

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

EXPOSIÇÃO DE EDUCADORES FÍSICOS AOS EFEITOS DOS TRIHALOMETANOS PRESENTES EM PISCINA DE RECREAÇÃO CLORADA E O CONTROLE DOS RADICAIS LIVRES ATRAVÉS DOS ANTIOXIDANTES

EXPOSITION OF PHYSICAL EDUCATORS TO THE EFFECT OF THE TRIHALOMETANOS GIFTS IN SWIMMING POOL OF CHLORINATED RECREATION AND THE CONTROL OF THE FREE RADICALS THROUGH ANTIRUST SUBSTANCES

Luiza Adélia Titotto Angerami^{1,2},

Tábata Cunto Vieira^{1,2},

Ricardo De Francisco Strefezzi³

RESUMO

Com a utilização do cloro para a desinfecção da água de piscinas de recreação podem se formar subprodutos tóxicos, tais como os trihalometanos, espécies químicas formadoras de radicais livres, caracterizadas por grande instabilidade e, por isso, elevada reatividade. Seu excesso gera o estresse oxidativo promovendo o início de diversos processos patológicos. Deve ser dada especial atenção aos indivíduos considerados ocupacionalmente expostos a essas substâncias, tais como treinadores, freqüentadores, vigilantes, trabalhadores indiferenciados de piscinas e, até mesmo, recepcionistas em academias, pela freqüente exposição aos trihalometanos, tanto via dérmica quanto inalatória, devido aos riscos potenciais de toxicidade e carcinogenicidade. Em condições normais, a inativação dos radicais livres é feita por sistemas antioxidantes enzimáticos e não-enzimáticos, presentes no organismo dentro das células e na circulação sanguínea, como a superóxido dismutase, glutathione peroxidase e catalase; quanto nos alimentos ingeridos como as vitaminas A, C e E, os minerais zinco, selênio, cobre, manganês, entre outros. Estudos demonstram que o consumo de substâncias antioxidantes na dieta diária pode produzir uma ação protetora efetiva contra estes processos oxidativos que ocorrem no organismo.

Palavras-chave: Cloro, Trihalometano, Radical Livre, Antioxidantes

1 - Programa de Pós-Graduação Lato-Sensu em Bases Nutricionais da Atividade Física: Nutrição Esportiva

2 - Nutricionista pela Universidade Bandeirante de São Paulo-UNIBAN

ABSTRACT

The use of chlorine to disinfect the water from recreation swimming pools can form toxic sub-products such as trihalomethane, chemical agent formed by free radicals characterized by great instability and, therefore, elevated reactivity. Its excess produces oxidative stress forming the beginning of several pathological processes. Special attention must be given to individuals considered occupationally exposed to these substances, such as trainers, regular visitors, vigilant, the swimming pool staff and even the receptionists from the gym through frequent exposure to trihalomethane from dermic and respiratory ways due to the potential risks of toxicity and carcinogenicity. In normal conditions, the inactivation of free radicals is done by antioxidant enzymatic and non-enzymatic systems presents in the organism inside the cells and in the blood circulation, such as superoxide dismutase, glutathione peroxidase and catalase; in the food such as the vitamins A, C and E, zinc, selenium, copper, manganese minerals among others. The studies demonstrate that the consumption of antioxidant substances in the daily diet can produce a protective affectionate action against these oxidative processes that happen in the organism.

Key words: Chlorine, Trihalomethane, Free Radical, Antioxidant.

Endereço para Correspondência

luata@terra.com.br

tabanutri@yahoo.com.br

3 - Doutor em Patologia Experimental e Comparada pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP.

INTRODUÇÃO

No processo de desinfecção da água de piscinas de recreação com produtos à base de cloro, formam-se substâncias como os trihalometanos, possivelmente tóxicos e carcinogênicos, às quais, trabalhadores de piscinas estão mais expostos.

O trihalometano mais encontrado é o clorofórmio, sendo responsável pela formação de radicais livres, espécies químicas muito reativas por possuírem um ou mais elétrons não-pareados em sua última órbita. O efeito de moléculas oxidantes sobre as células é chamado de estresse oxidativo, resultando em danos celulares que estão relacionados a várias doenças, incluindo degenerativas, tais como cardiopatias, aterosclerose, problemas pulmonares, e neoplasias, por ocasionarem danos ao DNA. Esses radicais livres são normalmente removidos ou inativados por defesas antioxidantes enzimáticas, incluindo a atividade da superóxido dismutase, catalase, glutathione peroxidase, glutathione reductase e glutathione S-transferase. Porém, quando produzidos em condições anormais, os antioxidantes endógenos não são suficientes, sendo necessárias também fontes exógenas, como as vitaminas A, C e E, os minerais cobre, zinco, selênio, manganês, os flavonóides, os carotenóides, entre outros. Dessa forma nosso objetivo foi estabelecer uma conexão entre o excesso de radicais livres, formados pelos trihalometanos em usuários de piscinas de recreação, e o possível combate através dos antioxidantes presentes na dieta.

Piscinas de Recreação: conceituação e legislação específica

Quanto a Norma Técnica Especial (NTE) Relativa a Piscinas do Decreto Nº 13.166, de 23 de janeiro de 1979, as piscinas classificam-se em:

- I: Piscinas de uso público – as utilizáveis pelo público em geral
- II: Piscina de uso coletivo restrito – as utilizáveis por grupos restritos, tais como clubes, condomínios, escolas, entidades, associações, motéis e congêneres
- III: Piscinas de uso familiar – as piscinas de residências unifamiliares
- IV: Piscinas de uso especial – as destinadas a outros fins que não o esporte ou

a recreação, tais como as terapêuticas e outras.

O Artigo 15 estabelece que as piscinas de uso público e de uso coletivo restrito, estão sujeitas à fiscalização da autoridade sanitária, a qual após a respectiva vistoria fornecerá o alvará de funcionamento que deverá ser renovado anualmente. A construção, funcionamento, registro e fiscalização, também devem ter seu projeto aprovado pela autoridade sanitária.

As piscinas com Sistema de Circulação ou de Recirculação e Tratamento, devem ser constituídas de, no mínimo: dispositivos de entrada, grelhas de fundo, canalizações de água suja, retentores de pêlos, bombas, dosadores de produtos químicos, filtros, equipamentos de cloração e canalização de água limpa.

Toda piscina deverá dispor de equipamento dosador para aplicação de cloro ou seus compostos, adequados a manter na água do tanque um teor de cloro compatível com os limites estabelecidos nesta Norma Técnica Especial.

Quanto à qualidade da água, o Artigo 28 estabelece que a mesma deverá manter as seguintes especificações de natureza físico-química:

- I: A limpidez deverá ser de ordem a permitir perfeita visibilidade, a luz do dia, a observador postado à borda do tanque, de um azulejo negro, de 0,15m x 0,15m, colocado na parte mais profunda no tanque, equidistantes das paredes laterais
- II: A superfície da água deverá estar livre de matéria flutuante e espuma
- III: O cloro residual deverá estar compreendido entre 0,5mg/ L e 0,8mg/ L de cloro disponível
- IV: O pH deverá estar compreendido entre 6,7 e 7,9.

O capítulo 21 menciona que as piscinas deverão possuir registros de dados a fim de se avaliar com periodicidade mínima de 2 horas o pH da água do tanque, a taxa de cloro residual disponível e a taxa de cloro residual disponível no lava pés.

É de vital importância que os profissionais que trabalham na área de Saúde Pública e/ ou Saúde Ocupacional verifiquem a exposição dos profissionais quanto a qualidade do ar interior através de ações de vigilância sanitária adequadas e enquadradas nas competências inerentes às Autoridades de

Saúde. (Decreto – Lei Nº 336/93 de 29 de setembro citado por Pedroso, 2005).

Tipos de tratamento para piscinas

Os processos de desinfecção têm como objetivo a destruição ou inativação de organismos patogênicos, capazes de produzir doenças, ou de outros organismos indesejáveis. A desinfecção não implica, necessariamente, a destruição completa de todas as formas vivas (esterilização), embora muitas vezes o processo de desinfecção seja levado até o ponto de esterilização (Meyer, 1994).

O tratamento de piscinas normalmente utilizado é a desinfecção por derivados clorados, onde o ácido hipocloroso possui uma ação bactericida bastante eficiente, mas que possibilita a formação de produtos indesejáveis como, por exemplo, os trihalometanos (Pedroso, 2005).

Outros processos alternativos de desinfecção da água podem ser utilizados, a fim de evitar a formação destes compostos, tais como os que não utilizam cloro livre, sendo estes as cloraminas (cloro combinado), o dióxido de cloro, a ozonização e os raios ultravioleta. (Gordon, Pacey e Bubnis, 1993; Miller, 1993; Moser e Lee, 1983; Singer, 1983; Wolfe, 1987 citado por Tominaga e Midio, 1999; Lapolli, 2005).

As piscinas de recreação tratadas com cloro

Quando um derivado clorado é adicionado à água ocorre, em primeiro lugar, a reação de oxidação da matéria orgânica, que recebe o nome de “demanda de cloro”. Satisfeita a demanda, o derivado clorado reage com a amônia, formando as cloraminas inorgânicas, que são denominadas de “cloro residual combinado”. Após a formação das cloraminas, tem-se a presença do chamado “cloro livre”, que é constituído do ácido hipocloroso e do íon hipoclorito, existindo também a probabilidade de ocorrer formação de trihalometanos (Macedo, 2004; Meyer, 1994; Tominaga e Midio, 1999).

Trihalometanos: origem, absorção e metabolismo

Os trihalometanos são compostos de carbono simples, substituídos por halogênios e possuem a fórmula geral CHX_3 , onde X pode ser cloro, bromo, possivelmente iodo, ou combinações a partir dos mesmos (Tominaga e Midio, 1999).

Os ácidos húmicos e fúlvicos, também denominados de precursores dos trihalometanos, são resultantes da decomposição da vegetação. A maioria destes ácidos contém radicais cetona, que podem produzir halofórmios após a reação com o cloro (Lawrence, 1989; Symons, Stevens, Clark, Geldreich, Love, Demarco, 1981 citado por Tominaga, 1999; Van Bremem, 1984 citado por Meyer, 1994; Carswell e colaboradores, 1977; Perry, 1982 citado por Macedo e colaboradores, 2001; Opas, 1987 citado por Meyer, 1994).

Os trihalometanos aparecem na água potável, principalmente, como produtos resultantes da reação entre substâncias químicas que se utilizam no tratamento oxidativo (cloro livre) e matérias orgânicas (ácidos húmicos e fúlvicos) naturalmente presentes na água. Sua formação está, portanto, relacionada ao uso do cloro (Lawrence, 1989; Symons, Stevens, Clark, Geldreich, Love, DeMarco, 1981 citado por Tominaga e Midio, 1999; Meyer, 1994).

A reação de matérias orgânicas com o cloro livre leva à formação de diversos tipos de trihalometanos, entre eles o triclorometano, o bromodiclorometano, o dibromoclorometano e o tribromometano. O trihalometano mais facilmente detectável é o clorofórmio (Macêdo e Barra, 2003; Tominaga e Midio, 1999; Santos, 1987 citado por Meyer, 1994). O Clorofórmio representa cerca de 95% do total de trihalometanos, sendo que a monitorização biológica pode ser efetuada, recorrendo apenas à avaliação deste subproduto, cujas concentrações no plasma e no ar alveolar dependem das concentrações ambientais e da intensidade da atividade física (Pedroso, 2005).

As variáveis que influenciam a reação de formação dos trihalometanos são:

- Tempo: quanto maior o tempo de contato entre o cloro e os precursores, maior será a probabilidade de formação dos trihalometanos;
- Temperatura: o aumento da temperatura significa um aumento na probabilidade de formação dos trihalometanos;

- pH: a formação dos trihalometanos aumenta com a elevação do pH, pela sua ação catalítica sobre o halofórmio;
- Concentração de brometo e iodeto: estes, na presença de cloro aquoso, são oxidados a espécies capazes de participar da reação de substituição orgânica, resultando na formação de trihalometanos;
- Características e concentrações dos precursores: quanto maior a concentração de ácidos húmicos e fúlvicos, maior será a formação de trihalometanos. As características da água e dos precursores presentes também irão influenciar a formação de trihalometanos;
- Concentração de cloro: quanto maior a dosagem de cloro, maior será a probabilidade de formação de trihalometanos (Meyer, 1994; Macêdo e Barra, 2003, Tominaga e Midio, 1999; Dacach, 1979).

O clorofórmio absorvido através da ingestão, inalação ou contacto dérmico entra rapidamente na corrente sanguínea sendo biotransformado no fígado através de duas vias: (1) a oxidativa, levando a formação de fosgênio que reage rapidamente com a água, formando CO₂ (gás carbônico) e HCl (ácido clorídrico) (Hodgson, 1994 e World Health Organization, 1994 citado por Tominaga e Midio, 1999); e (2) a redutora, que é responsável pela formação de radicais livres de diclorometilcarbeno, potenciais causadores de lesões. Apesar de distintas, ambas são dependentes do processo de ativação da enzima citocromo P-450 (Azevedo e Lima, 2005).

Os radicais livres são átomos ou moléculas produzidas continuamente durante os processos metabólicos e atuam como mediadores para a transferência de elétrons em várias reações bioquímicas, desempenhando funções relevantes no metabolismo. As principais fontes de radicais livres são as organelas citoplasmáticas que metabolizam o oxigênio, o nitrogênio e o cloro, gerando grande quantidade de metabólitos (Méndez e Rodriguez, 1997 citado por Shami e Moreira, 2004).

A geração de radicais livres pode ocorrer no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana, e o seu alvo celular (proteínas, lipídios, carboidratos e moléculas de DNA) está relacionado com seu sítio de formação (Shami e Moreira, 2004).

Os radicais livres também acarretam ações benéficas ao organismo, obtendo um

papel importante em numerosas funções fisiológicas como o da explosão oxidativa, importante para destruição de patógenos pelos neutrófilos e macrófagos na inflamação (Buzzini e Matsudo, 1990 citado por Castro, 2003). As células fagocitárias produzem superóxido como parte do mecanismo de defesa imunológica para eliminar microorganismos patogênicos; nas doenças inflamatórias crônicas esta produção torna-se excessiva, provocando lesões nos tecidos (Leite e Sarni, 2003).

Devido a sua predominante lipossolubilidade, acumula-se em tecidos com alto teor lipídico como o tecido adiposo, fígado e rins (World Health Organization, 1996 citado por Tominaga e Midio, 1989).

Espécies reativas de oxigênio

Espécies reativas de oxigênio são átomos, íons ou moléculas que contêm oxigênio com um elétron não pareado em sua órbita externa. São caracterizadas por grande instabilidade e por isso elevada reatividade, e tendem a ligar o elétron não pareado com outros presentes em estruturas próximas de sua formação, comportando-se como receptores (oxidantes) ou como doadores (redutores) de elétrons (Koury e Donangelo, 2003; Halliwell e Gutteridge, 1999 citado por Shami e Moreira, 2004; Sies, 1993 citado por Bianchi e Antunes, 1999).

Em sistemas aeróbicos é essencial o equilíbrio entre agentes oxido-redutores (como as ERMO – Espécies Reativas do Metabolismo do Oxigênio) e o sistema de defesa antioxidante. Esses agentes são gerados endogenamente como consequência direta do metabolismo do oxigênio (O₂) e também em situações não-fisiológicas, como a exposição da célula a xenobióticos que provocam a redução incompleta de oxigênio (Ross, 1991 citado por Ferreira e Matsubara, 1997).

Dentre os radicais livres estão incluídos o superóxido (O₂⁻), a hidroxila (OH[•]), o hidroperóxido (HO₂[•]), o óxido nítrico (NO[•]) (Bianchi e Antunes, 1999 citado por Shami e Moreira). Destes, o radical hidroxila (OH[•]) é o mais reativo na indução de lesões nas moléculas celulares e o peróxido de hidrogênio (H₂O₂), apesar de não ser considerado um potente radical livre, é capaz de atravessar a membrana nuclear e induzir danos à molécula

de DNA (Anderson, 2000, citado por Shami e Moreira; Anderson, 1996 citado por Bianchi e Antunes, 1999).

AÇÃO DAS ESPÉCIES REATIVAS DE OXIGÊNIO NOS SISTEMAS BIOLÓGICOS

Peroxidação lipídica

A peroxidação lipídica é o processo através do qual as espécies reativas de oxigênio atacam os ácidos graxos polinsaturados dos fosfolípidios das membranas das células, desintegrando-as e permitindo a entrada dessas espécies nas estruturas intracelulares. A fosfolipase ativada pelas espécies tóxicas desintegra os fosfolípidios, liberando os ácidos graxos não saturados (Halliwell e Gutteridge, 1989 citado por Kuss, 2005), resultando nas seguintes ações deletérias dos peróxidos lipídicos:

- Ruptura das membranas celulares (bombas Na⁺/K⁺ e Ca²⁺/Mg²⁺);
- Mutações do Ácido Desoxirribonucléico (DNA);
- Oxidação dos lípidos insaturados;
- Formação de resíduos químicos como o malondialdeído;
- Comprometimento dos componentes da matriz extracelular, proteoglicanos, colágeno e elastina (Kuss, 2005).

Exposição aos trihalometanos e suas consequências à saúde humana

Praticamente todos nós somos diariamente expostos a pequenas porções de clorofórmio em simples atividades cotidianas como tomar banho, nadar na piscina, limpar, cozinhar e até mesmo na satisfação de necessidades básicas como respirar e beber água (Azevedo e Lima, 2005; Tominaga e Midio, 1999).

No Brasil, a partir da promulgação da Portaria número 36 do Ministério da Saúde, de 19/01/1990, foram estabelecidos novos padrões de potabilidade da água, que entraram em vigor em 23/01/1992. De acordo com essa legislação, o teor máximo permitido de trihalometanos em água potável foi fixado em 100 µg/l (PORTARIA Nº 36 de 19 de JANEIRO, 1990 citado por Tominaga e Midio, 1999, Macêdo e Barra, 2003). Em 2001, no Brasil entra em vigor a Portaria nº 1469, em substituição a anterior, mas o nível de 100 µg/l,

como valor máximo permitido, é mantido (Macêdo e Barra, 2003).

Não foi estabelecido um padrão de concentração de trihalometanos especificamente para piscinas de recreação. Nas águas das piscinas (80% de absorção cutânea e 20% inalatória) a presença de clorofórmio deve-se à reação dos agentes oxidantes clorados com a matéria orgânica presente. Nestas situações a monitorização não é tão exigente como na água de consumo, levando a níveis perigosamente altos, não detectados (Azevedo e Lima, 2005).

Em um estudo realizado com voluntários, chegou-se à conclusão que a porcentagem de clorofórmio absorvida quer por via respiratória, quer por via dérmica é aproximadamente equivalente (IPCS INCHEM citado por Azevedo e Lima, 2005).

Estes indicativos deveriam merecer especial atenção no âmbito das atividades desenvolvidas pelos serviços de segurança, higiene e saúde no trabalho, os quais deveriam proceder a avaliação das condições estruturais das piscinas (pé-direito, tipo de ventilação, renovação de ar, lotação máxima, total de trabalhadores, etc), assim como a avaliação das condições de funcionamento (tipo de produtos químicos utilizados no tratamento da água), avaliação da exposição ambiental e avaliação biológica dos trabalhadores, enquadradas em ações de vigilância da saúde dos trabalhadores (Pedroso, 2005).

É importante também investir na formação dos técnicos que se encontram envolvidos nas atividades de Vigilância Sanitária deste tipo de estabelecimento, para que não haja negligência (Pedroso, 2005).

Poderia, ainda, ser considerada a necessidade de suprir as lacunas existentes nos diplomas legais atualmente em vigor em relação à qualidade do ar interior em piscinas (Pedroso, 2005).

Professor de natação: exposição aos subprodutos do cloro

Este grupo de profissionais não tem sido alvo de avaliação freqüente, mas alguns estudos já indicam os perigos químicos por contaminação à que eles estão sujeitos (Pedroso, 2005).

Dependendo da atividade que exercem, os indivíduos que trabalham nas

piscinas estão freqüentemente expostos aos trihalometanos por períodos limitados de tempo a níveis ambientais variáveis. Neste contexto, treinadores, vigilantes, trabalhadores indiferenciados de piscina e pessoal que trabalha na recepção, poderão ser considerados indivíduos ocupacionalmente expostos a estas substâncias (Pedroso, 2005).

A exposição aos trihalometanos através da água tratada por cloração, pode levar ao aparecimento de efeitos tóxicos dependendo da frequência, tempo de exposição e concentrações do produto (Tominaga e Mídio, 1999).

Os trihalometanos são considerados carcinogênicos e também indicadores da possível presença de outros compostos organoclorados (ácido acético clorado, haloacetoneitrilos, cloropicrin, clorofenóis, cloropropanonas), também resultantes do processo de cloração das águas e mais perigosos que os próprios trihalometanos (Gray, 1994 citado por Macedo e Barra, 2003).

Segundo a Classificação da *International Agency of Research on Câncer* (IARC) quanto à carcinogenicidade, o clorofórmio é um possível carcinogênico humano (Pedroso, 2005). Estudos epidemiológicos têm relacionado os trihalometanos com aumento dos riscos de câncer de bexiga, colo-retal e cerebral, podendo também resultar em problemas no sistema reprodutivo e até abortos espontâneos (Macêdo e Barra, 2003; Azevedo e Lima, 2005). Foram listadas diversas doenças que têm possíveis relações com os radicais livres formados durante o metabolismo destes compostos como, por exemplo: câncer, aterosclerose, hipertensão arterial, síndrome da angústia respiratória do adulto (SARA), enfisema, lesão por radiação, catarata, degeneração macular senil, cirrose, demência senil, imunodeficiências, envelhecimento, artrite, diabetes mellitus insulino-dependente, lupus eritematoso sistêmico, pré-eclâmpsia, xerodermia pigmentar, morte por alteração em células críticas do Sistema Nervoso Central, doença de Parkinson, lesão por reperfusão, alcoolismo, toxicidade química, inflamação, desordens nutricionais, etc (Buzzini e Matsudo, 1990 citado por Castro, 2003).

Reduzindo os efeitos dos trihalometanos: o papel dos antioxidantes

Os antioxidantes podem ser definidos como quaisquer substâncias que, presentes em baixas concentrações, quando comparada a um substrato oxidável, atrasam ou inibem a oxidação desse substrato de maneira eficaz (Sies e Stahl, 1995 citado por Bianchi e Antunes, 1999). O sistema de defesa antioxidante é formado por compostos enzimáticos e não-enzimáticos, estando presente tanto no organismo (localizados dentro das células ou na circulação sanguínea) como nos alimentos ingeridos (Sies, 1993 citado por Bianchi e Antunes, 1999; Montero, 1996 citado por Shami e Moreira, 2004; Barreiros, David M. e Davi P., 2006).

O sistema enzimático é composto por enzimas como superóxido-dismutase, glutatona-peroxidase e catalases. Dos componentes não-enzimáticos da defesa antioxidante destacam-se alguns minerais (cobre, manganês, zinco, selênio), vitaminas (ácido ascórbico, vitamina E, vitamina A) como apresentada em Tabela – 1, carotenóides (beta-caroteno, licopeno e luteína), bioflavonóides (genisteína, quercetina) e taninos (catequinas) (Papas, 1999 citado por Shami e Moreira, 2004; Bianchi e Antunes, 1999; Farfan, Domene e Padovani, 2001; Signorini e Signorini, 1993, Ramos, e colaboradores, 2000 citado por Castro, 2003; Tirapegui e colaboradores, 2005).

Quanto ao mecanismo de ação, os antioxidantes podem ser classificados como: (1) antioxidantes de prevenção, que impedem a formação de radicais livres; (2) antioxidantes varredores, que impedem o ataque de radicais livres às células; e (3) antioxidantes de reparo, que favorecem a remoção de danos da molécula de DNA e a reconstituição das membranas celulares danificadas (Jacob, 1985 citado por Koury e Donangelo, 2003). O antioxidante ideal seria aquele que interceptasse a formação de radicais livres no local de origem, ou perto dele, em ambiente intra e extracelular, com ação nas membranas biológicas tanto na superfície como no meio hidrófobo lipídico, o que, realmente, não existe (Mattar, 2000). Considerando-se os riscos da carência, mas também do excesso, deve-se procurar não exceder as quantidades e combinações preconizadas de micronutrientes (Leite e Sarni, 2003), apresentada em Tabela – 2.

O desequilíbrio entre moléculas oxidantes e antioxidantes resulta na indução de danos celulares pelos radicais livres, denominado estresse oxidativo, podendo ocorrer pela elevada produção de radicais livres, pela diminuição das defesas ou por ambos os processos simultaneamente (Sies, 1993 citado por Bianchi e Antunes, 1999; Kouri e Donangelo, 2003, Ramos e colaboradores, 2000 citado por Castro, 2003; Leijoto, 2003).

ANTIOXIDANTES ENZIMÁTICOS

Superóxido Dismutase (SOD)

A superóxido dismutase cobre-zinco dependente (CuZnSOD), possui como centro ativo os íons cobre e zinco e está presente no citoplasma de todas as células (Lehninger, 1998 citado por Koury e Donangelo, 2003). A ação deste antioxidante é converter dois radicais íon superóxido à peróxido de hidrogênio e oxigênio molecular reduzindo a toxicidade das espécies reativas de oxigênio, como mostra a reação: $O_2^{\cdot-} + O_2^{\cdot-} + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$ (Olin e colaboradores, 1995 citado por Kouri e Donangelo; Gralla e Kosman, 1992; Jamieson e colaboradores, 1994 citado por Gasparri, 2005).

Já a superóxido-dismutase dependente de manganês (MnSOD) é encontrada, predominantemente, na matriz mitocondrial e parece ter a função de proteger a mitocôndria dos superóxidos gerados durante a respiração celular e exposição ao etanol (Costa e colaboradores, 1997; Guidot e colaboradores, 1993 citado por Gasparri, 2005).

Um terceiro elemento, a superóxido dismutase extracelular (EcSOD), presente principalmente em fluidos extracelulares como o plasma, linfa e no fluido sinovial (Cordova e Mon-Alvarez, 1995 citado por Kouri e Donangelo), parece conter quatro átomos de cobre, e sua atividade é pouco expressiva em comparação com as outras formas de superóxido dismutase (Marklund, 1982 citado por Batello, 2002).

Catalase

É uma das enzimas de desintoxicação que realiza a degradação de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em água (H_2O) e oxigênio molecular (O_2) (Ramos e colaboradores, 2000

citado por Castro, 2003; Cohen e Hockstein, 1963; Sinet e colaboradores, 1975; Haliwel e Gutieredge, 1985; Eaton, 1991 citado por Batello, 2002). Esta enzima está presente em quase todas as células aeróbicas e controla os processos de oxidação em tecidos quando ocorre um aumento na concentração do peróxido de hidrogênio celular (H_2O_2) (Ramos e colaboradores, 2000 citado por Castro, 2003). A catalase atua apenas nas porções aquosas das células, portanto, as partes lipídicas como as membranas celulares permanecem desprotegidas e susceptíveis a ação dos peróxidos de hidrogênio (Fanhani e Ferreira, 2006).

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) quando em excesso, causa oxidação da hemoglobina e conseqüentemente diminuição das concentrações de oxigênio, o que pode acarretar em infecções, formação de úlceras e até necrose (Wieacker e colaboradores, 1980 citado por Batello, 2002).

Glutathiona Peroxidase

A glutathiona peroxidase é a enzima antioxidante mais abundante no corpo humano, atuando tanto no meio intracelular quanto extracelular em busca de moléculas de peróxido de hidrogênio que possam ter escapado da ação da catalase. Além disso, essa enzima protege as membranas celulares contra a peroxidação lipídica, uma reação em cadeia que age enfraquecendo a membrana citoplasmática, podendo ocasionar a morte da célula (Atkins, 2000 citado por Fanhani e Ferreira, 2006).

ANTIOXIDANTES NÃO-ENZIMÁTICOS

Vitaminas

Muitos fatores influenciam a absorção das vitaminas de um alimento particular ou de uma refeição, dentre eles estão os relacionados à própria fisiologia do indivíduo, assim como fatores relacionados ao alimento. A má absorção pode acontecer na presença de distúrbios gastrointestinais ou outras doenças específicas. O estado nutricional prévio do indivíduo também pode influenciar a biodisponibilidade de uma vitamina em particular, podendo aquele estar relacionado a uma regulação adaptativa no metabolismo

dessa vitamina (Mourao, Sales e Coelho, 2005).

Os alimentos contêm em sua composição antioxidantes naturais ou são adicionados aos mesmos durante o processamento (Waters e colaboradores, 1996 citado por Bianchi e Antunes, 1999). Mas, esses alimentos (principalmente as frutas, verduras e legumes) também contêm agentes antioxidantes, tais como: as vitaminas A, C e E, os flavonóides, carotenóides e outros que são capazes de restringir a propagação das reações em cadeia e as lesões induzidas pelos radicais livres (Stavric, 1994; Fotsis e colaboradores, 1997; Pool – Zobel e colaboradores, 1997, citado por Bianchi e Antunes, 1999).

Vitamina A

O retinol é essencial na dieta humana, onde é conhecido como vitamina A, uma das vitaminas lipossolúveis (Halliwell e Gutteridge, 1989 citado por Batello, 2002).

Fontes alimentares: Peru, batata doce, cenoura, espinafre, abóbora, damasco, brócolis, couve-de-bruxelas, tomate, pêssego (De U.S Department of Agriculture, Agricultural Research Service: USDA nutrient database for Standard reference, Release 14, 2001 citado por Mahan e Escott-Stump, 2005), fígado bovino, óleo de peixe, carnes, ovos, laticínios (Leijoto, 2003).

Vitamina C

A vitamina C (ácido ascórbico) é hidrossolúvel e também age contra os radicais livres e o oxigênio singlet (Halliwell e Gutteridge, 1999 citado por Bianchi e Antunes, 1999). A vitamina C da dieta é absorvida de forma rápida e eficiente, por processo dependente de energia. Uma de suas atribuições é a proteção no desenvolvimento de tumores em humanos (Lupulescu, 1993; Duthie e colaboradores, 1996 citado por Bianchi e Antunes, 1999).

Fontes alimentares: Pimentão, suco de laranja, brócolis, couve-de-bruxelas, morango, manga, couve, suco de tomate (De U.S Department of Agriculture, Agricultural Research Service: USDA nutrient database for Standard reference, Release 14, 2001 citado por Mahan e Escott-Stump, 2005; Leijoto, 2003)

Vitamina E

Componente dos óleos vegetais, sendo o alfa-tocoferol a forma antioxidante melhor distribuída nos tecidos e no plasma, impedindo a propagação das reações em cadeia induzidas pelos radicais livres nas membranas biológicas (Traber e Packer, 1995 citado por Bianchi e Antunes, 1999; Halliwell e Gutteridge, 1989 citado por Batello, 2002).

A ação antioxidante da vitamina E pode ser direta, combatendo os radicais livres, ou indireta, ajudando na regeneração de outros nutrientes envolvidos no sistema antioxidante (Kanter, 1998 citado por Bacurau, 2006).

A vitamina E se combina com um radical livre (relação 1:1) inativa este e se transforma em tocoferil-quinona, que é regenerável na presença de vitamina C (Signorini e Signorini, 1993 citado por Castro, 2003).

Fontes alimentares: Farelo de passa, amêndoa, óleo de girassol, óleo de canola, óleo de milho, óleo de soja, aspargo, amendoins, margarina, azeite de oliva, linguado, damascos (De U.S Department of Agriculture, Agricultural Research Service: USDA nutrient database for Standard reference, Release 14, 2001 citado por Mahan e Escott-Stump, 2005), gérmen de trigo, leite, batata-doce, abacate, espinafre, trigo e cereais integrais (Leijoto, 2003).

Carotenóides

Os carotenóides, principalmente o beta-caroteno, precursor da vitamina A, é um pigmento vegetal com ação antioxidante reconhecida (Bendich, 1989; Gester, 1991 citado por Bacurau, 2006; Erdman, 1999 citado por Chami e Moreira, 2004).

Os carotenóides são absorvidos no intestino e agem principalmente na diminuição da formação do oxigênio singlet in vivo, auxiliando também na remoção dos radicais livres já formados (Halliwell e Gutteridge, 1989 citado por Batello, 2002; Signorini e Signorini, 1993 citado por Castro, 2001).

Fontes alimentares: cenoura, laranja, batata doce, espinafre, gordura do leite e gema de ovo (Mahan e Escott-Stump, 2005).

O licopeno encontrado em tomates e seus produtos (purê, pasta, catchup), mamão,

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

pitanga e goiaba (Amaya, 1999 citado por Shami e Moreira, 2004) é também um carotenóide sem a atividade pró-vitamina A, lipossolúvel e é tido como possuidor da maior capacidade sequestrante do oxigênio singlet (Di Mascio, Kaiser e Sies, 1989 citado por Shami e Moreira, 2004).

Flavonóides

Entre os antioxidantes presentes nos vegetais, os mais ativos e em maior quantidade são os compostos fenólicos como os flavonóides, encontrados em frutas, hortaliças, vinho, chá verde, cebolas, maçãs, couve, feijão (Craig, 1997; King e Young, 1999 citado por Mahan e Escott-Stump, 2005), que tem a capacidade de seqüestrar radicais livres (Decker, 1997 citado por Bianchi e Antunes, 1999).

Os compostos fenólicos mais estudados são: o ácido caféico, o ácido gálico e o ácido elágico, encontrados principalmente na uva, morango e nozes (Castonguay e colaboradores, 1990 citado por Bianchi e Antunes, 1999), sementes, ervas, especiarias, flores e em diversos chás, vinho tinto e frutas cítricas (Kefford e Chandler, 1970 citado por Gasparri, 2005) que tem considerável importância na dieta e podem inibir o processo da peroxidação lipídica (Hartman e Shankel, 1990; Halliwell e colaboradores, 1995 citado por Bianchi e Antunes, 1999).

Minerais

Os minerais são elementos inorgânicos amplamente distribuídos na natureza e que, no organismo, desempenham uma variedade expressiva de funções metabólicas que incluem ativação, regulação, transmissão e controle (Williams, 1997 citado por Lobo e Tramonte, 2004). O metabolismo dos minerais envolve fatores fisiológicos e nutricionais que podem interferir na absorção, no transporte e no armazenamento, com subsequente aumento da susceptibilidade à deficiência ou toxicidade (Brenner, 1995 citado por Lobo e Tramonte, 2004).

Um dos fatores que interferem na biodisponibilidade dos minerais diz respeito às interações que ocorrem entre os mesmos. Ingestões elevadas de cálcio podem diminuir a absorção de ferro, fósforo e zinco, bem como administrar sais de ferro como suplemento e/

ou fortificar alimentos com ferro, pode exacerbar a deficiência de outros nutrientes, como o zinco (Couzi e colaboradores, 1993 citado por Lobo e Tramonte, 2004).

Estes oligoelementos estão contidos em grande parte das enzimas, que por isso são chamadas de metaloenzimas (Torti, 1988 citado por Batello, 2002).

Selênio

Mineral que participa da glutathione peroxidase ajudando a reduzir qualquer hidroperóxido orgânico além do peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (Forstron e colaboradores, 1978; Mura Khan e colaboradores, 1984; Mcbridge e colaboradores, 1988 citado por Batello, 2002).

Estudos epidemiológicos mostram a relação inversa entre os níveis de selênio no plasma e a incidência de câncer (Fiala e colaboradores, 1998 citado por Bianchi e Antunes, 1999), onde interagem com as vitaminas A e E na prevenção do desenvolvimento de tumores e na terapia da Síndrome de Imunodeficiência Adquirida (Delmas-Beauvieux e colaboradores, 1996 citado por Bianchi e Antunes, 1999).

Outros estudos mostram que a suplementação com esse mineral antioxidante pode elevar os processos de carcinogênese, recomendando cautela na administração de selênio para os seres humanos (Birt, 1986 citado por Bianchi e Antunes, 1999).

Fontes alimentares: Castanha-do-pará, peixe de água salgada, salmão, vieiras, moluscos, ostras, germe de trigo, melaço escuro, sementes de girassol, granola, carne bovina, peito de frango, pão de trigo integral, ovo, leite 2% de gordura, queijo cheddar (De Hands ES: Food finder: food sources of vitamins and minerais, ed, 2 Salem, Ore, 1990, ESHA Research citado por Mahan e Escott-Stump, 2005).

Cobre

O cobre é um metal de transição encontrado em todos os tecidos, principalmente no cérebro e fígado. Ele atua como co-fator em vários processos enzimáticos, como catalisador na síntese da hemoglobina, na conversão da tirosina em melatonina dos hormônios tireoideanos (T3 e T4), na proteção estrutural da bainha de

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

mielina e na síntese da elastina e do colágeno. É também parte da enzima superóxido dismutase cobre-zinco dependente (CuZnSOD) (Torti, 1988 citado por Batello, 2002).

O cobre é utilizado para fazer óxi-redução de dois radicais superóxidos a peróxido de hidrogênio e oxigênio molecular (Halliwell e Gutteridge, 1985 citado por Batello, 2002).

Fontes alimentares: Fígado bovino, castanha de caju, feijão fradinho, melão, semente de girassol, chocolate meio amargo, queijo tofu, chocolate em pó, ameixas secas, salmão assado, pizza de queijo, pão de trigo integral, chocolate ao leite, leite com 2% de gordura (De U.S. Department of Agriculture: Composition of foods, USDA Handbook No. 8 Series. Washington, DC, 1976-7986, Agricultural Research Service, The Department citado por Mahan e Escott-Stump, 2005).

Zinco

O zinco é um metal que atua sobre o conjunto de sistemas nervosos simpático e cérebro espinhal, porém sua ação é maior sobre os plexos do tórax e sobre os grandes troncos e ramos nervosos que se distribuem pelo aparelho locomotor que controla o movimento e a sensibilidade (Lathoud, 1980 citado por Batello, 2002).

O zinco é essencial para a integridade e funcionalidade das membranas celulares (Betteger e O'Dell, 1993; Woodhouse, Sutherland, Lederer, Lowe e King, 1998 citado por Koury e Donangelo, 2003).

Fontes alimentares: Ostras, germe de trigo, carne bovina magra, fígado bovino, peru, queijo tipo ricota, nozes pecãs, amendoins secos, caranguejo, moluscos, lagosta, leite 2% de gordura, peito de frango, nozes inglesas, pão de gergelim, ovo, salmão (De U.S. Department of Agriculture: Composition of foods, USDA Handbook No. 8 Series. Washington, DC, 1976-7986, Agricultural Research Service, The Department citado por Mahan e Escott-Stump, 2005).

Manganês

Manganês é um metal de transição, que participa da molécula superóxido-dismutase mitocondrial e tem relevante

importância no mecanismo endógeno do controle do estresse oxidativo e da peroxidação lipídica (Torti, 1988 citado por Batello, 2002).

Encontrado em muitos minerais em estado de óxido, silicato, fosfatos, sulfuros, às vezes em cinzas de plantas, em ossos e também no sangue (Lathoud, 1980 citado por Batello, 2002).

Nos alimentos o teor de manganês varia muito. As fontes mais ricas são os grãos integrais (arroz integral, aveia integral, centeio integral, trigo integral, trigo sarraceno), leguminosas (feijão, grão de bico, lentilha, feijão soja), nozes e chá. As frutas (abacaxi, banana, framboesa, uva) e hortaliças (couve-manteiga, ervilha, quiabo e algas marinhas) são fontes moderadamente boas. Os tecidos animais (aves, carnes), frutos do mar (marisco, mexilhão, ostra, truta, badejo, manjuba) e laticínios são fontes pobres. Quantidades relativamente altas ocorrem no café e chá instantâneos (Mahan e Escott-Stump, 2005; DeAngelis e Siple, 1999).

CONCLUSÃO

Durante o processo de desinfecção da água à base de cloro em piscinas de recreação, podem se formar alguns subprodutos, tais como os trihalometanos, sendo o mais estudado o clorofórmio que é altamente reativo e gera radicais livres durante sua metabolização.

Os radicais livres podem afetar muitas moléculas biológicas e, portanto, implicam em várias doenças humanas.

A utilização de agentes antioxidantes exógenos podem atuar diretamente sobre os radicais livres ou mesmo participar dos antioxidantes endógenos como as enzimas superóxido dismutase, glutathione peroxidase e catalase representando uma das abordagens na inibição dos danos provocados pelo excesso de radicais livres.

Portanto, como orientação dietética, seria necessário estimular o consumo de alimentos ricos em antioxidantes como as vitaminas A, C e E, os minerais zinco, selênio, cobre e manganês, procurando suprir as necessidades diárias para evitar o estresse oxidativo e os danos celulares.

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

Este artigo abre perspectivas para novos estudos na prevenção e modulação das conseqüências patológicas dos radicais livres e principalmente a definição dietética desses antioxidantes antes da sua prescrição em larga escala.

REFERÊNCIAS

- 1- Amaya-Farfan, Jaime; Domene, Semíramis Martins Álvares e PADOVANI, Renata Maria. DRI: Síntese Comentada das Novas Propostas Sobre Recomendações Nutricionais para Antioxidantes. Rev. Nutr., Campinas, vol.14, no.1, jan./abr. 2001, p.71-78.
- 2- Azevedo, Carlos e Diogo, Lima. Monografia do Clorofórmio. Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, 2005.
- 3- Bacurau, Reury Frank. Nutrição e Suplementação Esportiva. Ed.4. São Paulo. Editora Phorte, 2006. p, 244-245.
- 4- Barreiros, André L.B.S.; David, Jorge M. e David, Juceni P. Oxidative Stress: Relations Between the Formation of Reactive Species and the Organism's Defense. Química Nova, São Paulo, vol.29, no.1, Jan./ Feb. 2006, p. 113-123.
- 5- Batello, Celso Fernandes. Efeito Antioxidante In Vitro dos Medicamentos Homeopáticos Arsenicum Album, Cuprum Metallicum, Manganum e Zincum Metallicum. Dissertação de Mestrado em Homeopatia pela FACIS – IBEHE. São Paulo, 2002.
- 6- Bianchi, Maria de Lourdes Pires e Antunes; Lusânia Maria Greggi. Radicais Livres e os Principais Antioxidantes da Dieta. Rev. Nutr., Campinas, vol.12, no.2, maio/ago. 1999, p.123-130.
- 7- Castro, Marineis Aparecida Curione de. Estudo Comparativo da Produção de Radicais Livres e Catalase nos Exercícios de Intensidade e Duração Moderadas. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação "Stricto Sensu" em Educação Física da Universidade Católica de Brasília, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Educação Física, 2003.
- 8- Dacach, Nelson Gandur. Saneamento Básico. Rio de Janeiro. Ed. Livros Técnicos e Científicos, 1979. (p.184 - 192)
- 9- Fanhani, Ana Paula Gerin e Ferreira, Márcia Pires. Agentes Antioxidantes: seu papel na nutrição e saúde dos Atletas. Sábios. Rev. e Saúde Biol., vol. 1, no.2, jul/ dez, 2000, p. 33-41.
- 10- Ferreira, A.L.A. e Matsubara, L.S. Radicais Livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. Ver. Ass. Méd. Brasil, Botucatu – SP, no. 43, ano 1, p. 61-68.
- 11- Gasparri, Susana. Estudo das Atividades Antioxidantes e Mutagênica/Antimutagênica Induzidas pelo Extrato Vegetal DA *Costus spicatus*. Dissertação de Mestrado em Diagnóstico Genético e Molecular. Universidade Luterana do Brasil. Canoas, 2005.
- 12- Koury, Josely Correa e Donangelo, Carmen Marino. Zinco, Estresse Oxidativo e Atividade Física. Rev. Nutr., Campinas, vol.16, no.4, out./dez. 2003, p.433-441.
- 13- Kuss, Fernando. Agentes Oxidantes e Antioxidantes. Programa de pós graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1º semestre, 2005, p. 5.
- 14- Leijoto, Camillo Marassi. Sua Saúde na Nova Era. Ed. 1. Editora Madras LTDA, 2003. p. 22, 24, 25.
- 15- Lapolli, Flávio Rubens; Hassemer, Maria Eliza Nagel; Camargo, Jefferson Greyco e colaboradores. Desinfecção de Efluentes Sanitários Através de Dióxido de Cloro. Engenharia Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, vol.10, no.3, jul./set. 2005, p.200-208.
- 16- Leite, Heitor Pons e Sarni, Roseli Saccardo. Radicais Livres, Anti-oxidantes e Nutrição. Rev. Brás. Nutr. Clin., vol. 18, no. 2, 2003, p. 87-94.
- 17- Lobo, Adriana Soares e Tramonte, Vera Lúcia Cardoso. Efeitos da Suplementação e da Fortificação de Alimentos Sobre a Biodisponibilidade de Minerais. Rev. Nutr.,

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

Campinas, vol.17, no.1, jan./mar. 2004, p.107-113.

18- Macedo, Jorge Antônio Barros de. O Processo de Desinfecção Pelo Uso de Derivados Clorados em Função do pH e a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Congresso Brasileiro de Química, Fortaleza (Ce), 20 a 24 de setembro de 2004.

19- Macêdo, Jorge Antônio Barros de; Barra, Marcelo Macedo. O Processo de Desinfecção com Derivados Clorados Orgânicos em água para Abastecimento Público. Encontro Mineiro de Ensino de Química, Viçosa – MG, 16, 17, 18 de outubro de 2003, p. 1-23.

20- Macêdo, Jorge Antônio Barros de.; e colaboradores. Cloraminas Orgânicas uma Solução para Evitar a Formação de Trihalometanos no Processo de Desinfecção de Águas para Abastecimento Público. Revista Higiene Alimentar, vol. 15, no.90/91, nov/ dez 2001, p. 93-103.

21- Mahan, L. Kathleen; Escott-Stump, Sylvia. Alimentos, Nutrição e Dietoterapia. ed. 11^a. São Paulo. Editora Roca, 2005. p. 72, 78, 87, 108, 143, 140, 147, 148 e 291.

22- Mattar, João Augusto. Radicais Livres e Uso de Antioxidantes no Doente Grave. SBNPE Boletim Informativo, ano VI, n.28, julho/ agosto, 2000.

23- Meyer, Sheila T. O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, vol.10, no.1, jan./mar. 1994, p.99-110.

24- Mourão, Denise Machado; Sales, Nadja Santos de; Coelho, Sandra Bragança e colaboradores. Biodisponibilidade de Vitaminas Lipossolúveis. Rev. Nutr., Campinas, vol.18, no.4, jul./ago. 2005, p.529-539.

25- Pedroso, Maria João. Exposição Profissional em Piscinas Cobertas. Saúde Pública ao Centro, Sub-região de Saúde de Aveiro, no. 5, out./ dez., 2005. p.10-16.

26- Philippi, Sonia Tucunduva. Tabela de Composição de Alimentos. São Paulo. Ed. Gráfica Coronário. 2002, p. 1- 106.

27- Philippi, Sonia Tucunduva, Latterza, Andréa Romero, Cruz, Ana Teresa Rodrigues, Ribeiro, Luciana Cisotto. Pirâmide Alimentar Adaptada: Guia para Escolha dos Alimentos. Revista de Nutrição. Campinas, no 12. ano 1, jan/abr. 1999, p. 65-85.

28- Shami, Najua Juma Ismail Esh e Moreira, Emília Addison Machado. Licopeno como Agente Antioxidante. Rev. Nutr., Campinas, vol.17, no.2, abr./jun. 2004, p.227-236.

29- Tirapegui, Júlio e colaboradores. Nutrição, Metabolismo e Suplementação na Atividade Física. São Paulo. Ed. Atheneu. 2005 p. 245-246.

30- Tominaga, Maria Y e Midio, Antonio F. Exposição Humana a Trihalometanos Presentes em Água Tratada. Rev. Saúde Pública, São Paulo, vol.33, no.4, ago. 1999, p.413-421.

Recebido para publicação em 10/05/2007
Aceito em 30/06/2007

Tabela 1 - Alimentos Antioxidantes - “Lista de substituição”**Carboidratos (1 porção = 150 Kcal)**

Alimento	Quant. (g)	Quant. med. cas.	Vit. A (re)	Vit. C (mg)	Vit. E (mg)	Zn (mg)	Se (mcg)	Cu (mg)	Mn (mg)
Arroz	195	4 C OL S	0,00	1,01	2,11	0,74	9,63	0,16	1,38
Batata Soutê	131	1 COL A M	61,22	9,13	2,97	0,34	1,02	0,21	0,18
Batata Doce Cozida	143	1 COL A CH	24,38	24,45	5,01	0,39	1,00	0,23	0,49
Biscoito de Aveia	40	6 UND	53,76	0,16	2,43	0,38	7,97	0,06	0,34
Bolo Branco Simples	50	1 FT M	52,37	0,09	2,09	0,25	7,29	0,04	0,12
Bolo Cenoura c/ Cobert. Choc.	40	1 FT P	185,01	0,59	6,09	0,15	4,26	0,05	0,07
Bolo Fubá	48	1 FT M	21,78	0,12	6,11	0,24	3,34	0,04	0,00
Farelo de Trigo	50	5 COL S	0,00	0,00	4,56	3,64	38,85	0,50	5,75
Macarrão ao Sugo	176	3 COL A	49,98	15,35	2,32	0,55	17,35	0,16	0,33
Canjica	143	1 CO M	33,52	0,96	0,21	0,41	2,75	0,03	0,06
Milho Verde Cozido	139	1 espiga/7CS	30,16	8,62	0,68	0,67	0,56	0,07	0,26
Nhoque de Batata	100	1 ESC M	33,71	4,52	0,52	0,44	12,33	0,14	0,28
Pão de Queijo	40	1 UND G	21,24	0,05	1,76	0,30	3,36	0,02	0,02
Pão Francês	50	1 UND	0,00	0,00	0,29	0,32	15,00	0,08	0,00
Pipoca	23	2,5 X Chá	3,22	0,00	5,42	0,57	2,08	0,09	0,16
Polenta sem Molho	200	2 FT	13,84	0,00	3,56	0,56	4,46	0,08	0,14
Sopa de Feijão com Macarrão	405	1 CO G	3,77	3,77	5,35	0,97	2,47	0,24	0,45
Sucrilhos	40	1 Copo P	2,66	20,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00

Leguminosas - grãos (1 porção = 55 Kcal)

Alimento	Quant. (g)	Quant. med. cas.	Vit. A (re)	Vit. C (mg)	Vit. E (mg)	Zn (mg)	Se (mcg)	Cu (mg)	Mn (mg)
Ervilha Fresca Cozida	70	2,5 COL S	44,80	28,00	0,98	0,88	1,19	0,13	0,29
Feijão Cozido	80	1 CO M	0,26	0,44	0,78	0,03	0,53	0,10	0,00
Grão de Bico Cozido	36	1,5 COL S	0,97	0,48	0,42	0,55	1,34	0,13	0,37
Lentilha Cozida	48	2 C OL S	0,38	0,72	0,28	0,61	1,61	0,12	0,24
Soja Cozida	43	1 COL A	0,39	0,73	2,95	0,50	0,77	0,18	0,35

Produtos Lácteos (1 porção = 120 Kcal)

Alimento	Quant. (g)	Quant. med. cas.	Vit. A (re)	Vit. C (mg)	Vit. E (mg)	Zn (mg)	Se (mcg)	Cu (mg)	Mn (mg)
Capuccino	14	3 COL chá	27,45	0,86	0,01	0,35	1,23	0,02	0,06
Nescau	25	5 COL chá	0,00	12,75	0,00	1,88	0,00	0,00	0,00
Diet Shake Morango	33		615,78	7,48	13,20	6,60	0,00	0,88	0,00
logurte	100	1 pote	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Leite Pó (ninho)	30	2 COL S	108,00	12,00	1,80	1,11	0,00	0,00	0,00
Patê Ricota	55	2 C OL S	115,65	0,24	0,35	0,39	0,81	0,02	0,01
Queijo Mussarela	45	3 FT	108,45	0,00	0,28	1,00	9,50	0,01	tr
Queijo Parmesão Ralado	30	3 C OL S	44,70	0,00	0,00	0,83	7,08	0,01	0,01
Ricota	65		87,10	0,00	0,42	0,76	1,19	0,01	0,01

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

Óleos e Gorduras (1 porção = 73 Kcal)

Alimento	Quant. (g)	Quant. med. cas.	Vit. A (re)	Vit. C (mg)	Vit. E (mg)	Zn (mg)	Se (mcg)	Cu (mg)	Mn (mg)
Azeite de Oliva	7,6	1 COL S	0,00	0,00	0,96	tr	0,02	0,01	tr
Manteiga	9,8	0,5 C OL S	73,89	0,00	0,16	tr	0,00	tr	0,00
Óleo de Girassol	8	1 COL S	0,00	0,00	5,30	0,00	0,02	0,00	0,00
Óleo de Soja	8	1 COL S	0,00	0,00	7,50	0,00	0,02	0,03	0,00

Hortaliças (1 porção = 15 Kcal)

Alimento	Quant. (g)	Quant. med. cas.	Vit. A (re)	Vit. C (mg)	Vit. E (mg)	Zn (mg)	Se (mcg)	Cu (mg)	Mn (mg)
Abobora Moranga Cozida	50	1,5 COL S	535,25	2,84	0,00	0,12	0,50	0,05	0,00
Abobrinha Cozida	80	3 COL S	22,96	4,40	0,11	0,31	1,85	0,08	0,17
Acelga Cozida	85	2,5 COL S	266,90	15,30	0,85	0,28	0,85	0,14	0,28
Acelga Crua Salada	90	9 COL S	297,00	27,00	2,48	0,32	0,90	0,16	0,33
Agrião	130	22 RAMOS P	899,17	66,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alface Lisa	120	15 FOLHAS P	0,00	21,60	1,20	0,35	0,24	0,05	0,90
Almeirão Salada	65	5 FOLHAS	260,00	15,60	0,00	0,27	0,00	0,20	0,28
Aipo-Nabo	80	2 UND	10,72	5,60	0,58	0,10	0,72	0,02	0,08
Aspargo Conserva	80	8 UND	42,48	14,72	0,80	0,32	0,74	0,08	0,14
Berinjela Cozida	60	2 COL S	3,84	0,78	0,02	0,09	0,24	0,07	0,08
Beterraba Cozida	30	2 COL S	1,05	1,08	0,00	0,11	0,12	0,02	0,10
Broto Feijão Crú Salada	80	1,5 COL A	1,68	10,56	0,16	0,33	0,84	0,13	0,15
Cenoura Cozida	35	1 COL A R	859,25	0,81	0,18	0,11	0,28	0,05	0,26
Cenoura Crua Ralada	35	1 COL A CH	984,55	3,26	0,21	0,07	0,39	0,02	0,05
Chanpignon Conserva	63	9 UND	0,00	0,00	0,13	0,45	2,58	0,15	0,06
Couve Cozida	10	1 COL S	74,00	4,10	0,00	0,02	0,02	0,02	0,04
Couve Crua Salada	30	3 COL S	267,00	36,00	2,40	0,13	0,06	0,09	0,23
Couve-Flor Cozida	70	3 RAMOS	1,19	31,01	0,06	0,13	0,36	0,02	0,10
Ervilha Fresca Refogada	20	1,5 COL S	12,80	8,00	0,28	0,25	0,34	0,04	0,08
Escarola Crua Salada	80	15 FOLHAS	164,00	5,20	0,32	0,63	4,29	0,08	0,34
Escarola Refogada	20	1 COL S	57,34	2,60	3,92	0,24	1,63	0,05	0,14
Espinafre Cozido	60	3 COL S	491,40	5,88	1,20	0,46	0,90	0,10	0,56
Grão de Bico Cozido	20	1 COL S	0,54	0,21	0,23	0,31	0,74	0,07	0,21
Mostarda Crua Salada	80	8 FOLHAS	424,00	56,00	1,62	0,16	0,48	0,12	0,38
Mostarda Refogada	70	1,5 COL S	311,90	41,85	2,59	0,14	0,50	0,10	0,30
Pepino	100	1 UND P	21,50	5,30	0,25	0,20	11,90	0,03	0,08
Quiabo Cozido	20	1 COL S R	11,50	3,26	0,00	0,11	0,10	0,02	0,18
Repolho Crú Salada	72	6 COL S	9,58	23,18	1,20	0,13	0,94	0,01	0,12
Repolho Refogado	20	1,5 COL S	2,64	4,02	0,34	tr	0,08	tr	0,02
Rucula Salada	85	15 FOLHAS	587,92	43,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Salsão Salada	38	2 COL S	5,09	2,66	0,28	0,05	0,34	0,01	0,04

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

Tomate	50	1 UND P	31,15	9,55	0,47	tr	0,20	0,04	0,06
Vagem Cozida	30	1,5 COL S	19,98	2,91	0,00	0,11	0,12	0,03	0,09

Temperos (1 porção = 15 Kcal)

Alimento	Quant. (g)	Quant. med. cas.	Vit. A (re)	Vit. C (mg)	Vit. E (mg)	Zn (mg)	Se (mcg)	Cu (mg)	Mn (mg)
Alecrim Seco	4,5		14,08	2,75	0,00	0,15	0,00	0,02	0,08
Alho	10		0,00	3,12	0,00	0,12	2,49	0,03	0,17
Canela pó	5,5		1,43	1,57	0,00	0,11	0,83	0,01	0,92
Cebola	40		0,00	2,56	0,12	0,08	0,24	0,02	0,06
Cebolinha Verde	50		217,65	29,05	0,00	0,28	0,00	0,08	0,19
Coentro Seco	5,4		108,00	30,73	0,00	0,00	0,00	0,10	0,34
Colorau	4,5		2,70	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cominho Pó	4		5,08	0,31	0,00	0,19	0,00	0,03	0,13
Cravo da Índia	4,6		2,44	3,72	0,00	0,05	0,00	0,02	1,38
Curry	4,6		4,54	0,52	0,00	0,19	0,00	0,04	0,20
Erva Doce Seca	4,3		2,15	0,00	0,00	0,24	0,00	0,04	0,10

Temperos - Continuação

Estragão	5		21,00	0,00	0,00	0,20	0,10	0,03	0,40
Gengibre Pó	4,5		0,66	0,00	0,00	0,21	0,00	0,02	1,19
Gergelim Seca	2,5		0,02	0,00	0,06	0,19	0,13	0,10	0,06
Hortelã Fresca	34		0,00	10,54	1,70	0,00	0,00	0,00	0,48
Limão Suco	60		1,20	27,60	0,13	0,03	0,12	0,02	0,01
Manjeriço Seco	6		56,25	3,67	0,00	0,35	0,00	0,08	0,19
Manjerona Seca	5,5		44,37	2,83	0,00	0,17	0,00	0,06	0,30
Noz Moscada	3		0,31	0,00	0,00	0,06	0,34	0,03	0,09
Orégano Seco	5		34,50	3,34	0,00	0,22	0,14	0,05	0,23
Páprica	5		303,00	0,00	0,41	0,20	0,55	0,03	0,04
Pimenta Caiena	4,5		187,25	3,44	0,00	0,11	0,18	0,02	0,09
Salsinha Seca	5,5		128,37	6,71	0,00	0,26	0,00	0,04	0,58

Proteínas (1 porção = 190 Kcal)

Alimento	Quant. (g)	Quant. med. cas.	Vit. A (re)	Vit. C (mg)	Vit. E (mg)	Zn (mg)	Se (mcg)	Cu (mg)	Mn (mg)
Alcatra sem gordura	100	1 bife	0,00	0,00	0,39	6,53	32,88	0,15	0,02
Almôndega com Molho	90	3 UND P	35,45	3,83	2,34	3,50	5,44	0,09	0,09
Atum Fresco	100	1 POSTA	655,00	0,00	0,00	0,60	80,00	0,01	0,02
Bacalhoda	130	1 PED P	36,79	0,88	0,56	0,65	15,30	0,17	0,43
Bife à Rolê	100	1UND	391,19	4,48	7,06	3,70	13,98	0,12	0,04
Bolinho de Carne	70	1UND	23,72	2,39	1,96	2,95	4,57	0,07	0,06
Camarão Cozido	160	20 UND	105,28	3,52	0,00	2,54	63,36	0,30	0,05
Camarão Frito	80	10 UND	47,46	1,58	8,10	1,14	28,57	0,16	0,00
Carne bovina Assada	70	0,5 FT G	0,00	0,26	0,41	3,81	14,53	0,09	0,02
Carne Moida Refogada	90	5 COL S	0,00	0,63	3,09	4,64	0,27	0,09	0,04
Carpaccio	70	5 FT	45,86	2,39	0,68	2,94	17,32	0,08	0,01
Gema de Ovo Cozida	50	3 UND G	292,00	0,00	0,00	1,56	22,60	0,02	0,04
Hambúrguer Grelhado	100	1UND	26,17	2,64	0,71	3,68	5,05	0,08	0,06

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

Omelete	100	1UND	179,05	0,00	4,15	1,04	28,94	0,03	0,03
Ovo Poché	120	3 UND P	228,00	0,00	1,01	1,33	25,56	0,01	0,04
Patê de Ricota	80	2 COL S	168,23	0,35	0,51	0,57	1,18	0,03	0,01
Salmão Cozido	160	2 FT P	41,60	0,00	0,00	0,50	86,56	0,37	0,03
Salsicha	60	1,5 UND	0,00	15,60	0,25	1,11	8,28	0,05	0,02
Sardinha Escabeche	50	1 UND	17,12	1,93	12,12	0,31	11,17	0,11	0,07
Sashimi de Salmão	160	2 PORÇ	56,00	0,00	2,16	0,88	72,00	0,13	0,03

Frutas (1 porção = 35 Kcal)

Alimento	Quant. (g)	Quant. med. cas.	Vit. A (re)	Vit. C (mg)	Vit. E (mg)	Zn (mg)	Se (mcg)	Cu (mg)	Mn (mg)
Abacate	25	1 COL S R	15,30	1,98	0,57	0,11	0,00	0,07	0,06
Abacaxi	65	1 FT P	1,50	10,01	0,07	0,05	0,36	0,07	1,07
Acerola	128	1 X CHÁ	97,92	2147,20	0,00	0,13	0,00	0,10	0,00
Ameixa Vermelha	70	2 UND P	22,61	6,65	0,60	0,07	0,49	0,03	0,04
Banana	40	1 UND P	3,20	3,64	0,13	0,06	0,40	0,04	0,06
Cajú	80	1 UND	32,00	175,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Caqui	50	0,5 UND	125,00	5,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Carambola	110	1 UND	53,90	23,32	0,00	0,12	0,00	0,13	0,09
Cereja	48	2 UND	10,27	3,36	0,43	0,03	0,62	0,05	0,04
Figo	50	1 UND M	7,00	1,00	0,00	0,08	1,13	0,04	0,07

Frutas - Continuação

Goiaba	50	0,5 UND P	39,50	92,00	0,00	0,12	0,00	0,05	0,07
Graviola	50	¼ UND	0,10	10,30	0,00	0,05	0,00	0,05	
Kiwi	60	1 UND P	10,50	58,80	0,00	0,06	0,00	0,03	0,06
Laranja	75	1 UND P	15,38	39,90	0,18	0,05	0,69	0,04	0,02
Mamão Formosa	100	1 FT	37,00	46,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mamão Papaya	90	1/3 , UN P	25,56	55,62	0,00	0,06	0,00	0,02	tr
Manga	55	¼ DE 1 UND	213,95	15,24	0,62	0,02	0,00	0,06	0,02
Maracujá	45	1 UND M	31,50	13,50	0,00	0,00	0,00	0,05	
Melancia	115	1 FT P	133,40	33,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Melão	120	1 FT G	43,92	11,52	0,00	0,08	0,48	0,04	0,05
Nectarina	70	1 UND P	51,52	3,78	0,00	0,06	0,63	0,05	0,03
Pêra	70	1 UND P	1,40	2,80	0,35	0,08	0,53	0,08	0,06
Pêssego	85	1 UND M	45,48	5,61	0,85	0,12	1,11	0,06	0,04
Uva Itália	50	4 BAGOS	3,65	5,40	0,00	0,03	4,82	0,05	0,03

Açúcares (1 porção = 110 Kcal)

Alimento	Quant. (g)	Quant. med. cas.	Vit. A (re)	Vit. C (mg)	Vit. E (mg)	Zn (mg)	Se (mcg)	Cu (mg)	Mn (mg)
Açúcar refinado	28		0,00	0,00	0,00	tr	0,08	tr	tr
Mel	37,5	1,5 COL S	0,00	0,86	0,00	0,08	0,30	0,02	0,03

Siglas: CO – concha; COL A – colher de arroz; COL CHÁ – colher de chá; COL S – colher de sopa; COL SOB – colher de sobremesa; ESC – escumadeira; FT – fatia; PED – pedaço; UND – unidade; X – xícara; G – grande; M – médio; P – pequeno; CH – cheio; R – raso; mg – miligrama; ml – mililitro; mcg – micrograma; TR – traços; A – vitamina A; C - vitamina C; Se – selênio; Cu – cobre; Mn – manganês; E – vitamina E; Zn – zinco (PHILIPPI, Sonia Tucunduva, 2002).

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

Tabela 2 - RDAs para Vitaminas e Minerais Antioxidantes

Faixa Etária	Vit. A mcg/ d	Vit. C mg/ d	Vit. E mg/ d	Zinco mg/ d	Selênio mcg/ d	Cobre mcg/ d	Manganês mg/ d
Infância							
0-6 meses	400	40	4	2	15	200	0,003
7-12 meses	500	50	5	3	20	220	0,6
Crianças							
1-3 anos	300	15	6	3	20	340	1,2
4-8 anos	400	25	7	5	30	440	1,5
Homens							
9-13 anos	600	45	11	8	40	700	1,9
14-18 anos	900	75	15	11	55	890	2,2
19-30 anos	900	90	15	11	55	900	2,3
31-50 anos	900	90	15	11	55	900	2,3
51-70 anos	900	90	15	11	55	900	2,3
> 70 anos	900	90	15	11	55	900	2,3
Mulheres							
9-13 anos	600	45	11	8	40	700	1,6
14-18 anos	700	65	15	9	55	890	1,6
19-30 anos	700	75	15	8	55	900	1,8
31-50 anos	700	75	15	8	55	900	1,8
51-70 anos	700	75	15	8	55	900	1,8
> 70 anos	700	75	15	8	55	900	1,8

Fonte: www.nap.edu