meu sangue será colhido da veia de um dos braços e eu deverei estar sentada ou deitada. O único risco na coleta é de extravasamento do sangue devido à fragilidade da veia e/ou estado de tensão, podendo acarretar aparecimento de um hematoma, que desaparecerá no máximo em uma semana. Nesse caso, a área poderá ficar um pouco dolorida. Eventualmente poderá ocorrer sensação de tontura.

## Anexo 5 - CÁLCULO PARA ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO - FAO

### ATLETAS

Equação para energia gasto em repouso a partir do peso corporal

		Fa (fator atividade)
idade	REE (kcal/d)	GET (gasto energético total)
<del>10 - 18 anos</del>	<del>(12,2 x peso) + 746</del>	
<del>18 - 30 anos</del>	<del>(14,7 x peso) + 496</del>	
<del>30 - 60 anos</del>	<del>(8,7 x peso) + 829</del>	

Fator de gasto - FAO									
	Fa 1	Fa 2	Fa 3	Fa 4	Fa 5	Fa 6	Fa 7	Fa 8	Fa 9
<b>Pesos</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>7</b>

ATLETA	IDADE	PESO	VO2MÁX	GE(kcal/min)	TMB
nº 1	19	55	38,8	10,2432	1304,5

1º dia	Fa 1	Fa 2	Fa 3	Fa 4	Fa 5	Fa 6	Fa 7	Fa 8	Fa 9	
<b>Total</b>										
<b>n</b>	29	27	3	32	1	0	0	4	0	<b>96</b>
<b>horas</b>	7,25	6,75	0,75	8	0,25	0	0	1	0	<b>24</b>
horasxFa	7,25	10,125	1,125	12	0,625	0	0	5	0	
	<b>36,125</b>									
<b>S (8+9)min</b>	<b>60</b>									

2º dia	Fa 1	Fa 2	Fa 3	Fa 4	Fa 5	Fa 6	Fa 7	Fa 8	Fa 9	
<b>Total</b>										
<b>n</b>	34	16	3	25	1	0	0	0	17	<b>96</b>
<b>horas</b>	8,5	4	0,75	6,25	0,25	0	0	0	4,25	<b>24</b>
horasxFa	8,5	6	1,125	9,375	0,625	0	0	0	29,75	
	<b>55,375</b>									
<b>S (8+9)min</b>	<b>255</b>									

3º dia	Fa 1	Fa 2	Fa 3	Fa 4	Fa 5	Fa 6	Fa 7	Fa 8	Fa 9	
<b>Total</b>										
<b>n</b>	27	32	2	25	0	0	0	0	10	<b>96</b>
<b>horas</b>	6,75	8	0,5	6,25	0	0	0	0	2,5	<b>24</b>
horasxFa	6,75	12	0,75	9,375	0	0	0	0	17,5	
	<b>46,375</b>									
<b>S (8+9)min</b>	<b>150</b>									

	Fa(FAO)	GET(FAO)
<b>1º dia</b>	1,5	<b>1964</b>
<b>2º dia</b>	2,3	<b>3010</b>
<b>3º dia</b>	1,9	<b>2521</b>
<b>média</b>		<b>2498</b>





## Anexo 6 - CÁLCULO PARA ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO - FAO

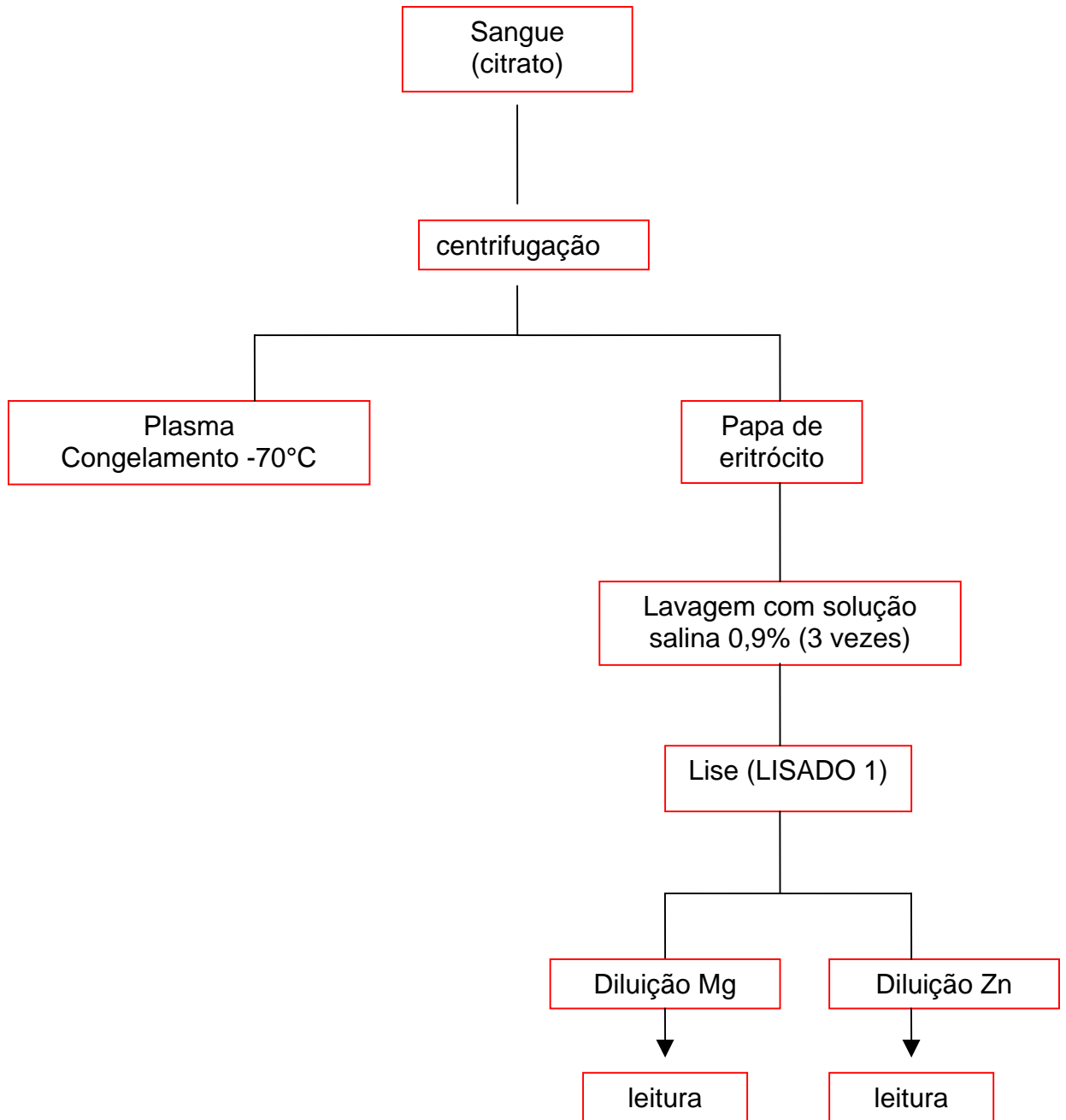
### CONTROLES

<b>CONTROLE</b>	<b>IDADE PESO</b>		<b>VO2MÁX</b>	<b>GE(kcal/min)</b>			<b>TMB</b>		
1C	25	55,5	26,2	6,97968			1311,85		
<b>1º dia</b>	<b>Fa 1</b>	<b>Fa 2</b>	<b>Fa 3</b>	<b>Fa 4</b>	<b>Fa 5</b>	<b>Fa 6</b>	<b>Fa 7</b>	<b>Fa 8</b>	<b>Fa 9</b>
n	30	37	8	8	5	0	0	8	0
horas	7,5	9,25	2	2	1,25	0	0	2	0
horasxFa	7,5	13,875	3	3	3,125	0	0	10	0
<b>S (8+9)min</b>	<b>120</b>								
<b>2º dia</b>	<b>Fa 1</b>	<b>Fa 2</b>	<b>Fa 3</b>	<b>Fa 4</b>	<b>Fa 5</b>	<b>Fa 6</b>	<b>Fa 7</b>	<b>Fa 8</b>	<b>Fa 9</b>
n	33	50	6	2	5	0	0	0	0
horas	8,25	12,5	1,5	0,5	1,25	0	0	0	0
horasxFa	8,25	18,75	2,25	0,75	3,125	0	0	0	0
<b>S (8+9)min</b>	<b>0</b>								
<b>3º dia</b>	<b>Fa 1</b>	<b>Fa 2</b>	<b>Fa 3</b>	<b>Fa 4</b>	<b>Fa 5</b>	<b>Fa 6</b>	<b>Fa 7</b>	<b>Fa 8</b>	<b>Fa 9</b>
n	28	56	9	3	0	0	0	0	0
horas	7	14	2,25	0,75	0	0	0	0	0
horasxFa	7	21	3,375	1,125	0	0	0	0	0
<b>S (8+9)min</b>	<b>0</b>								

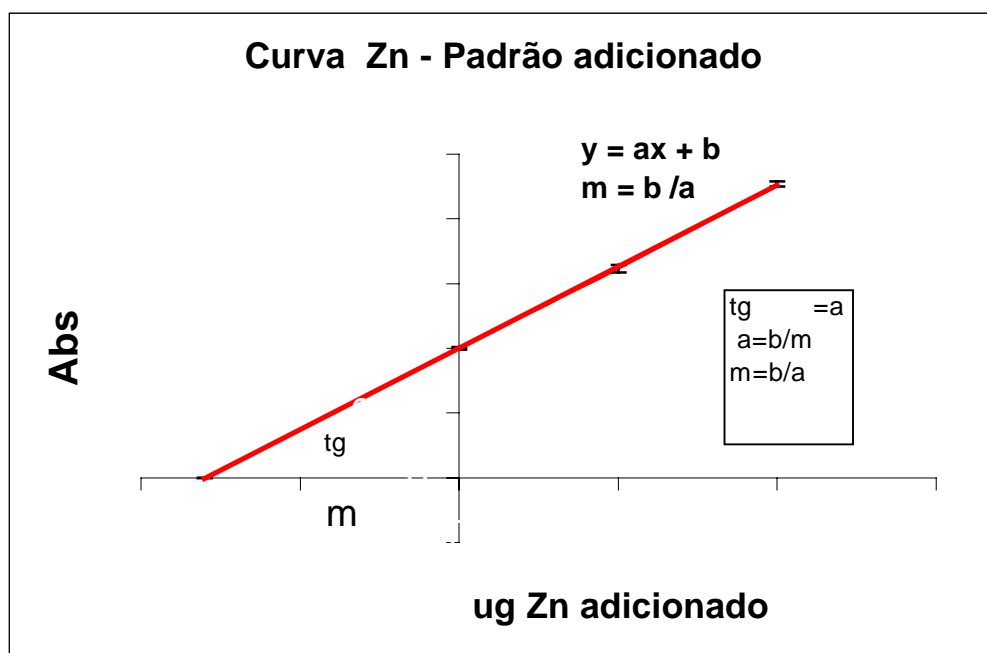
	<b>Fa(FAO)</b>	<b>GET(FAO)</b>
<b>1º dia</b>	1,7	<b>2214</b>
<b>2º dia</b>	1,4	<b>1811</b>
<b>3º dia</b>	1,4	<b>1776</b>
<b>média</b>		<b>1934</b>
<b>DP</b>		<b>243</b>

Anexo 7 -

**ESQUEMA POOL DE ERITRÓCITOS PARA LEITURA SIMILTÂNEA DE ZINCO E MAGNÉSIO ERITROCITÁRIO (n=5)**



**Anexo 7** - Validação da metodologia de determinação de zinco eritrocitário  
(SANTOS, H.S., 2002 - estudo em andamento)



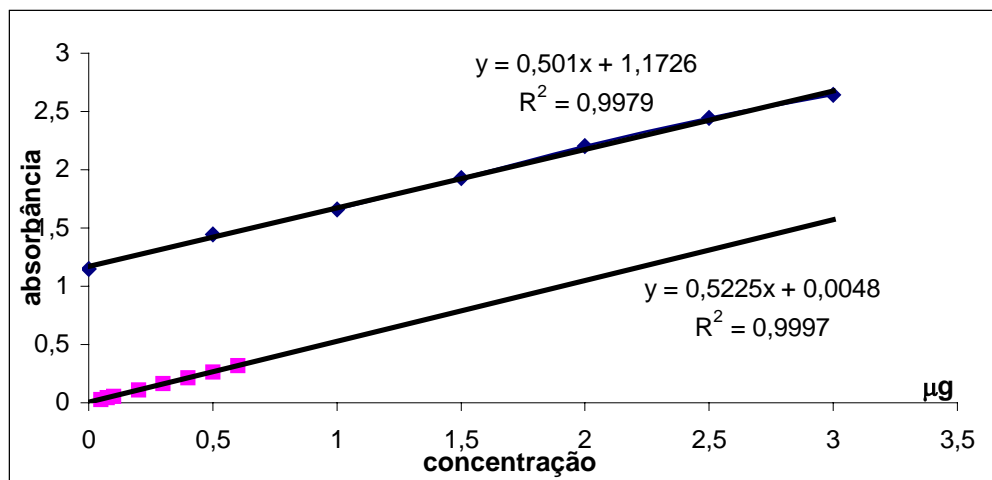
Porcentagem de recuperação do método de determinação de zinco eritrocitário.

## Anexo 8 -

### VALIDAÇÃO MÉTODO DE MAGNÉSIO ERITROCITÁRIO

Repetibilidade	Média µg/mL Lisado I	desvio-padrão	Coef. Variação (%)
1º dia (n=10)	10,5	0,23	2,2
2º dia (n=10)	11,5	0,45	3,9
3º dia (n=10)	11,0	0,41	3,7
<b>Reprodutibilidade (n=30)</b>	<b>11,0</b>	<b>0,5</b>	<b>4,5</b>

### CALCULO DE EXATIDÃO PADRÃO ADICIONADO



$$m = \frac{1,1726}{0,501} = 2,34 \mu\text{g}/10\text{mL}$$

$m = 0,234 \mu\text{g}/\text{mL}$   
 $m = 11,5 \mu\text{g}$  no lisado I  
**Exatidão = 97%**

---

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS<sup>1</sup>

- ABDALLAH, S.M. e SAMMAN, S. The effect of increasing dietary zinc on the activity of superoxide dismutase and zinc concentration in erythrocytes of healthy female subjects. *Eur J Clin Nutr*, v.47, n.5, p.327-32, 1993.
- ABRAHAM, G.E. e LUBRAN, M.M. Serum and red cell magnesium levels in patients with premenstrual tension. *Am J Clin Nutr*, v.34, p.2364-6, 1981.
- AGRESTI, A. *Categorical Data Analysis*. 1.ed. New York: John Wiley & Sons. 1990. 558p.
- AGGETT, P.J. e FAVIER, A. Minerals. zinc. *Int J. Vitam. Nutr. Res.*, v.63, n. 4, p. 301 -307, 1993.
- AIHARA, K.; NISHI, Y.; HATANO, S.; KIHARA, M.; YOSHIMITSU, K.; TAKEICHI, N.; ITO, T.; EZAKI, H.; USUI, T. Zinc, copper, manganese, and selenium metabolism in thyroid disease. *Am J Clin Nutr*, v.40, n.1, p.26-35, 1984.
- ANDERSON, R.A.; BRYDEN, N.A.; POLANSKI, M.M.; DEUSTER, P.A. Acute exercise effects on urinary losses and serum concentrations of copper and zinc of moderately trained and untrained men consuming a controlled diet. *Analyst*, v.120, p.867-70, 1995.
- ARUOMA, O.I.; REILLY, T.; MACLAREN D.; HALLIWELL, B. Iron, copper and zinc concentrations in human sweat and plasma; the effect of exercise. *Clin. Chim. Acta*, v.177, p.81-8, 1988.
- AZEVEDO, C.H. *Avaliação in vitro da biodisponibilidade de ferro em dietas enterais submetidas a duas condições digestivas*. 2000, 86p. [Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo].
- BAZARRE, T. L.; SCARPINO, A.; SIGMON, R.; MARQUART, L.F.; WU, S.L.; IZURIETA, M. Vitamin-mineral supplement use and nutritional status of athletes. *J Am Coll Nutr*, v.2, n.2, p.162-69, 1993.
- BEARD, J. e TOBIN, B. Iron status and exercise. *Am J Clin Nutr*, v.72, suppl., p.594S-7S, 2000.
- BEUTLER, E. *Red cell metabolism: a manual of biochemical methods*. Orlando: Grune & Staratton, 1984.
- BISHOP, N.C.; BLANNIN, A.K.; WALSH, N.P.; ROBSON, P.J.; GLEESON, M. Nutritional aspects of immunosuppression in athletes. *Sports Med*, v.28, n.3, p.151-76, 1999.

---

<sup>1</sup> De acordo com a Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT), NBR 6023. Rio de Janeiro, 2000. 20p.

- 
- BOUCHARD, C.; TREMBLAY, A.; LEBLANC, C.; LORTIE, G.; SAVARD, R.; THÉRIAULT, G. A method to assess energy expenditure in children and adults. *Am. J. Clin. Nutr.* v.37, p.461-7, 1983.
- BRILLA, L. R. e HALEY, T.F. effect of magnesium supplementation on strength training in humans. *J Am Coll Nutr.*, v.11, n.3, p. 326-329, 1992.
- BRILLA, L. R.; LOMBARDI, V.P. Magnesium in sports physiology and performance. In: KIES, C.V.; DRISKELL, J. A. (Eds.). *Sports nutrition: minerals and electrolytes*. New York: CRC Press, 1995, cap.13, p.139-95.
- BRITISH NUTRITION FOUNDATION. *Iron: nutritional and physiological significance: the report of the british nutrition foundation's task force/* The British Nutrition Foundation. London: Chapman and Hall, 1995, 186p.
- BROOKS, G.A.; FAHEY, T.D.; WHITE, T.P. - Fatigue during muscular exercise. In: *Exercise physiology. Human bioenergetics and its applications*. California: Mayfield publishing Company, 2ed, 1996. P. 701- 721.
- BUCHMAN, A.L.; KEN, C.; COMMISSO, J.; KILLIP, D.; CHING-NAN, O.; ROGNERUD, C. L.; DENNIS, K.; DUNN, J.K. The effect of a marathon run on plasma and urine mineral and metal concentrations. *J. Am. Coll. Nutr.* v.17, n.2, p.124-7, 1998.
- BUSSAB, W.O. e MORETTIN, P.A. *Estatística Básica*. 5ªed, São Paulo, Saraiva, 2002. 540p.
- CAMPBELL, W.W. e ANDERSON, R.A. Effects of aerobic exercise and training on the trace minerals chromium, zinc and copper. *Sports Med*, v.4, p.9-18, 1987.
- CASONI, I.; GUGLIELMINI, C.; GRAZIANO, L.; REALI, M.G.; MAZZOTTA, D.; ABBASCIANO, V. Changes of magnesium concentrations in endurance athletes. *Int J Sports Med*, v.11, p.234-7, 1990.
- CHATARD, J.C.; MUJIK, I.; GUY, C.; LACOUR, J.R. Anaemia and iron deficiency in athletes. *Sports Med*, v.27, n.4, p.229-40, 1999.
- CIANFLOCCO, A.J. – Renal complications of exercise. *Clin Sports Med*, v.11, p. 437-51, 1992.
- CLARKSON, P.M. Micronutrients and exercise: antioxidants and minerals. *J. Sports Sci., London*. v.13, p.S11-S24, 1995.
- CLARKSON, P.M.; HAYMES, E.M. Trace mineral requirements for athletes. *Int. J. Sport. Nutr.*, v.4, p.104-19, 1994.
- CLARKSON, P.M.; HAYMES, E.M. Exercise and mineral status of athletes: calcium, magnesium, phosphorus and iron. *Med. Sci. Sports Exerc.* v.17, n.6, p.831-43, 1995.

- 
- COLLI, C.; BARBÉRIO, J.C. *In vitro estimation of iron bioavailability in S. Paulo regional diet*. In: Colloque INSERM, Paris, 1990, v.197, p.345-7.
- CONOVER, W. J. *Practical nonparametric statistics*. 3.ed. New York. John Willey & Sons. 1999. 584p.
- CONVERTINO, V.A. – Blood volume: its adaptation to endurance training. *Med Sci Sports Exerc*, v.23, p. 1338-48, 1991.
- COSTA, R.F. *Avaliação da composição corporal*. Santos: FGA: Multimídia, 1999, 1CD-ROM 4X, PC-486 DX4, Windows 95 ou superior.
- COUZY, F.; KENN, C.; GERSHWIN, M.E.; MARESCHI, J.P. Nutritional implications of the interactions between minerals. *Progress in Food and Nutr Sci*, v.17, p.65-87, 1993.
- COUZY, F.; LAFARGUE, P.; GUEZENNEC, C.Y. Zinc metabolism in the athlete: influence of training, nutrition and other factors. *Int. J. Sports Med.*, v.11, p.263-6, 1990.
- COVAS, M.I.; COCA, L.; RICÓS, C.; MARRUGAT, J. Biological variation of superoxide dismutase in erythrocytes and glutathione peroxidase in whole blood. *Clin Chem*, v.43, p.1991-3, 1997.
- DAVIES, K.J.A.; QUINTANILA, A.T.; BROOKS, G.A.; PACKER, L. Free radicals and tissue damage produced by exercise. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, v.107, p.1198-205, 1982.
- deANGELIS, R.C.; OROZCO, G.A.; CAMPOS, J.V.M. Bio-utilization of protein, calcium and zinc from diets based on rice and beans, in human beings. *Arg gastroenterol*, v.26, n.3, p.50-4, 1989.
- DEUSTER, P.A.; DOLEV, E.; KYLE, S.B.; ANDERSON, R.A.; SCHOONMAKER, E.B. Magnesium homeostasis during high-intensity anaerobic exercise. *J Appl Physiol* v.62, p.545-50, 1987.
- DEUSTER, P.A.; KYLE, S.B.; SINGH, A.; MOSER, P.B.; BERNIER, L.L.; YU-YAHIRO, J.A.; SCHOONMAKER, E.B. Exercise-induced changes in blood minerals, associated proteins and hormones in women athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, v.31, n.4, p.552-60, 1991.
- DEUSTER, P.A.; TROSTMANN, U.H.; BERNIER, L.L.; DOLEV, E. Indirect vs direct measurement of magnesium and zinc in erythrocytes. *Clin Chem*, v.33, n.4, p.529-32, 1987.
- DOLEV, E.; BURSTEIN, R.; LUBIN, F.; WISHNIZER, R.; CHETRIT, A.; SHEFI, M.; DEUSTER, P.A. Interpretation of zinc status indicators in a strenuously exercising population. *J. Am. Diet. Assoc.*, v.95, n.4, p.482-4, 1995.
- DRESSENDORFER, R.H.; SOCKOLOV, R. Hypozincemia in athletes. *Phys. Sportsmed.*, v.8, p.97-100, 1980.

---

DRI. *Dietary Reference Intakes Applications in dietary assessment*. A report of the Subcommittee on Interpretation and Uses of Dietary Reference Intakes and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes, Food and Nutrition Board. Institute of Medicine, 2000. p.29 -288. Disponível em: <<http://www.nap.edu/openbook/0309071836/html/R1.html>>. Acesso em: 13 set. 2001.

DRI. *Dietary Reference Intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D and fluoride*. Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary References Intakes, Food and Nutrition Board. Institute of Medicine. 1997. p.190-374. Disponível em: <<http://www.nap.edu/openbook/0309063507/html/R1.html>>. Acesso em: 10 set. 2001.

DRI. *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc*. A report of the Panel on Micronutrients, Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and of Interpretation and Use of Dietary References Intakes, and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary References Intakes, Food and Nutrition Board. Institute of Medicine, 2001, p. 7-1 a 7-27; 9-1 a 9-78; 12-1 a 12-47. Disponível em: <<http://www.nap.edu/openbook/0309072794/html/R1.html>>. Acesso em: 11 set. 2001.

ELIN, R.J. Assesment of magnesium status. *Clin Chem*, v.33, n.11, p.1965-70, 1987.

FAINTUCH, J.J. Alterações hematológicas em atletas femininas. *Rev Hosp Clin Fac Med Univ São Paulo*, v.47, n.4, p.170-3, 1992.

FAIRBANKS, V.F. Iron in medicine and nutrition. In: SHILS, M.C.; OLSON, J. A.; SHIKE, M.; ROSS, A. C. - *Modern nutrition in health and disease*, 9ª ed, Lippincott Williams & Wilkins, 1998, p.223-40.

FAIRWEATHER-TAIT, S. Minerals: iron. *Int. J. Vitam. Res.*, v.63, n.4, p.296-301, 1993.

FINSTAD, E.W.; NEWHOUSE, I.J.; LUKASKI, H.C.; MACAULIFFE, J.E.; STEWART, C.R. The effect magnesium supplementation on exercise performance. *Med Sci Sport Exerc.*, v.33, n.2, p. 493-498, 2001.

FLINK, E.B. Magnesium deficiency in human subjects. *J. Am. Coll. Nutr.*, v.2, p.271-84, 1983.

FOGELHOLM, G.M.; HIMBERG, J.J.; ALOPAEUS, K.; GREF, C.G.; LAAKSO, J.T.; LEHTO, J.J.; RAUHAMAA, H.M. Dietary and biochemical indices of nutritional status in male athletes and controls. *J Am Coll Nutr*, v.11, n.2, p.181-91, 1992.



- 
- FOGELHOLM, M. Indicators of vitamin and mineral status in athletes' blood: a review. *Int. J. Sport Nutr.*, v.5, p.267-84, 1995.
- FRANÇA, N.; VÍVOLO, M.A. Medidas antropométricas. In: MATSUDO, V.K.R. (Ed.). *Testes em ciências do esporte*. 3.ed. São Paulo: Gráficos Burti, 1984.
- GARFINKEL, L. e GARFINKEL, D. Magnesium regulation of the glycolytic pathway and the enzymes involved. *Magnesium*, v.4, p.60-72, 1985.
- GAUDIN, C.; ZERATH, E.; GUÉZENNEC, C.Y. Gastric lesions secondary to long-distance running. *Dig Dis Sci*, v.35, p.1239-43, 1990.
- GIBSON, R.S. *Principles of nutritional assessment*. Oxford (USA) University Press, 1990, 691p.
- GREEN, H.J.; SUTTON, J.R.; COATES, G. – Response of red cell and plasma volume to prolonged training in humans. *J Appl Physiol*, 70:1810-5, 1991.
- GUTTERIDGE, J.M.C. Antioxidant properties of ceruloplasmin towards iron- and copper-dependent oxygen radical formation. *FEBS Lett.*, v.157, p.37, 1983 *apud* JOHNSON, M.A.; FISCHER, J.G.; KAYS, S.E. Is copper an antioxidant nutrient? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.32, n.1, p.1-31, 1992.
- HALLBERG, L.; HOGDAHL, A.M.; NILSSON, L.; RYBO, G. Menstrual blood loss and iron deficiency. *Acta Med Scand*, v.180, p.639-50, 1966.
- HALLBERG, L. e HULTHÉN, L. Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. *Am J Clin Nutr*, v.71, p.1147-60, 2000.
- HALLIWELL, B. e GUTTERIDGE, J.M.C. The antioxidant of human extracellular fluids. *FEBS Lett.*, v.152, p. 168, 1983 *apud* JOHNSON, M.A.; FISCHER, J.G.; KAYS, S.E. Is copper an antioxidant nutrient? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.32, n.1, p.1-31, 1992.
- HAMBIDGE, M. Human zinc deficiency. *J Nutr*, v.130, p.1344S-9S, 2000.
- HINTON, P.S.; GIORDANO, C.; BROWNLIE, T.; HAAS, J.D. Iron supplementation improves endurance after training in iron-depleted, nonanemic women. *J Appl Physiol*, v.88, p.1103-11, 2000.
- HOLLOSZY, J.O. e COYLE, E.F. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J. Appl. Physiol.*, 56(4):831-8, 1984.
- INAL, M.; AKYÜZ, F.; TURGUT, A.; GETSFRID, W.M. Effect of aerobic and anaerobic metabolism on free radical generation in swimmers. *Med Sci Sports Exerc*, v.33, n.4, p.564-7, 2001.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. 3. ed. São Paulo: IAL, 1985, v.1.

- 
- INTERNATIONAL NUTRITIONAL ANEMIA CONSULTATIVE GROUP.  
*Measurements of iron status.* Washington DC: INACG, 1985.
- JACKSON, M.J. Physiology of zinc: general aspects. In: MILLS, C.F. *Zinc in human biology* (ILSI human nutrition reviews). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1989, p.1-14.
- JENKINS, R.R.; FRIEDLAND, R.; HOWALD, H. The relationship of oxygen uptake to superoxide dismutase and catalase activity in human skeletal muscle. *Int J Sports Med.*, v.5, n.1, p. 11-4, 1984.
- JOHNSON, M.A.; FISCHER, J.G.; KAYS, S.E. Is copper an antioxidant nutrient? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.32, n.1, p.1-31, 1992.
- KARAMIZRAK, S.O.; ISLEGEN, C.; VAROL, S.R.; TASKIRAN, Y.; YAMAN, C.; MUTAF, I.; AKGÜN, N. Evaluation of iron metabolism indices and their relation with physical work capacity in athletes. *Br. J. Sports Med.*, v.30, p.15-9, 1996.
- KING, J.C. Assessment of zinc status, *J Nutr*, v.120, p.1474-99, 1990.
- KING, J.C.; SHAMES, D.M.; WOODHOUSE, L.R. Zinc homeostasis in humans. *J Nutr*, v.130, p.1360S-6S, 2000.
- KLEVEY, L.M. - Cardiovascular disease from copper deficiency - a history. *J Nutr*, v. 130, p.:489S-492S, 2000.
- KONSTANTAKI M.; TROWBRIDGE, E.A.; SWAINE, I.L. The relationship between blood lactate and heart rate responses to swim bench exercise and women's competitive water polo. *J.Sports Sci.* v.16, p.251-6, 1998.
- KROTKIEWSKI, K.M.; GUDMUNDSSON, M.; BACKSTROM, P.; MANDROUKAS, K. – Zinc and muscle strength and endurance. *Acta Phys Scand*, V.116, P. 309-11, 1982.
- LADEFOGED, K. e HAGEN, K. Correlation between concentrations of magnesium, zinc, and potassium in plasma, erythrocytes and muscles. *Clin Chim Acta*, v.177, p.157-66, 1988.
- LANGER, B. Radicais livres, isquemia e inflamação. *Rev Paul Med*, v.104, n.6, p.305-10, 1986.
- LEE, R.G. Nutritional factor in the production and function of erythrocytes. In: LEE, R.G.; BITCHELL, T.C.; FOSTER, J.; ATHENS, J.; LAKENS, J. *Clinical hematology Wintrob's*. 9<sup>th</sup>.ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993, v.1.
- LEE, R. e NIEMAN, D.C. – Nutritional assessment. 2. ed., Saint Louis: Mosby, 1995.

- 
- LENTER, C. Geigy Scientific tables, volume 3. CIBA-GEISY, West Caldwell, NJ. 1984 *apud* DRI. *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc*. A report of the Panel on Micronutrients, Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and of Interpretation and Use of Dietary References Intakes, and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary References Intakes, Food and Nutrition Board. Institute of Medicine, 2001, p. 7-1 a 7-27. Disponível em: <<http://www.nap.edu/openbook/0309072794/html/R1.html>>. Acesso em: 11 set. 2001.
- LICHTI, E.L.; TURNER, M.; DEWEESE, M.S.; HENZEL, J.H. Zinc concentration in venous plasma before and after exercise in dogs. *J. Miss. State Med. Assoc.*, v.67, p.303-10, 1970.
- LINDER, M.C. e HAZEGH-AZAM, M. – Copper biochemistry and molecular biology. *Am J Clin Nutr*, v. 63, p. 797S-811S, 1996.
- LUKASKI, H.C. Micronutrients (magnesium, zinc, and copper): are mineral supplements need for athletes? *Int J Sports Nutr*, v.5, p.S74-83, 1995.
- LUKASKI, H.C. Magnesium, zinc and chromium nutriture and physical activity. *Am. J. Clin. Nutr.* v.72 Suppl. p.585S-93S, 2000.
- LUKASKI, H.C.; HOVERSON, B.S.; GALLAGHER, S.K. ; BOLONCHUK, W.W. Physical training and copper, iron and zinc status of swimmers. *Am. J. Clin. Nutr.* v.51, p.1093-9, 1990.
- LUKASKI, H.C.; SIDERS, W.A; HOVERSON, B.S.; GALLAGER, S.K. Iron, copper, magnesium and zinc status as predictors of swimming performance. *Int. J. Sports Med.* v.17, n.7, p.535-40, 1996.
- MAFRA, D.; CUPPARI, L.; COZZOLINO, S.M.F. Mudanças nas concentrações de zinco eritrocitário em pacientes renais crônicos após suplementação com ferro intramuscular. *VI Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição – SBAN, NC-87, 2001.*
- MAHAN, L.K.; ARLIN, M.T. Valores normais de minerais no soro. In: *Krause Alimentos, Nutrição e Dietoterapia*. 9.ed., São Paulo: Roca, 1998, p.1001-3.

- 
- MANORE, MM, MERKEL, J, HELLEKSEN, JM, SKINNER, JS, CARROL, SS. Longitudinal changes in magnesium status in untrained males: effect of two different 12-week exercise training programs and magnesium supplementation. *Sports Nutrition: Minerals and Electrolytes*. Edited by Constance V. Kies and Judie A. Driskell, 14: 179-87, 1995.
- MARI, E.T.L. *Análises uni e multivariada na avaliação do estado nutricional de atletas de polo aquático feminino: enfoque em minerais*. São Paulo, 2002. 172p. [Tese apresentada à Faculdade de Ciências Farmacêuticas-USP para obtenção do grau de Mestre].
- MARRELLA, M.; GUERRINI, F.; TREGNAGHI, P.L.; NOCINI, S.; VELO, G.P.; MILANINO, R. Effect of exercise on copper, zinc and ceruloplasmin levels in blood of athletes. In: *Metal Ions in Biology and Medicine (Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Symposium, May 16-19, 1990)*, COLLERY, P.; POIRIER, L.A.; MANFAIT, M.; ETIENNE, J. (Eds.), Paris: Libbey Eurotext, 1990, p.111-3.
- MASON, K.E. – A conspectus of research on copper metabolism and requirements of man. *J. Nutr*, 109(11):1981-2065, 1979.
- MATSUDA, H. Magnesium gating of the inwardly rectifying K<sup>+</sup> channel. *Ann Rev Physiol*, v.53, p.289-98, 1991.
- MAC CANCE; WIDOWSON'S. *The composition of foods*. 5<sup>th</sup> ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1991. p.462.
- MCARDLE, W.D., KATCH, F.I.; KATCH, V.L. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. 4.ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998, 695p.
- MC CORD, J.M. e FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase. an enzymic function for erythrocyte hemocuprein (hemocuprein). *J Biol Chem*, v.244, n.22, p.6049-55, 1969.
- MC DONALD, R. e KEEN, C.L. Iron, zinc and magnesium nutrition and athletic performance. *Sports Med*, v.5, p.171-84, 1988.
- MEYER, T.; GABRIEL, H.H.W.; RÄTZ, M.; MÜLLER, H.J.; KINDERMANN, W. Anaerobic exercise induces moderate acute phase response. *Med Sci Sports Exerc*, v.33, n.4, p.549-55, 2001.
- MILNE, D.B. Assessment of copper nutritional status. *Clin. Chem*. v.40, n.8, p.1479-84, 1994.
- MILNE, D.B. Copper intake and assessment of copper status. *Am. J. Clin. Nutr.* v.67 Suppl., p. S1041-S5, 1998.
- MILNE, D.B. e JOHNSON, P.E. Assessment of copper status: effect of age and gender on reference ranges in healthy adults. *Clin Chem*, v.39, p.883-7, 1993.

- 
- MISTURA, L.P.F. e COLLI, C. Determinação de ferro total e ferro heme em carne bovina irradiada. *VI Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição – SBAN*, NE-39, 2001.
- MONSEN, E.R. e BALINTFY, J.L. Calculating dietary iron bioavailability: refined and computerization. *J Am Diet Assoc*, v.80, p.307-11, 1982.
- MONTE, M. e LUSTIG, E.S. Radicales libres de oxígeno y superóxido dismutasas: aspectos biológicos y médicos. *Medicina*, v.54, p.61-8, 1994.
- MUNDIE, T.G. e HARE, B. – Effects of resistance exercise on plasma, erythrocyte, and urine Zn. *Biol Trace Elem Res*, v. 79, n.1, p.23-8, 2001.
- NACHTIGALL, D.; NIELSEN, P.; FISCHER, R.; ENDELHARDT, R.; GABBE, E.E. Iron deficiency in distance runners. A reinvestigation using <sup>59</sup>Fe-Labeling and non-invasive liver iron quantification. *Int. J. Sports Med.* v.17, n.7, p.473-9, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL: *Recommended Dietary Allowances* (10<sup>th</sup> ed.), Washington, DC: National Academy press, 1989, p.26-31.
- NETER, J.; KUTNER, M.H.; NACHTSHEIM, C.J.; WASSERMAN, W. *Applied linear statistical models*. 4<sup>th</sup> ed. Boston: Mc Graw Hill. 1996, 1408p.
- NIELSEN, P. e NACHTIGALL, D. Iron supplementation in athletes: current recommendations. *Sports Med*, v.26, n.4, p.207-16, 1998.
- NIEMAN, D.C. Exercise immunology: future directions for research related to athletes, nutrition, and the elderly. *Int J Sports Med*, v.21, supplement 1, p.S61-S8, 2000.
- NUVIALA, R.J.M.; CASTILLO, M.C.; LAPIEZA, M.G.; ESCANERO, J.F. Iron nutritional status in female karatekas, handball and basketball players, and runners. *Physiol. Behav.* v.59, n.3, p.449-53, 1996.
- NUVIALA, R.J.M.; LAPIEZA, M.G.; BERNAL, E. Magnesium, zinc, and copper status in women involved in different sports. *Int. J. Sport. Nutr.* v.9, p.295-309, 1999.
- O'DELL, B.L. - Biochemistry of copper. *Med Clin North America*, v.60, n.4, p. 687-703, 1976.
- OHNO, H.; Y.; ISHIKAWA, M.; DOI, R.; YAMAMURA, R.; KONDAO, T.; TANIGUCHI, N. Exercise-induced changes in blood zinc and related proteins in humans. *J. Appl Physiol.*, v.58, p.1453-8, 1985.
- OHNO, H.; SATO, Y.; ISHIKAWA, M.; YAHATA, T.; GASA, S.; DOI, R. Training effects on blood zinc levels in humans. *J. Sports Med. Phys.Fitness.* v.30, p.247-53, 1990.

- 
- OHNO, H.; SATO, Y.; KIZAKI, T.; YAMASHITA, H.; OOKAWARA, T.; OHIRA, Y. Physical exercise and zinc metabolism. In: KIES, C.V.; DRISKELL, J. A. (Eds.). *Sports nutrition: minerals and electrolytes*. New York: CRC Press, 1995, p.129-203.
- OLHA, A.E.; KLISSOURAS, V.; SULLIVAN, J.D.; SKORYNA, S.C. Effect of exercise on concentration of elements in the serum. *Int J Sports Med*, v.22, p.414-25, 1982.
- OLIVARES, M. e UAUY, R. Copper as an essential nutrient. *Am J Clin Nutr*, v.63, p.791S-6S, 1996.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Nutritional anemias: report of a WHO Scientific Group*, 1968. [Technical Report Series. nº 405].
- PASCHOAL, V.C.P. *Estado nutricional e perfil de aptidão física de nadadores de alto nível competitivo*. São Paulo, 2000. Tese. 149p. [Mestrado em Ciência Aplicada à Pediatria - Área Nutrição] Universidade Federal de São Paulo.
- PEDROSA, L.F. e COZZOLINO, S.M.F. Efeito da suplementação com ferro na biodisponibilidade de zinco em uma dieta regional do nordeste do Brasil. *Rev Saúde Pública*, v.27, n.4, p.226-70, 1993.
- PERCIVAL, S.S. – Copper and immunity. *Am J Clin Nutr*, v.67, n.suppl, p.1064S-8S, 1998.
- PEREIRA, B.; MEDEIROS, M.H.G.; CURI, R.; BECHARA, E.J.H. Superoxide dismutase activity in different tissues of exercise-trained and sedentary rats. *Arquivos de Biol. Tecnol*, Curitiba, v.32, n.1, p. 188 -201, 1989.
- PEREIRA, B. Exercício físico como pró-oxidante. *Rev. Paul. Educ. Fís.*, São Paulo, v.8, n.2, p.77-89, jul./dez., 1994.
- PETROSKI, E.L.; PIRES NETO, C.S. Validação de equações antropométricas para a estimativa da densidade corporal em mulheres. *Rev. Bras. Ativ. Fís. Saúde*. v.1, n.3, p.5-14, 1995.
- PHILIPPI, S.T.; SZARFARC, S.C.; LATTERZA, A.R. Virtual Nutri (software), versão 1.0. São Paulo, Departamento de Nutrição - Fac. de Saúde Pública/USP, 1996, 3 disquetes.
- POLTRONIERI, F.; ARÊAS, J.A.G.; COLLI, C. Extrusion and iron bioavailability in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Food Chemistry*, v.70, p.175-80, 2000.
- PYNE, D.B. e GLEESON, M. Effects of intensive exercise training on immunity in athletes. *Int J Sports Med*, v.19, suppl.3, p.S183-S94, 1998.

- 
- RAMOS, K.S. *Efeito do processamento sobre as concentrações de ferro heme em carnes e em pulmão bovino*, 1999, 98p. [Dissertação de Mestrado] Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.
- RAW, I. e COLLI, W. *Fundamentos de bioquímica. Parte 2*. São Paulo: Universidade de Brasília - Ministério de Educação e Cultura, 1966. p.142.
- RESINA, A.; FEDI, S.; GATTESCHI, L.; RUBENNI, M.G.; GIAMBERARDINO, M.A.; TRABASSI, E.; IMREH, F. Comparison of some serum copper parameters in trained runners and control subjects. *Int J Sports Med*, v.11, p.58-60, 1990.
- RESINA, A.; GATTESCHI, L.; RUBENNI, M.G.; GIAMBERARDINO, M.A.; IMREH, F. Comparison of some serum copper parameters in trained professional soccer players and control subjects. *J. Sports Med. Phys. Fitness*. v.31, n.3, p.413-6, 1991.
- RESINA, A.; GATTESCHI, L.; CASTELLANI, W.; GALVAN, P.; PARISE, G.; RUBENNI, M.G. Effects of aerobic training and exercise on plasma and erythrocyte magnesium concentration. In: *Sports Nutrition: Minerals and Electrolytes*. Edited by Constance V. Kies and Judie A. Driskell, v.15, p.189-97, 1995.
- RICHARDSON, J.H. e DRAKE, P.D. The effects of zinc on fatigue of striated muscle. *J Sports Med*, v.19, p.133-4, 1979.
- ROSNER, F. e GORFIEN, P.C. Erythrocyte and plasma zinc and magnesium levels in health and disease. *J Lab Clin Med.*, v. 72, p.213-9, 1968 *apud* DEUSTER, P.A.; TROSTMANN, U.H.; BERNIER, L.L.; DOLEV, E. Indirect vs direct measurement of magnesium and zinc in erythrocytes. *Clin Chem*, v.33, n.4, p.529-32, 1987.
- ROWLAND, T.W. e KELLEHER, J.F. Iron deficiency in athletes. Insights from high school swimmers. *Am J Dis Child*, v.143, p.197-200, 1989.
- RUZ, M.; CAVAN, K.R.; BETTEGER, W.J.; GIBSON, R.S. Erythrocytes, erythrocyte membranes, neutrophils and platelets as biopsy materials for the assessment of zinc status in human. *Br J Nutr*, v.68, p.515-527, 1992.
- RYSSIGUIER, Y. Hypomagnesemia resulting from adrenaline infusion in ewes: its relation to lypolysis. *Horm. Metab. Res.* ,v.9, p. 309-11, 1977.
- SAKS, V.A.; CHERNOUSOVA, G.B.; GUKOVSKY, D.E.; SMIRNOV, V.N., CHAZOV, E.I. Studies of energy y transport in heart cells. *Eur J Biochem*. v.57, p.273-82, 1975.
- SARDINHA, F.A.A., AMANCIO, O.M.S. Cobre sérico e tecidual em rata gestante desnutrida e em sua prole. *J Pediatr*, v.73, n.5, p. 305-10, 1997.
- SARIS, N.E.L.; MERVAALA, E.; KARPPANEN, H.; KHAWAJA, J.A.; LEWENSTAM, A. Review: Magnesium An update on physiological, clinical and analytical aspects. *Clin Chim Acta*, v.194, p.1-26, 2000.

- 
- SEELIG, M.S. Interrelationship of magnesium and estrogen in cardiovascular and bone disorders, eclampsia, migraine and premenstrual syndrome. *J Am Coll Nutr*, v.12, p.442-58, 1993.
- SEILER, D.; NAGEL, D.; FRANZ H. Effects of long-distance running on iron metabolism and hematological parameters. *Int J Sports Med*, v.10, p.357-62, 1989.
- SHILS, M.E. - Magnesium. In: SHILS, M.C.; OLSON, J.A.; SHIKE, M.; ROSS, A.C.; - *Modern nutrition in health and disease*, 9.ed. Lippincott Williams & Wilkins, 1998. p.141-55.
- SINGH, A.; DEUSTER, P.A.; DAY, B.A.; MOSER-VEILLON, P.B. Dietary intakes and biochemical markers of selected minerals: comparison of highly trained runners and untrained women. *J. Am. Coll. Nutr.* v.9, n.1, p.65-75, 1990.
- SINGH, A.; DEUSTER, P.A.; MOSER, P.B. Zinc and copper status in women by physical activity and menstrual status. *J Sports med Phys Fitness*, v.30, p.29-36, 1990.
- SINGH, A.; MOSES, F.M.; DEUSTER, P.A. - Vitamin and mineral status in physically active men: effects of a high-potency supplement. *Am J Clin Nutr*, 55: 1-7, 1992.
- SMITH, H.K. Applied physiology of water polo. *Sports Med.* v.26, n.5, p.317-34,1998.
- SOLOMONS, N.W. On the assessment of zinc and copper nutriture in man. *Am J Clin Nutr*, v.32, p.856-71, 1979.
- STRYER, L. Biochemistry. 3. ed. New York, W.H. Freeman, 1988.
- SZARFARC, S.C. Densidade do ferro biodisponível em uma dieta habitual no Estado de São Paulo. *Rev Saúde Pública*, v.17, n.4, p.290-6, 1983.
- TIETZ, N.W. Clinical guide to laboratory tests. Philadelphia: W.B. Saunders, 1990. *Apud* SARIS, N.E.L.; MERVAALA, E.; KARPPANEN, H.; KHAWAJA, J.A.; LEWENSTAM, A. Review: magnesium an update on physiological, clinical and analytical aspects. *Clin. Chim. Acta*, v.194, p.1-26, 2000.
- TOURINHO FILHO, H. e BARBANTI, V.J. Aspectos fisiológicos e bioquímicos do processo de destreinamento. *Rev Médica HSV*, v.11, n.26, p.41-6, 2000.
- TRAMONTE, V.L.C.G. *Biodisponibilidade de ferro e zinco de dieta típica da população brasileira de baixa renda. Estudo com isótopos estáveis em humanos.* 1994, 153p. [Tese apresentada à Faculdade de Ciências Farmacêuticas -USP para obtenção do grau de Doutor].
- TSUJI, H. e BURINI, R.C. Aspectos positivos da participação do lactato na atividade muscular. *Rev Bras Ciência e Movimento*, v.3, n.3, p.51-9, 1989.



- 
- TSUJI, H.; VANNUCCHI, H.; BURINI, R.C. Níveis plasmáticos de zinco em nadadores durante o treinamento físico. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v.6, n.03, p.11-3, 1992.
- VAN LOAN, M.D.; SUTHERLAND, B.; LOWE, N.M.; TURNLUND, J.R.; KING, J.C. The effects of zinc depletion on peak force and total work of knee and shoulder extensor and flexor muscles. *Int J Sports Nutr*, v.9, p.125-35, 1999.
- VÁSQUEZ, J.W.P. *Avaliação do estado nutricional de atletas maratonistas em fase pré-competitiva. Uma abordagem referente ao ferro*. São Paulo, 1998. Dissertação. 96p. [Mestrado em Ciências dos Alimentos] Faculdade de Ciências Farmacêuticas/ USP.
- VERDÚ, JM e ALMENDROS, MM. *Tabla de composición de alimentos españoles*. 3ª ed. Universidad de Granada, 1998.
- VERRASTRO, T. e LORENZI, T.F. Eritrócitos e leucócitos. In: VERRASTRO, T.; LORENZI, T.; WENDEL NETO, S. *Hematologia e hemoterapia - Fundamentos de morfologia, fisiologia, patologia e clínica*. Atheneu, 1998. p. 9-17.
- WASTNEY, M.E.; HOUSE, W.A.; BARNES, R.M.; SUBRAMANIAN, K.N.S. Kinetics of zinc metabolism: variation with diet, genetics and disease. *J Nutr*, v.130, p.1355S-9S, 2000.
- WEIGHT, L.M.; DARGE, B.L.; JACOBS, P. Athletes pseudoanaemia. *Eur J Appl Physiol*, v.62, p.358-62, 1991.
- WHITE, A.; HANDLER, P.; SMITH, E.L.; HILL, R.L., LEHMAN, I.R. Principles of biochemistry. 6 ed. Mc Hill, New York, 1978.
- WHITEHOUSE, R.C.; PRASAD, A.S; RABBANI, P.I.; COSSACK, Z.T. Zinc in plasma, neutrophils, lymphocytes, and erythrocytes as determination by flameless atomic absorption spectrophotometry. *Clin Chem*, v.28, n.3, p.475-80, 1982.
- WILLET, W. Nutritional epidemiology. 2 ed. New York. Oxford University Press, 1998. 396p.
- WILLIAM, R.J.P. An introduction to the biochemistry of zinc. In: MILLS, C.F. Zinc in human biology. London, Springer-Verlag, 1989, p.15-31.
- WINTERBOURN, C.C.; HAWKINS, R.E.; BRIAN, M. CARREL, R.W. The estimation of red cell superoxide dismutase activity. *J Lab. Clin. Med*, v.85, n.2, p.337-41, 1975.
- WINZERLING, J.J e LAW, J.H. Comparative nutrition of iron and copper. *Annu Rev Nutr*, v.17, p.501-26, 1997.

---

### **Apêndice 1 - AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE POTÊNCIA AERÓBICA ( $VO_2$ Máx),**

Esta avaliação foi realizada por ergoespirometria, segundo protocolo de Mather, utilizando-se o Analisador rápido de Gases (Sistema Breath by Breath) da Medical Graphics™ modelo CPX- Cardio-Pulmonary Exercise Systems (USA) e uma bicicleta CardiO<sub>2</sub>, no Laboratório de Prova de Função Pulmonar do Serviço de Pneumologia do Instituto do Coração - HCFMUSP.

### **Apêndice 2. AVALIAÇÃO DO GASTO ENERGÉTICO**

O gasto energético relativo das atletas e das controles foi determinado pelo método descrito por BOUCHARD (1983) e complementado pelo método de cálculo para gasto energético relativo, de acordo com a metodologia descrita pela RDA (NRC,1989) (Anexos 5 e 6), que considera as equações de metabolismo basal relativo e o gasto energético derivados da FAO.

### **Apêndice 3. CONSUMO ALIMENTAR**

O padrão de consumo de alimentos dos grupos de atletas e de controles foi determinado a partir dos dados do Registro Alimentar de Três Dias consecutivos (RA 3 dias), preenchido individualmente, em formulário próprio, oferecido pelo pesquisador, após esclarecimento de todas as dúvidas. Considerou-se para as atletas 2 dias de treino e 1 dia de descanso e para o grupo controle 2 dias úteis e 1 dia de final de semana. Este dado foi levantado somente durante o período pré-competitivo.

O software utilizado foi o Virtual Nutri (PHILIPPI *et al.*, 1996) foi abastecido de acordo com a composição nutricional descrita na tabela de composição de alimentos (MACCANCE e WIDDOWSON'S, 1991).

### **Apêndice 4. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS**

As medidas antropométricas das atletas foram tomadas em seu local de treino, em uma única vez, por um pesquisador, no pico do treinamento. Porém, as medidas do grupo controle foram realizadas por outro pesquisador, no Laboratório de Nutrição, à medida que cada indivíduo vinha realizar a coleta de sangue. Isso

---

ocorreu porque o primeiro pesquisador não tinha, neste período, disponibilidade para estar no local.

O peso corporal foi obtido em balança eletrônica da marca ECHOLAC (precisão de 100g). As atletas e as controles foram pesadas, respectivamente, de maiô e de peças íntimas.

A altura foi determinada com uma fita métrica inelástica (precisão de 0,1 centímetro), afixada na parede. Todos os indivíduos estavam descalços e, após bem posicionados, inspiraram e retiveram a respiração até serem medidos.

Partindo-se das duas medidas anteriores, calculou-se o Índice de Massa Corporal (IMC), com a seguinte fórmula:

$$\text{peso(kg)/altura}^2\text{(m)}.$$

## COMPOSIÇÃO CORPORAL

Para a determinação da composição corporal optou-se pelo uso das espessuras de dobras cutâneas. Todas as medidas foram aplicadas três vezes, no lado predominante, registrando-se o valor médio, como descrito por revisão realizada por FRANÇA e VÍVOLO, 1984).

- O índice de adiposidade considerou a metodologia definida por PETROSKI e PIRES-NETO (1995). As dobras cutâneas consideradas foram axilar média, supra-ilíaca, coxa e panturrilha medial. Este método não considera mulheres com idade abaixo de 18 anos. Portanto, para participantes de 17 anos foi utilizada a equação de LOHMAN (1986) indicada por Petroski. A equação é a seguinte:

$$\%G = 1,35(\sum TR + SE) - 0,012(\sum TR + SE)^2 - C$$

TR/ SE = dobras cutâneas tricipital e subescapular  
C = constante

- somatório de 8 dobras cutâneas.

O %GC foi utilizado com o único propósito de permitir comparações com atletas de outras modalidades, visto que é mais comum encontrar esse índice em outros estudos. Porém, a soma de várias dobras tem sido mais indicada para representar o

---

índice de -adiposidade, visto que podem minimizar a margem de erro decorrente do uso de equações para a predição de gordura corporal. Isto porque estas equações guardam uma grande especificidade em relação às populações utilizadas para a sua elaboração (COSTA,1999).

## **Apêndice 5. PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS**

### **HEMOGLOBINA (Hb)**

A Hb foi determinada pelo método da cianometemoglobina (INTERNATIONAL..., 1985) na amostra de sangue diluída (1:500) com solução isotônica ( Isoton II - Coulter #8546719. A leitura foi feita no hemoglobinômetro Coulter Electronics Inc.(Florida-USA), previamente calibrado com padrão de hemoglobina 10g/dL (Labtest-Brasil).

Esta análise foi realizada no Laboratório de Análises Clínicas da FCF-USP.

## **PARÂMETROS BIOQUÍMICOS**

### **DETERMINAÇÃO DE FERRO SÉRICO**

O ferro sérico (FeS) foi determinado empregando-se o kit para Ferro (Merck), que utiliza FERROZINE (3-(2-pyridyl)-5,6 diphenyl 1,2,4,- triazine-p,p'-disulfonic acid, monosodium salt hydrate-97%), como cromógeno. Como controle foi utilizado “CONTROL SERUM N (HUMAN)” da ROCHE.

### **DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE TOTAL DE LIGAÇÃO DE FERRO (CTLF)**

A CILF foi determinada empregando-se um kit *IRON UIBC BIOTROL* (MERCCK-BIOTROL). A transferrina é saturada com uma solução de FeCl<sub>3</sub> de concentração conhecida, em pH alcalino. A seguir, o excesso de ferro (não ligado) é determinado pelo mesmo método do ferro sérico. Foi utilizado como soro controle o “CONTROL SERUM N (HUMAN)” da ROCHE.

A determinação da capacidade de ligação de ferro resulta da soma dos valores de FeS + CILF (μmol/L).

### **PORCENTAGEM DE SATURAÇÃO DA TRANSFERRINA**

A porcentagem de saturação da transferrina (%ST) resulta da relação entre a concentração de ferro sérico e da capacidade total de ligação de ferro, ou:

$$\%S = FS / CILF \times 100$$

## **FERRITINA SÉRICA**

A determinação de ferritina sérica foi realizada nos laboratórios da Central de Radioimunoensaio de São Paulo (CRIESP-SP) pelo método de “DELFLIA-FLUOIMUNOASSAY” (DINAMARCA), com sistema automático e computadorizado de contagem e cálculo.

## **Apêndice 6. DETERMINAÇÃO DE $Zn^{2+}$ , $Cu^{2+}$ , $F^{2+}$ e $Mg^{2+}$ NO SORO**

A determinação dos minerais no soro foi realizada pelo Grupo de Caracterização Isotópica (GCI) do IPEN, empregando a Espectrometria de Massa de Alta Resolução com Fonte de Plasma Indutivo (HR-ICP-MS).

**Apêndice 7** - Idade, medidas antropométricas (peso e altura) e de composição corporal de atletas de polo aquático feminino em período de treinamento intenso pré-competitivo e de controles. Média (desvio-padrão), valores mínimo e máximo.

<b>Grupos</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>altura (cm)</b>	<b>IMC (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>GC<sup>1</sup> (%)</b>	<b>Σ8DC<sup>2</sup> (mm)</b>
<b>Atletas n=24</b>	<b>21,1 (4,1)</b> 17 - 31	<b>64,2 (5,9)<sup>a</sup></b> 51,4 - 76	<b>169,2(6,5)<sup>a</sup></b> 154,6-180,9	<b>22,4(1,9)<sup>a</sup></b> 20,3-29,3	<b>22,7(5,4)<sup>a</sup></b> 15,4-34,1	<b>138(39,6)<sup>a</sup></b> 84-229
<b>Controles n=16</b>	<b>22 (3,2)</b> 18-30	<b>57,7(7,2)<sup>b</sup></b> 47,5-72	<b>163,9(5,7)<sup>b</sup></b> 153-175	<b>21,4(1,9)<sup>a</sup></b> 19-25,4	<b>23,0(4,4)<sup>a</sup></b> 17,8-32,4	<b>137(34,9)<sup>a</sup></b> 102-220

Colunas com letras sobrescritas diferentes : com diferença estatística (<sup>a,b</sup>) ( $p < 0,05$ )

<sup>1</sup>Porcentagem de gordura corporal (Σ de 4 dobras): equação de Petroski e Pires-Neto (1995)

<sup>2</sup>Σ das 8 dobras: bíceps, tríceps, subescapular, suprailíaca, coxa, axilar média, abdominal, panturrilha.

Fonte: MARI (2002)

**Apêndice 8** - Comparação entre a capacidade aeróbia (VO<sub>2</sub> no limiar e VO<sub>2</sub> Máx(mL/kg/min) de atletas de polo aquático feminino e de controles. Média (Desvio-padrão), valores mínimo e máximo.

Grupo	VO <sub>2</sub> no limiar mL/kg/mim	VO <sub>2</sub> MÁX mL/kg/mim	<sup>1</sup> GER-BOU* kcal/dia
<b>Atletas n=15</b>	<b>21,0 (4,2)<sup>a</sup></b> 14,6 - 31,21	<b>39,1 (3,5)<sup>a</sup></b> 34,6 - 41,9	<b>3200 (477)<sup>a</sup></b> 2460 - 4340
<b>Controles n=13</b>	<b>13,2 (2,0)<sup>b</sup></b> 10,7 -17,2	<b>26,1 (2,8)<sup>b</sup></b> 22,7 - 30,3	<b>2247 (307)<sup>b</sup></b> 1801 - 2792

Colunas com letras sobrescritas diferentes: com diferença estatística (<sup>a,b</sup>) (p<0,05)

<sup>1</sup>GER-BOU- gasto energético relativo (metodologia de Bouchard, 1988)

n=24 (atletas) e n=16 (controles)

Fonte: MARI (2002)

**Apêndice 9** – Ingestão energética total (kcal) e de macronutrientes (g) a partir de registro alimentar de 3 dias (RA) de atletas de polo aquático feminino e de controles. Média (desvio-padrão), valores mínimo e máximo.

Grupo	Calorias (kcal)	Proteínas (g)	Carboidratos (g)	Lipídios (g)
<b>RA 3 dias Atletas n=26</b>	<b>2448 (718)<sup>a</sup></b> 1369 - 4106	<b>100 (29)<sup>a</sup></b> 42-144	<b>308 (92)<sup>a</sup></b> 191-489	<b>92 (39)<sup>a</sup></b> 28-194
<b>RA 3 dias Controles n=16</b>	<b>2086 (457)<sup>a</sup></b> 1456 - 3349	<b>81 (18)<sup>b</sup></b> 56-115	<b>259 (58)<sup>a</sup></b> 180-439	<b>78 (24)<sup>a</sup></b> 43-130

Colunas com letras sobrescritas diferentes: com diferença estatística (<sup>a,b</sup>) (p<0,05)

Análise Virtual Nutri - Fonte: MARI (2002)

**Apêndice 10** - Ingestão dos minerais Mg, Fe, Zn e Cu (mg/dia), a partir de registro alimentar de 3 dias, de atletas de polo aquático feminino e de controles. Média (desvio-padrão), valores mínimo e máximo.

<b>Grupo</b>	<b>Mg (mg/d)</b>	<b>Fe (mg/d)</b>	<b>Zn (mg/d)</b>	<b>Cu (mg/d)</b>
<b>RA 3 dias Atletas n=26</b>	<b>205,1 (64,5)<sup>a</sup></b> 81-311	<b>14,1(4,9)<sup>a</sup></b> 8-24	<b>10,8 (4,9)<sup>a</sup></b> 2-20	<b>1,2 (0,6)<sup>a</sup></b> 0,5-3
<b>RA 3 dia Controles n=16</b>	<b>261,7 (77,3)<sup>b</sup></b> 149- 391	<b>13,8 (2,4)<sup>a</sup></b> 11-20	<b>9,7 (2,8)<sup>a</sup></b> 4-14	<b>1,8 (1,0)<sup>b</sup></b> 0,5-4,6
<b>RDA (2001)</b>	<b>310<sup>1</sup></b>	<b>18<sup>2</sup></b>	<b>8<sup>2</sup></b>	<b>0,9<sup>2</sup></b>

Colunas com letras sobrescritas diferentes: com diferença estatística (<sup>a,b</sup>) (p<0,05)

<sup>1</sup>19 - 30 anos de idade ; <sup>2</sup>19 - 50 anos de idade

Análise Virtual Nutri - Fonte: MARI (2002)

**Apêndice 11** - Comparação do resultado de consumo energético (kcal/dia) e de gasto energético (kcal/dia) - método Bouchard x FAO de atletas de polo aquático feminino e de controles. Média (desvio-padrão), valores mínimos e máximos.

	<b>Atletas</b> n=24	<b>Controle</b> n=16
<b>Consumo</b>  <b>(kcal/dia)</b>	<b>2455 (726)<sup>a</sup></b> 1369 - 4106	<b>2060 (437)<sup>a</sup></b> 1456 - 3349
<sup>1</sup> GER - BOU <b>(kcal/dia)</b>	<b>3200 (477)<sup>b</sup></b> 2460 - 4340	<b>2256 (298)<sup>a</sup></b> 1801 - 2792
<sup>2</sup> GER - FAO <b>(kcal/dia)</b>	<b>2570 (251)<sup>a</sup></b> 2057 - 3118	<b>1849 (140)<sup>a</sup></b> 1640 - 2112

Colunas com letras diferentes: com diferença estatística (<sup>a,b</sup>) (p<0,05)

<sup>1</sup>GER-BOU - gasto energético relativo (metodologia Bouchard, 1983)

<sup>2</sup>GER FAO - gasto energético relativo (metodologia RDA, 1989)

Fonte: consumo e gasto energético Bouchard (MARI, 2002)

**Apêndice 12** - Concentração de magnésio (MgS), ferro (FeS), zinco (ZnS) e cobre (CuS) séricos de atletas de polo aquático feminino e de controles. Média (desvio-padrão), valores mínimo e máximo.

<b>Grupo</b>	<b>MgS</b> (mg/dL)	<b>FeS</b> (µg/dL)	<b>ZnS</b> (µg/dL)	<b>CuS</b> (µg/dL)
<b>Atletas</b> n=25	<b>1,88 (0,20)<sup>a</sup></b> 1,6-2,3	<b>156,37 (46,31)<sup>a</sup></b> 68,9 - 294,5	<b>104,78 (31,97)<sup>a</sup></b> 57,1 - 185,6	<b>100,29 (20,82)<sup>a</sup></b> 75,6 - 169,7
<b>Controles</b> n=21	<b>1,99 (0,23)<sup>a</sup></b> 1,6-2,4	<b>139,85 (51,84)<sup>a</sup></b> 46,3 - 238,8	<b>117,74 (35,17)<sup>a</sup></b> 63,1 - 179,1	<b>129,40 (53,06)<sup>a</sup></b> 53,2 - 203,9
<b>Faixa de normalidade</b>	<b>1,56 a 2,52<sup>6</sup></b>	<b>56 - 168<sup>2</sup></b> <b>50 - 175<sup>3</sup></b>	<b>70 - 150<sup>4</sup></b>	<b>80 - 155<sup>1</sup></b> <b>63- 157,5<sup>5</sup></b>

Colunas com letras sobrescritas diferentes: com diferença estatística (p <0,05)

<sup>1</sup>GIBSON (1990); <sup>2</sup>THE BRITISH NUTRITION FOUNDATION (1995); <sup>3</sup>MAHAN e ARLIN (1998);

<sup>4</sup>SHILLS (1998); <sup>5</sup>LENTER (1984) *apud* IOM (2001); TIETZ (1990) *apud* SARIS *et al.* (2000)

Fonte: MARI (2002)



**Apêndice 13** -- Parâmetros hematológicos (saturação de transferrina - ST, ferritina sérica - FER e hemoglobina - Hb) de atletas de polo aquático feminino e de controles. Média (desvio-padrão), valores mínimo e máximo.

<b>Grupo</b>	<b>ST (%)</b>	<b>FER (ng/mL)</b>	<b>Hb (g/dL)</b>
<b>Atletas n=25</b>	<b>29,7 (11,2)<sup>a</sup></b> 8,2 - 50,5	<b>30,6 (15,6)<sup>a</sup></b> 6,9 - 78,6	<b>13,7 (0,8)<sup>a</sup></b> 11,8 - 15,3
<b>Controles n=21</b>	<b>22,7 (16,1)<sup>a</sup></b> 5,9 - 78,2	<b>27,6 (34,0)<sup>b</sup></b> 2,5 - 143	<b>12,9 (1,3)<sup>b</sup></b> 10 - 14,7
<b>Faixa de normalidade</b>	<b>16 - 60<sup>3</sup></b>	<b>12 - 300<sup>2</sup></b>	<b>12 - 16<sup>1</sup></b>

Colunas com letras sobrescritas diferentes: com diferença estatística ( $p < 0,05$ )

<sup>1</sup>OMS, 1968; <sup>2</sup>LEE, 1993; <sup>3</sup>THE BRITISH NUTRITION FOUNDATION, 1995

Fonte: MARI (2002)