

**PESO HIDROSTÁTICO E FREQUÊNCIA CARDÍACA
EM PESSOAS SUBMETIDAS A DIFERENTES
PROFUNDIDADES DE ÁGUA**

por

Luiz Fernando Martins Krueh

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano, da Universidade Federal de Santa Maria (RS), como requisito parcial para obtenção do grau de MESTRE EM CIÊNCIA DO MOVIMENTO HUMANO.

Santa Maria, RS - BRASIL

1994

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO MOVIMENTO
HUMANO

A COMISSÃO EXAMINADORA, ABAIXO ASSINADA, APROVA A
DISSERTAÇÃO

PESO HIDROSTÁTICO E FREQUÊNCIA CARDÍACA
EM PESSOAS SUBMETIDAS A DIFERENTES
PROFUNDIDADES DE ÁGUA

ELABORADA POR
LUIZ FERNANDO MARTINS KRUEL

COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM CIÊNCIA DO MOVIMENTO HUMANO

COMISSÃO EXAMINADORA: _____

Renan Maximiliano F.
Sampedro

- Orientador -

Aluisio O. V. Avila

Marta S. Canfield

José Henrique S. da Silva

Santa Maria, 25 novembro de 1994.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, e em especial:

Aos meus pais Euripedes da Silva Krueel (In Memorium) e Cecy Martins Krueel, aos meus filhos, Livia e Luiz Fernando, pelo incentivo, dedicação e carinho nesta caminhada.

Ao Prof. Dr. Renan Maximiliano Fernandes Sampedro pela amizade, apoio e orientação nesses anos de convívio.

Ao Prof. Dr. Aluisio Otavio Vargas Avila, à Prof^a Dr^a Marta S. Canfield e ao Prof. Dr. José Henrique S. da Silva por suas preciosas orientações e dedicações durante o desenvolvimento deste trabalho, o meu profundo agradecimento.

À amostra utilizada no estudo, alunos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sem os quais este não poderia ter sido realizado, o meu respeito e agradecimento.

A Antônio Renato Pereira Moro meu agradecimento por sua ajuda indispensável durante a realização do trabalho.

Ao colega Volmar Geraldo da Silva Nunes pelo companheirismo e pelo convívio durante a realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em especial ao Claudio Paiva, ao departamento de Mecânica, em especial ao Prof. Dr. Milton A. Zaro e ao Gefferson Loss pela colaboração na coleta dos dados, e aos professores e funcionários da Universidade Federal de Santa Maria, em especial a Maria de Lourdes Biscano Bratti, Beatriz Rigon e Maria Regina Cozo.

Aos professores e bolsistas do Grupo de Pesquisa em Atividades Aquáticas UFRGS-UFSM, em especial ao Ricardo Pranke pela colaboração na coleta dos dados.

Aos amigos e colegas pela amizade e carinho dispensados durante o curso de mestrado.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul e CAPES o meu agradecimento e a certeza de ter cumprido a tarefa que me confiaram.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	xiii
LISTA DE ANEXOS.....	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. O Problema e sua Importância	1
1.2. Objetivos	9
1.2.1. Objetivo Geral.....	9
1.2.2. Objetivos Específicos.....	9
1.3. Definição Operacional de Termos	10
1.3.1. Protótipo	10
1.3.2. Posição Fundamental	10
1.3.3. Peso Hidrostático.....	10
1.3.4. Peso Corporal.....	11
1.3.5. Frequência Cardíaca de Repouso	11
1.3.6. Frequência Cardíaca Inicial	11
1.3.7. Frequência Cardíaca Durante a Pesagem Hidrostática	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1. Propriedades Físicas da Água.....	12
2.2. Principais Atividades Físicas Desenvolvidas na Água na Posição Vertical	17
2.2.1. Hidroterapia	17
2.2.2. Hidroginástica.....	19
2.2.3. Caminhada em Água Rasa e Profunda - Jogging Aquático	19
2.3. Sistema Circulatório	21
2.3.1. Músculo Cardíaco	21
2.3.2. Respostas Cardiovasculares.....	25
2.3.2.1. Ajustes Periféricos	26
2.3.2.1.1. Distribuição do Fluxo Sangüíneo	26
2.3.2.1.2. Temperatura Corporal	27
2.3.2.2. Ajustes Centrais	29
2.3.2.2.1. Frequência Cardíaca	29
2.3.2.2.2. Volume Sistólico.....	36

2.3.2.2.3. Débito Cardíaco	39
2.3.2.3. Ajustes Periféricos Centrais	40
2.3.2.3.1. Pressão Arterial (Pa).....	40
2.4. Alterações Fisiológicas no Meio Aquático.....	42
2.4.1. Fluxo Sangüíneo	44
2.4.2. Temperatura da Água	47
2.4.3. Freqüência Cardíaca.....	48
2.4.3.1. Modificações na FC com o Corpo Imerso na Água	48
2.4.3.2. Modificações na FC Somente com o Rosto Imerso na Água	57
2.4.4. Consumo de Oxigênio	59
2.4.5. Relação Freqüência Cardíaca/Consumo de Oxigênio	61
2.4.6. Débito Cardíaco	64
3. METODOLOGIA	66
3.1. População e Amostra	66
3.1.1. População.....	66
3.1.2. Amostra.....	66
3.1.3. Procedimentos para Seleção da Amostra	67
3.2. Instrumentos de Medida.....	68
3.2.1. Ficha de Dados Individuais.....	68
3.2.2. Protótipo para Pesagem Hidrostática	68
3.2.3. Balança	73
3.2.4. Compasso de Dobras Cutâneas	73
3.2.5. Paquímetro	73
3.2.6. Estadiômetro	73
3.2.7. Fita Métrica	73
3.2.8. Sensor de Batimentos Cardíacos.....	74
3.3 Testagem dos Instrumentos	74
3.3.1. Ficha de Dados Individuais.....	74
3.3.2. Célula de Carga	74
3.3.3. Elevador.....	75
3.4. Variáveis	77
3.4.1. Variáveis Dependentes.....	77
3.4.2. Variável Independente	77
3.4.3. Variáveis de Controle.....	79
3.5. Procedimentos da Coleta de Dados.....	80
3.6. Tratamento Estatístico	81
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	101
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
ANEXOS	112

RESUMO

PESO HIDROSTÁTICO E FREQUÊNCIA CARDÍACA EM PESSOAS SUBMETIDAS A DIFERENTES PROFUNDIDADES DE ÁGUA.

Autor: Luiz Fernando Martins Kruehl

Orientador: Dr. Renan Maximiliano Fernandes Sampedro

O objetivo deste trabalho foi verificar as reduções no peso hidrostático e as alterações na frequência cardíaca em pessoas submetidas a imersão vertical do corpo na água, nas profundidades de tornozelo, joelho, quadril, cicatriz umbilical, apêndice xifóide, ombro e pescoço. Na profundidade do ombro as medidas foram feitas com os braços dentro e fora d'água. Observa-se que vários autores realçam uma diminuição de peso nos indivíduos quando estão imersos no meio líquido, mas com uma ausência total de informações a respeito do percentual de redução deste peso em diferentes profundidades de água. Em relação ao comportamento da frequência cardíaca, a literatura é contraditória, pois enquanto diversos autores afirmam que ocorre uma bradicardia durante a imersão, outros afirmam que ocorre uma taquicardia, e existem ainda os que relatam que não ocorrem alterações na frequência cardíaca durante a imersão vertical do corpo na água. A amostra deste estudo foi formada por 54 indivíduos brancos, de ambos os sexos, com no mínimo 1 (um) ano de prática de

natação, com idade entre 18 e 25 anos, estatura entre 160 e 180 cm e percentual de gordura entre 12 e 15%, para homens, e 16 e 20%, para as mulheres. Foi utilizado um protótipo cuja finalidade é imergir o indivíduo em diferentes profundidades de água, ao mesmo tempo que permite o monitoramento dos pesos, através de informações da célula de carga. A leitura da frequência cardíaca foi realizada através de um sensor de frequência cardíaca. Utilizou-se a estatística descritiva, a análise de variância (ANOVA) e teste F, para comparar as classes das variáveis classificatórias. Para a localização das diferenças, usou-se o teste de TUKEY ($p < 0,05$). Foi utilizada também a análise de regressão. A partir da análise dos dados constata-se uma redução média no percentual do peso hidrostático que variou de $2,418 \pm 0,445\%$ na profundidade do tornozelo a $92,137 \pm 1,210\%$ na profundidade do pescoço. Ao analisar-se o comportamento da frequência cardíaca em diferentes profundidades de água encontra-se uma diminuição média de até 17 bpm, à medida que aumentava a profundidade da imersão, com exceção do ponto anatômico do pescoço e do ombro com os braços fora d'água.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA -
CIÊNCIA DO MOVIMENTO HUMANO.

Autor: Luiz Fernando Martins Kruehl.

Orientador: Dr. Renan Maximiliano Fernandes Sampedro.

Título: Peso hidrostático e frequência cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de água.

Dissertação de Mestrado em Fisiologia do Exercício.

Santa Maria, novembro de 1994.

ABSTRACT

HIDROSTATIC WEIGHT AND HEART RATE
IN SUBJECTS IMMERSSED IN DIFFERENT
WATER PROFUNDITY

AUTHOR: Luiz Fernando Martins KrueI

ADVISER: Dr. Renan Maximiliano Fernandes Sampedro

The purpose of this work was to verify the reduction on hidrostatic weight and the changes on heart rate in subjects immerssed in a vertical position, in water at ankle, knees, hip, umbilical scar, xiphoid appendix, shoulder and neck deep. At the shoulder deep the measurements were made with arms in the water and with arms out of the water. Several authors have show a diminution on body weight when subjects are immerssed in water, but with no information related to the percentage of this diminution in different water profundities. Related to heart rate behavior, the literature shows contradictions, besides, several authors appointed to a heart rate bradycardia during immersion, others shown a heart rate tachycardia. There were some, that have showed no heart rate changes during a vertical immersion of the body in the water. For this study the sample was made by 54 white subjects of both sexes that have at least one year of swimming practice, ages between 18 and 25 years, height at about 160 and 180 cm, and body fat percentage of 12 and 15%, for men, and 16 and 20%,

for women. A prototype that allowed to deep the subjects in different water profundities was used, while at the same time, weight was measured by a load cell. Heart rate was measured by a heart rate sensor. A descriptive statistic, analyses of variance (ANOVA) and a F test to compare the levels of the qualifying variables. In order to localize the differences a Tukey test ($p < 0,05$) was used, and a linear regression analisys. The data analisys showed a mean percentage reduction on hidrostatic weight varying from $2,418 \pm 0,445\%$ on ankle deep to $92,137 \pm 1,210\%$ on neck deep. Analizing heart rate behavior in different deep of water, was found an average of 17 bpm, as the profundity of immersion was higher, with exception of the two anatomic point deep of the neck and shoulders deep with arms off the water.

FEDERAL UNIVERSITY OF SANTA MARIA
GRADUATION PROGRAM IN PHYSICAL EDUCATION - MOVEMENT
SCIENCE

Author: Luiz Fernando Martins KrueI

Adviser: Dr. Renan Maximiliano Fernandes Sampedro

Title: Hidrostatic weight and heart rate in subjects immersed in different water profundity.

Master Dissertation in Exercise Physiology
Santa Maria, november of 1994.

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Correção para densidade da água em diferentes temperaturas.....	15
TABELA 2 - Relação entre frequência cardíaca de repouso (FCR) e o decréscimo causado pela imersão na água em uma piscina.....	57
TABELA 03 - Correção para o peso hidrostático do indivíduo em diferentes profundidades de água.....	76
TABELA 04 - Características físicas.....	80
TABELA 05 - Médias e desvios padrão da idade, peso corporal total, estatura, tempo de prática de natação, percentual de gordura, peso gordo, massa corporal magra, peso muscular e peso ósseo.....	82
TABELA 06. - Médias, desvios padrão e teste do percentual médio de redução do peso hidrostático nos pontos anatômicos, para o sexo masculino, feminino e ambos os sexos.	84
TABELA 07. - Médias e desvios padrão dos pesos relativos dos segmentos corporais, com o indivíduo imerso no meio líquido, em relação ao peso corporal total	87
TABELA 08 - Coeficientes das equações de regressão simples para o cálculo do peso hidrostático do indivíduo em diferentes profundidades de água a partir do peso corporal (x_1) do indivíduo.	87
TABELA 09 - Coeficientes das equações de regressão simples para cálculo do percentual de redução do peso hidrostático do indivíduo nos pontos anatômicos de quadril, cicatriz umbilical, apêndice xifóide, ombro, pescoço e ombros com os braços fora d'água a partir do percentual de gordura do indivíduo (x_1).	89
TABELA 10 - Médias e desvios padrão do peso corporal total e do peso hidrostático nas diferentes profundidades de água.	91

TABELA 11 - Médias e desvios padrão das alturas dos pontos anatômicos de tornozelo, joelho, quadril, cicatriz umbilical, apêndice xifóide, ombro, pescoço e ombro com os braços fora d'água	92
TABELA 12. - Médias e desvios padrão das FCR, FCI e das FC nos diferentes pontos anatômicos para o sexo masculino, feminino e ambos os sexos.....	94
TABELA 13 - Relação entre as diferentes faixas da FCI e as modificações médias na FC causadas pela imersão nos pontos anatômicos de tornozelo, joelho, quadril, cicatriz umbilical, xifóide, ombro, pescoço e ombro com os braços fora d'água.	97

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Protótipo para pesagem hidrostática.....	72
FIGURA 2 - Gráfico representativo da linearidade do sistema de medição usado.	75
FIGURA 3 - Localização dos pontos anatômicos.	78
FIGURA 4- Percentual médio de redução do peso hidrostático nos diferentes pontos anatômicos.....	84
FIGURA 5 - Gráfico do peso hidrostático nos diferentes níveis d' água.....	92
FIGURA 6 - Gráfico representativo da altura dos pontos anatômicos.....	93
FIGURA 7 - Gráfico representativo da FC nas diferentes profundidades d' água.....	95

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%G	Percentual de gordura
°C	Graus centígrados
0g	Gravidade zero
A.C.	Antes de Cristo
ACM	Associação Cristã de Moços
ALT	Altura
bpm	Batimentos por minuto
cm	Centímetros
CV	Coeficiente de variação
D	Densidade
DC	Débito cardíaco
E	Peso específico
ESEF	Escola Superior de Educação Física
FC	Frequência cardíaca
FCI	Frequência cardíaca inicial
FCJ	Frequência cardíaca a nível do joelho
FCmax	Frequência cardíaca máxima
FCO	Frequência cardíaca a nível do ombro
FCOF	Frequência cardíaca a nível do ombro com braços fora d' água
FCP	Frequência cardíaca a nível do pescoço
FCQ	Frequência cardíaca a nível do quadril
FCR	Frequência cardíaca de repouso
FCT	Frequência cardíaca a nível do tornozelo
FCU	Frequência cardíaca a nível do umbigo
FCX	Frequência cardíaca a nível do apêndice xifóide
FEM	Feminino
JOEL	Joelho
kg	Quilogramas
kgf	Quilogramaforça
LAPEM	Laboratório de Pesquisa e Ensino do Movimento
LAPEX	Laboratório de Pesquisa do Exercício
M	Massa
MASC	Masculino
MCM	Massa corporal magra
mm	Milímetro
mV	Milivolts
O ₂	Oxigênio
OFOR	Ombros com braços fora d' água
OMBR	Ombros

PAD	Pressão arterial diastólica
PAM	Pressão arterial média
PAS	Pressão arterial sistólica
PCT	Peso corporal total
PESC	Pescoço
PG	Peso de gordura
PH	Peso hidrostático
PM	Peso muscular
PO	Peso ósseo
PP	Pressão de pulso
PPE	Fator de correção para o peso hidrostático
PT	Peso total
QUAD	Quadril
RPH	Redução do peso hidrostático
s.d.	Sem data
TAGUA	Temperatura da água
TORN	Tornozelo
TPRAT	Tempo de prática de natação
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UMBI	Cicatriz umbilical
V	Volume
VDF	Volume diastólico final
VO2	Consumo de oxigênio
VS	Volume sistólico
VSF	Volume sistólico final
XIFO	Apêndice xifóide

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - Ficha de coleta de dados.....	114
ANEXO 2 - Dados técnicos da célula de carga.....	117

1. INTRODUÇÃO

1.1. O Problema e sua Importância

A água exerce sobre o ser humano um fascínio ancestral, fácil de entender, pois segundo SOBRINHO (1975), depois da época glacial, há milhões de anos, com o recuo do manto de gelo que cobria grande parte da terra e que, desfazendo-se, formaram lagos e rios, o troglodita começou, certamente, a fazer da natação um dos seus meios de subsistência. Os detalhes dos muros de Wadi Sori, no deserto da Líbia, que nos legaram o único desenho de nadadores da arte pré-histórica, confirmam isso, embora essa referência, a mais antiga que se tem do uso da natação pelo homem, date apenas do ano de 9.000 A.C.

Pode-se, facilmente deduzir que, em quase todas as épocas, o homem primitivo deve ter feito grande uso da natação, não só como meio de defesa contra seus inúmeros inimigos naturais, mas principalmente como um dos únicos recursos que permitiam, nessa época, a pesca.

Conforme SOBRINHO (1975), ao se formarem os primeiros agrupamentos organizados e permanentes, dos quais, mais tarde, resultaram as antigas civilizações, jamais decaiu a utilidade da natação, pois ela, se de um lado deixou de ser necessária como meio de defesa contra feras e outros animais, passou a ser necessária em várias outras atividades. E principalmente nos dias atuais, como forma de promoção da saúde.

Atualmente nota-se que a natação é amplamente utilizada nas mais diversas áreas. Professores de educação física, ortopedistas, fisioterapeutas, fisiatras e especialistas em medicina esportiva, estimulam a prática da natação para ajudar a recuperação de atletas lesionados ou pessoas com problemas no sistema locomotor, respiratório e circulatório. Por facilitar os movimentos, os exercícios de recuperação na água tornam-se menos penosos e compõem um primeiro passo na retomada do trabalho físico e muscular. A natação também vem sendo muito utilizada como forma de manutenção de um bom condicionamento físico.

Pode-se citar vários autores e muitos outros benefícios que a natação proporciona aos indivíduos que a praticam. Mas após 20 anos como professor de natação nota-se que muitas pessoas, mesmo sabedoras dos benefícios da natação, ou tendo sido recomendadas por profissionais da área da saúde a praticá-la, não o fazem, por diversos motivos. Como por exemplo: medo de nadar em piscina funda, de não conseguir aprender o gesto após determinada idade, por já ter se afogado e principalmente pelo medo de colocar o rosto embaixo da água.

A partir do ano de 1989, passou-se a estudar atividades aquáticas alternativas à prática da natação. Após uma revisão histórica, encontra-se que não a natação, mas a água era amplamente citada como portadora de propriedades recreacionais e curativas.

Conforme PINHEIRO & LEÃO (1989), a água era amplamente utilizada pelos romanos, e no século V A.C. a medicina grega também menciona a importância da água como agente de cura.

Ainda de acordo com o autor, numa perspectiva mais transcendental, a cultura grega cultiva, até hoje, muitos mitos que atribuem à água poderes sobrenaturais, como a fonte do amor e a fonte da juventude. Existem também relatos de atividades terapêuticas, tais como: a Helioterapia, a Crenoterapia, a Talassoterapia, a Balneoterapia e a Hidrocinesioterapia.

Em atividades fora do meio líquido, a caminhada tem sido advogada como uma alternativa apropriada para o desenvolvimento da aptidão física, especialmente para aqueles indivíduos, tais como: idosos, sedentários, obesos, cardíacos e diabéticos, que possuem um nível inicialmente baixo de aptidão cardiovascular.

De acordo com GREEN, J.H., CABLE, N.T., ELMS, N. (1990), num programa de treinamento a intensidade do exercício aumenta com a aptidão física. Assim muitos que começam um programa de caminhada ou "jogging" progridem para a corrida. Entretanto, todas as formas de atividades desenvolvidas em terra apresentam um desafio para os tecidos moles e as articulações. O esforço repetitivo imposto a esses tecidos pelo impacto do solo pode levar a lesões.

Conforme indicado por EVANS, B.W., CURETON, K.J., PURVIS, J.W. (1978) os efeitos de boiar e da resistência da água tornam possível altos níveis de gasto de energia com relativamente pouco movimento e esforço das articulações dos membros inferiores. Em termos de pressão da articulação, quanto mais pesado o indivíduo, maior a força de impacto nas articulações do pé, tornozelo e pelve. Esta pressão aumenta significativamente da caminhada para a corrida ou dança aeróbica de alto impacto e pode causar vários tipos de lesões relacionadas ao esforço nestas articulações.

Handerson apud TOWN & BRADLEY (1991) constatou em uma pesquisa, que 66% dos consultados tiveram que parar de correr por lesão. A mesma pesquisa observou que a área da lesão era quase sempre na extremidade inferior do corpo.

TOWN & BRADLEY (1991) afirmam também que os movimentos de corrida exigem um esforço de ambos os sistemas, cardiovascular e músculo-esquelético. As respostas cardiovasculares dos corredores estão entre as mais altas de todas as atividades físicas, por causa do peso gravitacional e amplo recrutamento muscular da corrida. Infelizmente, essas mesmas virtudes são responsáveis por numerosas lesões músculo-esqueléticas.

A partir desta revisão e com interesse de procurar atividades que tivessem um impacto articular menor que nas atividades de ginástica, caminhada, corrida e etc., foi implantado no ano de 1990 na Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, os programas de hidroginástica, caminhada em água rasa e "jogging aquático" (caminhada em piscina funda com utilização de coletes salva-vidas).

GREEN et al. (1990) salientam que as atividades que minimizam o peso têm um valor potencial para aqueles indivíduos que possam estar sob o risco de tais lesões, como os mais velhos, os obesos, ou os indivíduos que já tenham uma lesão nos tecidos moles.

WHITLEY & SCHOENE (1987) preconizam que, para os indivíduos com problemas nas articulações dos membros inferiores e de peso elevado, e também para a reabilitação cardíaca, a corrida e a caminhada na água são alternativas eficientes para os programas de exercícios de caminhada e corrida na terra.

Além destas atividades, cita-se, a hidroginástica e a corrida e caminhada em águas profundas (jogging aquático), como uma forma alternativa de atividade física no meio aquático.

Para RITCHIE & HOPKINS (1991) e TOWN & BRADLEY(1991), a corrida na água tem se tornado um atrativo método de treinamento, especialmente durante recuperação de lesões músculo-esqueléticas das pernas.

Os defensores da corrida na água (EVANS et al. 1978; WHITHLEY & SCHOENE, 1987; GREEN et al. 1990; TOWN & BRADLEY, 1991; RITCHIE & HOPKINS, 1991) sugerem que esta modalidade pode ser usada para se manter a aptidão aeróbica, porém sem o trauma ortopédico associado à corrida em terra. Treinadores também estão incorporando a corrida na água como parte de seus regimes regulares de treinamento, mesmo em corredores não lesionados.

Com uma alta incidência de lesões em corredores, parece prudente procurar técnicas de treinamento que aliviem alguns traumas relacionados à corrida, mas sem comprometer o condicionamento aeróbico.

GLEIM & NICHOLAS (1989) dizem que a corrida/caminhada na água é uma modalidade terapêutica potencialmente útil em pacientes com problemas de quadril, perna ou costas, uma vez que o corpo humano é mais flutuante na água. Esta flutuabilidade diminui as forças compressivas nas articulações. Muitos pacientes que não podem suportar muito peso numa articulação podem, assim, usar músculos que não estão sendo usados em terra e também podem aumentar a sua gama de movimentos com este tipo de atividade.

Também foi demonstrado, pelo autor citado anteriormente, que a caminhada na piscina à profundidade da cintura aumenta o consumo de oxigênio (VO_2) e a frequência cardíaca (FC). Conseqüentemente, mais trabalho é possível a menores velocidades caminhando-se na água numa piscina a nível da cintura, com menos tensão nas articulações. Para AVELLINI, B. A., SHAPIRO, Y., PANDOLF, K. B. (1983) pode-se esperar que o exercício físico aquático produza reações fisiológicas diferentes daquelas ao ar livre, devido tanto ao efeito hidrostático da água nos sistemas cardio-respiratórios como a sua capacidade de intensificar a perda de calor comparada ao ar.

Durante o exercício em água fria, tanto o retorno venoso como o volume sistólico serão afetados pela combinação da pressão aumentada nas regiões inferiores do corpo (AGOSTINI 1966; ARBORERILUS, M., BALLDIN, U. I., LILJA, B., LUNDGREN, C. E. G. 1972a) e a temperatura da água (RENNIE, D. W., DiPRANPERO, P., CERRETELLI, P. 1971; McARDLE, W. D., MAGEL, J. R., LESMES, G. R., PECHAR, G. S. 1976), as quais tendem a deslocar o volume periférico sanguíneo para a região central do corpo. Uma vez que a produção cardíaca é a mesma na água e no solo ao mesmo VO_2 (RENNIE et al. 1971; McARDLE et al. 1976), os indivíduos que se exercitam em água fria devem atingir o mesmo resultado de trabalho com batimentos cardíacos significativamente mais baixos (CRAIG & DVORAK, 1969; MOORE, T. O., BERNAUER, E. M., SETO, G., PARK, Y. S., HONG, S. K., HAYASHI, E. M. 1970; McARDLE et al. 1976).

Para SHELDAHL (1985) e YAZAWA, R. H., RIVET, R. E., FRANÇA, N. M., SOUZA, M. T. (1989), as atividades aquáticas de caminhada/corrida em piscina rasa ou profunda e as ginásticas

aquáticas, apresentam uma menor tendência em provocar lesões e traumatismos em relação às atividades desenvolvidas fora d' água, como conseqüência do efeito da flutuação do corpo, facilitando desta forma até a participação de indivíduos incapacitados.

O exercício na água fortalece a musculatura enfraquecida, desenvolvendo força e resistência, permitindo, ainda, maior amplitude de movimento das articulações segundo Chapman, Gehlsen, Hagen e Danneskiold-Sanke apud YAZAWA et al. (1989).

E de acordo com SHELDAHL (1985) esta diminuição de peso talvez permita um maior e mais rápido progresso em termos de intensidade, freqüência ou duração dos exercícios em indivíduos obesos.

Corroborando com os autores citados anteriormente, GREEN et al. (1990) recomendam que atividades que minimizam o peso têm grande valor para indivíduos que possam estar sob o risco de lesões. Diz ainda, que os efeitos hidrostáticos da água acarretam um aumento no volume de sangue central e cardíaco levando a um decréscimo baroreflexo-imediato na freqüência cardíaca de repouso.

Em relação ao comportamento da freqüência cardíaca, a literatura é contraditória, pois enquanto diversos autores (MAGEL & FAULKNER, 1967; MAGEL, J. R., McARDLE, W. D., GLASER, R. M. 1969; CRAIG & DVORAK, 1969; McARDLE, W. D., GLASER, R. M., MAGEL, J. R. 1971; PAULEV & HANSEN, 1972; HÖLMER, L., LUNDIN, A. AND ERIKSSON, B. O, 1974a; HÖLMER, L., STEIN, E. M., SALTIN, B., ASTRAND, P. O. 1974b; HEIGENHAUSER, G. F., BOULET, D., MILLER, B., FAULKNER, J. A. 1977; RISCH, W. D., KoubENEC, H. J., BECKMANN, U. 1978a; RISCH, W.D.,

KOUBENEC, H.F., GAUER, O.H., LANGE, S. 1978b; AVELLINI et al. 1983; SHELDAHL, L. M., WANN, L. S., CLIFFORD, O. S., TRISTANI, F. E., WOLF, L. G. KALBELEISH, J. H. 1984; HAMER & MORTON, 1990; TOWN & BRADLEY, 1991; SVEDENHAG & SEGEN, 1992) afirmam que ocorre uma bradicardia durante a imersão, outros (DENISON, D. M., WAGNER, P. D., KINGABY, G. L., WEST, J. B. 1972; JOHNSON, B. L., STRAMINE, S. B., ADAMEZYK, J. W. 1977; WHITLEY & SCHOENE, 1987 e GLEIM & NICHOLAS, 1989) afirmam que ocorre uma taquicardia, e existem ainda os que relatam que não ocorrem alterações na frequência cardíaca (RENNIE et al. 1971; ARBORELIUS et al. 1972a; BEGIN et al. 1976; BLOMQVIST, 1983; GREEN et al. 1990; YAMAJI et al. 1990; RITCHIE & HOPKINS, 1991).

Através da revisão de literatura , verifica-se que os autores citados realçam uma diminuição do peso nos indivíduos quando estão imersos no meio líquido, mas com uma ausência total de informações a respeito do percentual de redução deste peso em diferentes profundidades de água. Além disso, demonstram contradição em relação ao comportamento da frequência cardíaca em indivíduos imersos no meio líquido, o que justifica plenamente a realização de estudos que procurem caracterizar este percentual de redução de peso e o comportamento da frequência cardíaca no ambiente aquático.

Pretende-se com este estudo, buscar respostas às seguintes questões:

- QUAL O PERCENTUAL MÉDIO DE REDUÇÃO NO PESO HIDROSTÁTICO E QUAIS AS ALTERAÇÕES DA FREQUÊNCIA

CARDÍACA, EM PESSOAS SUBMETIDAS A DIFERENTES PROFUNDIDADES NA ÁGUA?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar os percentuais de redução no peso hidrostático e as alterações da frequência cardíaca, em pessoas submetidas a diferentes profundidades na água.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar o percentual médio de redução do peso hidrostático em diferentes profundidades do corpo na água, determinadas pelos pontos anatômicos, para o sexo masculino, feminino e para ambos os sexos;
- Determinar o comportamento da frequência cardíaca nas diferentes profundidades do corpo na água, determinadas pelos pontos anatômicos, para o sexo masculino, feminino e para ambos os sexos;
- Verificar as diferenças existentes no percentual médio de redução do peso hidrostático nas diferentes profundidades do corpo na água, para o sexo masculino, feminino e para ambos os sexos;
- Verificar as alterações na frequência cardíaca nas diferentes profundidades do corpo na água, para o sexo masculino, feminino e para ambos os sexos.

1.3. Definição Operacional de Termos

1.3.1. Protótipo

É o aparelho construído para submergir o indivíduo em diferentes profundidades de água, ao mesmo tempo que permite o monitoramento das cargas, provenientes do peso corporal e do peso hidrostático do indivíduo na posição vertical.

1.3.2. Posição Fundamental

Será a posição adotada pelo indivíduo para a coleta de dados. Na posição fundamental o corpo deverá ficar alongado, com o indivíduo em pé, com os braços ao longo do corpo, palmas das mãos voltadas em direção a coxa e os pés perpendiculares às pernas, olhando no plano orbital de Frankfurt.

1.3.3. Peso Hidrostático.

Será o peso do indivíduo obtido pela célula de carga, com o mesmo posicionado no protótipo, na posição fundamental, em diferentes profundidades de água. Profundidades estas determinadas pelos pontos anatômicos de tornozelo, joelho, quadril, cicatriz umbilical, apêndice xifóide, ombro , pescoço e ombros com os braços fora d' água.

$$PH = \text{Peso corporal} - \text{Empuxo}$$

1.3.4. Peso Corporal

Será o peso do indivíduo obtido pela célula de carga, com o indivíduo posicionado no protótipo, na posição fundamental, fora d' água.

1.3.5. Frequência Cardíaca de Repouso

Será a frequência cardíaca obtida através de um sensor de FC, após o indivíduo permanecer na posição de decúbito dorsal, por no mínimo 5 minutos sobre um colchão, ao lado da piscina.

1.3.6. Frequência Cardíaca Inicial

Será a frequência cardíaca obtida através de um sensor de FC, após o indivíduo permanecer por 2 minutos no protótipo, na posição fundamental e imediatamente antes da pesagem corporal.

1.3.7. Frequência Cardíaca Durante a Pesagem Hidrostática

Será a frequência cardíaca obtida nas diferentes profundidades, através de um sensor de FC. A sua leitura será feita após 1 minuto de adaptação à profundidade proposta, e imediatamente antes da pesagem hidrostática.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Em função do propósito deste estudo, que foi a realização de uma análise da diminuição do peso hidrostático e alterações da frequência cardíaca em diferentes profundidades de água, decidiu-se por uma revisão de literatura bem mais ampla, que pudesse oferecer o embasamento teórico necessário a melhor compreensão do assunto.

Assim, o primeiro tópico abordado diz respeito às propriedades físicas da água. Seguindo-se, então, discorreu-se, sobre as principais atividades físicas desenvolvidas na água na posição vertical. No momento seguinte analisou-se o sistema cardiocirculatório. E, por último, as alterações fisiológicas no meio aquático.

2.1. Propriedades Físicas da Água.

Todo movimento nos desportos é influenciado pelo meio fluído em que ocorre.

Na água, a habilidade de um corpo flutuar é importante na maioria dos esportes aquáticos. Atualmente não só esta habilidade é importante, mas também as forças que atuam no meio aquático, fazendo com que o indivíduo *diminua o peso hidrostático* e conseqüentemente as forças compressivas que atuam nas articulações, principalmente nas de membros inferiores, reduzindo assim o *stress* e provavelmente as lesões articulares.

A fim de compreender os princípios das atividades desenvolvidas em meio líquido, é necessário adquirir conhecimento das propriedades físicas da água, particularmente sua relação com os conceitos da matéria.

De acordo com SKINNER & THOMSON (1985), matéria é qualquer coisa que ocupa lugar no espaço. Ela é composta de moléculas, as quais por sua vez são compostas de átomos. Em comum com as outras formas de matéria, a água possui certas propriedades físicas que incluem: massa, peso, densidade, gravidade específica ou densidade relativa, flutuação, pressão hidrostática, tensão superficial e viscosidade.

Para SKINNER & THOMSON (1985), a massa de uma substância é a quantidade de matéria que ela compreende.

Segundo SANDINO (1968), HAY (1981) e SKINNER & THOMSON (1985), dentre as leis físicas da água, as mais importantes são as da flutuação (princípio de Arquimedes) e da pressão hidrostática (lei de Pascal)

O princípio de Arquimedes, para os referidos autores, ocorre quando um corpo está completa ou parcialmente imerso em um líquido em repouso, sofrendo uma força para cima (empuxo) igual ao peso do volume de líquido deslocado.

Flutuação, conforme SKINNER & THOMSON (1985), é a força, experimentada como empuxo para cima, que atua em sentido oposto à força de gravidade. Um corpo na água está portanto submetido a duas forças em oposição - a gravidade, atuando através do centro de gravidade, e a flutuação, atuando através do centro de flutuação (ou metacentro, ou centro de empuxo).

De acordo com HAY (1981), o volume máximo de água que uma pessoa pode deslocar é um volume igual ao do seu próprio corpo - tal deslocamento máximo ocorre somente se ele estiver totalmente submerso na água. Esta limitação no volume de água que pode ser deslocado fixa o limite superior no valor da força de empuxo que pode ser exercida sobre o indivíduo. A força máxima de empuxo tem o mesmo valor que o peso de um volume de água igual ao volume do corpo do indivíduo imerso. Portanto, a condição fundamental para se determinar se um corpo é capaz de flutuar pode agora ser expressa como segue: um corpo flutuará somente se o peso do corpo for menor ou igual ao peso de um volume igual de água.

SANDINO (1968) e SKINNER & THOMSON (1985) salientam que a densidade (D) de uma substância é a relação entre sua massa (M) e seu volume (V). A densidade é expressa sob a forma de gramas por centímetro cúbico ou quilogramas por metro cúbico ($D = M / V$). A água é mais densa a 4°C (TABELA 01). Ela se expande tanto em temperaturas mais altas quanto em mais baixas, e por essa razão o gelo é menos denso do que a água e flutua.

Segundo SANDINO (1968), quando a água contém sais ou outras impurezas sua densidade relativa sobrepassa a unidade representada pela água pura. Por esta razão a água do mar e os diferentes tipos e classes de águas salobas são mais densas que a água doce. A água doce à temperatura de 24°C, tratada quimicamente conforme as normas e procedimentos modernos, como as que são utilizadas em piscinas de competição, possuem uma densidade relativa muito próxima à unidade (1.0000).

TABELA 01 - Correção para densidade da água em diferentes temperaturas.

Temp.(°C)	Densidade	Temp.(°C)	Densidade
04	1.00000	31	0.99537
10	0.99973	32	0.99505
15	0.99913	33	0.99473
20	0.99823	34	0.99440
25	0.99707	35	0.99406
26	0.99681	36	0.99371
27	0.99654	37	0.99336
28	0.99626	38	0.99299
29	0.99595	39	0.99262
30	0.99567	40	0.99224

Fonte: McARDLE et al. (1985)

Para SANDINO (1968) e SKINNER & THOMSON (1985), chama-se densidade relativa, gravidade específica ou peso específico (E) ao resultado da comparação do peso de uma substância qualquer com um volume igual ao dela na água ($E = P / (P - P_1)$). A esta última (volume igual ao dela na água) se dá o nome de densidade de referência e se outorga o valor da unidade, sendo preciso para que desfrute desta condição que a água seja absolutamente pura e se encontre a temperatura de 4° C.

A gravidade específica do corpo humano, segundo SANDINO (1968) e HAY (1981), é determinada por sua composição ou compleição física. Uma vez que um corpo humano é constituído de uma variedade de tecidos (ossos, músculos, gorduras e etc.) e como eles próprios têm diferentes gravidades específicas, a quantidade de cada um existente no corpo de uma pessoa tem uma boa relação com a capacidade desta flutuar ou não. Se o seu corpo contém uma grande quantidade de gordura, que é relativamente muito leve (gravidade

específica $\cong 0,8$), ela terá uma possibilidade muito maior de ser capaz de flutuar do que se for magra e muito musculosa (a gravidade específica do músculo é $\cong 1,00$) ou se tiver os *ossos muito pesados* (a gravidade específica do osso $\cong 1,5 - 2,0$).

Para HAY (1981), a importância da composição corporal na determinação da gravidade específica de um indivíduo e, assim, na capacidade de flutuar, se reflete de várias maneiras:

- a) O volume de ar nos pulmões tem um efeito pronunciado na capacidade do indivíduo flutuar. Se uma pessoa inspira profundamente, ela aumenta consideravelmente o volume de ar que está normalmente em seus pulmões (o ar residual) e aumenta tanto o volume do seu tórax como o volume do seu corpo todo. O aumento em seu peso corporal que acompanha este aumento de volume é desprezível (a gravidade específica do ar é da ordem de 0,0012). Como o numerador da expressão para a gravidade específica permanece virtualmente inalterado, e o denominador é acentuadamente aumentado, o efeito total desta inspiração forçada é uma redução substancial na gravidade específica do corpo. A possibilidade da pessoa ser capaz de flutuar é, portanto, aumentada. De modo contrário, se uma pessoa realiza uma expiração forçada, a gravidade específica do seu corpo é aumentada e a sua capacidade de flutuar é correspondentemente diminuída;
- b) Como as proporções relativas dos principais tecidos corporais mudam com a idade, assim também o faz a gravidade específica da pessoa e a capacidade de flutuar;

- c) As mulheres, por causa de suas maiores proporções de gordura, tendem a ter gravidades específicas menores do que os homens, tendo maior probabilidade de flutuar.

De acordo com SKINNER & THOMSON (1985), as moléculas de um líquido exercem um impulso sobre cada parte da área de superfície de um corpo imerso. Este impulso por unidade de área é a pressão do líquido. A lei de Pascal afirma que a pressão do líquido é exercida igualmente sobre todas as áreas da superfície de um corpo imerso em repouso, a uma dada profundidade. A pressão aumenta com a densidade do líquido e com sua profundidade.

2.2. Principais Atividades Físicas Desenvolvidas na Água na Posição Vertical

2.2.1. Hidroterapia

Segundo SKINNER & THOMSON (1985), o termo hidroterapia é derivado das palavras gregas *hydor* - água e *therapia* - cura, mas não existe uma evidência muito nítida sobre quando a água foi utilizada pela primeira vez para finalidades curativas, mas é sabido que Hipócrates (460-375 a.c.) empregava água quente e fria no tratamento das doenças.

Para PINHEIRO & LEÃO (1989), a utilização da água como agente terapêutico é relatada desde a antigüidade, sendo no entanto variável a importância que as várias civilizações lhe atribuem. A

Medicina Indiana descrevia em os "Vedas" (400 a.c.) o uso da Hidroterapia como terapêutica curativa.

SKINNER & THOMSON (1985) citam que a água com finalidades recreacionais e curativas era amplamente utilizada pelos romanos. Dispunham eles de quatro tipos de banhos a várias temperaturas: o *frigidarium* (banho frio e utilizado apenas para finalidades recreacionais), o *tepidarium* (banho tépido sentado em um aposento contendo ar aquecido), o *caldarium* (banho quente), e o *sudorarium* (aposento saturado de ar úmido quente a fim de promover a sudorese). Estes banhos encontram-se atualmente nos mais variados países.

Existiram também, de acordo com PINHEIRO & LEÃO (1989), a Balneoterapia (cura através de banhos quentes e/ou frios - banhos de contraste), a Crenoterapia (método hoje em grande expansão, após um período de descrédito, que utiliza as propriedades da *água da fonte*, administrada pela via oral, na forma de aerossóis, em irrigação ou em banhos), e a Talassoterapia (atribui à água do mar um interesse particular, pois associa as propriedades físico-químicas da água do mar aos efeitos característicos dos micro-climas litorais).

SKINNER & THOMSON (1985) contam também que em 1830, um camponês da Silésia, Vincent Prassnitz, estabeleceu um centro para o uso da água fria e exercício vigoroso. Prassnitz estimulou consideravelmente o pensamento no continente, e pela primeira vez foi empreendida investigação científica sobre as reações dos tecidos na água a várias temperaturas, e sua reação nas doenças.

A hidroterapia toma forma após a 2ª guerra mundial.

2.2.2. Hidroginástica

Segundo MENDES (1991), a hidroginástica começou a ser desenvolvida no início do século nos *spas* da Inglaterra e há 30 anos atrás foi levada para os Estados Unidos da América através da Associação Cristã de Moços (ACM). É hoje uma atividade muito desenvolvida, principalmente nos Estados Unidos, Brasil, Japão e Alemanha. No Brasil, ela está bastante difundida na região sul e sudeste. Sendo praticada principalmente por mulheres.

A hidroginástica é uma forma alternativa de condicionamento físico, constituída de exercícios aquáticos específicos, baseados no aproveitamento da resistência da água como sobrecarga, e segundo KOSZUTA (1989), estes exercícios facilitam o movimento, o condicionamento físico e o treinamento de força, sem impacto articular. Os exercícios são realizados de maneira agradável e recreativa.

GRIMES & KRASEVEC (s.d.) ressaltam que a hidroginástica pode ser considerada como uma atividade física onde soma-se o trabalho de musculação com o trabalho aeróbico mais a massagem. Citam ainda como vantagens da hidroginástica a melhora da resistência aeróbica, da resistência muscular localizada, da flexibilidade, diminuição do percentual de gordura e da frequência cardíaca de repouso e com menor risco de lesões articulares.

2.2.3. Caminhada em Água Rasa e Profunda - *Jogging Aquático*

Para RITCHIE & HOPKINS (1991), a corrida na água é uma forma de exercício aquático que simula os movimentos da corrida normal.

Segundo EVANS et al. (1978), SHELDAHL (1985), RITCHIE & HOPKINS (1991) e TOWN & BRADLEY (1991), as caminhadas aquáticas em água rasa e profunda surgem como um atrativo método de treinamento, especialmente durante a recuperação de lesões músculo-esqueléticas das pernas, com o objetivo de diminuir o impacto articular, sendo atualmente muito utilizadas nos Estados Unidos da América, por atletas, obesos, cardiopatas e idosos. Segundo os autores citados, inicialmente ela só era utilizada pelos atletas durante a recuperação de lesões.

Entretanto para RITCHIE & HOPKINS (1991), a efetividade e os métodos de treinamento da corrida na água ainda não estão muito claros.

A caminhada aquática em água rasa, consiste de movimentos de caminhada e ou corrida, com a água no mínimo na altura do quadril.

Já o "jogging aquático", também chamado de corrida/caminhada em água profunda consiste de caminhadas, corridas e exercícios localizados, em uma piscina profunda, com o indivíduo utilizando ou não coletes salva-vidas.

Após participar de diversos cursos, seminários, congressos e congêneres, constata-se que estas atividades foram introduzidas com um cunho científico no Brasil no ano de 1990, pelo Grupo de Pesquisa em Atividades Aquáticas da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (KRUDEL, 1991).

2.3. Sistema Cardiocirculatório

É impossível analisar significativamente as complexas atividades do corpo humano, e, em especial o sistema cardiocirculatório, sem uma organização a partir da qual se possa construir um conjunto de conceitos que oriente nosso pensamento. Este capítulo tem por objetivo fornecer uma orientação do sistema cardiocirculatório.

WEINECK (1991) salienta que o sistema cardiocirculatório une todos os órgãos corporais em uma unidade funcional. Suas principais tarefas estão no abastecimento de bilhões de células dos diferentes tecidos corporais com substâncias alimentícias, químicas e oxigênio, assim como no transporte de produtos do metabolismo. Neste sistema circulatório, o coração é a força motriz para a circulação sangüínea; o sangue representa o meio de transporte, e o sistema vascular, as vias de transporte.

Para McARDLE, W. D., KATCH, F. I., KATCH, V. L. (1985), nos seres humanos desenvolveu-se um sistema circulatório *fechado* no qual as células sangüíneas ficam encarceradas dentro dos limites de um circuito vascular contínuo. Nervos e substâncias químicas regulam tanto a velocidade da bomba cardíaca quanto o calibre interno dos vasos sangüíneos. Isso permite um controle rápido e eficiente do coração assim como a distribuição do sangue pelo corpo inteiro.

2.3.1. Músculo Cardíaco

O coração, um órgão cônico, muscular, localiza-se entre os dois lobos pulmonares. A ponta do coração apoia-se no diafragma. Dois

terços do coração localizam-se na metade esquerda da caixa torácica; um terço na direita.

Para WEINECK (1991), o tamanho do coração (corresponde geralmente ao tamanho do punho do portador) depende de uma série de fatores, como idade, sexo, constituição e grau de treinamento de resistência. Nas pessoas não treinadas, o peso do coração é de aproximadamente 250-300 gramas para a mulher, e de 300-350 gramas para o homem. O volume cardíaco é de aproximadamente 500-600 ml para a mulher e 700-800 ml para o homem. Com o treinamento de resistência, estas grandezas funcionais podem ser influenciadas consideravelmente.

A imersão do indivíduo no meio aquático, segundo RISCH et al. (1978a) e RISCH et al. (1978b), na posição vertical e em diferentes profundidades, modifica o volume do coração.

Conforme WEINECK (1991), funcionalmente, o coração pode ser encarado como duas bombas separadas. As câmaras ocas que formam o lado direito do coração desempenham duas funções importantes: (1) recebem o sangue que retorna de todas as partes do corpo e; (2) bombeiam o sangue para os pulmões para a aeração (hematose) através da circulação pulmonar. O coração esquerdo recebe o sangue oxigenado dos pulmões e bombeia para dentro da aorta, de paredes musculares espessas, para ser distribuído através de todo o corpo pela circulação sistêmica. Uma parede muscular sólida e espessa, ou septo, separa os lados esquerdo e direito do coração.

A camada muscular do ventrículo esquerdo é quase três vezes mais espessa que a do direito, pois segundo Noecker apud WEINECK

(1991), este lado tem que realizar um trabalho de pressão maior. Para alcançar a pressão necessária para a circulação é preciso um desenvolvimento de pressão sistólica de 150 mmHg. Esta sobrecarga funcional exige uma maior massa muscular do ventrículo direito, que precisa vencer uma resistência de aproximadamente 200 mmHg da circulação pulmonar. Corroborando estes dados, ASTRAND & RODAHL (1987) citam que as pressões ventricular e pulmonar, durante a sístole, são cerca de um quinto das do pulmão esquerdo.

Para Kreitke apud WEINECK (1991), a parede do coração pode ser dividida em três camadas distintas: interna (endocárdio), muscular (miocárdio) e externa, serosa (epicárdio).

Segundo VANDER, A. J., SHERMAN, J. H., LUCIANO, D. S. (1981), as paredes dos átrios e dos ventrículos são compostas por camadas de músculo cardíaco que são mantidas firmemente unidas e circundam completamente as cavidades cheias de sangue. Assim, quando as paredes de uma câmara se contraem, elas aproximam-se, à semelhança de um punho fechado, e desta maneira exercem pressão sobre o sangue nelas contido. As células musculares cardíacas apresentam algumas propriedades que são comuns tanto com as dos músculos esqueléticos quanto dos lisos. A célula isolada é estriada, contendo dois filamentos, o espesso, de miosina, e o fino, de actina. As células cardíacas são consideravelmente mais curtas do que as fibras estriadas, cilíndricas e longas, e apresentam vários processos ramificados. As células adjacentes unem-se em suas extremidades a estruturas conhecidas como discos intercalares, no interior dos quais se encontram dois tipos de junções de membrana: (1) os de mecanismos, que mantêm as células reunidas e aos quais as

neofibrilas se ligam; (2) as junções espaçadas, que possibilitam transmitir, de uma para outra célula, os potenciais de ação, de maneira muito similar à vista nos músculos lisos. Além deste tipo de músculo cardíaco, certas áreas do coração contêm fibras musculares especializadas, que tem aspecto diferente e são essenciais para sua excitação normal. Estas fibras formam uma rede conhecida como o *sistema de condução* do coração e também entram em contato com as fibras musculares propriamente ditas através de junções espaçadas, as quais permitem a passagem dos potenciais de ação de um para outro tipo de célula.

McARDLE et al. (1985) ressaltam que estas fibras são células multinucleadas interligadas à maneira de uma treliça. Conseqüentemente, quando uma célula é estimulada ou despolarizada, os potenciais de ação se espalham através do miocárdio para todas as células, fazendo o coração funcionar como uma unidade.

Para VANDER et al. (1981), o coração recebe um rico suprimento de fibras nervosas simpáticas e parassimpáticas, as últimas contidas nos nervos vagos. As fibras pós-ganglionares simpáticas terminam em células do sistema especializado de condução do coração, como também em células miocárdicas comuns dos átrios e ventrículos. Os neurônios parassimpáticos também inervam o sistema de condução e as células miocárdicas atriais, mas não as ventriculares. As fibras pós-ganglionares simpáticas liberam noradrenalina e as parassimpáticas, acetilcolina. Os receptores para a noradrenalina são beta-adrenérgicos e os para a acetilcolina são muscarínicos. A contração do músculo cardíaco à semelhança de

todos os outros tipos, é deflagrada pela despolarização de sua membrana. A contração coordenada é possibilitada por dois fatores anteriormente mencionados: (1) as junções espaçadas permitem à difusão de um potencial de ação de uma fibra à outra, de tal sorte que a excitação em uma fibra se espalha por todo o coração; (2) o sistema especializado de condução dentro do coração facilita o *espraiamento* rápido e coordenado da excitação.

De acordo com ALFIERI & DUARTE (1993), as respostas cardiovasculares que ocorrem durante o exercício destinam-se basicamente a 3 finalidades: (1) suprir adequadamente de sangue arterial os músculos ativos; (2) dissipar o calor gerado pelos músculos em atividade, e (3) manter um suprimento adequado para o cérebro e coração.

2.3.2. Respostas Cardiovasculares

Utilizou-se neste trabalho a divisão didática, proposta por ALFIERI & DUARTE (1993), a qual divide os aspectos cardiocirculatórios durante o exercício em ajustes periféricos, centrais e periféricos centrais. Incluiu-se dentro desta divisão didática as modificações ocorridas quando os indivíduos estão imersos no meio líquido.

Para os referidos autores os ajustes periféricos dividem-se em: distribuição do fluxo sangüíneo, diferença arteriovenosa, afinidade de hemoglobina pelo O₂, mioglobina, temperatura corporal, respostas hematológicas, função renal, função gastrointestinal. Já os ajustes centrais dividem-se em: reserva coronariana, consumo de oxigênio

pelo miocárdio, frequência cardíaca (a qual dedicou-se maior atenção), volume sistólico, fração de ejeção, débito cardíaco e pulso de oxigênio. E os periféricos centrais que são: pressão arterial e duplo produto. Neste estudo, mesmo seguindo a divisão didática proposta pelos referidos autores, abordaremos somente os seguintes tópicos: distribuição do fluxo sanguíneo, temperatura corporal, frequência cardíaca, volume sistólico, débito cardíaco, pressão arterial e as alterações fisiológicas no meio aquático de: fluxo sanguíneo, temperatura da água, frequência cardíaca, consumo de oxigênio, relação frequência cardíaca-consumo de oxigênio e débito cardíaco

2.3.2.1. Ajustes Periféricos

2.3.2.1.1. Distribuição do Fluxo Sanguíneo

Para VANDER et al. (1981), LEITE (1984), McARDLE et al. (1985), ASTRAND & RODAHL (1987) e ALFIERI & DUARTE (1993), o sistema circulatório é uma complexa rede de distribuição de sangue por todo o organismo. O fluxo sanguíneo é completamente diferente na condição de repouso, comparada às condições de exercício submáximo e máximo. A elevada taxa metabólica, durante o exercício, requer um proporcional aumento no suprimento de nutrientes para os tecidos ativos, necessitando a eliminação de subprodutos tóxicos produzidos. A redistribuição do fluxo sanguíneo é importante para a manutenção da atividade física, principalmente em exercícios prolongados, através de ajustamentos fisiológicos essenciais.

Para os autores citados anteriormente, a redistribuição do fluxo sanguíneo que ocorre durante o exercício, de modo que os músculos

em atividade recebam a maior proporção do débito cardíaco, resulta de: (1) vasoconstrição reflexa das arteríolas, suprimindo as áreas inativas do corpo (vísceras e pele); e (2) vasodilatação reflexa das arteríolas que suprem os músculos ativos. Esta redistribuição ocorre a partir de reflexos neurais.

ALFIERI & DUARTE (1993) complementam dizendo que, com o aumento da atividade metabólica do músculo, há modificações no pH e na composição do líquido intersticial mantendo a abertura dos capilares e das arteríolas, que já não são mais dilatadas apenas pela atividade simpática através de fibras colinérgicas. O exercício determina liberação do potássio intracelular, que alcança níveis elevados no compartimento extracelular e parece ser o responsável pela maior parte da vasodilatação que acompanha a atividade muscular.

Segundo ARBORELIUS et al. (1972a) ocorre uma redistribuição do fluxo sangüíneo quando o indivíduo está imerso até o pescoço, em meio líquido.

Para McARDLE et al. (1985), o sistema cardiovascular permite a regulação rápida da frequência cardíaca assim como a distribuição efetiva do sangue no circuito vascular em resposta as necessidades metabólicas e fisiológicas do organismo.

2.3.2.1.2. Temperatura Corporal

Para ASTRAND & RODAHL (1987), o ser humano protegido pode tolerar perfeitamente bem variações na temperatura ambiente entre -50 e 100° C. Porém uma pessoa só pode tolerar uma variação de aproximadamente 4° C na temperatura corporal profunda (interna)

sem deterioração da capacidade ótima de trabalho físico e mental. Este controle da temperatura corporal, o equilíbrio entre o superaquecimento e o super-resfriamento, constitui o papel da regulação térmica. Esta regulação tenta conservar a temperatura de certos tecidos, tais como o cérebro, o coração e os intestinos, relativamente constante. Dentro do corpo, a temperatura não é de forma alguma uniforme. O maior gradiente é encontrado entre a "casca" (a pele) e o "núcleo" (áreas centrais profundas, incluindo coração, pulmões, órgãos abdominais e cérebro). A temperatura do centro pode ser até 20º C mais alta do que a da casca, porém a diferença ideal entre a casca e o núcleo é de aproximadamente 4º C, em repouso.

A permuta de calor por condução, segundo ASTRAND & RODAHL (1987), na maioria das condições é negligenciável, porém aumenta de importância no meio líquido, pois a água possui uma capacidade de remover calor cerca de 20 vezes maior do que o ar.

De acordo com ALFIERI & DUARTE (1993), durante o exercício a produção de calor pode aumentar enormemente pelo trabalho muscular. Em um ambiente neutro, a temperatura corporal pode atingir 40º C ou mais. O fator mais importante no controle da temperatura corporal durante o exercício é a capacidade da circulação de transportar o calor de onde é gerado para a pele onde é dissipado. Além disso, à medida que o calor aumenta, ocorrem vasodilatação cutânea e um aumento do volume de sangue contido na pele. Com exercício de intensidade moderada à intensa e de longa duração, a vasodilatação cutânea torna-se proeminente e ocorre o ajuste circulatório referido como *drift* (correnteza).

De acordo com os autores citados anteriormente, *drift* é caracterizado por um aumento adicional da FC, queda da pressão venosa e do volume sistólico e redução da PA. Estas alterações parecem decorrer, em grande parte, da queda da resistência vascular cutânea e do tônus venoso, facilitando a dissipação do calor e reduzindo o aumento da temperatura corporal.

2.3.2.2. Ajustes Centrais

2.3.2.2.1. Freqüência Cardíaca

A freqüência cardíaca (FC) é o número de batimentos ventriculares por minuto, contados a partir do registro do eletrocardiograma ou de curvas de pressão sangüínea. A freqüência cardíaca também pode ser facilmente determinada pela auscultação com um estetoscópio ou pela palpação sobre o coração, ambos durante repouso e em exercício.

ASTRAND & RODAHL (1987) chamam a atenção para a diferença entre freqüência cardíaca e freqüência de pulso. Para eles, a freqüência de pulso é a freqüência de ondas de pressão (ondas por minuto) propagadas ao longo das artérias periféricas, tais como a carótida ou as artérias radiais. Em indivíduos normais e sadios, a freqüência cardíaca e o pulso periférico são idênticos, mas não é, necessariamente, o caso em pacientes com arritmias. Nesses casos, o débito de sangue de alguns batimentos pode ser muito pequeno para produzir uma onda pulsátil detectável.

Para ALFIERI & DUARTE (1993), o músculo cardíaco é privilegiado por possuir a capacidade de gerar o seu próprio estímulo e manter a sua própria contração. Esta propriedade, denominada *cronotropismo*, só é observada no coração. A FC é determinada por despolarizações espontâneas do nódulo sinusal, entre 70 e 80 por minuto.

A FC de repouso é influenciada pela idade, fatores emocionais, posição do corpo, influências ambientais e nível de aptidão cardiorrespiratória. Torna-se progressivamente menor com o aumento da idade. Fatores emocionais, tais como excitação e medo, acarretam aumento da FC através do sistema nervoso autônomo. A FC em repouso é menor na posição supina, aumenta ligeiramente na posição sentada e eleva-se mais na posição de pé. Aumenta com a altitude e com a elevação da temperatura ambiente. Sofrendo também modificações com a imersão no meio líquido. Correlaciona-se inversamente com o VO₂max, sendo menor nos indivíduos com melhor condicionamento físico. Não raramente, encontra-se freqüências de repouso variando entre extremos de 30 bpm ou menos, em atletas altamente condicionados, para 100 bpm ou mais, em adultos sedentários.

Já McARDLE et al. (1985) citam que existem controles intrínsecos e extrínsecos que modificam a ritimicidade do coração.

Para VANDER et al. (1981) e McARDLE et al. (1985), a regulação intrínseca da freqüência cardíaca ou auto-excitação espontânea e rítmica ocorre porque dentro da parede posterior da aurícula direita existe uma massa de tecido muscular especializado denominada *nódulo sinoauricular ou nódulo S-A*. Esse nódulo se

polariza e despolariza espontaneamente gerando o estímulo para a contração do miocárdio. Por essa razão, o nódulo S-A recebe a designação de *marcapasso*.

Os ritmos que se originam no nódulo S-A se irradiam através das aurículas até outro pequeno aglomerado de tecido, o *nódulo auriculoventricular* ou nódulo A-V. O nódulo A-V dá origem ao feixe A-V (feixe de His), que transmite o impulso rapidamente através dos ventrículos por intermédio de fibras condutoras especializadas que, com frequência, recebem a designação de *sistema de Purkinje*. Essas fibras formam ramos independentes que penetram nos ventrículos direito e esquerdo.

McARDLE et al. (1985) resumem a transmissão do impulso cardíaco da seguinte forma:

Nódulo S-A → Aurículas → Nódulo A-V → feixe A-V → Ventrículos

Segundo VANDER et al. (1981), se a atividade do nódulo S-A for deprimida ou a condução a partir dele for bloqueada, uma outra parte do sistema de condução pode assumir a função de marcapasso. Ao contrário, as fibras musculares atriais e ventriculares, que constituem 99% da massa muscular cardíaca, não são normalmente capazes de gerarem potenciais marcapasso e o fazem somente em condições anormais. A descarga rítmica do nódulo S-A ocorre espontaneamente e na ausência de qualquer influência nervosa ou humoral. No entanto, está sob a influência constante de nervos e hormônios.

Estas influências neurais que superimpõem à ritmicidade e condutividade inerentes do miocárdio são classificadas por McARDLE

et al. (1985), como sendo a regulação extrínseca da frequência cardíaca. Elas se originam no centro cardiovascular no bulbo e são transmitidas através dos componentes simpáticos e parassimpáticos do sistema nervoso autônomo. As aurículas são inervadas por grande número de neurônios, tanto simpáticos quanto parassimpáticos, enquanto que os ventrículos recebem quase que exclusivamente fibras simpáticas.

Na influência simpática, segundo os autores citados anteriormente, os estímulos dos nervos cardioaceleradores simpáticos liberam adrenalina e noradrenalina. Coletivamente, esses hormônios neurais são denominados catecolaminas. Estas agem acelerando a despolarização do nódulo sinusal, o que faz com que o coração bata mais rapidamente. Essa aceleração na frequência cardíaca é denominada *taquicardia*. As catecolaminas aumentam também muito a contratibilidade miocárdica. A estimulação simpática máxima quase duplica a força de contração ventricular. A adrenalina liberada pela porção medular das glândulas adrenais em resposta a uma ativação simpática generalizada também produz um efeito semelhante, porém de ação mais lenta sobre a função cardíaca.

Já na influência parassimpática, de acordo com os autores citados anteriormente, a acetilcolina, que é o mediador químico do sistema nervoso parassimpático, retarda o ritmo da descarga sinusal e torna o coração mais lento. Esta lentidão da FC é denominada *bradicardia*. Este efeito é mediado pelo nervo vago, cujos corpos celulares têm origem no centro cardioinibitório no bulbo. A estimulação não exerce praticamente nenhum efeito sobre a contratibilidade miocárdica.

Os impulsos provenientes do córtex cerebral passam pelo centro cardiovascular do bulbo. Conseqüentemente, as variações no estado emocional afetam muito as respostas cardiovasculares e tornam difícil obter valores *verdadeiros* para a FC ou a pressão arterial de repouso.

McARDLE et al. (1985) salientam que os impulsos cerebrais também fazem com que a frequência cardíaca aumente rápida e consideravelmente na expectativa do exercício. Essa frequência cardíaca antecipatória constitui, provavelmente, o resultado tanto de um aumento na descarga simpática quanto de uma redução no tonus vagal.

Para McARDLE et al. (1985), o centro cardiovascular do bulbo recebe influxo sensorial de receptores periféricos existentes nos vasos sangüíneos, nas articulações e nos músculos. Os estímulos provenientes desses receptores modificam o fluxo anterógrado vagal ou simpático de forma a originar a resposta cardíaca mais apropriada. Por exemplo, os receptores na croça aórtica e no seio carotídeo respondem a modificações na pressão arterial. À medida que a pressão arterial aumenta, a distensão dos vasos arteriais ativa esses *barorreceptores* e produz um reflexo que retarda a FC, assim como uma dilatação compensadora da árvore vascular periférica. Isso acarreta uma queda na pressão arterial na direção de níveis mais normais. Até certo ponto esse mecanismo particular de retroalimentação predomina durante o exercício, pois a FC e a pressão arterial aumentam ambas consideravelmente. É muito provável que os barorreceptores ajam como um freio destinado a prevenir níveis tensionais anormalmente altos durante o exercício.

Segundo BLOMQVIST (1983), os efeitos da gravidade devem ser levados em conta toda vez que uma taxa hemodinâmica é realizada. Todas as pressões intravasculares têm um componente gravitacional, a posição do corpo e as características funcionais dos vasos sanguíneos determinam a distribuição do volume cardiovascular. Em conseqüência, esta distribuição determina a função cardíaca de bombeamento.

Confirmando esta afirmação, ASTRAND & RODAHL (1987) dizem que uma mudança na posição do corpo inevitavelmente afetará a circulação enquanto o indivíduo permanecer sob a influência da força da gravidade. Uma posição de pé aumentará o volume sanguíneo nas pernas e diminuirá o volume sanguíneo central e débito cardíaco, mas a FC pode ser diminuída em cerca de 10 bpm, se o sujeito na posição de pé contrai os músculos das pernas, pois, o efeito massageador das repetidas contrações musculares nos capilares e veias facilita o retorno venoso para o coração, e a frequência cardíaca é diminuída.

Para ALFIERI & DUARTE (1993), a elevação da FC constitui a maneira mais simples de aumentar o débito cardíaco. Contudo, o aumento do débito obtido apenas pelo aumento da FC é limitado, pois, o aumento da FC acarretaria uma diminuição do tempo de enchimento diastólico a reduzir o volume sistólico.

Para Schland apud ALFIERI & DUARTE (1993), frequências cardíacas acima de 170 a 180 bpm, para indivíduos jovens, determinariam redução do volume sistólico. ASTRAND & RODAHL (1987), contudo, não consideram significativa a correlação encontrada entre a FC máxima e eventual queda do volume sistólico durante

exercício máximo. Para o autor, este fato elimina a hipótese de que com grandes elevações da FC durante o exercício (200 bpm), haveria interferência com o enchimento do coração.

Segundo BROOKS & FAHEY (1984), em muitos tipos de exercício, o aumento da FC acompanha linearmente a intensidade do trabalho executado. Portanto, à medida que vai aumentando a intensidade do esforço, observa-se um aumento progressivo da FC, até que seja atingido o estado de exaustão. A FC registrada no estágio final de um esforço máximo é denominada de FC máxima (FCmax).

A FCmax é influenciada por uma série de fatores. A idade parece ser o fator mais importante. Observa-se uma diminuição progressiva dos valores máximos da FC com a idade. O estudo realizado por Fox e col. e, mais recentemente, refeito por Froelicher apud ALFIERI & DUARTE (1993), reunindo os valores máximos da FC em relação à idade, fornecidos por autores de várias procedências, não deixa dúvida de que a FCmax é um fator biológico que diminui com a idade. Se aos 20 anos os valores máximos se situam em torno de 200, aos 60 anos, situam-se próximos de 160 bpm; isto representa uma diminuição de aproximadamente 3 a 4 bpm/ano.

Para ALFIERI & DUARTE (1993), o tipo de contração muscular envolvido no exercício influencia também a resposta da FC. O exercício isométrico, aumenta a FC menos intensamente do que o exercício dinâmico. O esforço realizado com os braços aumenta mais a FC do que quando realizado com as pernas.

2.3.2.2.2. Volume Sistólico

O volume sistólico (VS) é o volume de sangue lançado na artéria principal por cada ventrículo. O volume sistólico é normalmente calculado dividindo-se o débito cardíaco pela frequência cardíaca ($VS = DC / FC$). O VS é a segunda variável que determina o débito cardíaco, e também chamada de volume de ejeção sistólica, ou débito sistólico. Para VANDER et al. (1981), é importante reconhecer que os ventrículos nunca esvaziam-se completamente de sangue durante uma contração. Portanto uma contração mais poderosa, isto é, um maior encurtamento da fibra miocárdica, pode produzir um aumento do volume sistólico.

Segundo LEITE (1984), o VS, em repouso, em indivíduos do sexo masculino destreinados, é em média, 70 a 90 ml por sístole e 100 a 120 ml nos indivíduos treinados. Em mulheres destreinadas está entre 50 a 70 ml e de 70 a 90 ml por sístole nas treinadas. Durante a diástole, o enchimento dos ventrículos, normalmente, aumenta o volume de cada ventrículo para cerca de 120 a 130 ml que se denomina Volume Diastólico Final (VDF). Durante a sístole, o ventrículo esvazia-se de 70 a 90 ml (volume sistólico). O volume que permanece, cerca de 50 a 60 ml, é denominado Volume Sistólico Final (VSF).

Para VANDER et al. (1981), McARDLE et al. (1985) e ASTRAND & RODAHL (1987), dois mecanismos fisiológicos regulam o volume de ejeção. O primeiro é intrínseco ao miocárdio e requer um aumento do enchimento cardíaco que é seguido por uma contração mais vigorosa, pois o coração, como outros músculos, aumenta sua força de contração quando é distendido. Esta relação foi demonstrada

pelo fisiologista inglês Starling, que observou haver uma relação direta entre o volume sistólico do coração e sua força de contração na sístole seguinte. Isto é chamado *lei de Starling do coração*.

Assim, qualquer fator que aumente o retorno venoso ou que torne o coração mais lento causa um maior enchimento ventricular durante a fase diastólica do ciclo cardíaco. Esse aumento no VDF distende as fibras miocárdicas e causa uma poderosa força de ejeção quando o coração se contrai.

O segundo mecanismo, para os autores anteriormente citados, está sob influência neuro-hormonal. Os nervos simpáticos se distribuem não somente ao nódulo S-A e sistema de condução, mas também a todas as células miocárdicas. O efeito do mediador simpático, a noradrenalina, é aumentar a força de contração ventricular (e atrial) no início de qualquer dado VSF; isto é, a diferença da relação descrita pela lei de Starling, a crescente força de contração secundária a estimulação da inervação simpática independente de uma alteração no comprimento da fibra muscular ventricular no final da diástole; é denominada *contratibilidade* crescente. A adrenalina circulante também produz alterações miocárdicas similares às induzidas pela inervação simpática do coração.

O conceito atual do volume sistólico no homem durante o exercício aceito por vários cardiofisiologistas (Wade & Bishop; Bevegard; Bevegard & Shepherd apud ASTRAND & RODAHL, 1987), dizem que quando a posição é mudada de supina para em pé ou sentada, ocorre uma diminuição no tamanho diastólico final do coração e uma diminuição no volume sistólico. Se um trabalho muscular é

então realizado, o volume sistólico aumenta até aproximadamente o mesmo tamanho que fora obtido na posição deitada.

A importância do *volume sanguíneo central* para o volume sistólico foi demonstrada em 1939 por Asmussen & Christensen apud ASTRAND, & RODAHL (1987). Indivíduos na posição sentada foram exercitados com seus braços. Em algumas experiências os sujeitos repousaram com suas pernas elevadas por cerca de 10 minutos antes do exercício começar. A circulação para as pernas foi então interrompida por manguitos em volta das pernas. Quando assumiam a posição sentada após esta manobra, havia aproximadamente 600 ml de sangue a menos nas pernas quando comparado ao sentado sem oclusão do fluxo sanguíneo para as pernas. Notou-se que o débito cardíaco era cerca de 30 por cento mais alto quando as pernas estavam *sem sangue*, isto é, quando o volume central era maior, quando comparado a experiências com o sangue circulando nas pernas. O maior débito cardíaco era devido ao maior volume sistólico, pois a frequência cardíaca era, na verdade, mais baixa que no exercício com volume sanguíneo central reduzido (e débito cardíaco menor).

Para Wilmore & Norton, Park & Crawford e Wassermann et al. apud ALFIERI & DUARTE (1993), na posição supina, o volume sistólico de repouso corresponde a aproximadamente 80% do valor máximo alcançado durante o exercício. Assim, na posição deitada, o VS já se encontra aumentado, pouco variando com o exercício. Quando o efeito da gravidade é removido, as veias tendem a esvaziar o seu conteúdo no coração direito. Isto significa que o exercício realizado nesta posição, como a natação, pode ser associado com

maior VS e menor FC. Já na posição de pé , o VS de repouso corresponde a apenas 65% do valor máximo alcançado durante o esforço. Para exercícios realizados nesta posição (como ocorre durante os testes de esforço em esteira), o VS aumenta linearmente com a intensidade do esforço, alcançando seu valor máximo a aproximadamente 50% da capacidade funcional (VO₂max) do indivíduo. Na posição sentada, o VS de repouso mostra um comportamento intermediário em relação ao observado nas posições deitado e de pé .

2.3.2.2.3. Débito Cardíaco

Segundo VANDER et al. (1981) e McARDLE et al. (1985), o débito cardíaco (DC) é o indicador primário da capacidade funcional da circulação para atender às exigências da atividade física. O rendimento do coração, à semelhança de qualquer bomba, é determinado por sua frequência de bombeamento (FC) e pela quantidade de sangue impulsionada em cada ejeção sistólica (VS). Assim sendo, o débito cardíaco pode ser assim computado: $DC = FC \times VS$. Podendo também ser calculado utilizando-se o princípio formulado por Fick em 1870 (equação de Fick), onde $DC = (VO_2 / \text{diferença artério venosa}) \times 100$. O débito cardíaco é normalmente expresso em litros por minuto.

Para VANDER et al. (1981), LEITE (1984), McARDLE et al. (1985), ASTRAND & RODAHL (1987) e ALFIERI & DUARTE (1993), o débito cardíaco de repouso varia entre 4 a 6 litros/min. Durante o exercício ele aumenta linearmente com o aumento do consumo de O₂, mas se for considerada a variação dos valores de repouso até o

máximo, esta variação é considerada não linear. O DC também varia conforme a posição em que o indivíduo se encontra.

Para os autores anteriormente citados, o débito cardíaco desempenha papel chave no fornecimento de O₂ às células, havendo íntima relação entre o VO₂ e o DC. Em indivíduos normais há amplas variações fisiológicas entre o VO₂ e o DC_{max}, mesmo levando-se em consideração a idade, o sexo e o nível de aptidão cardiorrespiratória.

Já Wilmore & Norton apud ALFIERI & DUARTE (1993) consideram que os valores máximos de DC durante o exercício dependem de vários fatores, sendo os mais expressivos o tamanho do corpo e o nível de condicionamento físico. Por exemplo, o débito cardíaco máximo para um homem de pequena estatura, sem condicionamento, não alcança 20 l/min, enquanto que um atleta bem condicionado pode exceder 40 l/min.

2.3.2.3. Ajustes Periféricos Centrais

2.3.2.3.1. Pressão Arterial (Pa)

Viu-se anteriormente alguns dos mecanismos fisiológicos que alteram o fluxo sanguíneo. O entendimento completo de como esses mecanismos produzem tais alterações requer conhecimentos básicos das leis físicas que governam o fluxo sanguíneo, e também de alterações hormonais.

O estudo dessas leis físicas, no que se relaciona ao fluxo sanguíneo, é denominado hemodinâmica.

De acordo com MATHEWS & FOX (1979), VANDER et al. (1981), ASTRAND & RODAHL (1987), WEINECK (1991) e ALFIERI &

DUARTE (1993), existem dois grandes fatores hemodinâmicos que devem ser levados em consideração: (1) *pressão sangüínea*, ou seja, a força que impulsiona o sangue através do sistema circulatório e (2) *resistência ao fluxo*, ou seja, a oposição oferecida pelo sistema circulatório a essa força impulsionadora.

Para os autores citados anteriormente, a força motriz da circulação do sangue é a pressão arterial. Ela é provocada pelo bombeamento do coração que oscila entre pressão arterial sistólica e diastólica. A pressão arterial sistólica (PAS) corresponde à pressão que o coração provoca na fase de contração. A pressão arterial diastólica (PAD) produzida pelo mecanismo de fole dos grandes ramos vasculares, principalmente a aorta, é fortemente influenciada pela resistência periférica das artérias.

Quando o sangue é jogado dentro das artérias durante a sístole ventricular, a pressão aumenta até um ponto máximo (pressão sistólica). Essa pressão tem variações mínimas a nível dos capilares, porque as artérias são elásticas e não rígidas. Portanto, suas paredes se distendem durante a sístole e se retraem durante a diástole. A elasticidade das artérias, associada a um aumento da resistência ao fluxo, assegura um fluxo constante de sangue nos capilares. Isso tem importância capital, porque sabe-se que é a nível dos capilares que se dá a difusão de gases e de outros nutrientes para a célula.

Segundo VANDER et al. (1981), o pulso, que pode ser sentido em uma artéria, é devido a diferença entre as pressões sistólica e diastólica. Esta diferença é chamada de *pressão de pulso* (PP). Os fatores que alteram a pressão de pulso são os seguintes: (1) um aumentado débito sistólico tende a aumentar a pressão de pulso por

causa da maior distensão arterial pelo sangue adicional; (2) uma diminuída distensibilidade arterial, como na arteriosclerose, pode causar um acentuado aumento na pressão sistólica porque a parede está mais resistente, isto é, qualquer volume dado de sangue produz um maior aumento em pressão.

Fica evidente, para MATHEWS & FOX (1979), VANDER et al. (1981), LEITE (1984), ASTRAND & RODAHL (1987), WEINECK (1991) e ALFIERI & DUARTE (1993), que a pressão arterial constantemente se modifica durante o ciclo cardíaco e que a *pressão arterial média* durante este período não é simplesmente o valor médio entre a sistólica e a diastólica, uma vez que a diástole dura mais tempo do que a sístole. A pressão arterial média verdadeira pode ser obtida apenas através de métodos complexos, mas, para a maioria dos propósitos é suficientemente exato considerá-la como igual a diastólica mais um terço da pressão de pulso ($PAM = PAD + (1/3 \times PP)$ ou $PAM = [(2PAD) + PAS] / 3$).

A pressão arterial média é na realidade a mais importante das pressões descritas, porque é a pressão média efetiva que direciona o sangue aos tecidos durante o ciclo cardíaco.

A pressão arterial, como produto da ejeção do coração e da resistência periférica, segundo WEINECK (1991), é modificada através de influências sobre um ou ambos parâmetros. Para uma pressão com regulação ótima, portanto, é sempre decisivo uma ação conjunta ordenada do volume cardíaco e da resistência periférica.

2.4. Alterações Fisiológicas no Meio Aquático

O organismo humano pode, em sua essência, ser considerado como uma complexa sociedade de células de tipos muito diversos e que estão associadas e interrelacionadas estrutural e funcionalmente em uma enorme variedade de meios, com a finalidade de executar as funções indispensáveis para que o organismo sobreviva como um todo.

A água é um meio ambiente diferente do ar em vários aspectos. No entanto, o homem, que está adaptado ao ar, insiste em entrar neste ambiente estranho para o trabalho, recreação, higiene e terapia. Estas atividades freqüentemente envolvem exercício.

De acordo com RISCH et al. (1978a), a técnica de imersão de um homem em uma piscina termoneutra foi introduzida pela primeira vez em uma pesquisa fisiológica em 1924 por Bazett et al.. E segundo RISCH (1978b), a imersão em uma banheira termoneutra provou ser um expediente útil para provocar uma distensão do coração e para estudar efeitos mecânicos secundários e de reflexo, tornando-se para GAUER & HENRY (1976), um instrumento indispensável para a análise de controle do volume de plasma através de mecanorreceptores cardíacos. EPSTEIN, M., LEVINSON, R., LOUTZENHISER, R. (1976) mostraram que esta técnica pode se tornar de considerável valor no diagnóstico e talvez no tratamento de pacientes com anormalidades de metabolismo líquido e mineral.

Já BLOMQUIST (1983) e SHELDAHL et al. (1984), preocupados com as alterações e adaptações cardiovasculares provocadas com a gravidade zero (0g) em vôos espaciais, citam que as técnicas de

simulação em gravidade normal, como descanso horizontal na cama, inclinação da cabeça para baixo e *imersão vertical na água*, devem ser mais pesquisadas, pois são excelentes para simularem as condições de 0g encontradas pelos astronautas.

De acordo com os referidos autores, é geralmente aceito que uma mudança na posição corporal de pé para a posição supina causa um aumento do volume sistólico através do mecanismo de Frank Starling. Sendo que também os efeitos da gravidade devem ser levados em conta toda vez que uma taxa hemodinâmica é realizada. Todas as pressões intravasculares têm um componente hidrostático que depende da gravidade. A interação entre o campo gravitacional, a posição do corpo e as características funcionais dos vasos sanguíneos determinam a distribuição do volume cardiovascular. Em conseqüência, esta distribuição determina a função cardíaca de bombeamento.

Segundo AVELLINI et al. (1983) pode-se esperar que o exercício físico aquático produza reações fisiológicas diferentes daquelas ao ar livre, devido tanto ao efeito hidrostático da água nos sistemas cardio-respiratórios como a sua capacidade de intensificar a perda de calor comparada ao ar.

2.4.1. Fluxo Sanguíneo

O gradiente de pressão hidrostático durante a imersão vertical com a cabeça fora d' água causa um aumento no volume sanguíneo central e conduz a diferentes ajustes cardio-circulatórios em homens no estado de repouso (ARBORELIUS et al. 1972a, 1972b; LANGE, L.,

LANGE, S., ECHT, M., GAUER, O. H. 1974; GAUER & HENRY, 1976; LIN, 1984; SHELDAHL et al. 1984).

Quanto maior a pressão externa menos o corpo age para aumentar a pressão de recalque para o retorno venoso (RENNIE et al. 1971; GREENLEAF, J. E., MORESE, J. T., BAINES, P. R., SILVER, J., KEIL, L. C. 1983; BLOMQVIST & STONE, 1983).

ARBORELIUS et al. (1972a) mostraram que durante a imersão de um sujeito sentado reto, 900 ml de sangue é deslocado das veias periféricas para a região do tórax, sendo que um quarto deste volume é armazenado no coração e o resto é distribuído pelo sistema vascular pulmonar.

Lange apud RISCH et al., 1978a) encontrou resultados similares, demonstrando que a imersão de um homem em pé, imerso até o pescoço, em uma piscina termoneutra leva a um aumento de volume do coração em média de 180 ml. Confirmando estes dados, RISCH et al. (1978a), analisando 20 homens com idade média de 22.8 ± 2.4 anos, peso 70.7 ± 7.2 Kg e altura $179 \pm 6,3$ cm, onde o volume sistólico do coração foi determinado roentgenometricamente e a distribuição do fluxo de sangue nos pulmões foi analisada centigraficamente, em um tanque retangular estreito, com água a 35° C. O primeiro passo da imersão abrangeu das extremidades inferiores até a sínfise, em um segundo passo o abdômen foi incluído até o nível do diafragma (xifóide). Em um terceiro passo o corpo inteiro estava imerso até o pescoço. Os autores constataram que os volumes do coração nos três níveis de imersão são comparados com os volumes do coração nas posições em pé e deitada no ar, estes valores confirmam as investigações anteriores. É de se notar que o tamanho

do coração na posição deitada e durante a imersão até o xifóide são praticamente idênticos. Segundo Gauer apud RISCH et al., 1978a) este resultado é esperado desde que o ponto de indiferença hidrostático esteja localizado na altura do diafragma. A distribuição de sangue nos pulmões confirmam os resultados de ARBORELIUS (1972 a).

Para Gauer et al. e Graveline et al. apud ECHT, M., LANGE, L., GAUER, O.H. (1974), o incremento no volume sangüíneo intratorácico, na imersão em água com temperaturas termoneutras, leva a uma considerável redução da tolerância ortostática.

Durante o exercício na água, tanto o retorno venoso como o volume de pulsação serão afetados pela combinação da pressão aumentada nas regiões inferiores do corpo (AGOSTINI 1966; RENNIE et al. 1971; ARBORELIUS et al. 1972a; LANGE et al. 1974; ECHT et al. 1974; RISCH et al. 1978a) e a temperatura da água (RENNIE et al. 1971; McARDLE et al. 1976) as quais tendem a deslocar o volume periférico sangüíneo para a região central do corpo. Uma vez que a produção cardíaca é a mesma na água e no solo ao mesmo VO₂max (McARDLE et al. 1976; RENNIE et al. 1971), os indivíduos que se exercitam em água fria devem atingir o mesmo resultado de trabalho (esforço) com batimentos cardíacos significativamente mais baixos (CRAIG & DVORAK, 1969; McARDLE et al. 1976).

Discordando dos autores citados anteriormente, KAWAKAMI, Y., NATELSON, B. H., DuBORS, A. B. (1967), estudando 13 homens e 2 mulheres, com idades entre 18 e 43 anos, encontraram um decréscimo significativo na corrente sangüínea pulmonar, embora não tão grande quanto o observado por Wasserman apud KAWAKAMI et

al. (1967) com focas e o observado por Shelton apud KAWAKAMI et al. (1967) em sapos.

2.4.2. Temperatura da Água.

Para SHELDAHL (1985), uma das características da água que talvez seja benéfica num programa de exercícios é o alto calor específico e a termo-condutividade da água comparada com a do ar, a qual aumenta a capacidade de remover o calor do corpo em água fresca. Isto pode resultar num menor stress durante o exercício, o qual pode ser especialmente benéfico para os obesos.

Para KOLLIAS, J., BARLETT, L., BERGSTEINOVA, V., SKINNER, J. S., BUSKIRK, E. R., NICHOLAS, W. C. (1974), a capacidade isolante da gordura subcutânea é mais evidente durante a imersão na água, onde a condução do calor é aproximadamente 25 vezes maior que no ar. RENNIE, D. W., CONVINO, B. G., HOWELL, B. J., SONG, S. H., KANG, B. S. HONG, S. K.(1962) e CRAIG & DVORAK (1966) mostraram que a resposta metabólica à imersão na água fresca é inversamente proporcional ao grau de adiposidade.

- Diferentes temperaturas de água podem produzir reações fisiológicas diferentes. Tais como modificações:

- Na FC (KEATINGE & EVANS, 1961; KAWAKAMI et al. 1967; COSTILL, D. L., CAHILL, P. J., EDDY, D 1967; HÖLMEYER & BERGH, 1974; FOLINSBEE, 1974; McMURRAY & HORVATH, 1979; CHOUKROUN & VARENE, 1990);

- No VO₂max (CRAIG & DVORAK, 1968; CRAIG & DVORAK, 1969; HÖLMER et al. 1974a; HÖLMER & BERGH, 1974; McARDLE et al. 1976; GLEIM & NICHOLAS, 1989);
- Na relação FC/VO₂max (AVELLINI, B. A., SHAPIRO, Y., FORTNEY, S. M. WENGER, C. B., PANDOLF, K. B. 1982; AVELLINI et al. 1983; GLEIM & NICHOLAS, 1989);
- No stress térmico (CRAIG & DVORAK, 1968; CRAIG & DVORAK, 1969; KOLLIAS et al. 1974);
- No fluxo sangüíneo (ARBORELIUS et al. 1972a; AVELLINI et al. 1983);
- Nas capacidades pulmonares (McMURRAY & HORVATH, 1979; CHOUKROUN & VARENE, 1990);
- Nas trocas gasosas (CHOUKROUN & VARENE, 1990);
- No índice cardíaco (ARBORELIUS et al. 1972a; BEGIN et al. 1976; FARHI & LINNARSSON, 1977; CHOUKROUN & VARENE, 1990);
- Nas concentrações de lactato sangüíneo (HÖLMER & BERGH, 1974).

2.4.3. Frequência Cardíaca.

2.4.3.1. Modificações na FC com o Corpo Imerso na Água

Segundo DENISON et al. (1972), a imersão ao meio líquido, expõe o corpo a uma nova pressão hidrostática, a outra viscosidade do meio e a novas condições térmicas, e algumas vezes, a estímulos reflexos circulatórios, que poderiam alterar as respostas cardio-circulatórias. Os efeitos destas trocas poderão variar com a postura,

com a intensidade de trabalho, com o tipo de movimento de braços, com a temperatura da água, e deveriam ser mais evidentes com indivíduos realizando exercícios máximos em água fria.

Para BLOMQVIST (1983), as observações feitas durante e após um voo espacial tem demonstrado que a exposição à 0g (gravidade zero) causa uma mudança significativa central e cefálica de fluído intravascular e intersticial. A adaptação cardiovascular à perda de peso se manifesta no período pós-voo com hipovolemia real e funcional com intolerância *ortostática*: e decréscimo da capacidade de exercício na posição vertical. A mudança do fluído central e a *hipovolemia* pós-intervenção são os aspectos comuns evidentes de real perda de peso e as técnicas principais de simulação em gravidade normal, isto é, descanso horizontal na cama, inclinação de cabeça para baixo e imersão vertical na água.

Estes conceitos são relativamente não controversos, mas há várias áreas cardiovasculares importantes nas quais as informações críticas são incompletas ou falhas. Uma grande controvérsia diz respeito à habilidade do sistema cardiovascular de lidar com a sobrecarga relativa de fluído associada com a mudança do fluído central.

Foi sugerido por BLOMQVIST, C. G., NIXON, J. V., JOHNSON, MITCHELL, J. H. (1980), que as condições hidrostáticas alteradas e a mudança do fluído desencadeiam um conjunto de adaptações cardiovasculares e sistêmicas complexo, mas rápido e efetivo. A função cardiovascular é essencialmente normal em gravidade zero, mas a adaptação bem sucedida é diretamente responsável pela

disfunção cardiovascular que é evidente após o retorno à gravidade normal.

Segundo Thornton apud BLOMQUIST (1983), a hipótese de que a falta de peso leva a uma elevação comprovada de acúmulo de pressão e rendimento cardíaco está baseada em observações clínicas em vôo que registram a dilatação das veias do pescoço e rosto avermelhado, freqüentemente combinados com sensações subjetivas de um preenchimento da cabeça. Outras informações têm sido baseadas em estudos simulados durante a imersão na água na posição ereta. A imersão causa um aumento na pressão venosa central de 10-15 mmHg e um grande aumento em dimensões cardíacas e volume sistólico. Havendo pouca ou nenhuma mudança na freqüência cardíaca.

Encontra-se na literatura pesquisas que confirmam estes resultados e outras que mostram dados completamente diferentes.

a) Nenhuma mudança na FC com a imersão:

RENNIE et al. (1971) mediram a resposta de FC ao exercício de pernas no ar e durante a imersão até o pescoço. Seus dados sugeriram que em baixas intensidades de exercício, a FC seria mais baixa devido a um elevado volume sistólico. Entretanto, eles verificaram que quando os indivíduos se aproximavam do $VO_2\max$, a FC durante o exercício aquático se aproximava daquela observada enquanto no ar, porque o volume sistólico em exercício no ar agora aproximava-se daquele na água.

Já ARBORELIUS et al. (1972a), ao estudarem 10 sujeitos saudáveis, sentados, imersos até o pescoço, não encontraram modificações significativas na FC, mesmo tendo sido constatado um aumento de cerca de 30% no rendimento cardíaco produzido pela imersão, um aumento de 35% no volume sistólico, e um decréscimo (cerca de 30%) na resistência periférica. Este decréscimo na resistência periférica, pode ter sido reflexamente produzido pela ativação de vários receptores, por exemplo dentro do sistema de baixa pressão, ajustando o controle nervoso automático pela redução no simpático e/ou aumento da descarga vagal.

E de acordo com Evans et al. e Welch & Rhodes apud HAMER & MORTON (1990), as freqüências cardíacas em qualquer nível de VO₂ não são significativamente diferentes entre a corrida aquática e a terrestre.

BEGIN et al. (1976) e BLOMQVIST (1983) relatam também haver pouca ou nenhuma mudança na frequência cardíaca quando o indivíduo é imerso em meio líquido.

GREEN et al. (1990), ao compararem a corrida em esteira e corrida em água profunda, com 5 homens e 5 mulheres, numa temperatura de água de 28° C, não encontraram variabilidade na relação entre FC e o consumo de oxigênio.

Confirmando os resultados anteriores, RITHCIE & HOPKINS (1991) não encontraram diferenças significativas na FC_{max} ao estudar 8 corredores de *cross country* após 30 minutos de corrida em água profunda (159 bpm), em esteira rolante (160 bpm) e em corrida de rua (158 bpm).

b) Aumento da FC com a imersão:

JOHNSON et al. (1977) compararam as respostas de consumo de oxigênio e de FC durante exercícios realizados tanto em terra quanto na água. Eles encontraram um aumento significativo da frequência cardíaca nos exercícios executados na água se comparados aos executados em terra, 31 bpm para os homens e 13 bpm para as mulheres.

Já WHITLEY & SCHOENE (1987), ao compararem as respostas de FC da caminhada na água versus esteira, em 4 velocidades diferentes, analisando 12 voluntários universitários do sexo feminino, não encontraram diferenças significativas entre as FC de repouso, mas as frequências cardíacas da caminhada na água foram significativamente mais altas que as respostas da caminhada em esteira. Segundo os autores, os resultados deste estudo sustentam a hipótese que as FC durante a caminhada na água seriam significativamente mais elevadas que aquelas durante a caminhada em esteira.

DENISON et al. (1972), ao compararem quatro mergulhadores experientes pedalando na posição horizontal dentro e fora d' água, encontraram um aumento de 10% (5 a 10 bpm) na frequência cardíaca máxima na água em relação a FCmax em terra.

c) Diminuição da FC com a imersão:

Segundo Tutte & Corleaux e Stromme et al. apud HEIGENHAUSER et al. (1977), a diminuição da FC está associada

com a imersão na água e não está relacionada com o grau de treinamento do indivíduo.

Para Andersen & Paulev apud PAULEV & HANSEN (1972), é amplamente aceito que ocorre uma bradicardia durante a submersão na água, embora exista discordância sobre a consistência, o grau de diminuição, e a origem do fenômeno.

Muitos trabalhos, segundo PAULEV & HANSEN (1972), relacionam a bradicardia como consequência do bloqueio respiratório do mergulho. Uma redução da FC, para o autor, sempre ocorre no bloqueio respiratório do indivíduo e na baixa da pressão intrapulmonar.

Alguns autores relatam que a bradicardia do mergulho persiste durante o exercício (Asmussem e Kristianssons, Irving, Olsen et al. Scholander et al. e Stromme et al. apud PAULEV & HANSEN, 1972), mas isto tem sido contestado por outros autores.

MAGEL & FAULKNER (1967), estudando nadadores universitários, na posição horizontal, encontraram que a FC_{max} na água era, em média, 10 bpm mais baixa que durante o exercício em terra.

MAGEL et al. (1969) compararam através de telemetria a FC durante competições de natação e de corridas. Os resultados indicaram que o padrão da resposta da FC durante o estilo livre foi similar a corrida, mas a magnitude das respostas foram maiores em todos os eventos de corrida. As frequências cardíacas máximas durante à corrida foram significativamente mais altas do que as obtidas durante a natação.

McARDLE et al. (1971), em uma pesquisa com 5 nadadoras universitárias, encontraram uma diferença média da FC entre a

natação e o teste de esteira de 9 a 13 bpm em todos os estágios do experimento. A FCmax da natação também foi mais baixa (FCmax da natação = 169 bpm e FCmax na esteira = 190 bpm). Entretanto a FCmax para o nado de crawl foi aproximadamente 10 bpm menor que o previsto pelos referidos pesquisadores para nadadores competitivos. Os autores dizem ainda, que a diminuição da FC esteve relacionada ao aumento do volume sistólico na posição supina. Isto poderia sugerir que a baixa FC na natação poderia ser devido à facilitação do retorno venoso e maior enchimento cardíaco, o qual poderia resultar em um maior volume sistólico e diminuição da FC em trabalhos submáximos e máximos.

HÖLMER et al. (1974a) e HÖLMER et al. (1974b), ao compararem nadadores de elite durante um teste máximo em esteira rolante contra um teste máximo de natação num *swimming flume*, encontraram uma diminuição média na FCmax de 15 bpm (HÖLMER & LUNDIN et al., 1974) e 12 bpm (HÖLMER & STEIN et al., 1974) respectivamente durante o teste de natação.

Já RISCH et al. (1978a), analisando 6 homens, na posição vertical, estáticos, em diferentes profundidades de água (imersão das extremidades inferiores primeiro até a sínfise, após até o nível do diafragma, e por último imerso até o pescoço), na temperatura de 35° C, encontraram uma diminuição semelhante da FC mesmo na posição vertical. Segundo os autores, com a dilatação do coração durante a imersão, a FC cai em 15%, provavelmente por natureza reflexa.

Entretanto, ao analisar 5 sujeitos durante rápida imersão de todo o corpo, RISCH et al. (1978b) encontraram, uma diminuição mais

acentuada da FC. A diminuição da FC oscilou entre 17 a 30 bpm (21%). Através da observação direta do coração na tela de uma TV, durante a imersão, os autores observaram um aumento no tamanho do coração, especialmente do átrio direito e uma queda na FC. A análise quantitativa da silhueta do coração em diástole revelou que a distensão máxima do coração alcançando 31% foi atingida após não mais de 6 batimentos a partir do início da rápida imersão. Após um leve super-aumento, o tamanho do coração permaneceu em um nível elevado constante.

HEIGENHAUSER et al. (1977) compararam as respostas cardiovasculares de 6 pacientes pós-infarto do miocárdio e de 6 indivíduos saudáveis em intensidades submáximas e máximas num cicloergometro e no *tethered swimming*. Eles encontraram durante a imersão uma diminuição na FCR de 85 bpm para 75 bpm no grupo controle, e uma diminuição de 78 para 69 bpm nos pacientes, demonstrando uma queda na FC de aproximadamente 10 bpm. Mesmo dois pacientes que estavam utilizando Propanolol demonstraram a mesma magnitude de diminuição na imersão. Segundo os autores, isto demonstra que a bradicardia está associada à imersão e não é influenciada pela presença da doença ou da medicação utilizada. O grupo controle não demonstrou diferenças significativas na FCmax. Já entre os pacientes, 3 não demonstraram diferenças significativas e 3 demonstraram FCmax significativamente mais altas na natação. Os autores concluem que, não havendo diferenças significativas na FCmax., a intensidade na natação para os pacientes poderia ser prescrita baseada na FCmax encontrada no teste cicloergométrico.

SHELDAHL et al. (1984), ao comparar a FC de 12 sujeitos saudáveis em cicloergometro dentro e fora d' água, mesmo não tendo encontrado uma FCmax estatisticamente diferente, encontraram uma redução de 10 bpm dentro d' água. Diminuição esta também encontrada por HEIGENHAUSER et al. (1977).

HAMER & MORTON (1990) estudaram 20 homens sedentários, com idades variando de 18 a 30 anos e encontraram FC submáximas e máximas significativamente mais baixas na corrida em água rasa do que na corrida em esteira. A redução observada na FC foi na variação de 6 a 12 bpm. Segundo os autores a significativa redução da FC nas cargas máximas é porque durante a corrida na água, os indivíduos podem estar se exercitando com menos força cardiovascular. Isto poderia ser devido a uma eficiência maior do coração como uma bomba, associada a um aumento no volume de batimentos e FC diminuídas.

Confirmando os estudos anteriores, TOWN & BRADLEY (1991), ao compararem as respostas metabólicas máximas de 9 corredores competitivos de *cross-country* durante a corrida na esteira, corrida em água profunda e corrida em água rasa, encontraram uma diminuição da FCmax, na água, em torno de 13%.

SVEDENHAG & SEGEN (1992) encontraram freqüências cardíacas submáximas e máximas mais baixas na corrida em água profunda do que na corrida em esteira na mesma intensidade, 9 corredores de média e longa distância e um decatleta participaram do estudo. As FCmax encontradas foram, em média, de 172 bpm na água contra 188 bpm na corrida em esteira.

Para concluir, Tuttle & Templin apud FALLS (1968) consideram que as reduções da FC variam diretamente com a frequência cardíaca de repouso, durante imersão na água com o corpo na horizontal, conforme TABELA 2.

TABELA 2 - Relação entre frequência cardíaca de repouso (FCR) e o decréscimo causado pela imersão na água em uma piscina^{a,b}.

FCR	Diminuição / imersão
70-79	05
80-89	11
90-99	14
100-109	16

- a FALLS (1968)
- b Temperatura entre 18 e 30° C

2.4.3.2. Modificações na FC Somente com o Rosto Imerso na Água

O reflexo do mergulho no homem tem sido observado em mergulhadores profissionais, tais como os *ama*. Além disso, o interesse popular pelo mergulho com trancamento da respiração com o seu perigo de afogamento tem estimulado muita pesquisa em mergulho e nado em sujeitos não treinados.

Segundo JOHANSEN (1964) e OLDRIDGE, N. B., HEIGENHAUSER, G. J. F., SUTTON, J. R., JONES, N. L. (1978), o reflexo do mergulho é um reflexo de conservação de oxigênio, que consiste na impressionante baixa da FC, vasoconstrição periférica e o aumento do suprimento sangüíneo em órgãos vitais como o cérebro e o coração.

Este reflexo, segundo CRAIG (1963), foi observado pela primeira vez no mergulho de vertebrados e subseqüentemente parte

dele foram demonstradas no homem. Mesmo sujeitos não treinados podem demonstrar uma marcada baixa na FC.

Além disso, têm sido registradas evidências de que a simples imersão do rosto, sem colocar todo o corpo na água, pode causar o reflexo do mergulho (Elsner, Scholander e Wolf, apud KAWAKAMI et al. 1967).

Para CRAIG & MEDD (1968), as constatações de que ocorre uma bradicardia associada ao bloqueio respiratório, são as mais comuns observações que têm sido feitas. Embora isto demonstre uma resposta padrão nos vertebrados, a sua generalização é difícil. Pois, segundo os autores, tem sido observado a existência de outras respostas fisiológicas durante a imersão, as quais poderiam explicar esta bradicardia.

KAWAKAMI et al. (1967), ao estudarem 13 homens e 2 mulheres, constataram que o simples trancamento da respiração, com o rosto não imerso, não altera a FC, enquanto que um decréscimo de 10 bpm ao nível de repouso foi observado durante o trancamento da respiração, com o rosto não imerso, mas após inspiração máxima, embora este decréscimo aparente não foi significativo. Durante a imersão do rosto, com ou sem trancamento da respiração a FC mostrou um sensível decréscimo.

Esta diminuição da FC após a imersão do rosto na água foi confirmada também por OLSEN, C. R., FANESTIL, D. D., SCHOLANDER, P. F. (1962), BRICK (1966), FOLINSBEE (1974), OLDRIDGE et al. (1978), FINLEY, J. P., BONET, J. F., WAXNAN, M. B. (1979) e por MAGEL, J. R., McARDLE, W. D., WEISS, N. L., STONE, S., NEWMAN, A. (1982).

2.4.4. Consumo de Oxigênio

Segundo HÖLMER et al. (1974b), as respostas cardiorespiratórias da natação podem ser diferentes das respostas de outras atividades físicas pelas seguintes razões: a) a natação é realizada na posição horizontal; b) a ventilação é restrita; c) a pressão externa é aumentada; e d) a condução do calor é maior na água do que no ar. Estes fatores na natação podem antecipar as trocas gasosas e respostas circulatórias, que diferem de observações em cicloergometro e corrida.

Para HÖLMER et al. (1974b), o VO_{2max} é mais baixo durante a natação do que em uma corrida em terra. A média do VO_{2max} durante seu estudo foi de 94% dos valores encontrados durante uma corrida em terra.

Valores similares foram obtidos por HÖLMER (1972) e também por ASTRAND & RODAHL (1987), em estudos incluindo nadadores de alto nível, e por MAGEL & FAULKNER (1967), em nadadores recreacionais.

Comparando natação contra exercícios em bicicleta ergométrica, ASTRAND, P. O., ENGSTROM, L., ERIKSSON, B. O., LARLBERG, P., NYLANDER, I., SALTIN, B., THOREN, C. (1963), observaram um VO_{2max} 7,5% mais baixo na natação.

Já McARDLE et al. (1971) relataram valores 12% mais baixos no VO_{2max} , em 5 nadadores durante a natação do que durante uma caminhada fora d' água.

Bishop et al. apud RITCHIE & HOPKINS (1991) e GREEN et al. (1990) encontraram um VO₂ máximo em corrida em água profunda 25% menor do que na corrida em esteira. Confirmando estes resultados COSTILL (1971), observou que o VO₂max na água estava somente entre 66,7 e 71,4% do VO₂max observado em exercícios em seco.

HÖLMER et al. (1974b), encontraram valores 15% mais altos no VO₂max de corredores (4,54 l/min), do que na natação (3,79 l/min).

Ao analisar atividades físicas na posição vertical, SVEDENHAG & SEGEN (1992), comparando corrida em esteira e em águas profundas, encontraram também um VO₂max significativamente mais baixo na corrida na água do que na esteira rolante.

Já CONNELLY, T. P., SHELDAHL, L. M., TRISTANI, F. E., LEVANDOSKI, S. G., KALKHOFF, R. K., HOFFMAN, M. D., KALBFLEISH, J. H. (1990), ao estudarem 9 indivíduos, em cicloergometro, dentro e fora d' água, não encontraram diferenças significativas no VO₂, mesmo ele tendo sido mais baixo dentro d' água em todos os estágios do protocolo.

GLEIM & NICHOLAS (1989) compararam o consumo máximo de oxigênio e a FC da corrida/caminhada na esteira na água a corrida/caminhada em esteira normal, seca, a velocidades de 40,23 a 160,9 m/min, com aumentos de 13,4 m/min, em 6 seis homens e 5 mulheres, fisicamente ativas, cinco testes foram realizados por cada sujeito em dias separados. As profundidades da água usadas na esteira subaquática foram: acima do maléolo lateral (A), imediatamente abaixo da patela (K), a metade da coxa (T), e aproximadamente no umbigo (W). A temperatura da água foi de

30,5° C. Os resultados mostraram que o aumento da profundidade d' água faz crescer o esforço da caminhada e da corrida, pois o VO₂ foi mais baixo na caminhada na esteira seca, maior ao nível do tornozelo, e ainda maior à profundidade abaixo do joelho. Não houve diferença entre o VO₂ ao nível do joelho e ao nível da metade da coxa. A caminhada ao nível da cintura também resultou num VO₂ mais baixo do que ao nível do joelho, ou metade da coxa, a velocidades maiores do que 80,5 m/min. Isto significa que o total da área coberta pela água parece ser ao menos parcialmente contrariada pela flutuabilidade do corpo humano quando uma porção suficiente do corpo está submerso. Qualquer das profundidades, assim como a esteira seca, produziram uma resposta não linear de velocidade em comparação com o VO₂.

2.4.5. Relação Freqüência Cardíaca/Consumo de Oxigênio

Segundo Nadel e também Rowell apud GLEIM & NICHOLAS (1989), a FC e o VO₂ estão linearmente relacionados durante o exercício dinâmico. Quando o exercício é no calor, a FC aumenta mais rapidamente porque um maior débito cardíaco deve ser direcionado à superfície. À medida que a temperatura da água se aproxima a do corpo, o calor condutivo e convectivo transferido entre o corpo e a água diminui. As temperaturas da água usadas na hidroterapia (29° a 38° C) freqüentemente se aproximam ou excedem a temperatura corporal (37° C).

Já Margaria e Astrand apud GLEIM & NICHOLAS (1989) salientam que o consumo de oxigênio da caminhada não está linearmente relacionado com a velocidade através do espectro de

velocidades possíveis, embora a relação tenda a ser linear numa vasta população de pessoas dentro da velocidade de 50 a 100 m/min.

Diversos autores citam que a resposta cardiovascular ao exercício na água é diferente da resposta terrestre. Quanto maior a pressão externa menos o corpo age para aumentar a pressão de recalque para o retorno venoso (RENNIE et al. 1971; BLOMQVIST & STONE, 1983; GREENLEAF, J. E., DUNN, E. R., NESVIG, C., KEIL, L. C., HARRISON, M. H., GEELLEN, G., KRAVIL, S. E. 1988;). Isto causa um aumento na pressão venosa central e volume sistólico (ARBORELIUS et al. 1972a, 1972b; BLOMQVIST & STONE, 1983), que se poderia esperar reduzir a FC a um determinado VO₂ (RENNIE et al. 1971). Um segundo fator possível que influencia a FC durante a corrida aquática é a relativa contribuição da parte superior e inferior do corpo para a capacidade total de trabalho. A FC é maior a um determinado VO₂ durante exercício de braços comparado com exercício de pernas (Lewis et al. e Vokac et al. apud YAMAJI et al. 1990)

O consumo de oxigênio e a frequência cardíaca, para EVANS et al. (1978), aumentam de forma linear com o aumento da velocidade durante a corrida em esteira em seco, e com água até a cintura. As frequências cardíacas em qualquer nível de VO₂, nos dois meios, não se diferenciavam significativamente. Determinaram ainda, que cerca de 1/3 a 1/2 da velocidade normal era exigida para trabalhar no mesmo nível de gasto de energia na água se comparado à esteira (2,6 - 3,5 hm/h versus 5,5 - 13,4 Km/h, respectivamente).

YAMAJI et al. (1990) estudando o relacionamento entre a FC e o VO₂ durante a corrida em esteira e a corrida em piscina funda, num

grupo de 10 corredores de vários níveis do sexo masculino, encontraram que a FC, em geral, não foi significativamente diferente entre a corrida em esteira e a aquática. Da mesma forma que o débito cardíaco não foi diferente. Entretanto, segundo os autores, esta conclusão geral deve ser moderada com conhecimento de resultados individuais. Pois existiu uma subpopulação na qual a FC foi, em média, mais baixa durante a corrida aquática do que na corrida em esteira. Este grupo de atletas foi perito em manter-se flutuando com movimentos que se parecem bastante com os movimentos de corrida usados em terra. Em contraste, outros atletas tinham que confiar muito nos movimentos dos braços para se manterem flutuando. Estes atletas tinham FC semelhantes ou mais altas durante a corrida aquática em comparação com a corrida em esteira.

Segundo AVELLINI et al. (1983), encontra-se valores mais baixos da FC na água quando realiza-se exercícios a um mesmo VO₂ da terra. A 75% do VO₂max, a FC alvo para o grupo terrestre era de 170 bpm, para o grupo que se exercitava no meio líquido a 32° C, a FC alvo era 160 bpm, e para o grupo que se exercitava a 20° C a FC alvo era de apenas 150 bpm. Para o autor, a razão para uma FC mais baixa a um mesmo VO₂ durante o exercício em água fria não é clara. Postulando que o mecanismo responsável pela FC reduzida na água seria a redistribuição do volume sangüíneo a partir do leito periférico cutâneo até a área central.

Já SHELDAHL, L. M., TRISTANI, F. E., CLIFFORD, P. S., HUGHES, C. V., SOBOCINSKI, H. A., MORRIS, R. D. (1987) e CHRISTIE, J. L., SHELDAHL, L. M., TRISTANI, F. E., WANN, L. S., SAGAR, K. B., LEVANDOSKI, S. G., PTACIN, M. J., SOBOCINSKI, K.

A., MORRIS, R. D. (1990), ao compararem testes em cicloergômetros dentro e fora d' água a um mesmo VO₂, não encontraram diferenças estaticamente significativas nas FC de repouso e nos primeiros estágios dos protocolos utilizados, entretanto as freqüências cardíacas nas intensidades mais altas foram significativamente mais baixas na água. Sendo em média 12 bpm mais baixa no estágio III e 7 bpm mais baixa no IV e último estágio para CHRISTIE et al. (1990), e 10 bpm mais baixa para SHELDAHL et al. (1987).

Para CRAIG & DVORAK (1969), a FC para um dado VO₂ foi em média 10 bpm mais baixa na água a 25° C, do que em água mais quente (30 e 35° C) ou no ar.

2.4.6. Débito Cardíaco

ARBORELIUS et al. (1972a) encontraram diferenças estatisticamente significativas no débito cardíaco, em 10 indivíduos saudáveis, em repouso durante observações dentro e fora d' água. O aumento médio foi de 1,81 l/min (↑ 32%) dentro d' água. Para o autor, este aumento do DC produzido pela imersão é o produto de um aumento de 35% no volume sistólico, presumivelmente devido ao preenchimento diastólico melhorado e uma quase imutável FC.

Meyers & Godley (apud ARBORELIUS, 1972a), imergindo cães em água a 35,5° C a um nível de 10 cm acima do meio tórax, encontraram um aumento no débito cardíaco, comparado a condições secas, em cerca de 29%.

Watchter apud ARBORELIUS (1972a) demonstraram que o rendimento cardíaco é 22% mais alto durante um banho em água fresca (35° C), do que em seco a 28° C.

Contrariando estes achados, Rennie et al. apud ARBORELIUS (1972a) observaram uma redução de 20 a 25%, no débito cardíaco, após uma imersão na água a 34° C.

Confirmando uma redução no débito cardíaco, HÖLMER et al. (1974b), estudando 5 nadadores experientes durante natação em *swimming flume* e em corrida em seco, encontraram um aumento linear no débito cardíaco nos dois meios, embora durante a natação (25,6 l/min) o DC tenha sido 9,5% mais baixo que durante a corrida (28,3 l/min).

Já HEIGENHAUSER et al. (1977) encontraram um débito cardíaco significativamente mais baixo em 6 pacientes pós infarto do miocárdio, ao compararem a natação com exercício em cicloergometro em seco, 9,8 l/min e 13 l/min, respectivamente.

3. METODOLOGIA

3.1. População e Amostra

3.1.1. População

A população alvo deste estudo foi formada por indivíduos brancos de ambos os sexos com no mínimo 1 ano de prática de natação, que não eram portadores de nenhum tipo de problema físico, com idade entre 18 e 25 anos, estatura entre 160 e 180 cm e percentual de gordura entre 9 e 15% para os homens e 12 e 21% para as mulheres.

3.1.2. Amostra

A amostra foi formada por 54 indivíduos, sendo 28 do sexo masculino e 26 do sexo feminino, selecionados a partir dos seguintes critérios:

- de cor branca;
- com no mínimo 1 ano de prática de natação;
- idade entre 18 e 25 anos;
- estatura: entre 1,60 e 1,80 m;
- percentual de gordura: homens entre 9 e 15%;
mulheres entre 12 e 21%;

O tamanho da amostra foi adotado com base nos coeficientes de variação das variáveis de percentual de redução do peso

hidrostático (CV = 2,953024) e frequência cardíaca (CV = 15,8500), os quais foram considerados satisfatórios.

3.1.3. Procedimentos para Seleção da Amostra

Foram utilizadas as dependências do Laboratório de Pesquisa do Exercício da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LAPEX-ESEF-UFRGS), para avaliação antropométrica.

Os alunos do curso de graduação em Educação Física e os alunos dos programas de extensão da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul foram selecionados por voluntariedade. Os mesmos foram convidados através de cartazes e comunicações verbais em sala de aula a participarem da pesquisa. Os voluntários deveriam comparecer ao LAPEX para avaliação antropométrica.

A determinação do peso corporal, estatura, dobras cutâneas, diâmetros ósseos e perímetros foram feitos de acordo com o protocolo utilizado no LAPEX.

Foi utilizado o programa computacional *PREDICA14* criado por SAMPEDRO (1992) para o cálculo do percentual de gordura, peso gordo, massa corporal magra, peso ósseo e peso muscular dos indivíduos.

Após análise das avaliações corporais foram selecionados os indivíduos que compuseram a amostra, de acordo com os critérios anteriormente estabelecidos.

3.2. Instrumentos de Medida

Para esta pesquisa foram utilizados os equipamentos disponíveis no LAPEX da UFRGS e no LAPEM da UFSM, em conjunto com um protótipo equipado com uma célula de carga, especialmente projetado e desenvolvido para medidas fisiológicas e biomecânicas no meio líquido, descritos a seguir.

3.2.1. Ficha de Dados Individuais

Para coleta de dados utilizou-se uma ficha de dados pessoais, na qual constava: nome do indivíduo, idade, sexo, estatura, peso corporal, tempo de prática de natação, medida de diâmetros ósseos (rádio-ulnar, biepicondiliano, fêmur e bimalleolar), medidas de dobras cutâneas (tricipital, subescapular, abdominal e suprailíaca) e medidas de perímetros (punho, antebraço, tórax, abdômem, coxa e perna), peso imediatamente antes de iniciar a imersão, peso hidrostático e FC nas profundidades de água ao nível de tornozelo, joelho, quadril, umbigo, apêndice xifóide, ombros, pescoço e ombros fora d' água (ANEXO 1).

3.2.2. Protótipo para Pesagem Hidrostática

A obtenção de dados fisiológicos e biomecânicos fidedignos é fator preponderante para a qualidade da análise, por isso, a importância da metodologia empregada, a qual dependeu do uso e

construção de equipamento adequado e de suas disponibilidades. Para este estudo foi necessário a construção de um protótipo que possibilitasse a instalação de uma célula de carga para verificar as modificações no peso hidrostático dos indivíduos.

A finalidade deste protótipo foi imergir o indivíduo em diferentes profundidades de água, ao mesmo tempo que permitia o monitoramento das cargas, proveniente do peso corporal e do peso hidrostático do indivíduo na posição vertical. A carga do peso corporal será projetada a um suporte básico, onde, será registrada intermitentemente por *software*, que recebe as informações da célula de carga via placa de *interface*, acoplada a um computador.

Para melhor descrever subdividamos o protótipo em 4 componentes, descritos a seguir (FIGURA 1):

- **CAIXA:** este componente do protótipo teve por finalidade diminuir a movimentação da água (marolas) durante o experimento. Evitando assim possíveis interferências na leitura do peso hidrostático, e do referencial de altura dos pontos anatômicos. Esta caixa tem a forma de um paralelepípedo retangular, de base 1,20 x 1,20m por 2,0m de altura, sendo composta por uma estrutura de 4 cantoneiras de ferro na vertical e 8 cantoneiras na horizontal de 25 x 2mm, soldadas entre si. Lateralmente a este quadro de cantoneiras, foram fixadas 4 chapas de metal galvanizado, medindo 1,20 x 2,0m e com uma espessura de 1,5mm, que formam as paredes da caixa. Na parte inferior desta caixa foram fixadas, nas cantoneiras, 4 sapatas cilíndricas de borracha com aproximadamente 5cm de diâmetro por 5cm de altura, com a finalidade de nivela-la e também

de evitar qualquer possível dano ao fundo da piscina. Para a colocação e retirada desta estrutura da piscina foram soldadas em duas de suas laterais, pelo lado interno, dois quadros retangulares de cantoneiras de mesmas espessuras e medindo 0,30 x 1,80m.

- **ELEVADOR:** O objetivo deste componente foi possibilitar que o indivíduo permanecesse na posição vertical durante a imersão para a leitura das variáveis em estudo. Este elevador tem a forma de um quadro retangular composto por uma estrutura de cantoneiras de ferro com uma espessura de 25 x 2,0mm. Estas cantoneiras formam dois quadros paralelos de 1,90 x 0,60m, fixados entre si, na parte superior, por uma chapa de aço, de 20 x 15 x 0,5cm que serve também de âncora para a célula de carga. E na parte inferior, por uma grade quadrada de 0,30 x 0,30m de ferro, que serve também de base de apoio para os pés do indivíduo. A distância entre os quadros é de 0,15cm. Em uma das cantoneiras verticais foi fixado por meio de rebites uma fita métrica metálica com precisão de 1mm, para leitura da altura dos pontos anatômicos, em cada profundidade de água, a que o indivíduo foi submetido.
- **SISTEMA DE ELEVAÇÃO:** Este componente teve a finalidade de deslocar com precisão milimétrica o elevador descrito anteriormente. Este sistema é composto por uma talha da marca Koch, com capacidade de 1/2 tonelada. O sistema está preso na sua parte superior a uma espia de aço (de 4 m fixado na estrutura de cobertura da piscina), e na parte inferior, o gancho da talha, está engatado na chapa superior da célula de carga.

- **SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS:** Este componente teve por objetivo realizar a leitura do peso corporal e hidrostático dos indivíduos durante o experimento. Sendo composto por uma célula de carga da marca Kratos (fundo de escala de 100 Kg, modelo CDN - conforme ANEXO 3), uma placa analógica digital da marca Kratos (modelo PA/D-6), um computador IBM-PC e um *software* básico de leitura. A placa analógica digital é composta por seis (6) canais, com amplificação, ajuste de zero e ganho independentes, o que permite o ajuste da célula de carga para as tensões nominais. Esta placa é acoplada no *slots* do computador, onde através de um conector semelhante ao do cabo de uma impressora, faz a ponte entre a célula de carga e o computador. Para este estudo utilizamos somente um canal da placa. A célula de carga é fixada ao sistema de elevação e ao elevador através de duas chapas de aço (20 x 15 x 0,5cm). Ela é excitada por uma tensão de +5 e -5 Volts (DC), enviada pela própria placa de *interface*, a qual recebe esta tensão novamente como sinal de entrada, que pode variar de 0 a 20mV (ANEXO 3). Esta variação vai depender da tração que será exercida na célula de carga. O *software* foi desenvolvido em linguagem de programação "C", com a finalidade de fazer a leitura do sinal enviado à placa analógica digital pela célula de carga, convertê-lo para Kgf e mostrá-los no vídeo do computador para serem registrados.

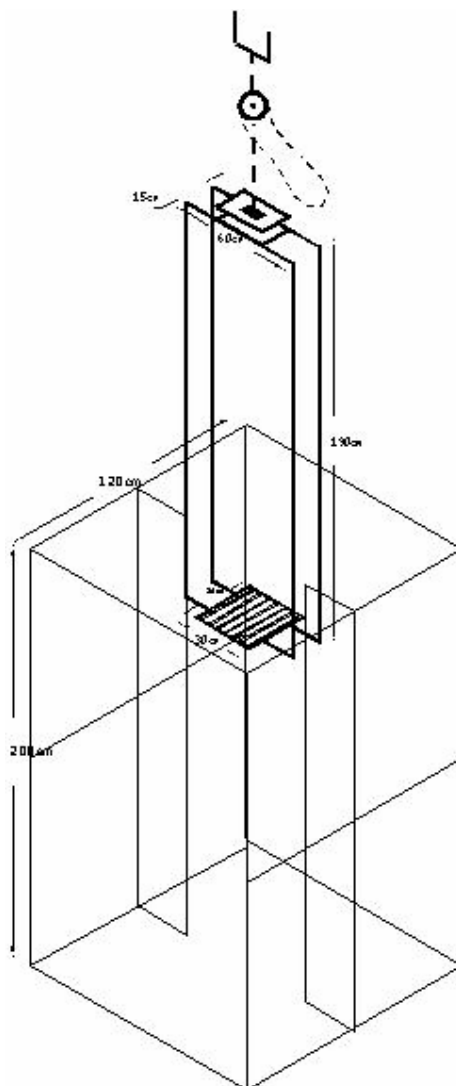


FIGURA 1 - Protótipo para pesagem hidrostática.

3.2.3. Balança

O instrumento utilizado para determinação do peso corporal durante a avaliação antropométrica, foi uma balança de alavanca da marca FILIZOLA, com precisão de 100 gramas.

3.2.4. Compasso de Dobras Cutâneas

Para medição das dobras cutâneas, utilizou-se um compasso de dobras cutâneas, marca CESCORF, do tipo HARPENDEN, com precisão de 0,1 mm.

3.2.5. Paquímetro

A medição de diâmetros ósseos foi feita por meio de um paquímetro, marca MITUTOYO, com precisão de 0,1 mm.

3.2.6. Estadiômetro

Para medir a estatura utilizou-se um estadiômetro de madeira . O estadiômetro é constituído de uma escala métrica, na qual desliza um cursor que mede a estatura do indivíduo na posição em pé. Esta escala é fixa a uma base apoiada ao solo, com precisão de 1 mm.

3.2.7. Fita Métrica

Para determinação dos perímetros foi utilizada uma fita métrica de metal, com 2,0 metros de comprimento, com precisão de 1 mm.

3.2.8. Sensor de Batimentos Cardíacos

Utilizou-se um sensor de batimento cardíaco, marca POLAR, modelo VANTAGE XL, que tem como características:

- indicar simultaneamente a frequência cardíaca, o tempo total de exercício e a hora atual;

- poder armazenar na memória oito diferentes arquivos com trinta e três horas de monitorização;
- gravar e armazenar histórico detalhado para posterior avaliação em computador;
- ser a prova d' água até vinte metros.

3.3 Testagem dos Instrumentos

3.3.1. Ficha de Dados Individuais

A ficha de dados individuais foi testada por três professores de Educação Física, especialistas em natação, quanto a sua objetividade e validade.

3.3.2. Célula de Carga

A calibração da célula de carga utilizada foi feita na placa de *interface*, através da regulagem dos amplificadores de ajustes de zero e de ganho. Para isso, o protótipo com a célula de carga foi posicionado fora d' água e, submetido a diversos ensaios de tração da célula de carga por 25 anilhas de ferro de diferentes pesos e de valores conhecidos (23 anilhas de 3 Kg e 2 anilhas de 7,65 Kg), com peso total de 84,3 Kg Para essas trações, teve-se o cuidado de não ultrapassar o valor nominal da carga estabelecido pelo fabricante para a respectiva célula de carga.

As especificações técnicas desta célula de carga podem ser observadas no ANEXO 2, que trás o catálogo do fabricante. A curva de força da célula de carga pode ser observada na FIGURA 2.

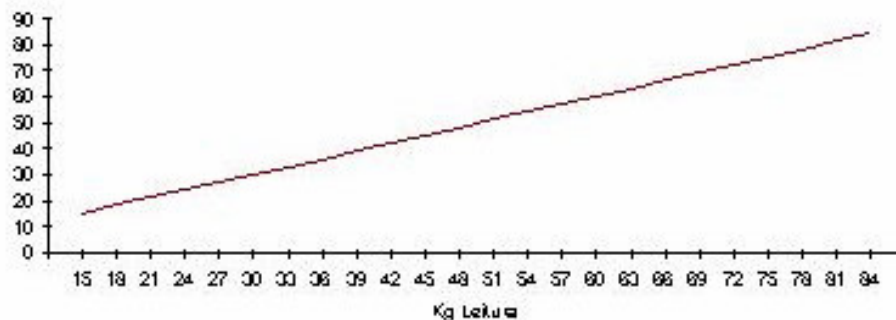


FIGURA 2 - Gráfico representativo da linearidade do sistema de medição usado.

A célula de carga Kratos é composta de 4 *strain gauge*. Segundo NIGG & HERZOG (1994), o *strain gauge* comparado a outros tipos de sensores (piezos elétricos, capacitores e condutores) para medições de cargas é considerado um instrumento de ilimitadas aplicações em biomecânica de baixo custo, de baixa sensibilidade à temperatura, possuindo uma linearidade superior a 96% e um erro abaixo de 5%.

3.3.3. Elevador

A força de empuxo da água sobre o elevador foi anulada em relação ao peso hidrostático dos indivíduos para a fidedignidade dos dados. Para tal foi adotado o seguinte procedimento: inicialmente o elevador foi pesado (de 1 em 1 cm) a diferentes profundidades de água e também em suspensão. A pesagem ocorreu após a calibração da célula de carga, em três dias diferentes, nas três sessões não encontramos variação nas referidas medidas. Foi observada uma variação do peso do elevador de 23,5 Kg em suspensão até 21,4 Kg a uma profundidade de 175 cm. Tais dados foram tabulados, numa

variação de altura de 5 em 5 cm e estão apresentados na TABELA 02. A seguir a célula de carga foi zerada com a incorporação do peso do elevador em suspensão.

Por ocasião da coleta de dados, para cada leitura de peso hidrostático do indivíduo, a cada ponto anatômico, era associado à correspondente altura do ponto através de uma fita métrica fixada no próprio elevador e, daí, acrescido à força de empuxo da água (fator de correção para o peso hidrostático do indivíduo - PPE) sobre o elevador àquela altura mediante consulta à TABELA 03. Desse modo era obtido o peso hidrostático real do indivíduo à determinada profundidade, anulada a força de empuxe a que o elevador estava submetido.

TABELA 03 - Correção para o peso hidrostático do indivíduo em diferentes profundidades de água.

ALT (cm)	PPE (Kg)	ALT (cm)	PPE (Kg)	ALT (cm)	PPE (Kg)	ALT (cm)	PPE (Kg)
0	0,4	45	1,0	90	1,4	135	1,8
5	0,7	50	1,1	95	1,4	140	1,8
10	0,8	55	1,1	100	1,4	145	1,8
15	0,9	60	1,2	105	1,5	150	1,9
20	0,9	65	1,2	110	1,6	155	1,9
25	0,9	70	1,2	115	1,6	160	1,9
30	0,9	75	1,3	120	1,7	165	2,1
35	1,0	80	1,3	125	1,7	170	2,1
40	1,0	85	1,3	130	1,7	175	2,1

3.4. Variáveis

3.4.1. Variáveis Dependentes

- Frequência cardíaca
- Peso hidrostático

3.4.2. Variável Independente

- Diferentes profundidades do corpo na água: neste estudo foram utilizados os pontos anatômicos de tornozelo, joelho, quadril e ombro segundo MORO (1994), e ainda os pontos anatômicos de cicatriz umbilical, apêndice xifóide e pescoço. A localização destes pontos foi realizada da seguinte forma (FIGURA 3):

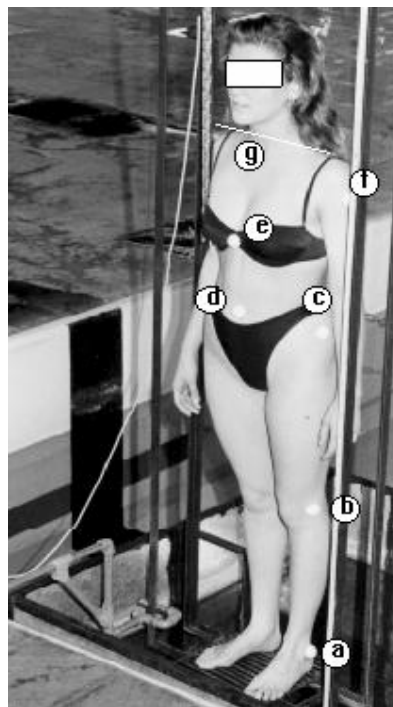


FIGURA 3 - Localização dos pontos anatômicos.

- a) tornozelo: a 1,3 cm distal do maleolo medial;
- b) joelho: a 2,6 cm proximal desta articulação;
- c) quadril: a 0,3 cm proximal do trocanter maior do femur (cabeça do femur);
- d) cicatriz umbilical: ao centro desta;
- e) apêndice xifóide: na porção mais distal;
- f) ombro: a 4,9 cm distal do acrômio;
- g) pescoço: quando a água cobrir totalmente os ombros.

3.4.3. Variáveis de Controle

- Com no mínimo 1 ano de prática de natação: pois segundo GREEN et al. (1990), um dos fatores que podem afetar a FC na água é a apreensão ao ambiente aquático;
- Sexo: pois segundo MATHEWS & FOX (1979), ao compararmos mulheres e homens adultos teremos diferenças nas médias de estatura, peso corporal, tecido adiposo, peso magro e diferentes distribuições de gordura corporal;
- Idade: pois segundo WEINECK (1991), a idade adulta inicia entre 17 e 18 anos, e após os 25 anos começam a ocorrer transformações significativas na composição corporal do indivíduo;
- Estatura e percentual de gordura: pois segundo McARDLE et al. (1985), a relação entre o percentual de gordura corporal e volume corporal influirão na pesagem hidrostática.
- A estatura e o percentual de gordura foram determinados após uma análise de 100 indivíduos de ambos os sexos (66 mulheres e 34 homens) da faixa etária proposta, escolhidos aleatoriamente do

banco de dados do Laboratório de Pesquisa e Ensino do Movimento Setor de Fisiologia da UFSM, com variação de \pm um desvio padrão (TABELA 04).

- Raça: segundo McARDLE et al. (1985), as diferenças raciais interferem na composição corporal do indivíduo, e esta no peso hidrostático do mesmo; neste estudo utilizamos indivíduos da raça branca;
- Temperatura da água: a temperatura da água utilizada neste estudo deverá oscilar entre 29 e 30° C.

TABELA 04 - Características Físicas.

	χ	+S	-S	S
Id. m/f	21.00	23.21	18.88	2.1225
Id. f	21.09	23.06	19.11	1.9747
Id. m	20.82	23.23	18.42	2.4054
Est. m/f	01.67	01.77	01.57	0.0971
Est. f	01.63	01.71	01.55	0.0792
Est. m	01.75	01.83	01.67	0.0771
%g. m/f	15.13	19.08	11.18	3.9503
%g. f	16.64	21.15	12.14	4.5081
%g. m	12.19	15.20	09.18	3.0098

FONTE: Banco de dados do LAPEM - Setor de Fisiologia do Exercício

3.5. Procedimentos da Coleta de Dados

Foram utilizadas as dependências do Centro Natatório Frederico Guilherme Gaelzer da ESEF-UFRGS, para a coleta de dados referentes a peso hidrostático e frequência cardíaca em diferentes profundidades de água.

Os indivíduos selecionados compareceram ao Centro Natatório em dias e horários pré-determinados.

Para as medidas de pesagem hidrostática e FC os homens estavam somente de sunga de natação e as mulheres de biquini.

Primeiramente era feita a marcação, com caneta, dos pontos anatômicos.

Após a marcação dos pontos anatômicos o indivíduo deveria permanecer deitado em um colchão ao lado da piscina por, no mínimo, 5 minutos para leitura da FCR.

Imediatamente após a leitura da FCR o indivíduo era colocado no protótipo.

A FCI era obtida após 2 minutos na posição fundamental sobre o protótipo. Após, era feita a leitura do peso corporal fora d' água.

A FC em diferentes profundidades de água era determinada após o sujeito permanecer durante 1 minuto na posição fundamental naquela profundidade. Após a leitura da FC, era feita a leitura do peso hidrostático e a altura do ponto anatômico naquela profundidade.

3.6. Tratamento Estatístico

Foi utilizada a estatística descritiva, a análise de variância ANOVA e teste F, para comparar as classes de variáveis classificatórias. Para a localização das diferenças, usou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$). Foi utilizada também a análise de regressão. O pacote estatístico computacional utilizado foi o SAS (versão 6.0) do Centro de Processamento de Dados da UFSM.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo geral deste trabalho foi verificar as reduções percentuais no peso hidrostático e as alterações na frequência cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de água.

Inicialmente, com a finalidade de caracterizar a amostra, apresenta-se a TABELA 05 com os resultados médios e desvios padrão das variáveis: idade (ID), estatura (EST), percentual de gordura (%G), tempo de prática de natação (TPRAT), peso corporal total (PCT), peso gordo (PG), massa corporal magra (MCM), peso muscular (PM) e peso ósseo (PO).

TABELA 05 - Médias e desvios padrão da idade, peso corporal total, estatura, tempo de prática de natação, percentual de gordura, peso gordo, massa corporal magra, peso muscular e peso ósseo.

Variáveis	MASC. (n=28)		FEM. (n=26)		AMBOS (n=54)	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
ID(anos)	21.10	±2.23	20.47	±2.20	20.82	±2.21
PCT(kg)	66.25*	±4.60	56.10*	±4.99	61.36	±6.98
EST(cm)	174.3*	±4.28	165.3*	±5.22	170.3	±6.48
TPRAT(m)	130.3*	±42.68	92.0*	±52.83	113.4	±50.49
%G	11.4*	±1.41	13.5*	±1.84	12.3	±1.90
PG(kg)	7.7	±1.30	07.6	±1.24	7.7	±1.25
MCM(kg)	59.8*	±4.09	49.0*	±4.20	55.1	±6.80
PM(kg)	32.1*	±2.59	23.2*	±2.29	28.2	±5.09
PO(kg)	11.4*	±0.90	09.3*	±1.13	10.4	±1.44

* significativa ao nível $p \leq 0,05$

Constata-se que não houve diferenças estatisticamente significativas ($p \geq 0,05$) entre o sexo masculino e feminino nas variáveis:

idade e peso de gordura. Provavelmente o peso de gordura não foi estatisticamente diferente ($p \geq 0,05$) devido à relação *percentual de gordura x peso corporal total*, pois ao mesmo tempo que as mulheres tinham um maior percentual médio de gordura elas tinham uma menor média no peso corporal total, enquanto que os homens apresentaram um menor percentual médio de gordura e uma maior média no peso corporal total.

Nas variáveis de peso corporal total, estatura, tempo de prática, percentual de gordura, massa corporal magra, peso muscular e peso ósseo houve diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre os sexos. Salienta-se que todos os critérios de seleção da amostra foram cumpridos, e que os resultados encontrados estão conforme o esperado.

A temperatura média da água foi de $29,4 \pm 0,496^\circ \text{C}$.

O primeiro objetivo específico desse estudo foi determinar o percentual médio de redução no peso hidrostático em diferentes profundidades do corpo na água, determinados pelos pontos anatômicos, de tornozelo (TORN), joelho (JOEL), quadril (QUAD), cicatriz umbilical (UMBI), apêndice xifóide (XIFO), ombro (OMBR), pescoço (PESC) e ombro com os braços fora d' água (OFOR), para o sexo masculino, feminino e para ambos os sexos (FIGURA 4).

Na comparação das médias dos percentuais de redução do peso hidrostático dos indivíduos nos diferentes pontos anatômicos utilizou-se a análise de variância, ao nível de significância de 5%. Obteve-se diferenças estatisticamente significativas entre as médias da variável estudada nos grupos masculino e feminino. Com a intenção de verificar em quais profundidades encontram-se as

diferenças entre as médias dos percentuais de redução no peso hidrostático dos indivíduos, empregou-se o teste de Tukey, conforme TABELA 6.

TABELA 06. - Médias, desvios padrão e teste do percentual médio de redução do peso hidrostático nos pontos anatômicos, para o sexo masculino, feminino e ambos os sexos.

PERCENTUAL DE REDUÇÃO DO PESO HIDROSTÁTICO						
	MASC (n=28)		FEM (n=26)		AMBOS (n=54)	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
TORN	2.436 ^M	±0.379	2.418 ^M	±0.445	2.427	±0.408
JOEL	11.833 ^L	±1.121	12.355 ^L	±1.198	12.084	±1.224
QUAD	42.487 ^K	±2.273	51.104 ^J	±2.735	46.635	±5.017
UMBI	52.476 ^J	±1.573	57.509 ^I	±1.860	54.899	±3.055
XIFO	67.112 ^H	±1.643	70.860 ^G	±1.640	68.917	±2.493
OMBR	82.466 ^D	±2.002	85.889 ^C	±2.184	84.114	±2.967
PESC	90.114 ^B	±1.157	92.137 ^A	±1.210	91.088	±1.554
OFOR	72.873 ^F	±1.948	76.767 ^E	±4.322	74.747	±3.821

letras diferentes são estatisticamente diferentes ao nível $p \leq 0,05$

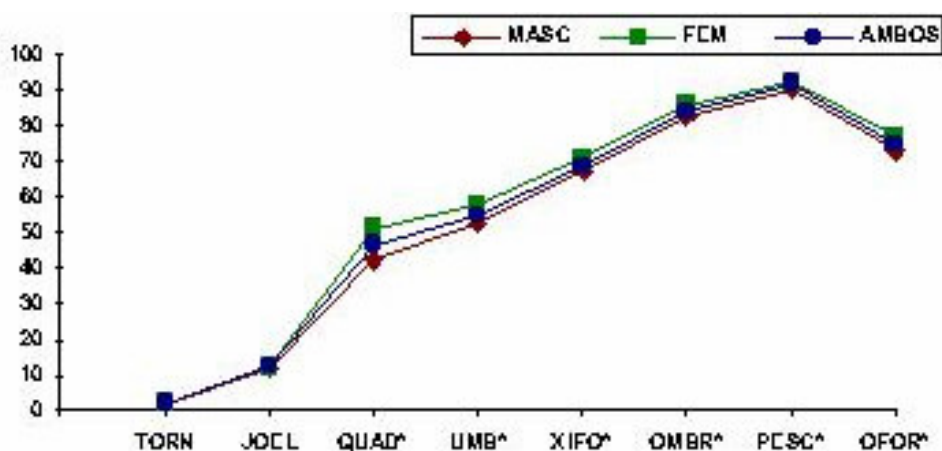


FIGURA 4- Percentual médio de redução do peso hidrostático nos diferentes pontos anatômicos.

Ao observar-se a TABELA 06, constata-se uma redução média em percentual do peso hidrostático que varia de $2,418 \pm 0,445\%$ na profundidade do tornozelo a $92,137 \pm 1,210\%$ na profundidade do pescoço para o sexo feminino. Já para o sexo masculino esta variação é de $2,436 \pm 0,379$ na profundidade do tornozelo a $90,114 \pm 1,157$ na profundidade do pescoço.

Em relação ao percentual de redução do peso hidrostático entre os sexos, não encontrou-se diferenças estatisticamente significativas ($p \geq 0,05$) entre os pontos anatômicos de tornozelo e joelho. Com estes dados e com os dados apresentados na TABELA 07, constata-se que nestes pontos anatômicos os pesos relativos entre homens e mulheres são semelhantes. Pode-se, por conseguinte, inferir que a composição corporal até a altura do joelho não é diferente entre homens e mulheres.

Confirmando os dados apresentados nas TABELAS 06 e 07 a análise de regressão simples (TABELA 09) entre os percentuais de redução de peso hidrostático nos diferentes pontos anatômicos e o percentual de gordura demonstraram também não haver relações entre o percentual de gordura corporal e o percentual de redução do peso hidrostático do indivíduo nos pontos anatômicos de tornozelo e joelho.

Encontrou-se, entretanto, diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$) em todos os outros pontos anatômicos. Nas mulheres os percentuais médios de redução do peso hidrostático foram sempre superiores aos dos homens, com exceção do ponto anatômico de tornozelo, provavelmente, pela diferença de tamanho dos pés entre os sexos. Os maiores percentuais médios de redução do

peso hidrostático das mulheres deve-se ao maior percentual de gordura, a menor massa muscular e ao menor peso ósseo das mesmas. A análise de regressão simples demonstrou existir uma relação estatisticamente significativa entre o percentual de gordura corporal e o percentual de redução do peso hidrostático nos pontos anatômicos de quadril, cicatriz umbilical, apêndice xifóide, ombros, pescoço e ombros com os braços fora d' água.

A TABELA 07 demonstra os diferentes pesos relativos dos segmentos corporais de tornozelo, joelho, quadril, cicatriz umbilical, xifóide, ombro, pescoço e ombros com os braços fora d' água quando o indivíduo está imerso no meio líquido. Os pesos relativos foram calculados utilizando-se as seguintes fórmulas: $E = P / (P - P1)$; $D = 1 / E$. Onde: E = densidade relativa ou peso específico; P = peso total do indivíduo; P1 = peso hidrostático do indivíduo no ponto anatômico desejado e D = peso relativo do segmento. Considerou-se para estes cálculos como a água tendo uma densidade igual à unidade. Nos pesos relativos dos segmentos corporais de tornozelo, joelho e quadril estão computados os dois segmentos.

Devido à metodologia utilizada neste estudo para a marcação dos pontos anatômicos pode-se somente comparar os pesos relativos dos segmentos corporais de joelho, quadril e pescoço com os de Clauser et al. apud HAY (1981). Constatou-se que os pesos relativos desses segmentos são semelhantes nos dois estudos.

Ao analisar os pesos relativos dos segmentos corporais (TABELA 07) entre os sexos masculino e feminino, observa-se que eles são diferentes estatisticamente ($p \geq 0,05$) nos pontos anatômicos

de quadril, cicatriz umbilical, xifóide, ombro, pescoço e ombros com os braços fora d' água.

TABELA 07. - Médias e desvios padrão dos pesos relativos dos segmentos corporais, com o indivíduo imerso no meio líquido, em relação ao peso corporal total

	PESO RELATIVO DOS SEGMENTOS CORPORAIS			
	MASC (n=28)		FEM (n=26)	
	χ	S	χ	S
TORN	0.02435666	±0.00379201	0.02418090	±0.00444565
JOEL	0.11832854	±0.01214885	0.12354973	±0.01197836
QUAD	0.42486797*	±0.02273060	0.51104057*	±0.02784939
UMBI	0.52476327*	±0.01575804	0.57508793*	±0.01859739
XIFO	0.67111970*	±0.01643043	0.70860342*	±0.01639666
OMBR	0.82465697*	±0.02002228	0.85888681*	±0.02183996
PESC	0.90114154*	±0.01155738	0.92136940*	±0.01209628
OFOR	0.72872950*	±0.01948200	0.76765925*	±0.04322043

* significativa ao nível $p \leq 0,05$

A TABELA 08 apresenta os coeficientes das equações de regressão simples ($Y = B_0 + B_1 \cdot X_1$), para o cálculo do peso hidrostático do indivíduo em diferentes profundidades de água a partir do peso corporal, nos pontos anatômicos de tornozelo, joelho, quadril, cicatriz umbilical, apêndice xifóide, ombro e pescoço.

TABELA 08 - Coeficientes das equações de regressão simples para o cálculo do peso hidrostático do indivíduo em diferentes profundidades de água a partir do peso corporal (x_1) do indivíduo.

COEFICIENTES DE EQUAÇÕES DE REGRESSÃO SIMPLES				
SEGMENTOS	B₀	B₁	r	σ
TORN	0.0216560	0.97538121	0,316	0,243
JOEL	-1.9392850	0.91118262	0,995	0,743
QUAD	-18.3202251	0.83611268	0,998	1,819
UMBI	-11.2189132	0.63623014	0,957	1,361
XIFO	-8.6796315	0.45413941	0,940	1,158
OMBR	-4.3347624	0.23042802	0,712	1,604
PESC	-3.2734498	0.14317034	0,770	0,869

Pode-se, através dos dados obtidos pelas equações de regressão simples (TABELA 08), conhecendo-se o peso corporal do indivíduo, calcular o peso hidrostático do mesmo em determinada profundidade de água. E, também, através das equações de regressão simples (TABELA 09), conhecendo-se o percentual de gordura corporal do indivíduo, calcular o percentual de redução do seu peso hidrostático para os pontos anatômicos de quadril, cicatriz umbilical, xifóide, ombro, pescoço e ombro com os braços para fora d' água.

Tome-se como exemplo um indivíduo com peso corporal total de 60,2 kg, para o qual se deseje calcular o peso hidrostático na profundidade de água de: cicatriz umbilical, somente conhecendo-se o peso corporal do indivíduo e usando-se as equações de regressão simples (TABELA 08), tem-se que:

- Peso hidrostático do indivíduo na profundidade de água de

cicatriz umbilical: $Y_{\text{umbi}} = B_0 + B_1 \cdot x_1$;

$$Y_{\text{umbi}} = -11,2189 + (0,6362 \cdot 60,2);$$

$$Y_{\text{umbi}} = 27,0804; \text{ ou seja, nesta profundidade o indivíduo}$$

esta pesando apenas 27,08 kg;

Estes dados serão de grande valia para professores de educação física, fisioterapeutas, ortopedistas, fisiatras e especialistas em medicina esportiva que trabalham com indivíduos na posição vertical dentro d' água, uma vez que os mesmos poderão saber com precisão o peso hidrostático que o indivíduo está sujeito em determinada profundidade de água sem a necessidade de aparelhos sofisticados para a determinação do mesmo.

A TABELA 09, apresenta os coeficientes das equações de regressão simples ($Y = B_0 + B_1 \cdot X_1$), para cálculo do percentual de

redução do peso hidrostático do indivíduo, a partir do %G, nos pontos anatômicos de: quadril, cicatriz umbilical, ombro, pescoço e ombro com os braços fora d' água. Não aparecem os pontos anatômicos de tornozelo e joelho, pois através da análise de regressão simples constatou-se não haver relação entre o percentual de gordura do indivíduo e o percentual de redução desses pontos anatômicos.

TABELA 09 - Coeficientes das equações de regressão simples para cálculo do percentual de redução do peso hidrostático do indivíduo nos pontos anatômicos de quadril, cicatriz umbilical, apêndice xifóide, ombro, pescoço e ombros com os braços fora d' água a partir do percentual de gordura do indivíduo (x_1).

COEFICIENTE DAS EQUAÇÕES DE REGRESSÃO SIMPLES				
SEGMENTOS	B₀	B₁	r	σ
QUAD	33,252781	1,090834	0,4201	2,706
UMBI	45,357997	0,780327	0,4895	7,209
XIFO	62,592594	0,508823	0,4152	4,637
OMBR	77,245648	0,534695	0,4687	3,788
PESC	84,386900	0,523868	0,6497	1,401
OFOR	65,521328	0,753364	0,5671	4,465

Tome-se como exemplo um indivíduo com um percentual de gordura corporal de 10,07%, para o qual se deseja calcular o percentual de redução do peso hidrostático na profundidade de água: quadril de pescoço. Conhecendo-se o %G do indivíduo e usando-se os coeficientes das equações de regressão simples (TABELA 09), tem-se que:

- O percentual de redução do peso hidrostático do indivíduo na profundidade de água de pescoço: $Y_{pesc} = B_0 + B_1 \cdot x_1$;

$$Y_{pesc} = 84,3869 + (0,523868 \cdot 10,07);$$

$Y_{\text{pesc}} = 89,6623$, ou seja, nesta profundidade o percentual de redução de seu peso hidrostático é de 89,66%;

A TABELA 10, apresenta a diminuição média no peso hidrostático dos indivíduos submetidos a diferentes profundidades de água. Na comparação das médias de peso hidrostático dos indivíduos nos diferentes pontos anatômicos utilizou-se a análise de variância, ao nível de significância de 5%. Obteve-se diferenças estatisticamente significativas entre as médias da variável estudada no grupo masculino e feminino. Com a intenção de verificar em quais profundidades encontram-se as diferenças entre as médias dos pesos hidrostáticos dos indivíduos, empregou-se o teste de Tukey, conforme TABELA 10. Constata-se também uma variação média no peso dos indivíduos do sexo masculino de $66,250 \pm 4,461$ kg (peso total fora d'água) para somente $6,539 \pm 0,822$ kg (água na altura do pescoço) e uma variação média no peso dos indivíduos do sexo feminino de $58,099 \pm 4,985$ kg (peso total fora d' água) para somente $4,404 \pm 0,771$ kg (água na altura do pescoço). Pode-se inferir com estes resultados, que quanto maior o nível de imersão (FIGURA 5), menor será o impacto a que uma articulação (que suporta peso) estará submetida quando realiza um determinado exercício, diminuindo assim o *stress* articular. Provavelmente as mulheres ao se exercitarem no meio aquático estejam menos sujeitas a lesões articulares, pelo seu menor peso hidrostático em cada profundidade de ponto anatômico.

Para EVANS et al. (1978); SHELDAHL (1985); WHITLEY & SCHOENE (1987); GLEIM & NICHOLAS (1989); GREEN et al (1990); TOWN & BRADLEY (1991); RITCHIE & HOPKINS (1991), uma

diminuição no peso hidrostático, provavelmente também permita um maior e mais rápido progresso em termos de intensidade, frequência ou duração dos exercícios em indivíduos obesos, ou com diminuição do tonus muscular, assim como diminui o risco de ocorrer moléstias nas articulações que suportam peso durante o exercício.

Observa-se na profundidade de água de ombro que existe uma diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre as médias de peso hidrostático com os braços dentro d' água em relação aos braços fora d' água (na mesma profundidade de água), devido à diferença de volumes corporais imersos no meio líquido, e por conseqüência, modificação na força de empuxo a que o corpo está submetido

TABELA 10 - Médias e desvios padrão do peso corporal total e do peso hidrostático nas diferentes profundidades de água.

PESO HIDROSTÁTICO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES						
	MASC (n=28)		FEM (n=26)		AMBOS (n=54)	
	χ (kg)	S	χ (kg)	S	χ (kg)	S
PTOT	66.250*	±4.601	56.099*	±4.985	61.357	±6.984
TORN	64.636*	±4.490	54.735*	±4.884	59.869	±6.816
JOEL	58.421*	±4.303	49.173*	±4.568	53.969	±6.406
QUAD	38.125*	±3.334	27.442*	±3.058	32.982	±6.253
UMBI	31.500*	±2.637	23.854*	±2.580	27.819	±4.643
XIFO	21.800*	±2.019	16.369*	±1.951	19.185	±3.373
OMBR	11.593*	±1.336	7.877*	±1.212	9.804	±2.262
PESC	6.539*	±0.822	4.404*	±0.771	5.511	±1.336
OFOR	17.968*	±1.736	12.981*	±2.388	15.567	±3.248

* significativa ao nível $p \leq 0,05$

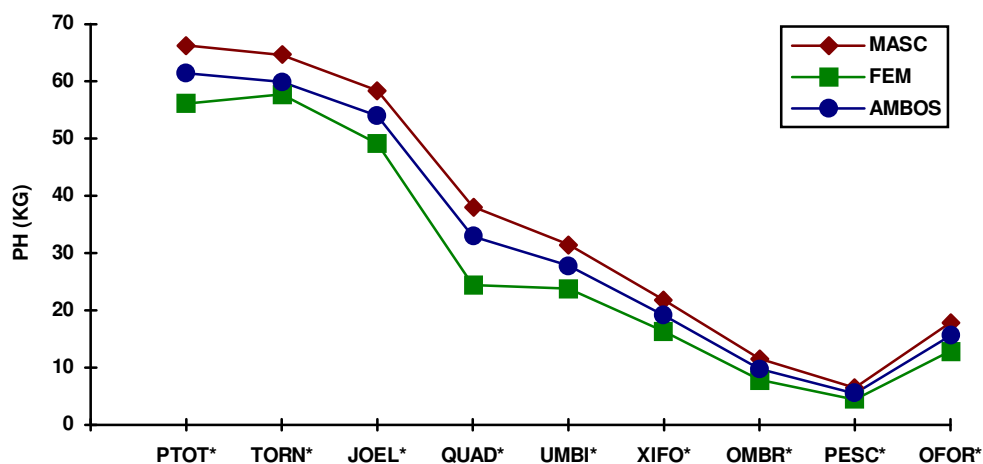


FIGURA 5 - Gráfico do peso hidrostático nos diferentes níveis d' água.

A TABELA 11 apresenta as alturas dos pontos anatômicos para os indivíduos do sexo masculino, feminino e ambos os sexos. Observa-se que existe uma diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre os sexos em todos os pontos anatômicos observados, com exceção do ponto anatômico de quadril (FIGURA 6).

TABELA 11 - Médias e desvios padrão das alturas dos pontos anatômicos de tornozelo, joelho, quadril, cicatriz umbilical, apêndice xifóide, ombro, pescoço e ombro com os braços fora d' água

	ALTURA DOS PONTOS ANATÔMICOS					
	MASC (n=28)		FEM (n=26)		AMBOS (n=54)	
	\bar{x} (cm)	S	\bar{x} (cm)	S	\bar{x} (cm)	S
TORN.	6.821*	±0.772	6.077*	±0.796	6.463	±0.862
JOEL	50.357*	±1.862	46.615*	±2.351	48.556	±2.754
QUAD	94.786	±3.685	93.577	±3.466	94.204	±6.600
UMBI	103.500*	±3.585	100.077*	±3.908	102.889	±4.608
XIFO	123.286*	±4.294	116.346*	±5.019	119.944	±5.790
OMBR	138.036*	±5.182	131.077*	±5.321	134.685	±6.273
PESC	149.821*	±4.944	141.000*	±5.223	145.574	±6.717
OFOR	138.036*	±5.182	131.077*	±5.321	134.685	±6.273

* significativa ao nível $p \leq 0,05$

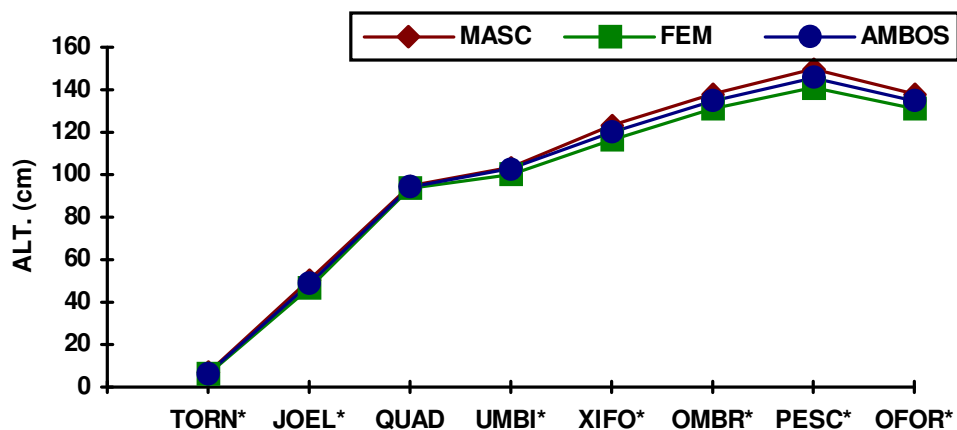


FIGURA 6 - Gráfico representativo da altura dos pontos anatômicos.

O segundo objetivo específico deste experimento foi o de verificar o comportamento da FC nas diferentes profundidades do corpo na água, determinadas pelos pontos anatômicos, para o sexo masculino, feminino e ambos os sexos.

A TABELA 12 mostra os efeitos da profundidade de imersão às modificações na frequência cardíaca. Na comparação das médias das FC dos indivíduos nos diferentes pontos anatômicos utilizou-se a análise de variância, ao nível de 5%. Observa-se que as modificações da FC, nos diferentes pontos anatômicos, entre os sexos, não diferiram estatisticamente ($p \geq 0,05$). Entretanto, encontra-se diferenças significativas ($p \geq 0,05$) na FC nos diferentes pontos anatômicos. Com a intenção de verificar entre quais os pontos anatômicos encontraram-se diferenças entre as médias de FC dos indivíduos, empregou-se o teste de Tukey (conforme tabela 12).

TABELA 12. - Médias e desvios padrão das FCR, FCI e das FC nos diferentes pontos anatômicos para o sexo masculino, feminino e ambos os sexos.

FREQÜÊNCIA CARDÍACA						
	MASC (n = 28)		FEM (n = 26)		AMBOS (n = 54)	
	χ	S	χ	S	χ	S
FCR	70.75	±13.399	76.54	±11.364	73.53 ^C	±12.684
FCI	82.07	±13.829	90.65	±12.348	86.20 ^a	±13.715
FCT	81.64	±11.908	91.12	±12.785	86.20 ^a	±13.121
FCJ	78.54	±12.536	90.25	±12.639	84.22 ^{ab}	±13.816
FCQ	73.29	±11.489	81.15	±12.476	77.07 ^b	±12.506
FCU	70.05	±11.977	77.11	±11.427	73.44 ^C	±12.142
FCX	67.25	±11.549	73.19	±11.548	70.11 ^C	±11.825
FCO	66.14	±11.517	74.39	±12.108	69.86 ^C	±12.382
FCP	66.78	±12.229	74.60	±12.411	70.11 ^C	±12.734
FCOF	70.76	±11.005	78.15	±11.878	74.04 ^C	±11.865

letras diferentes são estatisticamente diferentes ao nível $p \leq 0,05$

Ao analisar-se o comportamento da FC em diferentes profundidades de água encontra-se uma diminuição da mesma, com estabilização desta entre 20 a 40 segundos, à medida que o corpo vai imergindo nas diferentes profundidades, com exceção dos pontos anatômicos do pescoço e do ombro com os braços para fora d' água (FIGURA 7). Provavelmente, a FCOF aumente devido ao aumento do peso hidrostático do indivíduo quando este retira os braços da água ou pela modificação que deva ocorrer no retorno venoso e no fluxo sangüíneo com a nova posição adotada. Já o aumento ocorrido na FC a nível do pescoço em relação a FCO, provavelmente, seja em decorrência da metodologia adotada neste estudo, pois a leitura da FC no ponto anatômico era feita exatamente 1 minuto após o indivíduo estar na profundidade desejada. A FC vinha decrescendo,

paulatinamente, com a imersão dos indivíduos até FCO, após a leitura da FCO, os indivíduos retiravam os braços da água para leitura da FCOF com aumento da FC. Observou-se que no período de 1 minuto entre a leitura de FCOF e FCP a frequência decaía sem, no entanto, estabilizar-se. Provavelmente, se o tempo para leitura da FC fosse maior, a FCP seria menor que a FCO. Convém salientar que esta metodologia de leitura da FC (fazer a leitura após 1 minuto na profundidade proposta) foi adotada pelos seguintes motivos: (1) segundo BLOMQUIST et al. (1980) as adaptações cardiovasculares à imersão são rápidas e efetivas; (2) para RISCH (1978b), a distensão máxima do coração durante uma imersão rápida é atingida após não mais de 6 batimentos cardíacos; (3) conforme RISCH (1978a), o fator tempo não tem um papel importante uma vez que o volume do coração e a pressão venosa central se ajustam instantaneamente às mudanças do nível da água da piscina; e (4) para MAGEL et al. (1982) a bradicardia ocorre após 15 segundos de imersão.

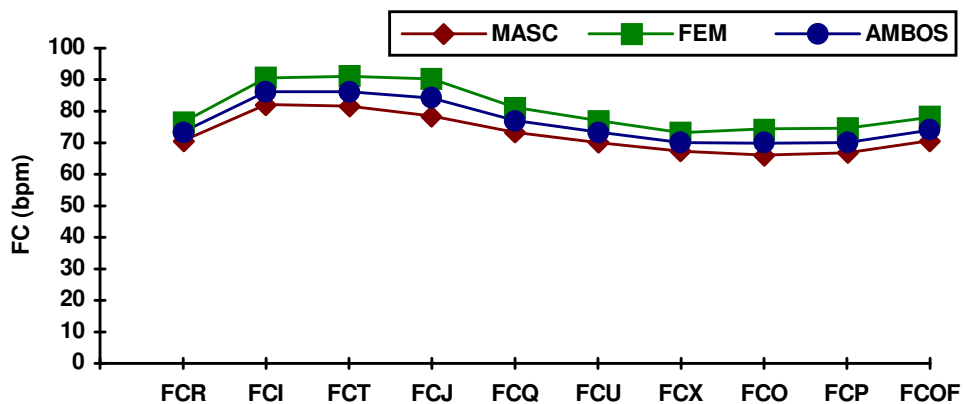


FIGURA 7 - Gráfico representativo da FC nas diferentes profundidades d' água.

Os resultados encontrados neste estudo foram similares aos estudos de MAGEL & FAULKER (1967); MAGEL et al. (1969); McARDLE et al. (1971); PAULEV & HANSEN (1972); HOLMER et al. (1974a); HOLMER et al. (1974b); HEIGENHAUSER et al. (1977); RISCH et al. (1978a); RISCH et al. (1978b); SHELDAHL et al. (1984); HAMER & MORTON (1990); TOWN & BRADLEY (1991) e SVEDENHAG & SEGEN (1992), que encontraram uma bradicardia ao imergirem o indivíduo no meio líquido em condições e situações variadas. Contrariando desta forma os estudos feitos por RENNIE et al. (1971), ARBORELIUS et al. (1972a); BEGIN et al. (1976); BLOMQUIST (1983); GREEN et al. (1990); RICTHCIE & HOPKINS (1991), que não encontraram modificações na FC durante a imersão, e também os resultados de DENISON et al. (1972); JOHNSON et al. (1977); e WITHLEY & SCHOENE (1987), que encontraram um aumento na FC durante a imersão em condições e situações variadas.

Neste estudo, encontrou-se uma redução média na FC que variou de 2 bpm (água na altura do joelho) a 16 bpm (água na altura do ombro). MAGEL & FAULKNER (1967) e McARDLE, W. D., GLASER, R. M., MAGEL, J. R. (1971) encontraram uma diminuição de 10 bpm na FCmax ao compararem uma corrida fora d' água com a natação na posição horizontal. HEIGENHAUSER et al. (1977) e SHELDAHL et al. (1984) encontraram está mesma redução ao pesquisarem exercícios na posição vertical dentro e fora d' água. HOLMER et al. (1974a) e HOLMER et al.(1974b) encontraram uma diminuição de 15 e 12 bpm respectivamente, e HAMER & MORTON (1990) constataram uma diminuição, que variou de 6 a 12 bpm.

Ao analisar-se os dados da TABELA 13, levando-se em consideração as variações na FCI, não foram encontradas semelhanças nas diminuições de FC, em nenhuma profundidade, como as que foram relatadas (TABELA 2) por Tuttle & Templin apud FALLS (1968).

TABELA 13 - Relação entre as diferentes faixas da FCI e as modificações médias na FC causadas pela imersão nos pontos anatômicos de tornozelo, joelho, quadril, cicatriz umbilical, xifóide, ombro, pescoço e ombro com os braços fora d' água.

MODIFICAÇÕES NA FREQUÊNCIA CARDÍACA (bpm)								
FCI	FCT	FCJ	FCQ	FCU	FCX	FCO	FCP	FCOF
50-59 (n=1)	0,0	-1,0	-2,0	-3,0	-6,0	-7,0	-7,0	+2,0
60-69 (n=5)	+2,0	-0,8	-3,8	-6,0	-8,0	-7,6	-4,0	-4,0
70-79 (n=9)	+1,0	-2,6	-8,0	-11,0	-12,2	-15,1	-14,6	-8,0
80-89 (n=19)	+0,2	-0,6	-9,4	-13,1	-17,1	-15,4	-15,0	-12,0
90-99 (n=11)	+0,4	-3,1	-11,4	-14,9	-18,5	-18,1	-23,1	-19,6
100-109 (n=7)	-3,0	-4,0	-9,9	-12,9	-18,1	-20,3	-17,1	-13,8
110-120 (n=2)	-3,0	-2,5	-13,5	-27,5	-29,5	-26,5	-27,0	-18,5

A bradicardia encontrada neste estudo, com exceção dos resultados a nível de pescoço, está diretamente relacionada ao aumento do grau de imersão e, provavelmente, por consequência ao aumento da pressão hidrostática sobre o indivíduo.

A imersão no meio líquido expõe o corpo a uma nova pressão hidrostática (AGOSTINI et al. 1966; RENNIE et al. 1971; DENISON et al. 1972; ARBORELIUS et al. 1972a; ARBORELIUS et al. 1972b; ETCHT et al. 1974; LANGE et al. 1974; GAUER & HENRY, 1976; HEIGENHAUSER et al. 1977; BLOMQVIST et al. 1980; AVELLINI et al. 1983; BLOMQVIST & STONE, 1983; LIN, 1984; SHELDAHL et al. 1984; GREENLEAF, J. E., DUNN, E. R., NESVIG, C., KEIL, L. C.,

HARRISON, M. H., GEELLEN, G., KRAVIL, S. E. 1988), à outra viscosidade do meio (DENISON et al. 1972), a novas condições térmicas (KEATINGE & EVANS 1961; KAWAKAMI et al. 1967; COSTILL et al. 1967; RENNIE et al. 1971; DENISON et al. 1972; ARBORELIUS et al. 1972a; HÖLMER & BERGH, 1974; FOLINSBEE, 1974; ECHT et al. 1974; McARDLE et al. 1976; McMURRAY & HORWATH, 1979; AVELLINI et al. 1983; SHELDAHL, 1985; CHOUKROUN & VARENE, 1990), e algumas vezes a estímulos reflexos circulatórios (DENISON et al. 1972; ARBORELIUS et al. 1972a; GAUER & HENRY, 1976), que poderiam alterar as respostas cardiocirculatórias. Podendo também aumentar as dimensões cardíacas (ARBORELIUS et al. 1972a; RISCH et al. 1978a; RISCH et al. 1978b; BLOMQVIST, 1983) e o volume sistólico (RENNIE et al. 1971; McARDLE et al. 1971; ARBORELIUS et al. 1972a; RISCH et al. 1978a; RISCH et al. 1978b; BLOMQVIST, 1983; BLOMQVIST & STONE, 1983, HAMER & MORTON, 1990).

Segundo RISCH et al. (1978a), o aumento na pressão hidrostática nas veias do abdômen e nas extremidades inferiores estão exatamente equilibradas durante a imersão até o xifóide, pela pressão hidrostática na piscina durante a posição em pé e o sangue não pode circular nas regiões dependentes. O referido autor não encontrou diferença estatisticamente significativa entre o volume sistólico do indivíduo deitado fora d' água e o volume sistólico durante a imersão até o xifóide com os braços fora d' água.

Neste experimento, não encontrou-se diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre FCI, FCT, FCJ; entre FCJ e FCQ e entre FCR, FCU, FCX, FCO, FCP e FCOF.

Enquanto RISCH et al. (1978a) encontraram uma diminuição de 15% entre a FCX com os braços acima da linha da água em relação a FCQ, encontrou-se somente uma diminuição de 9%. Convém salientar que ao nível do xifóide os indivíduos estavam com os braços dentro d' água. Curiosamente encontrou-se uma diminuição de 14,8% na FCX em relação a FCI, relação esta não relatada por RISCH et al. (1978a).

Coincidentemente estas relações se repetem ao comparar-se a diminuição percentual da FCP versus FCQ. Enquanto RISCH et al. (1978a) observaram uma diminuição de 19% na FCP em relação a FCQ, neste estudo encontrou-se uma diminuição de apenas 9,04% nesta relação. Ao relacionar-se a FCP com a FCI observa-se uma diminuição de 18,67%. E ao relacionar-se a FCO versus FCI encontra-se uma diminuição de 18,96% quando os braços estavam dentro d' água e de somente 14,11% com os braços para fora d' água. Estas relações (FCP x FCI e FCO x FCI) também não foram observadas por RISCH et al. (1978a).

Provavelmente, estas diferenças percentuais encontradas entre este estudo e o de RISCH et al. (1978a) sejam devidas ao número reduzido de indivíduos ($n=6$), e à temperatura da água (35°C), no seu estudo. Outros fatores a serem levados em consideração são: a diferença no posicionamento dos braços e as diferenças encontradas em relação à altura dos pontos anatômicos nos dois estudos (altura média do quadril $94,2 \pm 6,60$ cm x $83,0 \pm 1,8$ cm, altura média do xifóide $119,0 \pm 5,79$ x $123,3 \pm 3,2$ cm, e altura média do pescoço $145,57 \pm 6,72$ x $147,8 \pm 2,7$ cm, respectivamente)

Observou-se, nesse estudo, uma diminuição na FCP de 16 bpm ou 18,67% e RISCH et al. (1978b) observaram uma redução de 17

bpm ou 21%. Esta pequena diferença entre a FC provavelmente seja por causa das diferenças de temperaturas entre os experimentos, enquanto RISCH et al. (1978b) utilizaram 35° C, utilizou-se temperaturas entre 29° e 30° C. Outro fator extremamente importante é o número reduzido de indivíduos (n=5) utilizado por RISCH et al. (1978b).

Mesmo durante esforço máximo, esta mesma diminuição de 16 bpm ao nível do pescoço foi observada na FCmax por SVEDENHAG & SEGEN (1992), ao analisarem corrida em água profunda (172 bpm) e corrida fora d' água (188 bpm), sendo que a temperatura da água era de 25° C.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O presente estudo vem demonstrar que os indivíduos, quando são submetidos à imersão no meio líquido, apresentam alterações significativas no seu peso hidrostático e na sua frequência cardíaca.

Conclui-se que, quantitativamente, quanto maior for a profundidade de imersão, considerada até a linha dos ombros, tanto maior será a redução do seu peso hidrostático, bem como de sua frequência cardíaca.

Tal conclusão reveste-se de grande importância no sentido de apontar para as vantagens do incremento de atividades no meio líquido, especialmente para indivíduos com indicação de trabalho em tal meio, na posição vertical, com a possibilidade de determinação do seu peso hidrostático a diferentes profundidades de água.

Ainda, a questão da redução do peso hidrostático remete para um estudo posterior relativo ao comportamento desse peso quando os indivíduos são submetidos a forças de impacto.

Outrossim, em relação a frequência cardíaca, a conclusão do presente estudo remete para uma análise aprofundada do comportamento da mesma, para indivíduos em movimento no meio líquido, bem como para uma extensão da amostra em termos de idade e percentual de gordura corporal, buscando analisar o comportamento da frequência cardíaca em faixas etárias de maior risco.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINI, E. (1966). Respiratory mechanics during submersion and negative-pressure breathing. **J. Appl. Physiol.** 21:251-258.
- ALFIERI, R.G., DUARTE, G.M. (1993). **Marcondes. Exercício e o Coração.** Ed. Cultura Médica. RJ. 2º ed.
- ARBORELIUS, M., BALLDIN, U.I., LILJA, B., LUNDGREN, C.E.G. (1972a). Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. **Aerospace Med.** 43:590-598.
- ARBORELIUS, M., BALLDIN, U.I., LILJA, B., LUNDGREN, C.E.G. (1972b). Regional lung function in man during immersion with the head above water. **Aerospace Med.** 43:701-707.
- ASTRAND, P.O., ENGSTROM, L., ERIKSSON, B.O., LARLBERG, P., NYLANDER, I., SALTIN, B., THOREN, C. (1963). Girl swimmers - with special reference to respiratory and circulatory adaptation and gynaecological and psychiatric aspects. **Acta. Pediat. Suppl.** 147:43-63.
- ASTRAND, P.O., RODAHL, K. (1987). **Tratado de Fisiologia do Exercício.** Ed. Guanabara. 2º ed. RJ.
- AVELLINI, B.A., SHAPIRO, Y., FORTNEY, S.M. WENGER, C.B., PANDOLF, K.B. (1982). Effects of heat tolerance of physical training in water and on land. **J. Appl. Physiol.** 53(5):1291-1298.

- AVELLINI, B.A., SHAPIRO, Y., PANDOLF, K.B. (1983). Cardio-respiratory physical training in water and on land. **Eur. J. Applied Physiol.** 50: 255-263.
- BEGIN, R., EPSTEIN, M., SACKNER, M.A., LEVINSON, R., DOUGHERTY, R., AND DUNCAN, D. (1976). Effects of water immersion to the neck on pulmonary circulation and tissue volume in man. **J. Appl. Physiol.** 40:293-299.
- BLOMQUIST, C.G., NIXON, J.V., JOHNSON, MITCHELL, J. H. (1980). Early cardiovascular adaptation to zero gravity, simulated by head-down tilt. **Acta Astronautica.** 7:543-553.
- BLOMQUIST, C.G. (1983). Cardiovascular adaptation to weightlessness. **Med. Sci. Sports.** 15:428-431.
- BLOMQUIST, C.G., STONE, H.L. (1983). Cardiovascular adjustments gravitational stress. In: Handbook of **Physiology. The Cardiovascular System. Peripheral Circulation and Organ Blood Flow.** Gethesda, Md: Am. Physiol. Soc. Vol. III, part 2 chapt. 28, p.1025-1063.
- BRICK, I. (1966). Circulatory responses to immersing the face in water. **J. Appl. Physiol.** 21:33-36.
- BROOKS, G.A., FAHEY, T.D. (1984). **Exercise Physiology: Human Bionergetics and Its Applications.** John Wilmy & Sons. NY.
- CHOUKROUN, M.L., VARENE, P. (1990). Adjustments in oxygen transport during head-out immersion in water at different temperatures. **J. Appl. Physiol.** 68(4):1475-1480.
- CHRISTIE, J.L., SHELDAHL, L.M., TRISTANI, F.E., WANN, L.S., SAGAR, K.B., LEVANDOSKI, S.G., PTACIN, M.J., SOBOCINSKI, K.A., MORRIS, R.D. (1990). Cardiovascular regulation during

head-out water immersion exercise. **J. Appl. Physiol.** 69(2):657-664.

CONNELY, T.P., SHELDAHL, L.M., TRISTANI, F.E., LEVANDOSKI, S.G., KALKHOFF, R.K., HOFFMAN, M.D., KALBFLEISH, J.H..(1990). Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise. **J. Appl. Physiol.** 69(2):651-656.

COSTILL, D.L., CAHILL, P.J., EDDY, D. (1967). Metabolic responses to submaximal exercise in three water temperatures. **J. Appl. Physiol.** 22:628-632.

COSTILL, D.L.(1971). Energy requirements during exercise in the water. **J. Sports Med Phys Fitness.** 11:87-91.

CRAIG, A.B. (1963). Heart rate responses to apneic underwater diving and to breath holding in man. **J. Appl. Physiol.** 18:854-862.

CRAIG, A.B., DVORAK, M. (1966). Thermal regulation during water immersion. **J. Appl. Physiol.** 21:1577-1585.

CRAIG, A.B., DVORAK, M. (1968). Thermal regulation of man exercising during water immersion. **J. Appl. Physiol.** 25:28-35.

CRAIG, A.B., DVORAK, M. (1969). Comparison of exercise in air and in water of different temperatures. **Med. Sci. Sports.** 1:124-130.

CRAIG, A.B., MEDD, W.L. (1968). Oxygen consumption and carbon dioxide production during breath hold diving. **J. Appl. Physiol.** 24:190-202.

DENISON, D.M., WAGNER, P.D., KINGABY, G.L., WEST, J.B. (1972). Cardiorespiratory responses to exercise in air and underwater. **J. Appl. Physiol.** 33:426-430.

- ECHT, M., LANGE, L., GAUER, O.H. (1974). Changes of peripheral venous tone and central transmural venous pressure during immersion in a thermoneutral bath. **Pfügers Arch.** 352:211-217.
- EPSTEIN, M., LEVINSON, R., LOUTZENHISER, R. (1976). Effects of water immersion on renal hemodynamixs in normal man. **J. Appl. Physiol.** 41:230-233.
- EVANS, B.W., CURETON, K.J., PURVIS, J.W. (1978). Metabolic and circulatory responses to walking and jogging in water. **Research Quartely.** 49:442-449.
- FALLS, H.B. (1968). **Exercise Physiology.** Academic Press. New York, San Francisco, London.
- FARHI, L.E., LINNARSSON, D. (1977). Cardiopulmonary readjustments during grade immersion in water at 35° C. **Respir. Physiol.** 30:35-50.
- FINLEY, J.P., BONET, J.F., WAXNAN, M.B. (1979). Autonomic pathways responsible for bradycardia on facial immersion. **J. Appl. Physiol.** 47(6):1218-1222.
- FOLINSBEE, L. (1974) Cardiovascular response to apneic immersion in cool and warm water. **J. Appl. Physiol.** 36:226-232.
- GAUER, O. H., HENRY, J.P. (1976) Neurohormonal control of plasma volume. Intern. **Rev. Physiol.** 9:145-190.
- GLEIM, G.W., NICHOLAS, J.A. (1989). Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking in water at different depths and temperatures. **Am. J. Sports Med.** 17:248-252.
- GREEN, J.H., CABLE, N.T., ELMS, N. (1990) Heart rate and oxygen consumption during walking on land and in deep water. **J. of Sports Med. and Physical Fitness.** March. 49-52.

- GREENLEAF, J.E., MORESE, J.T., BAINES, P.R., SILVER, J., KEIL, L.C. (1983). Hypervolemia and plasma vasopressin response during water immersion in man. **J. Appl. Physiol.** 55:1688-1693.
- GREENLEAF, J.E., DUNN, E.R., NESVIG, C., KEIL, L.C., HARRISON, M.H., GEELLEN, G., KRAVIL, S.E. (1988). Effect of longitudinal physical training and water immersion on orthostatic tolerance in men. **Aviat. Space Environ Med.** 59:152-159.
- GRIMES, D.C., KRASEVEC, J.A. (s.d.). **Hidroginástica.** Hemus Editora Ltda. SP.
- HAMER, P.W., MORTON, A.R. (1990). Water-Running: Training Effects and Specificity of Aerobic-Anaerobic and Muscular Parameters Following an Eight-Week Interval Training Programme. **Australian J. of Science and Med. in Sport.** 22(1):13-22.
- HAY, J.G. (1981). **Biomecânica das técnicas desportivas.** Ed. Interamericana. 2^o ed. RJ.
- HEIGENHAUSER, G.F., BOULET, D., MILLER, B., FAULKNER, J.A. (1977). Cardiac outputs of post-myocardial infarction patients during swimming and cycling. **Med. Sci. in Sports Exercise.** 9(3):143-147.
- HÖLMER, L. (1972). Oxygen uptake during swimming in man. **J. Appl. Physiol.** 33:502-509.
- HÖLMER, L., LUNDIN, A. AND ERIKSSON, B.O. (1974a) Maximum oxygen uptake during swimming and running by elite swimmers. **J. Appl. Physiol.** 36:711-714.

- HÖLMER, L., STEIN, E.M., SALTIN, B., ASTRAND, P.O. (1974b)
Hemodynamic and respiratory responses compared in swimming
and running. **J. Appl. Physiol.** 37:49-54.
- HÖLMER, L., BERGH, V. (1974). Metabolic and thermal response to
swimming in water at varying temperatures. **J. Appl. Physiol.**
37:702-705.
- JOHANSEN, K. (1964). Regional distribution of circulating blood
during submersion asphyxia in the duck. **Acta Physiol. Scand.**
62:1-9.
- JOHNSON, B.L., STRAMINE, S.B., ADAMEZYK, J.W. (1977).
Comparison of oxygen uptake and heart rate during exercises on
land and in water. **Phys. Ther.** 57:273-278.
- KAWAKAMI, Y., NATELSON, B.H., DuBORS, A.B. (1967).
Cardiovascular effects of face immersion and factors affecting
diving reflex in man. **J. Appl. Physiol.** 23:964-970.
- KEATINGE, W.R. & EVANS, M. (1961). The respiratory and
cardiovascular response to immersion in cold and warm water.
Quart. J. Physiol. 46:83-94.
- KOLLIAS, J., BARLETT, L., BERGSTEINOVA, V., SKINNER, J.S.,
BUSKIRK, E.R., NICHOLAS, W.C. (1974) Metabolic and thermal
responses of women during cooling in water. **J. Appl. Physiol.**
36(5):577-580.
- KOSZUTA, L.E. (1989). From sweats to swimsuits: Is water exercise
the wave of the Future? **The Phys. and Sports Med.** 17: 203-
206.
- KRUEL, L.F.M. (1991). Hidroginástica. IN.: III Seminário de Medicina
Desportiva. **Anais.** RJ.

- LANGE, L., LANGE, S., ECHT, M., GAUER, O.H. (1974). Heart volume in relation to body posture and immersion in a thermo-neutral bath. **Pflügers Arch.** 353:219-226.
- LEITE, P.F. (1984). **Fisiologia do exercício, ergometria e condicionamento físico.** Livraria Atheneu. RJ.
- LIN, Y.C. (1984). Circulatory findings during immersion and breath-hold dives in human. **Undersea Biomed. Res.** 11:123-138.
- MAGEL, J.R., FAULKNER, J.A. (1967). Maximum oxygen uptakes of college swimmers. **J. Appl. Physiol.** 22:929-933.
- MAGEL, J.R., McARDLE, W.D., GLASER, R.M. (1969). Telemetered heart rate response to selected competitive swimming events. **J. Appl. Physiol.** 26:764-770.
- MAGEL, J.R., McARDLE, W.D., WEISS, N.L., STONE, S., NEWMAN, A. (1982). Heart rate response to apnea and face immersion. **J. Sports Med.** 22:135-146.
- MATHEWS, D.K., FOX, E.L. (1979). **Bases fisiológicas da Educação Física e dos Desportos.** Ed. Interamericana. 2^o ed. RJ.
- McARDLE, W.D., GLASER, R.M., MAGEL, J.R. (1971). Metabolic and cardiorespiratory response during free swimming and treadmill walking. **J. Appl. Physiol.** 30:733-738.
- McARDLE, W.D., MAGEL, J.R., LESMES, G.R., PECHAR, G.S. (1976). Metabolic and cardiovascular adjustments to work in air and water at 18, 25 and 33^o C. **J. Appl. Physiol.** 40:85-90.
- McARDLE, W.D., KATCH, F.I., KATCH, V.L. (1985). **Fisiologia do Exercício, Energia, Nutrição e Desempenho Humano.** Ed. Interamericana. RJ.

- McMURRAY, R.G., HORVATH, S.M. (1979). Thermoregulation in swimmers and runners. **J. Appl. Physiol.** 46:1086-1092.
- MENDES, R.A. (1991). **Hidroginastica - Uma alternativa.** In.: III Seminário de Medicina Desportiva. RJ.
- MORO, A.R.P.M. (1994). **Distribuição do peso corporal na posição sentada: um estudo de três situações experimentais simuladas por um protótipo.** Dissertação de Mestrado. UFSM.
- MOORE, T.O., BERNAUER, E.M., SETO, G., PARK, Y.S., HONG, S.K., HAYASHI, E.M. (1970). Effect of immersion at different water temperatures on graded exercise performance in man. **Aerosp. Med.** 41:1404-1408.
- NIGG, B.M., HERZOG, W. (1994). **Biomechanics of the musculo-skeletal system.** John Wiley & Sons. Chichester-New York-Brisbane-Toronto-Singapore.
- OLDRIDGE, N.B., HEIGENHAUSER, G.J.F., SUTTON, J.R., JONES, N.L. (1978). Resting and exercise heart rate with apnea and facial immersion in female swimmers. **J. Appl. Physiol.** 45:875-883.
- OLSEN, C.R., FANESTIL, D.D., SCHOLANDER, P.F. (1962). Some effects of apneic underwater diving on blood gases, lactate, and pressure in man. **J. Appl. Physiol.** 17:938-942.
- PAULEV, P.E. & HANSEN, H.G. (1972). Cardiac responses to apnea and water immersion during exercise in man. **J. Appl. Physiol.** 33:193-198.
- PINHEIRO, J.P., LEÃO, M.L. (1989). Hidrocinesioterapia. **Rev. Portuguesa de Med. Desportiva.** 7:145-150.

- RENNIE, D.W., CONVINO, B.G., HOWELL, B.J., SONG, S.H., KANG, B.S. HONG, S.K. (1962). Physical insulation of Korean diving women. **J. Appl. Physiol.** 17:961-966.
- RENNIE, D.W., DiPRANPERO, P., CERRETELLI, P. (1971). Effects of water immersion on cardiac output, heart rate and stroke volume of men at rest and during exercise. **Med. Sport (Turin)**. 24:223-228.
- RISCH, W.D., Koubenec, H.J., Beckmann, U. (1978a). The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution, and heart rate in man. **Pflügers Arch** 374:115-118.
- RISCH, W.D., Koubenec, H.F., GAUER, O.H., LANGE, S. (1978b). Time course of cardiac distension with rapid immersion in a thermo-neutral bath. **Pflügers Arch**. 374:119-120.
- RITCHIE, S.E., HOPKINS, W.G. (1991). The intensity of exercise in deep-water running. **Intl. J. Sports Med.** 12:27-29.
- SAMPEDRO, R.M.F. (1992). "**Predic14**"- Programa computacional para calculo da composição corporal. SM. 1 disquete 5 1/4. Sistema Operacional MS-DOS.
- SANDINO, A. (1968). **Natacion Desportiva**. 3^o ed. Madrid.
- SHELDAHL, L.M., WANN, L.S., CLIFFORD, O.S., TRISTANI, F.E., WOLF, L.G. KALBELEISH, J.H. (1984). Effect of central hypervolemia on cardiac performance during exercise. **J. Appl. Physiol.** 52:1662-1667.
- SHELDAHL, L.M.. (1985). Special ergometric techniques and weight reduction. **Med. Sci. Sports Exerc.** 18:25-30.

- SHELDAHL, L.M., TRISTANI, F.E., CLIFFORD, P.S., HUGHES, C.V., SOBOCINSKI, H.A., MORRIS, R.D. (1987). Effect of head-out water immersion on cardiorespiratory response to dynamic exercise. **J. Am. Coll. Cardiol.** 10:1254-1258.
- SKINNER, A.T., THOMSON, A.M. (1985). **Duffield: Exercícios na água.** Ed. Manole. 3^o ed. SP.
- SOBRINHO, C.C.(1975). A natação e as guerras. **Rev. Bras. de Ed. Fisica.** 28:37-43.
- SVEDENHAG, J. & SEGEN, J. (1992). Running on land and in water: comparative exercise physiology. **Med. Sci. Sports Exerc.** 24(10):1155-1160.
- TOWN, G.P., BRADLEY, S.S. (1991). Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. **Med. Sci. in Sports Exercise.** 23:238-241.
- VANDER, A.J., SHERMAN, J.H., LUCIANO, D.S. (1981). **Fisiologia Humana: os mecanismos da função de órgãos e sistemas.** Ed. McGraw-Hill. 3^o ed. SP.
- WEINECK, J. (1991). **Biologia do Esporte.** Manole. SP.
- WHITLEY, J.D., SCHOENE,L.L. (1987). Comparison of heart rate responses - water walking versus Treadmill Walking. **J. Am. Physical Therapy Association.** 10:1501-1504.
- YAMAJI, D., GRENLWY, M., NORTHEY, D.R. HUGHSON, R.L. (1990) Oxygen uptake and heart rate responses to treadmill and water running. **Can. J. Sports Science.** 15:96-98.
- YAZAWA, R.H., RIVET, R.E., FRANÇA, N.M., SOUZA, M.T. (1989). Antropometria e flexibilidade em senhoras praticantes de

ginástica aquática. **Rev. Bras. de Ciência e Movimento.** 3(4):23-29.

ANEXO 1

Ficha de coleta de dados

FICHA DE COLETA DE DADOS

NOME:.....IDADE:.....SEXO:.....
 ENDEREÇO:.....FONE /CONTATO:.....
 SABE NADAR: () SIM () NÃO:
 COM QUANTOS ANOS APRENDEU A NADAR?
 SABES NADAR TODOS OS ESTILOS? () SIM () NÃO
 QUAIS CONHECE?.....
 TENS MEDO DE ÁGUA? () SIM () NÃO

OS CAMPOS A SEGUIR DEVERÃO SER PREENCHIDOS PELO AVALIADOR

PESO:.....ESTATURA:.....

DOBRAS CUTÂNEAS:

TRICIPITAL.				
SUSBESCAPULAR				
ABDOMINAL				
SUPRAILIACA.				

DIAMETROS OSSEOS:

BIPICONDILEANO	RADIO-ULNAR	FEMUR	BIMALEOLAR

RESULTADOS DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

PERCENTUAL DE GORDURA:.....
 PESO GORDO:.....MCM:.....PESO MUSC.:.....
 PESO OSSEO:.....PESO RESIDUAL:.....PESO IDEAL:.....

RESULTADOS DA PESAGEM HIDROSTÁTICA

FCR	TÁGUA		
PTOT	FCI		
TORN	FCT	AT	TORN
JOEL	FCJ	AJ	JOEL
QUAD	FCQ	AQ	QUAD
UMBI	FCU	AU	UMBI
XIFO	FCX	AX	XIFO
OMBR	FCO	AO	OMBR
OFOR	FCF	AOF	OFOR
PESC	FCP	AP	PESC

ANEXO 2

Dados técnicos da célula de carga

