

FÁTIMA A. CAROMANO\*

MÁRIO ROBERTO F. THEMUDO FILHO\*\*

JULIANA MONTEIRO CANDELORO\*\*\*

**Endereço para correspondência:**

\* Profa Dra Fátima Caromano.

\*\* Fisioterapeutas.

LAFI – REACOM (Laboratório de Fisioterapia e Reatividade Comportamental).

Rua Cipotânea, nº 51, Cidade Universitária da USP, Campus São Paulo.

Curso de Fisioterapia da FMUSP, São Paulo / SP – CEP: 05360-000.

---

**Efeitos fisiológicos da imersão e do exercício na água**

**Resumo**

A água é um meio muito diferente da terra. Ao ser inserido neste novo meio o organismo é submetido a diferentes forças físicas e em consequência realiza uma série de adaptações fisiológicas. O objetivo desse texto é fornecer elementos para o fisioterapeuta compreender as adaptações orgânicas desencadeadas a partir da imersão do corpo na água e durante a prática de exercícios físicos.

**Physiological effects of immersion and the practice of exercise in the water**

**Summary**

The water is a way very different from the earth. When being inserted in this new one the organism is submitted to different physics forces and in consequence it accomplishes a series of physiologic adaptations. The objective of this text is to supply elements for the physiotherapist understand the organic adaptations unchained by the immersion of the body in the water and during the practice of physical exercise.

**Palavras-chave:** Imersão, Fisiologia, Fisioterapia

**Key words:** Immersion, Physiology, Physiotherapy

## **Efeitos fisiológicos da imersão e do exercício na água**

### **1. Respostas fisiológicas decorrentes da imersão**

#### **1a. Respostas cardiovasculares durante a imersão**

No que diz respeito às respostas cardiocirculatórias à imersão, temos duas situações diferentes a considerar:

1. Como vários autores demonstraram, imediatamente após a imersão, como consequência da ação da pressão hidrostática, 700 ml de sangue são deslocados dos membros inferiores para região do tórax, causando um aumento no retorno venolinfático, e ocasionando um aumento de 60,0 % do volume central. A pressão intratorácica aumenta de 0,4 mmHg para 3,4 mmHg e a pressão no átrio direito aumenta de 14,0 mmHg para 18,0 mmHg. A pressão venosa central aumenta de 2,0 a 4,0 mmHg para 3,0 a 16,0 mmHg, sendo que a pressão arterial pulmonar aumenta de 5,0 mmHg no solo para 22,0 mmHg em imersão. O débito cardíaco (volume sanguíneo  $\times$  a frequência cardíaca) aumenta de 30,0 % a 32,0% associados a uma diminuição de aproximadamente 10 batimentos por minuto ou de 4,0 % a 5,0 % da frequência cardíaca em bipedestação no solo (DENISON et al., 1972; HALL et al., 1990; GREENLEAF, 1984, BOOKSPAN, 2000; BECKER & COLE, 1997).

2. Parte das alterações cardiocirculatórias decorrentes da imersão são atribuídas ao reflexo de mergulho, que inclui bradicardia, vasoconstrição periférica e desvio de sangue para órgãos vitais. O reflexo de mergulho ocorre em situações significativamente diferentes como, molhar a face, imergir o corpo com a cabeça fora da água e imersão total com apnéia. Nos homens é consequência da interação e competição de vários fatores mecânicos e neurais (RUOTI et al., 1997).

#### **1b. Efeitos da imersão no sistema respiratório**

As alterações na função respiratória são desencadeadas pela ação da pressão hidrostática de duas maneiras diferentes (BECKER & COLE, 1997; TIPTON & GOLDEN, 1996; AGOSTONI et al., 1966):

- aumento de volume central
- compressão da caixa torácica e abdome

O centro diafragmático desloca-se cranialmente, a pressão intra-torácica aumenta de 0,4 mmHg para 3,4 mmHg; a pressão transmural nos grandes vasos aumenta de 3,0 mmHg a 5 mmHg para 12 mmHg a 15 mmHg. Essas alterações, por sua vez, aumentam o trabalho respiratório em 65,0 %. A capacidade vital sofre uma redução de 6,0 % e o volume de reserva expiratória fica reduzido de 66,0 %. A alteração da capacidade pulmonar se deve essencialmente à compressão sofrida pela pressão hidrostática (AGOSTONI et al., 1966).

Um estudo de AGOSTONI et al. (1966) demonstrou que, com imersão com água até a região cervical, o volume de reserva expiratório fica reduzido, em média, de 1.86 litros para 0.56 litros e a capacidade vital ficou reduzida em torno de 9,0 % do valor encontrado em terra, reduzindo sua “circunferência torácica” em aproximadamente 10,0 %.

A média da pressão atuando sobre a parede torácica, durante a imersão até o pescoço, no final de uma expiração espontânea, é de 21,0 cmH<sub>2</sub>O. A pressão na parede abdominal, com imersão em água até imediatamente abaixo do diafragma, é de 12,0 cmH<sub>2</sub>O (AGOSTONI et al., 1966).

#### **1c. Efeitos da imersão no sistema renal**

A resposta renal à imersão inclui o débito urinário aumentado (diurese) com perda de volume plasmático, sódio (natriurese), perda de potássio (potassiurese) e supressão de vasopressina, renina e aldosterona plasmática. A imersão em água fria potencializa esta resposta. O papel da diurese de imersão é usualmente explicado como um forte mecanismo compensador homeostático para contrabalançar a distensão sofrida pelos receptores pressóricos cardíacos (BOOKSPAN, 2000).

A atividade simpática renal diminui devido a uma resposta vagal causada pela distensão atrial que, por sua vez, aumenta o transporte tubular de sódio, com diminuição de aproximadamente um terço da resistência vascular renal. A excreção de sódio aumenta, acompanhada de água livre causando o efeito diurético da imersão. A função renal é largamente controlada pelos hormônios renina, aldosterona e hormônio antidiurético. A aldosterona controla a reabsorção de sódio nos túbulos distais, atingindo um máximo após três horas de imersão. Outro fator importante é a regulação do peptídeo atrial natriurético (ANP) que é suprimida em 50% de sua função no solo, após a imersão. Acompanhando as alterações no controle renal ocorrem alterações em alguns neurotransmissores do sistema nervoso autônomo – catecolaminas (sendo as mais importantes, nesse caso, a epinefrina, a norepinefrina e a dopamina) – que agem regulando a resistência vascular, a frequência cardíaca e a força de contração cardíaca e são ativadas logo após a imersão (BOOKSPAN, 2000; BECKER & COLE, 1997).

Esses mecanismos são amenizados com o tempo de imersão, mas em situação terapêutica, de aproximadamente uma hora de imersão, os efeitos persistem após várias horas após a imersão (BOOKSPAN, 2000).

## **2. Respostas durante a prática de exercícios em imersão**

### **2a. Metabolismo energético aeróbico**

Durante o exercício dinâmico, de leve a moderada intensidade, na água, a maior parte da energia usada para sustentar a atividade física é suprida pelo metabolismo aeróbico (fosforilação oxidativa).

Em virtude das diferentes propriedades físicas da água, os fatores que determinam o custo energético do exercício na água são diferentes daqueles em terra, pois, a força de flutuação reduz o peso do corpo, reduzindo o gasto energético, uma vez que elimina a o gasto de energia necessário para deslocar o corpo contra a gravidade. Por outro lado, a viscosidade da água aumenta o gasto energético necessário para realizar movimentos e deslocamentos. Assim o dispêndio de energia na água depende menos da energia utilizada para superar o arrasto, tornando-se dependente do tamanho e posição do corpo e velocidade e direção do movimento. Na água fria, uma grande quantidade de energia pode ser necessária para manter a temperatura corporal. Os estudos que compararam o gasto energético de atividades similares na terra e na água demonstraram uma grande variedade de respostas e assim, o gasto pode ser igual, maior ou menor na água que na terra, dependendo da atividade, profundidade de imersão e velocidade do movimento (CURETON, 2000, CRAIG & DVORAK, 1969).

Algumas atividades físicas merecem ser discutidas em detalhes.

**Ciclismo** - COSTILL (1971) observou que exercícios com bicicleta, com o sujeito em imersão até o pescoço, a 50 revoluções por minuto, em água a 25°C, exigiu de 33% a 42% mais energia do que o exercício com bicicleta à mesma taxa de trabalho em terra com o ar a 24°C. CRAIG e DVORAK (1968) realizaram experimentos similares a 30°C e 35°C e não encontraram diferença no dispêndio energético e respostas cardiorespiratórias.

**Caminhada, trote e corrida** - EVANS et al. (1978) estudaram o dispêndio de energia durante a caminhada em duas velocidades e durante o trote em três velocidades, percorrendo uma piscina a 31°C, com água pela cintura. A captação de oxigênio foi maior nas duas atividades, em todas as velocidades, do que o mesmo exercício realizado em esteira ergométrica. Foi necessária de metade a um terço da velocidade para caminhar ou trotar na piscina no mesmo nível de gasto energético. Dos vários estudos produzidos nessa linha de pesquisa, pode-se concluir que, quanto maior a imersão menor o gasto energético nas atividades de caminhar e trotar, e que, este gasto varia em função descarga de peso e resistência oferecida pela água (CURETON, 2000).

BISHOP et al. (1989) compararam as respostas fisiológicas à corrida em imersão, com cada participante utilizando um colete de flutuação, com as respostas à corrida em uma esteira rolante no mesmo nível percebido de esforço. Os participantes exercitaram-se a uma intensidade preferida para uma corrida de treinamento de 45 minutos. Os graus de esforço percebido (GEP) não diferiram nos dois modos de exercício. O consumo de oxigênio médio foi de 1,97 l/min e 2,68 l/min e a frequência cardíaca máxima de 122 bpm e 157 bpm respectivamente. Os autores concluíram que o custo metabólico da corrida em imersão, com um colete de flutuação, a uma intensidade preferida de esforço, é menor que a corrida na esteira ergométrica.

HITCHIE & HOPKINS (1991) compararam o dispêndio de energia durante a corrida em imersão sem um aparelho de flutuação e a corrida em esteira durante 30 minutos, em ritmo intenso, com corredores treinados. O consumo de oxigênio médio, expresso em relação ao peso corporal foi de 49 ml/Kg/min durante a corrida na água e de 53 ml/Kg/min durante a corrida na esteira. Os autores concluíram que a intensidade se mostrou suficiente para melhorar o consumo de oxigênio sendo, portanto, uma forma eficaz de treinamento.

A intensidade da corrida em imersão aumenta diretamente com a velocidade. O estabelecimento da relação entre velocidade e gasto energético ou com as medidas relacionadas ao gasto (frequência cardíaca, esforço percebido) fornece indicadores para prescrição individual de exercício de corrida na água (CURETON, 2000).

**Subir e descer degrau (stepping)** – Esta atividade realizada em água de aproximadamente um metro de profundidade exige menos energia que o mesmo exercício em terra - 17% a 20% menos (BUFALINO, 1992). A frequência cardíaca e os níveis de esforço percebido também são menores, certamente em função da ação da flutuação diminuindo a descarga de peso corporal.

**Exercícios de calistenia** - O gasto energético vai depender do grupo muscular exercitado, da direção do movimento (a favor ou contra a força de flutuação), da velocidade do movimento, do tempo de duração da atividade e da associação ou não de acessórios (bóia, palmar, pé-de-pato). De forma geral, e excetuando os exercícios de relaxamento, o gasto energético para realização de exercícios de calistenia é maior na água que em terra, podendo atingir o dobro do valor, e sendo suficientes para produzir efeito de treinamento aeróbico (CASSIDY & NIELSEN, 1992).

**Natação** - O gasto energético, medido pelo consumo de oxigênio aumenta linearmente em função da velocidade, apesar do fato da resistência ao movimento através da água aumentar com o quadrado da velocidade. Há grandes diferenças no custo energético dependendo do estilo do nado e do nível de habilidade do nadador. Essas diferenças tornam difícil a previsão do gasto energético da natação mas, de forma geral, o custo em energia da natação de uma dada distância é de aproximadamente quatro vezes o custo da corrida da mesma distância (HOLMER, 1972; PENDERGAST et al., 1977).

## **2b. Metabolismo energético anaeróbico**

O metabolismo anaeróbico em músculos esqueléticos ativos ocorre quando a demanda de energia excede a taxa de suprimento por meio de metabolismo aeróbico. Isto ocorre mais frequentemente no início do exercício e durante períodos de alta intensidade. O produto final metabólico da glicólise anaeróbica é o ácido láctico (lactato) e a mensuração de seu acúmulo no sangue é, muitas vezes, usada como um indicador da quantidade de metabolismo anaeróbico que ocorreu durante o exercício. O ácido láctico dissocia-se em íons de hidrogênio, aumentando a acidez das células musculares e do sangue, causando hiperventilação e, em altos níveis, a fadiga (ASTRAND & RODAHL, 1980).

FRANGOLIAS et al. (1994), compararam as respostas de lactato sanguíneo durante 42 minutos de corrida em imersão e corrida em esteira, a uma intensidade igual ao limiar ventilatório. Para os primeiros 14 minutos de exercício, as respostas de lactato foram similares. Entre os minutos 21 e 42 o lactato sanguíneo diminuiu mais no exercício na água (25%) que em terra (12%), indicando que a entrada de lactato no sangue foi menor ou sua taxa de remoção foi maior durante estágios avançados de corrida na água.

## **2c. Circulação**

A resposta cardiovascular ao exercício na água é diferente daquele em terra. A frequência cardíaca tende a permanecer inalterada em repouso e durante exercícios de baixa intensidade, mas diminui nos níveis de intensidade mais altos de exercício submáximo e máximo, em comparação com exercícios em terra (SHEDAHL et al., 1987).

A relação da frequência cardíaca e do gasto energético durante o exercício na água com relação ao exercício na terra é de particular importância, porque a frequência cardíaca é comumente utilizada para descrever e regular a intensidade metabólica do exercício. É comum observar que a frequência cardíaca, às vezes, é mais durante exercícios na água em comparação com seu similar no solo. Esta resposta é em parte dependente da temperatura da água. Durante exercício de leve a moderada intensidade, em imersão com a cabeça fora da água, em temperatura termoneutra (31°C a 33°C), a frequência cardíaca não é diferente daquela durante o mesmo exercício em terra no mesmo nível de gasto energético (CONNELLY et al., 1990).

A profundidade da água também afeta a frequência cardíaca durante o exercício ereto, sendo que, durante o exercício aeróbico na água, a frequência cardíaca é de 8 a 11 bpm mais baixa com água na altura do tórax do que com água pela cintura pélvica (CURETON, 2000).

## 2d. Ventilação

Apesar das alterações que ocorrem a partir da imersão, a ventilação em repouso, o volume corrente e a frequência respiratória ficam inalterados (SHEDAHL et al., 1987).

Durante exercícios submáximos a ventilação é a mesma que durante exercícios em terra no mesmo nível de gasto energético. Diferentes temperaturas de água (18°C a 33°C) têm pouco efeito (MOORE e col., 1970). Durante exercícios em níveis máximos de esforço, comparados com exercícios em terra, exceto para bicicleta, tendem a serem inferiores, embora a porcentagem de saturação de hemoglobina com oxigênio sejam semelhantes.

## 2e. Regulação da temperatura

A regulação da temperatura corporal durante o exercício na água é diferente da do ar porque a evaporação de suor, o principal meio de dissipação de calor durante o exercício no ar, não ocorre na água, e a perda ou ganho de calor por convecção e condução é muito maior na água.

Durante exercício no ar, a temperatura central do corpo aumenta na proporção direta da intensidade do exercício (porcentagem da captação de oxigênio), mas é dependente da temperatura ambiente entre aproximadamente 5°C e 30°C a 35°C. Durante exercícios na água, o efeito da intensidade do exercício sobre a temperatura central é o mesmo, mas há uma faixa muito mais de temperaturas ambiente para as quais a temperatura central não é afetada pela temperatura ambiente. Dependendo da temperatura da água, a temperatura central do corpo pode alterar-se. Durante o exercício, a temperatura da água necessária para evitar uma elevação na temperatura central durante atividades prolongadas varia de 17°C a 34°C, dependendo da quantidade de exercício e da composição corporal da pessoa, principalmente da porcentagem de gordura corporal (CRAIG & DVORAK, 1968).

SHEDAHL et al. (1982) constataram que mulheres obesas que pedalarão em bicicleta a 405 da captação máxima de oxigênio, não tiveram nenhuma alteração da temperatura retal durante 90 minutos de atividade em água a 20°C, 24°C e 28°C. Mulheres magras tiveram uma queda progressiva na temperatura retal nas duas temperaturas mais baixas e nenhuma alteração na temperatura mais alta. O tremor elevou o gasto energético das mulheres magras nas duas temperaturas mais baixas.

## 2f. Sistema endócrino

As alterações hormonais decorrentes da imersão persistem durante todo o exercício.

## 3. Adaptações ao treinamento físico na água

As diferentes respostas fisiológicas ao exercício de média a alta intensidade, tanto em água quanto em terra, poderiam resultar em diferentes graus de adaptação a períodos repetidos de exercício (treinamento).

Entretanto o treinamento na água merece algumas considerações:

- As adaptações circulatórias são diferentes quando compara-se ambas as situações. Na água a sobrecarga cardiorespiratória é maior e a filtração renal também. Adaptações no tecido hematopoiético tornam-se questionáveis.

- Em temperaturas elevadas, a sobrecarga do volume do coração e os estímulos para adaptações hipervolêmicas, em comparação ao treinamento realizado em água fria, poderiam afetar as alterações metabólicas e cardiovasculares do treinamento.

- Na água fresca, a elevação amenizada da temperatura corporal central e redução no fluxo sanguíneo da pele poderiam alterar as adaptações metabólicas, termoreguladoras e cardiovasculares que poderiam estar respondendo, em parte, às alterações térmicas.

Alguns estudos procuraram responder sobre a intensidade dessas variações oxigênio (BECKER, 2000).

AVELLINI et al. (1983) compararam as respostas do treinamento em bicicleta em terra (22°C) e em bicicleta na água em temperatura termoneutra (32°C) e em água fria (20°C), por um período de 4 semanas, cinco dias por semana, uma hora por dia, a 75% da captação máxima de. Durante o treinamento, as frequências cardíacas dos dois grupos que treinaram na água foram significativamente mais baixas (160 e 150 bpm) do que no grupo que treinou em terra (170 bpm), mas os consumos de oxigênio máximo foram os mesmos, sendo seu aumento de (13% a 15%). Os autores concluíram que a adaptação da captação máxima de oxigênio ao treinamento na água e em terra com a mesma intensidade metabólica foi a mesma, ainda que a frequência cardíaca de treinamento diferisse em até 20 bpm. As melhoras na captação máxima de oxigênio medidas na esteira foram menores do que as melhoras medidas no cicloergômetro, indicando que as adaptações foram, em parte, específicas do exercício na bicicleta. Como as frequências cardíacas foram diferentes nos três grupos, mas a captação de oxigênio máxima foi a mesma, os resultados indicam que a frequência cardíaca não é uma boa referência quanto ao estímulo de treinamento fornecido pelo exercício.

Um estudo similar realizado por SHEDAHL et al. (1986), tendo como participantes jovens idosos chegou às mesmas conclusões.

YOUNG et al. (1993) estudaram o efeito do treinamento em água quente (35°C) e fria (20°C) sobre a melhora na captação máxima de oxigênio em adultos jovens. Os participantes treinaram em bicicleta em um ergômetro estacionário, imersos até o pescoço, durante 60 minutos, cinco dias por semana, durante oito semanas, no mesmo nível de captação máxima de oxigênio (60% da captação máxima de oxigênio máxima atingida em exercício na bicicleta). Durante o treinamento, a frequência cardíaca e a temperatura central (retal), respectivamente, do grupo que treinou em água quente foram, em média, 27bpm e 15°C mais altos do que o grupo que treinou em água fria. A captação máxima de oxigênio aumentou em 13% para ambos os grupos. O treinamento aumentou a capacidade oxidativa do músculo a um grau semelhante em ambos os grupos, e o volume sanguíneo não se alterou significativamente em qualquer dos grupos. Os resultados do estudo sugerem que as temperaturas cutânea e central do corpo não afetam a adaptação metabólica e cardiovascular do treinamento na água. A alteração no volume plasmático e sanguíneo pode Ter ocorrido em razão da supressão da liberação de vasopressina, renina e aldosterona durante o exercício na água. Como as frequências cardíacas dos dois grupos durante o treinamento diferiram por mais de 25 bpm, os resultados do estudo reforçam a conclusão de que as frequências cardíacas de treinamento são um mau indicador das adaptações metabólicas ao treinamento. Uma desvantagem do treinamento em água fresca é que ele não melhora a tolerância ao calor.

LIEBER et al. (1989), MICHAUD & BRENNAN (1992) e BRENNAN & MICHAUD (1992) estudaram os efeitos de treinamento de corrida, na captação máxima de oxigênio, em adultos jovens e de meia idade, sedentários. O treinamento de corrida em imersão foi eficaz para aumentar e manter a captação máxima de oxigênio e o desempenho em corrida. Indivíduos não treinados que efetuaram 16 a 36 minutos de corrida com intervalos, em imersão, a 63% a 82% da frequência cardíaca máxima, 3 dias por semana, durante 8 semanas, aumentaram a captação máxima de oxigênio de corrida em esteira e na água em 10,7% e 19,6% respectivamente.

Dois trabalhos avaliaram os efeitos de exercícios de calistenia na água.

MINOR et al. (1989) estudaram os efeitos de exercícios calistênicos em imersão até o tórax, em sessões de uma hora, três dias por semana, por doze semanas, em pacientes com artrite reumatóide ou osteoartrite. Durante o período de atividade a frequência cardíaca variou de 60% a 80% da frequência cardíaca máxima. A captação máxima de oxigênio aumentou em 19% a 20%.

RUOTI et al. (1994) estudaram o efeito de um programa de exercícios na água sobre a resistência muscular, a composição corporal e a capacidade de trabalho aeróbico em 12 homens e mulheres idosos. A captação máxima de oxigênio durante a caminhada na esteira aumentou em 15%, a porcentagem de gordura corporal não alterou de forma significativa, a frequência cardíaca em repouso diminuiu em 7%, a frequência cardíaca durante caminhada na água, em velocidade padrão, diminuiu em 20% e a resistência dos músculos dos braços e ombros aumentaram em 11% e 35% respectivamente. Os autores demonstraram que exercícios calistênicos constituem um meio eficaz para melhorar a função cardiorespiratória e a capacidade de trabalho físico do idoso.

## Referências bibliográficas:

- AGOSTONI E., GURTNER G, TORRI G, RAHN H. Respiratory mechanics during submersion and negative-pressure breathing. *J Appl Physiol.* 21(1): 251-258, 1966.
- ASTRAND P.O. e Rodahl K. *Tratado de fisiologia do exercício.* São Paulo: Interamericana, 1980.
- AVELLINNI BA, SHAPIRO Y, PANDOLF KB. Cardiorespiratory physical training in water and on land. *Eur J Appl Physiol.* 50:255-263, 1983.
- BECKER BE e COLE A. *Comprehensive Aquatic Therapy.* Butterworth-Heinemann, Boston, 1997.
- BECKER, BE. Aspectos biofisiológicos da hidroterapia. Em: Becker EB, E Cole AJ. (eds) *Terapia Aquática Moderna*, cap. 2: 17-50, Editora Manole, São Paulo, 2000
- BISHOP PA, FRAZIER S, SMITH J. Physiologic responses to treadmill and water running. *Physician Sportsmedicine*, 17: 87-94, 1989.
- BOOKSPAN, Jolie. *Efeitos fisiológicos da imersão em repouso.* Em: Ruoti RG, Morris DM e Cole AJ, *Reabilitação Aquática.* São Paulo, Editora Manole, 2000.
- BRENNAN DK, MICHAUD TJ, WILDER RP. Gains in aquarunning peak oxygen consumption after eight weeks of aquarun training. *Med Sci Sports Exerc.* 23:S23, 1992.
- BUFALINO KD, MOORE A, SLONIGER EL. Physiological and perceptual responses to bench stepping in water and in land. *Med Sci Sport Exerc.* 24: S183, 1992.
- CASSIDY SL, NIELSEN DH. Cardiorespiratory responses of healthy subjects to calisthenics performed on land versus in water. *Phys Ther.*, 72: 532-538, 1992.
- CONNELLY TP, SHEDAHL LM, TRISTANI FE. Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise. *J Appl Physiol.* 23:238-241, 1990.
- COSTILL DL. Energy requirements during exercise in water. *J. Sports Med Phys Fitness*, 11: 87-92, 1971.
- CRAIG AB, DVORAK M. Comparison of exercise in air and in water of different temperatures. *Med Sci Sports.* 1:124-130, 1969.
- CRAIG AB, DVORAK M. Thermal regulation of man exercising during water immersion. *J Appl Physiol.* 25:28-35, 1968.
- CURETON KJ. Respostas fisiológicas ao exercício na água. Em: : Ruoti RG, Morris DM e Cole AJ, *Reabilitação Aquática.* São Paulo, Editora Manole, 2000.
- DENISON DM, WAGNER PD, KINGABY GL e WEST JB. Cardiorespiratory responses to exercise in air and underwater. *J. Appl. Physiol.* 33(4): 426-430, 1972.
- EVANS BW, CURETON K.J, PURVIS JW. Metabolic and circulatory response to walking and jogging in water. *Res Q.*, 49: 442-449, 1978.
- FRANGOLIAS DD, RHODES EC, BELCASTRO AN. Comparison of metabolic responses to prolonged work at tvent during treadmill and water immersion running. *Med Sci Sports Exerc.* 26: S10, 1994.
- GREENLEAF JE. Physiological responses to prolonged bed rest and fluid immersion in humans – brief review. *J. Appl. Physiol.:* Respirat. Environ. Exercise Physiol. 57(3):619-633, 1984.
- HALL J, BISSON D e O'HARE P. *The Physiology of immersion. Physiotherapy*, 76(9):517-521, 1990.
- HITCHIE SE, HOPKINS WG. The intensity of exercise in deep water running. *Int J Sports Med*, 12: 27-29, 1991.
- HOLMER I. Oxygen uptake during swimming in man. *J Appl Physiol*, 33:502-509, 1972,
- LIEBER DC, LIEBER RL, ADANS WC. Effects of run training and swim training at similar absolute intensities on treadmill  $VO_2$  máx. *Med Sci Sports Exerc.* 21:655-661, 1989.
- MICHAUD TJ, BRENNAN DK, WILDER RP. Aquarun training and changes in treadmill running maximal oxygen consumption. *Med Sci Sports Exerc.* 24:S23, 1992.
- MINOR MA, HEWETT J, WEBEL RR. Efficacy of physical conditioning exercise in patients with rheumatoid arthritis and osteoarthritis. *Arthritis Rheum.* 32:1396-1405, 1989.
- MOORE T.O., BERNAUER E.M., SETO G. Effect of immersion at different water temperatures on graded exercise performance in man. *Aerospace Medicine.* 41:1404-1408, 1970.
- PENDERGAST DR, DIPRAMPERO PE, CRAIG AB. Quantitative analysis of the front crawl in men and women. *J Appl Physiol.* 43:475-479, 1977.
- RUOTI RG, MORRIS DM e COLE AJ. *Aquatic Rehabilitation.* New York, Lippincott, 1997.
- RUOTI RG, TOUP JT, BERGER RA. The effects of nonswimming water exercise on older adults. *J Orthop Sports Phys Ther.* 19:140-145, 1994.
- SHEDAHL LM, BUSKIRK ER, LOOMIS JL. Effects of exercise in cool water on body weight loss. *Int J Obes.* 6:29-42, 1982.
- SHEDAHL LM, TRISTANI FE, CLIFORD PS. Effect of head out water immersion on response to exercise training. *J Appl Physiol.* 60:1878-1881, 1986.
- SHEDAHL LM, TRISTANI FE, CLIFORD PS. Effect of head out water immersion on cardiorespiratory response to dynamic exercise. *J Am Coll Cardiol.* 10:1254-1258, 1987.
- TIPTON MJ, GOLDEN F. Immersion in cold water. Em: Harries M. (ed) *Oxford textbook of Sports Medicine* Oxford University Press, 1996
- YOUNG AJ, SAWKA MN, QUIGLEY MD. Role of thermal factors on aerobic capacity improvements with endurance training. *J Appl Physiol.* 75:49-54, 1993.