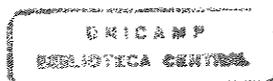


**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

**UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE**

**ESTUDO DOS AJUSTES CARDIORRESPIRATÓRIOS AO EXERCÍCIO FÍSICO
DINÂMICO EM ADOLESCENTES**

**MARILITA FALANGOLA ACCIOLY
CAMPINAS, 2000.**



MARILITA FALANGOLA ACCIOLY

**ESTUDO DOS AJUSTES CARDIORRESPIRATÓRIOS AO EXERCÍCIO FÍSICO
DINÂMICO EM ADOLESCENTES**

Dissertação de Mestrado apresentada à
Faculdade de Educação Física da
Universidade Estadual de Campinas .

Orientadora: Prof^a. Dr^a Roseli Golfetti.

CAMPINAS, 2000.

00116219

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA-FEF-UNICAMP

Ac25e

Accioly, Marilita Falangola

Estudo dos ajustes cardiorrespiratórios ao exercício físico dinâmico em adolescentes / Marilita Falangola Accioly. -- Campinas, SP : [s. n.], 2000.

Orientador: Roseli Golfetti

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física

1. Exercícios físicos-Aspectos fisiológicos . 2. Adolescentes. 3. Sistema nervoso autônomo. 4. Sistema cardiovascular. I. Golfetti, Roseli. II. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física. III. Título.

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação defendida por MARILITA FALÂNGOLA ACCIOLY e aprovada pela comissão julgadora em 24 de novembro de 2000.

Data: *14 de maio de 2001*

Assinatura: *Luiz Eduardo Parente Mont*

COMISSÃO JULGADORA

1. Prof. Dr. Luiz Eduardo Barreto Martins

2. Prof^a. Dr^a. Denise Barbieri Marmo

3. Prof. Dr. Eduardo Nogueira

4. Prof. Dr. Euclides Custódio Lima Filho

Suplente:

1. Prof. Dr. André Moreno Morcillo

Investigação conduzida no
Laboratório de Fisiologia do Exercício
da Faculdade de Educação Física,
UNICAMP.

Suporte Financeiro: CNPq

Dedico este trabalho aos meus pais, que por muitas vezes abdicaram dos seus sonhos para possibilitar os dos seus filhos e por proporcionarem todas as oportunidades para que essa etapa fosse finalizada.

Muito Obrigada.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Aos voluntários que participaram desta investigação, pela disponibilidade, paciência e dedicação nos experimentos realizados.

À Prof^a Dr^a Roselli Golfetti

Pela orientação e apoio concedidos para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Luiz Eduardo Barreto Martins,
pela inestimável colaboração, pela credibilidade dada e orientação na fase final deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Euclides Custódio Lima Filho,
pela enorme paciência em transmitir os ensinamentos “estatísticos”, pelo incentivo à finalização deste trabalho: “um verdadeiro mestre”.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela orientação e iluminação que recebi dia a dia.

Aos meus familiares pelo incentivo e compreensão das inúmeras horas que estive ausente do seu convívio para me dedicar na elaboração deste trabalho.

Aos grandes amigos Cristina, Cecília, Hélio, Aloraine, que acompanharam essa trajetória e tanto incentivaram.

A Giovana, que muito me ajudou na execução dos testes, pelo seu companheirismo e amizade. A Juliana pela ajuda nas medidas antropométricas.

A D. Lair, pelo bom café, amizade e boa conversa.

Aos companheiros de mestrado e pesquisa, em especial a Lilian, Roberto, Érika, Fabiana, Vera, Bia, Mário, Catai, Patrícia, Olival.

Aos amigos da Biblioteca da FEF, pelos inúmeros auxílios, em especial, a Dulce Inês L. dos Santos.

Ao Prof. Dr. André Moreno Morcillo e Prof. Dr. Carlos Roberto Silveira Corrêa, pela realização das avaliações clínicas dos voluntários estudados.

Aos Professores da Pós – Graduação, pela contribuição quanto a minha formação.

Aos Professores Membros da Banca Examinadora, pelas contribuições, sugestões e julgamento deste trabalho.

À Universidade Estadual de Campinas, Instituição que possibilitou a realização desta investigação.

À Direção do Colégio Rio Branco, por permitir a seleção dos voluntários.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

LISTA DE ABREVIATURAS

AF	alta frequência
BF	baixa frequência
bpm	batimentos por minuto
cm	centímetros
DC	débito cardíaco
ECG	eletrocardiograma
FC instantânea	frequência cardíaca instantânea
FCI	frequência cardíaca instantânea
FC	frequência cardíaca
FR	frequência respiratória
kg	quilogramas
km	quilômetros por hora
L/m	litros por minuto
LA	limiar anaeróbio
Máx	máxima
MBF	muito baixa frequência
MMC	metabolic measuring chart
ml/kg/min	mililitros por quilograma de por minuto
mmHg	milímetros de mercúrio
P	potência
PA	pressão arterial
PAS	pressão arterial sistólica
PAD	pressão arterial diastólica
PC	protocolo contínuo
rpm	respirações por minuto
SNA	sistema nervoso autônomo
SNS	sistema nervoso simpático
SNP	sistema nervoso parassimpático

V	ventilação
VCO ₂	produção de dióxido de carbono
VDF	volume diastólico final
VE	volume de ejeção
VFC	variabilidade da frequência cardíaca
VO ₂	consumo de oxigênio
W	watts
(W/min)	watts por minuto

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1.	Indivíduos estudados	10
2.2.	Planejamento Geral da Investigação	11
2.2.1.	Etapas do Estudo	11
2.3.	Metodologia, Materiais e Equipamentos Empregados	12
2.3.1.	Avaliação Clínica	12
2.3.2.	Avaliação Antropométrica	13
2.3.3.	Ergometria Clínica	16
2.3.4.	Avaliação da Capacidade Funcional	19
2.3.5.	Análise dos Resultados e Abordagem Estatística	23
3.	RESULTADOS	26
3.1.	Características Antropométricas	26
3.2.	Variáveis Cardiorrespiratórias no Repouso e no Exercício	30
3.2.1.	Pressão Arterial de Repouso	30
3.2.2.	Frequência Cardíaca	34
3.2.3.	Consumo de Oxigênio	35
3.2.4.	Produção de Dióxido de Carbono	36
3.2.5.	Ventilação	37
3.2.6.	Frequência Respiratória	38

3.2.7. Potência	39
3.3. Comportamento da Frequência Cardíaca Instantânea e do Consumo de Oxigênio.....	41
4. DISCUSSÃO	48
4.1. Características Antropométricas	48
4.2. Variáveis Cardiorrespiratórias	49
4.3. Comportamento da Frequência Cardíaca Instantânea e do Consumo de Oxigênio	54
5. CONCLUSÕES	60
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
7. ANEXOS	70

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Valores da idade dos voluntários. Os valores estão representados em mediana (traço vermelho), 1º e 3º quartis e valores extremos, o intervalo de confiança para mediana observa-se na caixa sobreposta	28
FIGURA 2. Valores do peso dos voluntários. Os valores estão representados em mediana (traço vermelho), 1º e 3º quartis e valores extremos, o intervalo de confiança para mediana observa-se na caixa sobreposta.	28
FIGURA 3. Valores da estatura dos voluntários. Os valores estão representados em mediana (traço vermelho), 1º e 3º quartis e valores extremos, o intervalo de confiança para mediana observa-se na caixa sobreposta.	29
FIGURA 4. Valores da porcentagem de gordura corporal dos voluntários. Os valores estão representados em mediana (traço vermelho), 1º e 3º quartis e valores extremos, o intervalo de confiança para mediana observa-se na caixa sobreposta.	29
FIGURA 5. Valores da pressão arterial sistólica e diastólica de repouso dos voluntários. Os valores estão representados em medianas (traços vermelhos), 1º e 3º quartis e valores extremos, os intervalos de confiança para medianas observam-se nas caixas sobrepostas.	31
FIGURA 6. Valores da frequência cardíaca no repouso, no limiar de anaerobiose e no pico do esforço dos voluntários. Os valores estão representados em medianas (traços vermelhos), 1º e 3º quartis e valores extremos, os intervalos de confiança para medianas observam-se nas caixas sobrepostas.	34
FIGURA 7. Valores do consumo de oxigênio em L/min no repouso, no limiar de anaerobiose e no pico do esforço dos voluntários. Os valores estão representados em medianas (traços vermelhos), 1º e 3º quartis e valores extremos, os intervalos de confiança para medianas observam-se nas caixas sobrepostas.	35
FIGURA 8. Valores do consumo de oxigênio em mL/kg/min ⁻¹ no repouso, no limiar de anaerobiose e no pico do esforço dos voluntários. Os valores estão representados em medianas (traços vermelhos), 1º e 3º quartis e valores extremos, os intervalos de confiança para medianas observa-se na caixa sobreposta.	36
FIGURA 9. Valores da produção de dóxido de carbono em L/min no repouso, no limiar de anaerobiose e no pico do esforço dos voluntários. Os valores estão representados em medianas (traços vermelhos), 1º e 3º quartis e valores extremos, os intervalos de confiança para medianas observam-se na caixas sobrepostas. ...	37
FIGURA 10. Valores da ventilação em L/min no repouso, no limiar de anaerobiose e no pico do esforço dos voluntários. Os valores estão representados em medianas (traços vermelhos), 1º e 3º quartis e valores extremos, os intervalos de confiança para medianas observam-se nas caixas sobrepostas.	38
FIGURA 11. Valores da frequência respiratória em respirações por minuto no repouso, no limiar de anaerobiose e no pico do esforço dos voluntários. Os valores estão representados em medianas (traços vermelhos), 1º e 3º quartis e valores extremos, os intervalos de confiança para medianas observam-se nas caixas sobrepostas.	39

FIGURA 12. Valores da potência em watts no limiar de anaerobiose e no pico do esforço dos voluntários. Os valores estão representados em medianas (traços vermelhos), 1º e 3º quartis e valores extremos, os intervalos de confiança para medianas observam-se nas caixas sobrepostas.	40
FIGURA 13. Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante o protocolo contínuo de esforço.....	42
FIGURA 14. Comportamento do consumo de oxigênio durante o protocolo contínuo de esforço.	42
FIGURA 15. Valores dos logaritmos de X (constantes de cargas da FC instantânea dividido pela carga pico) e de Y (constantes de cargas do VO ₂ dividido pela carga pico) Os valores estão representados em mediana (traços brancos), 1º e 3º quartis e valores extremos.	45
FIGURA 16. Distribuição Gaussiana bivariada das marginais das constantes de cargas da FC instantânea e do VO ₂	47
FIGURA A1. Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário ARC	80
FIGURA A2. Comportamento do consumo de oxigênio durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário ARC	80
FIGURA A3. Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário BHM	81
FIGURA A4. Comportamento do consumo de oxigênio durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário BHM	81
FIGURA A5. Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário DAL	82
FIGURA A6. Comportamento do consumo de oxigênio durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário DAL	82
FIGURA A7. Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário FDP	83
FIGURA A8. Comportamento do consumo de oxigênio durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário FDP	83
FIGURA A9. Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário FRC	84
FIGURA A10. Comportamento do consumo de oxigênio durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário FRC	84
FIGURA A11. Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário HFP	85
FIGURA A12. Comportamento do consumo de oxigênio durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário HFP	85
FIGURA A13. Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário LeVM	86

FIGURA A14. Comportamento do consumo de oxigênio durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário LeVM	86
FIGURA A15. Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário LuVM	87
FIGURA A16. Comportamento do consumo de oxigênio durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário LuVM	87
FIGURA A17. Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário PCD.....	88
FIGURA A18. Comportamento do consumo de oxigênio durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário PCD	88
FIGURA A19. Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário VHJ.....	89
FIGURA A20. Comportamento do consumo de oxigênio durante o protocolo contínuo de esforço, voluntário VHJ	89

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA I Valores das características antropométricas	27
TABELA II Valores das medidas das dobras cutâneas	27
TABELA III Valores das medidas da Pressão Arterial Sistólica e Diastólica em Repouso	31
TABELA IV Valores das medidas das variáveis cardiorrespiratórias obtidas no Repouso	32
TABELA V Valores das variáveis cardiorrespiratórias e de potências obtidas no limiar anaeróbio	33
TABELA VI Valores das variáveis cardiorrespiratórias e de potências obtidas no pico do esforço	33
TABELA VII Valores das constantes de cargas da FC instantânea e do Consumo de Oxigênio, valores da carga pico e gasto calórico semanal (kcal/semanal)	44

RESUMO

ACCIOLY, Marilita Falangola. *Estudo dos ajustes cardiorespiratórios ao exercício físico dinâmico em adolescentes*. Campinas. Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas. 2000. 117 P. Dissertação de Mestrado.

O presente estudo teve como principal objetivo avaliar o comportamento da frequência cardíaca instantânea e do consumo de oxigênio no protocolo contínuo de esforço.

Foram estudados 10 adolescentes do sexo masculino, com idades variando entre 12 e 15 anos, no estágio 5 de maturação sexual, não inseridos em nenhum programa de treinamento físico regular.

Todos os voluntários foram submetidos a:

- 1) avaliação antropométrica e clínica, com o intuito de afastar a possibilidade de patologias que pudessem interferir nos resultados;
- 2) ergometria clínica com protocolo contínuo de esforço em cicloergômetro (PC-rampa de 15 W/min) até a exaustão física, com registro contínuo da frequência cardíaca (FC). (Objetivou-se, neste procedimento, avaliar a condição física dos voluntários e definir o incremento do protocolo de esforço de avaliação da capacidade funcional.);

3) avaliação da capacidade funcional com protocolo contínuo de esforço em cicloergômetro (PC - rampa de 15 W/min) até a exaustão física, com registro contínuo da frequência cardíaca (FC) e das variáveis ventilatórias, tais como consumo de oxigênio (VO_2), ventilação pulmonar (V) e produção de dióxido de carbono (VCO_2).

Através da avaliação da capacidade funcional, determinaram-se os valores das variáveis cardiorespiratórias no limiar anaeróbio, no pico do esforço, e a frequência cardíaca instantânea.

Uma análise global dos dados, a partir deste estudo, sugere que:

- 1) a capacidade física e a maturação do SNA de adolescentes, na faixa etária de 12 a 15 anos, parecem estar próximas da completa maturação dos indivíduos adultos;
- 2) a curva da FC instantânea passou a apresentar um crescimento decrescente, a partir do limiar de anaerobiose e a 50% da carga pico; sugerindo um mecanismo protetor para se manter a eficiência mecânica do coração.

SUMMARY

ACCIOLY, Marilita Falangola. *Study of Cardiorespiratory Adjustments to Dynamic Physical Exercise in Adolescents*. Campinas, São Paulo, Brasil. Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, 2000. 117 p. Dissertação de Mestrado.

The main goal of this study is to evaluate the behaviour of instantaneous heart rate and oxygen consumption in the continuous exercise protocol.

Ten (10) male adolescents ranging from 12 to 15 years old, on stage 5 of sexual maturation, not participating in any regular physical training program, were studied.

All volunteers were submitted to:

- 1) antropometric and clinical evaluation, in order to remove the possibilities of pathologies which might interfere with the results;
- 2) clinical ergometry with continuous exercise protocol in cycle ergometer (CP - 15 W/min. increase ramp workload) until physical exhaustion, with continuous register of heart rate (HR). (The aim of this procedure is to evaluate the physical conditions of the volunteers and to define the increase of exercise protocol in the evaluation of functional capacity);
- 3) evaluation of functional capacity with continuous exercise protocol in cycle ergometer (CP - 15 W/min. ramp) until physical exhaustion, with continuous register of heart rate (HR) and of ventilatory variables such as oxygen consumption (VO₂), pulmonar ventilation (V) and carbon dioxide production (VCO₂).

Through the evaluation of the functional capacity, it was possible to determine the figures of the cardiorespiratory variables in anaerobic threshold at maximum effort and the instantaneous heart rate.

A global analysis of data resulting from this study suggests that:

- 1) the physical capacity and the maturation of the autonomic nervous system of adolescents ranging from 12 to 15 years old seems to approach the complete maturation of an adult;
- 2) the heart rate curve presented a decreasing growth, departing from the anaerobiose threshold and with 50% of maximum load; suggesting a protecting mechanism to stay the mechanical efficiency of the heart.

Introdução

O exercício físico, apesar de ser uma atividade corriqueira na vida diária revela-se do ponto de vista fisiológico extremamente complexo, uma vez que o mesmo envolve uma interação de todos os sistemas que compõem o organismo vivo, tais como, o neuromuscular, o cardiorrespiratório, o termo-regulador, o hormonal, e tantos outros.

As respostas cardiovasculares ao exercício físico estão na dependência de um grande número de fatores, como: 1) genéticos e somáticos (sexo, idade, peso, altura, tipo e qualidade de fibras musculares); hábitos (treinamento, fumo e estado de saúde); 2) ambientais (temperatura, umidade, pressão barométrica); 3) tipo de exercício (dinâmico e/ou estático, etc.) e condições nas quais o mesmo é realizado (quantidade de massa muscular, posição de decúbito, etc.) (GALLO JÚNIOR, 1990).

Durante a execução do exercício físico, as variáveis cardiorrespiratórias modificam-se com a finalidade de aumentar o transporte de oxigênio e nutrientes aos músculos em atividade contrátil, para manter ao longo do tempo, a formação de ATP e/ou restaurar as suas reservas que foram consumidas durante as fases de contração anaeróbia.

Essas modificações (ajustes) fazem parte de uma complexa e organizada rede cujo comando principal é feito pelo Sistema Nervoso Central (SNC), do qual fazem parte seus prolongamentos: o Sistema Nervoso Simpático (SNS) e o Sistema Nervoso Parassimpático (SNP) que compõem o Sistema Nervoso Autônomo (SNA), sistemas essenciais ao pleno funcionamento e modulação das funções orgânicas.

O coração recebe intensa influência autonômica e uma de suas principais características é a de constantemente modificar a frequência de seus batimentos, sua

distensibilidade e a força de contração em resposta à necessidade corporal (ASTRAND, RODHAL, 1980; GUYTON, 1991).

Em condições basais, o balanço entre o sistema simpático e o parassimpático parece ter uma influência vagal dominante, enquanto que para situações de estresse, por exemplo, no exercício físico intenso, o sistema simpático é preponderante. A elevação da FC é a primeira resposta do sistema cardiovascular observada no exercício físico, mediada pela influência do SNA.

A rapidez e a proporcionalidade da resposta da frequência cardíaca frente a um estímulo como o exercício, indicam que existe realmente um fino mecanismo de controle, altamente hierarquizado envolvendo a participação de vários centros cardiovasculares bulbares, que recebem informações de aferentes periféricos, no sentido de modular o transporte de oxigênio e nutrientes, para o músculo em atividade contrátil (MACIEL, 1979).

O aumento da FC em exercício físico, gera uma elevação do débito cardíaco, um aumento da contratilidade miocárdica e subsequente incremento da estimulação simpática, bem como uma maior participação do mecanismo de Frank-Starling proporcionando uma eficiência na distribuição de oxigênio para os músculos (CHRISTENSEN, GALBO, 1983).

O aumento da FC pode dar-se pelo aumento da atividade simpática, diminuição da atividade parassimpática ou pela combinação de os ambos mecanismos (MACIEL et al, 1986).

Aproximadamente nos 10 segundos iniciais do exercício físico, ocorre a elevação rápida da FC (taquicardia rápida) devido à liberação do tônus vagal, independente da potência aplicada. A elevação lenta da FC (taquicardia lenta) observada do 1º ao 4º minuto.

em testes com protocolos descontínuos de exercício físico dinâmico, em médias e altas potências, demonstra que essa elevação é simpático dependente (GALLO JR. et al, 1989).

De uma maneira geral, o SNS atua aumentando a atividade cardíaca, elevando a frequência de batimentos, a velocidade de condução do estímulo elétrico e a força de contração do miocárdio. Já o SNP promove o efeito inverso ao do SNS, pois possui ação depressora do cronotropismo e inotropismo e, o bloqueio da atividade vagal pode contribuir para a elevação da FC (MACIEL et al, 1986).

A frequência cardíaca é uma variável cardiovascular facilmente medida antes, durante e após o esforço físico, não necessitando de técnicas invasivas ou equipamentos sofisticados para a sua obtenção e, devido a esse fato, tem sido amplamente estudada. Além disso, é um parâmetro utilizado para classificar a intensidade do esforço físico e para a prescrição de atividade física.

A análise espectral tem sido utilizada com frequência pelos pesquisadores para analisar a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em repouso. Os principais componentes espectrais identificados a partir desta análise são : um componente de muito baixa frequência (MBF), de baixa frequência (BF) e alta frequência (AF) (MASSIN e BERNUTH, 1997).

A variabilidade da FC é mediada pelo sistema nervoso autônomo, e, por isso, as mudanças da VFC provocadas pela idade, podem refletir o desenvolvimento da influência vagal ou simpático no coração (FINLEY, NUGENT, 1995).

FINLEY, NUNGET e HELLENBRAND (1987) compararam as frequências cardíacas de meninos entre 5 e 12 anos de idade, e encontraram uma diminuição significativa dos componentes de BF e menor diminuição da AF. Esses resultados podem ser interpretados como diminuição em ambas atividades parassimpática e simpática,

sugerindo após essa faixa etária uma maior maturidade no controle da FC, portanto no controle autonômico.

O consumo de oxigênio pelo organismo reflete a capacidade de o indivíduo captar o oxigênio do meio ambiente, transportá-lo até os tecidos ativos e utilizá-lo na mitocôndria. Indivíduos saudáveis, em geral, se caracterizam pelo fato de que a resposta do sistema respiratório em esforço é suficiente para aumentar a captação de oxigênio proporcionalmente à sua grande capacidade de utilização celular (respiração celular) (ROWELL, 1986).

O consumo de oxigênio pode ser determinado pelo produto do débito cardíaco, pela diferença artério-venosa sistêmica do conteúdo de oxigênio, uma vez que o fator limitante da oferta de oxigênio às células, durante o exercício, pode estar subordinado à capacidade de transporte de oxigênio dos pulmões até os tecidos ou pela inabilidade dos tecidos em extrair adequadamente o oxigênio do sangue (WASSERMAN K, et al, 1973).

Assim sendo, a análise do consumo de oxigênio de um indivíduo, na condição de repouso e em graus variados de exercício físico até a exaustão, revela, na realidade, o desempenho e a associação entre grandes sistemas fisiológicos, em especial o pulmonar, o cardiovascular, o sangüíneo e o muscular (HOUSSAY, 1984).

O exercício físico aumenta os processos oxidativos em relação ao basal. Para que isso ocorra é necessário que a fibra muscular receba um aporte satisfatório de nutrientes e oxigênio. Além disso, é importante também que, na mesma proporção, seja removido o calor, dióxido de carbono (CO₂), água e metabólitos, a fim de que seja assegurada a homeostase do meio interno (BROOKS, FAHEY, 1985).

Para atender essas maiores necessidades metabólicas, o consumo de oxigênio (VO_2) aumenta no exercício físico, e tem uma relação linear com o aumento da carga de trabalho (BROOKS, FAHEY, 1985).

Cada indivíduo possui um limite máximo para a utilização do oxigênio durante o exercício físico progressivo que é determinado pela capacidade de o coração bombear sangue, pelo potencial dos tecidos em extrair oxigênio do sangue, bem como pela capacidade de utilização do mesmo (WASSERMAN, HANSEN, SUE et al, 1994).

Há uma relação linear entre FC, consumo de oxigênio (VO_2) e intensidade de esforço físico no exercício físico dinâmico. Dessa forma a FC é muitas vezes utilizada para estimar o VO_2 . McARDLE, KATCH & KATCH (1996) relatam que essa afirmação é satisfeita em grande parte, especialmente para várias intensidades de exercício. Entretanto, em alguns indivíduos, a relação da FC e VO_2 forma uma curva, ou produz uma assíntota para a carga de trabalho mais pesada, em uma direção que indica um aumento superior ao esperado do VO_2 por unidade de aumento de frequência cardíaca.

Em indivíduos saudáveis, o VO_2 max depende de vários fatores, tais como a idade, o sexo, as condições ambientais, o tipo e a intensidade do treinamento (MACARDLE, KATCH, KATCH, 1996).

Bar-Or (1983) relata que com o crescimento da criança, existe um aumento concomitante no consumo máximo de oxigênio. Comparando VO_2 max dos adolescentes de diferentes idades, mas com o mesmo peso corporal, observou-se que o resultado está positivamente relacionado com a idade. Concluindo que o consumo máximo de oxigênio depende também da maturidade do indivíduo e não apenas da dimensão corporal.

Rowland (1990) realizou uma pesquisa com meninos de 6 a 16 anos de idade, submetendo-os a um teste de esforço máximo em esteira, identificando valores no consumo máximo de oxigênio entre 50 a 55 ml/kg/min⁻¹.

Já é bem estabelecido que atletas apresentam maiores valores de VO₂ max, refletindo uma melhor capacidade funcional, proveniente das adaptações morfofuncionais ao treinamento físico aeróbio, nos diversos sistemas do organismo que se integram para garantir a utilização do oxigênio durante o exercício físico (ROWELL, 1986).

Durante a realização de exercícios físicos competitivos ou aqueles envolvidos na rotina diária, as melhores variáveis que refletem o funcionamento dos sistemas orgânicos são o VO₂ max e o limiar de anaerobiose (LA).

WASSERMAN & McILORY (1964) e WASSERMAN, VAN KSELL & BURTON (1967) idealizaram uma técnica não invasiva para detectar esse limiar, sugerindo então o termo “Limiar Anaeróbio” para definir a intensidade de exercício a partir da qual ocorreria um aumento não linear da ventilação pulmonar, da produção de dióxido de carbono e da razão das trocas respiratórias (RER), em relação ao consumo de oxigênio em um teste de esforço progressivamente crescente.

Essa técnica, associada à análise concomitante de amostras seriadas de sangue obtidas durante o teste, demonstrou que um aumento coincidente da concentração do lactato sangüíneo, seguida pela diminuição da concentração de bicarbonato de sódio e do PH, acompanhava as mudanças ventilatórias.

Assim, o LA pode ser identificado como o nível de potência de esforço físico acima do qual a produção de energia aeróbia é suplementada por mecanismos anaeróbios. Nessas condições, ocorre a concentração de ácido láctico muscular e sangüíneo, que resulta em acidose metabólica (WASSERMAN & McILORY, 1964). Essa intensidade crítica ocorre

entre 50 a 65% do VO_2 max em indivíduos sedentários. É preciso salientar que a intensidade crítica constitui não somente um índice de aptidão física como também um importante conceito na prescrição de exercícios, uma vez que indica o maior nível de intensidade submáxima, no qual o exercício é predominantemente aeróbio. Sua determinação representa uma valiosa informação a respeito da eficiência do sistema de transporte de oxigênio e um índice objetivo da tolerância ao exercício que pode ser modificada pelo treinamento, presença de doenças, uso de medicações ou outras intervenções (BROOKS, FAHEY 1985; YOSHIDA et al, 1987).

O limiar de anaerobiose distingue dois estados fisiológicos durante o exercício, um abaixo do LA, em que as respostas cardiorrespiratórias são lineares e a maioria das variáveis atingem condições de equilíbrio (“steady state”); e o outro acima do LA, em que as respectivas respostas assumem um comportamento não linear e não há estabilidade das variáveis (BROOKS, 1991; GALLO Jr. et al, 1995).

Considerando-se que o VO_2 LA mostra boa correlação com o VO_2 max, ele também é utilizado para quantificar as modificações que ocorrem no transporte de oxigênio, funções de condições patológicas e fisiológicas (WASSERMAN, et al, 1994).

Indubitavelmente, o exercício físico controlado é a melhor maneira de avaliar o desempenho dos sistemas fisiológicos envolvidos mais diretamente na execução e na continuidade do exercício. Assim, a escolha da forma de imposição das cargas em um teste de esforço deve ser objeto de especial atenção, pois as respostas cardiorrespiratórias ao exercício físico apresentam características intrínsecas, conforme o tipo de protocolo utilizado (WASERMAN et al, 1987).

Cargas denominadas de degraus ou sucessivas cargas retangulares crescentes (escada) permitem, em baixas potências, a obtenção da condição de equilíbrio dinâmico

(“steady state”) das principais variáveis fisiológicas, entre elas: a frequência cardíaca, a pressão arterial, o consumo de oxigênio, o lactato plasmático, etc e, assim, observar os processos de regulação dentro de uma faixa de resposta linear dos sistemas submetidos a estudo. Para tanto, a carga de trabalho aplicada deve ser de baixa ou moderada intensidade e durar pelo menos de 3 a 6 minutos por degrau (“step”) em cada carga (FERNANDEZ et al, 1974).

Os testes de crescimento contínuo, denominados de rampas ou ainda de testes triangulares, permitem observar também a cinética das principais variáveis estudadas, pois o tempo, a carga, a FC e a pressão arterial e VO_2 crescem, mantendo entre si uma relação quase linear, após a fase transiente das respostas. Em sistemas dinâmicos mais simples, essa relação é linear, daí a denominação de sistemas lineares, permitindo assim, observar a mudança qualitativa das respostas, como LA, LCV, etc (HUGHSON e INMAN, 1986).

WASSERMAN et al (1994) relatam duas grandes vantagens dos testes de crescimento contínuo, como aqueles executados em degraus: 1) os testes iniciam com cargas relativamente baixas, assim não requerem a aplicação de grande força muscular inicial e não provocam um súbito estresse do sistema cardiorrespiratório, 2) o VO_2 max pode ser determinado em um teste de duração curta, aproximadamente 10 minutos.

Além disso, os testes realizados em rampa permitem observar fases de transição entre os diferentes comportamentos dos sistemas dinâmicos mais complexos, como por exemplo o sistema cardiorrespiratório. Dessa forma, os padrões das curvas da FC instantânea e VO_2 devem retratar, além do comportamento dos transientes, possíveis alterações no comportamento linear dos controles envolvidos.

O grande número de publicações sobre os ajustes que o exercício físico provoca no organismo chama a atenção de muitos pesquisadores, no entanto, os trabalhos que

quantificam as respostas cardiorrespiratórias ao exercício em adolescentes são escassos, principalmente no âmbito nacional, em virtude das dificuldades éticas e metodológicas encontradas na realização de pesquisa nesta faixa etária, fazendo com que o tema mereça investigação.

Assim, os principais objetivos do presente estudo foram:

- 1 Contribuir com informações quantitativas a respeito da capacidade funcional cardiorrespiratória de jovens na faixa etária de 12 a 15 anos.
- 2 Estudar o comportamento da frequência cardíaca instantânea e do consumo de oxigênio no protocolo contínuo de esforço.
- 3 Realizar análise dos padrões da curva representativa das interrelações entre FC e VO_2 .

2. Material e Métodos

2.1. INDIVÍDUOS ESTUDADOS

Foram estudados dez indivíduos do sexo masculino, com idades variando entre doze e quinze anos (Tabela I). Todos preencheram os requisitos dos critérios de inclusão do estudo, foram informados a respeito de suas participações no mesmo e assinaram, juntamente com os seus responsáveis, voluntariamente, o termo de consentimento pós-informado (em anexo). Todos os procedimentos nesse sentido obedeceram à resolução de número 196/96 251/97 do Ministério da Saúde, que estabelece normas de conduta em pesquisas que envolvam a participação de seres humanos, sendo este projeto aprovado pela Comitê de Ética em Pesquisa Médica da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas, segundo o parecer nº 053/99.

Os dez indivíduos eram adolescentes, no estágio 5 de maturação sexual, não inseridos em nenhum programa de treinamento físico regular. Os valores das medidas antropométricas e dobras cutâneas encontram-se na Tabela I e II.

Todos esses adolescentes foram submetidos a exame clínico (anamnese e exame físico) (anexos).

2.2. PLANEJAMENTO GERAL DA INVESTIGAÇÃO

Foi conduzido um estudo transversal, a partir do qual se realizou uma análise quantitativa e descritiva das respostas cardiorrespiratórias obtidas nos testes de avaliação funcional, descritos a seguir.

2.2.1 Etapas do Estudo

Na primeira parte do estudo, após seleção, todos os voluntários foram avaliados clinicamente para que se pudesse classificá-los como indivíduos saudáveis e identificar o seu estágio de maturação sexual.

Em seguida, fez-se uma avaliação antropométrica e a respectiva medição das dobras cutâneas, podendo-se ver adiante os devidos resultados obtidos.

Realizou-se uma Ergometria Clínica, por meio de teste cicloergométrico máximo. Posteriormente, foi realizado a Avaliação da Capacidade Funcional, por meio de teste máximo em cicloergômetro para que se pudesse verificar o comportamento da frequência cardíaca instantânea (FCI), do consumo de oxigênio (VO_2) no exercício físico dinâmico e calcular o limiar de anaerobiose (LA) pelo método ventilatório, além dos valores de determinadas variáveis no momento do LA, como consumo de oxigênio (VO_2); a potência (P); a ventilação (V); a frequência cardíaca (FC) entre outras; além de se determinar o valor dessas mesmas variáveis em repouso e no momento do pico do esforço.

Detalhes de cada uma das etapas do estudo estão descritos no item Metodologia, a seguir.

2.3. METODOLOGIA, MATERIAIS, E EQUIPAMENTOS EMPREGADOS

2.3.1 Avaliação Clínica

Todos os indivíduos (n=10) passaram por uma anamnese (vide modelo da ficha em anexo) para que se pudesse ter melhor conhecimento de seus hábitos de vida, volume de atividade física diária e condições de saúde pregressas e atuais. Deu-se atenção a aspectos como uso de medicamentos, doenças que o indivíduo já teve, cirurgias sofridas, etc.

A avaliação clínica constou da verificação da pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC), identificação do estágio de maturação sexual (segundo os estágios de maturação sexual de MARSHALL e TANNER, (1970) ,além da ausculta cardíaca e respiratória

Para verificação da pressão arterial (PA), medida em condições de repouso, os voluntários permaneceram deitados em decúbito dorsal, sem se moverem, durante 10 minutos. Após esse tempo, fez-se a leitura da PA pelo método auscultatório convencional de insuflação do manguito até 200 milímetros de mercúrio (mmHg), seguida de lenta desinsuflação para permitir a ausculta do primeiro batimento cardíaco (pulso), considerado como PA sistólica e do último batimento auscultado,

considerado como PA diastólica. Os equipamentos utilizados foram um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio NARCOSUL[®] e um estetoscópio BIC[®].

Para a verificação da FC em repouso, respeitou-se o mesmo tempo e a mesma posição de repouso descritas anteriormente. A verificação da FC foi realizada pela palpação da artéria radial e a contagem dos batimentos cardíacos em um minuto.

A ausculta pulmonar foi feita com os voluntários estando com o tórax desnudo, na posição sentada, relaxados e respirando pela boca.

Para a ausculta cardíaca em repouso, respeitaram-se as mesmas condições acima citadas com relação aos voluntários. Empregou-se um estetoscópio BIC[®] para a realização das auscultas cardíaca e pulmonar.

2.3.2. Avaliação Antropométrica

Foram medidas as seguintes variáveis:

- a) peso corporal
- b) estatura
- c) pregas cutâneas: bíceps, tríceps, subescapular, abdominal, supra-íliaca, coxa.

Pelas medidas das dobras cutâneas calculou-se a porcentagem de gordura corporal, utilizando-se a equação de predição da gordura corporal de SLAUGHTER et al (1988) Essa equação utiliza as dobras cutâneas tricipital e subescapular e leva em consideração o estágio de maturação sexual e o aspecto racial dos voluntários.

Equação:

$$\%G = 1,12 (\text{tríceps} + \text{subescapular}) - 0,008 (\text{tríceps} + \text{subescapular})^2 - 5,5$$

$\%G \Rightarrow$ porcentagem de gordura corporal.

Tríceps \Rightarrow dobra cutânea do tríceps

Subescapular \Rightarrow dobra cutânea subescapular

2.3.2.1. Peso Corporal: para a investigação do peso corporal, os voluntários trajavam apenas calção, sem camisa e sem calçados. Foram posicionados em pé sobre a balança, voltados de frente para o avaliador, com os braços relaxados ao longo do corpo. A balança utilizada foi da marca Filizola[®], sendo os valores dos pesos corporais demonstrados em quilogramas (kg).

2.3.2.2. Estatura: para a realização da medida da estatura corporal, os voluntários se posicionaram de costas para o estadiômetro, vestidos da mesma maneira como descrito acima, com os braços relaxados ao longo do corpo.

O estadiômetro consiste de uma prancha de madeira vertical, presa a uma base horizontal, formando um ângulo de 90 graus, e a essa prancha, fixa-se uma trena metálica perpendicular à base, com o ponto zero coincidindo com a base. Para a execução das medidas, utiliza-se um cursor que deve formar um ângulo de 90 graus entre a escala do estadiômetro e o vértex do avaliado, sendo a leitura do valor, relativo à estatura dos voluntários, expressa em centímetros (cm).

2.3.2.3. Pregas Cutâneas

Para a realização das medidas da espessura das pregas cutâneas, foi utilizado um compasso de pregas cutâneas, também conhecido como adipômetro ou plicômetro marca Cescorf®. Esse equipamento apresenta uma pressão constante de aproximadamente 10 g/mm² sobre o tecido a ser medido, em uma amplitude de 0 mm a 60 mm, com precisão mínima de medida de 0,1 mm.

As medidas de espessura da prega cutânea foram realizadas no hemicorpo direito do voluntário e, estando a região avaliada despida, utilizou-se o dedo indicador e o polegar da mão esquerda para diferenciar o tecido celular subcutâneo do tecido muscular. A aproximadamente um centímetro abaixo do ponto de reparo pinçado pelos dedos, foram introduzidas as pontas do compasso. Para a execução da leitura aguardou-se em torno de dois segundos e repetiu-se a medida por três vezes, considerando-se a mediana dos valores obtidos.

Optou-se por realizar as seguintes medidas dentre as pregas existentes:

a) Bíceps:

Essa medida foi feita no sentido do eixo longitudinal do braço, na face anterior, no ponto de maior circunferência aparente do ventre muscular do bíceps. (McARDLE, KATCH, KATCH, 1996)

b) Tríceps:

A medida do tríceps foi realizada na face posterior do braço, paralelamente ao eixo longitudinal, no ponto que compreende a metade da distância entre a borda súpero-lateral do acrômio e olécrano. (McARDLE, KATCH, KATCH, 1996)

c) Subescapular

A medida foi executada obliquamente em relação ao eixo longitudinal, imediatamente abaixo da escápula. (McARDLE, KATCH, KATCH, 1996).

d) Abdominal

Realizada a aproximadamente 2,5 centímetros, à direita da cicatriz umbilical, paralelamente ao eixo longitudinal. (McARDLE, KATCH, KATCH, 1996)

e) Suprailíaca

Essa prega é ligeiramente oblíqua, medida imediatamente acima da crista ilíaca ântero-superior. (McARDLE, KATCH, KATCH, 1996).

f) Coxa

A medida foi executada paralelamente ao eixo longitudinal, na linha média da coxa, a dois terços de distância entre a parte média da patela e o quadril. Para facilitar o pinçamento dessa prega, o voluntário deslocou o membro inferior direito à frente, com uma semi-flexão do joelho e manteve o peso do corpo no membro inferior esquerdo. (McARDLE, KATCH, KATCH, 1996).

2.4. ERGOMETRIA CLÍNICA

Objetivos do teste:

- a) proporcionar uma avaliação da condição física dos voluntários
- b) definir o incremento do protocolo de esforço da Avaliação da Capacidade Funcional.

2.4.1. Descrição da Ergometria Clínica

Antes do início do teste, foi feito um pequeno interrogatório a respeito das condições do voluntário, como por exemplo: se havia dormido bem, se estava se sentindo bem, o que havia ingerido, se havia tomado qualquer medicação e, estando tudo bem, o voluntário foi acomodado em decúbito dorsal, sem camisa, para serem colocados os eletrodos torácicos para registro do ECG.

Com uma lâmina de barbear, foram retirados os pêlos do tórax das áreas onde foram colocados os eletrodos e, nas regiões depiladas passou-se álcool para retirar –se a gordura da pele. Depois disso, passou-se gel condutor de eletricidade e, por cima, foram colocados os eletrodos.

Feito isso, o voluntário permaneceu deitado em decúbito dorsal, repousando por 10 minutos para que a FC pudesse se estabilizar numa condição basal.

O ECG foi registrado a partir de 60 segundos que antecederam o início e durante todo o teste, até dois minutos após o seu término. Foi escolhido para cada voluntário a posição dos eletrodos e a derivação que registrasse a menor onda T para que se obtivesse um complexo QRS bastante destacado.

O sinal do ECG foi enviado para uma placa de conversão analógica digital (marca “National Instruments” – NI-LABPC+). Um programa computacional escrito em linguagem “C” leu o sinal do ECG e, por algoritmo computacional sugerido por Pan e Tompkins (1985), calculou-se a FC instantânea (FCI) e os valores foram armazenados em arquivos compatíveis com o programa MATLAB (“MATHWORKS –Inc.”)

A verificação da PA foi feita pelo método auscultatório nos seguintes momentos:

1) após os 10 minutos de repouso iniciais; 2) quando o voluntário atingia o esgotamento físico, considerado PA pico.

Com o voluntário pronto para o teste e consciente da importância de fazer um esforço máximo, foi posicionado sentado sobre a bicicleta ergométrica, com os devidos ajustes da altura do banco e do guidão e a fixação correta dos pés nos pedais.

O teste iniciou-se com movimentação do pedal do cicloergômetro pelo tempo de dois minutos sem aplicação de potências e na velocidade de 60 rotações do pedal a cada minuto, sendo que a rotação foi mantida durante todo o teste.

Após decorrido esse tempo, a potência cresceu mais 1 Watt durante o tempo de 1 minuto. Em seguida, a partir do 3º minuto, foram aplicadas potências de 15 Watts por minuto (W/min), a cada 4 segundos de teste 1 Watt de potência foi acrescido, até que atingiu-se a exaustão física do voluntário.

Quando o voluntário atingiu o esforço máximo, a potência foi registrada e, imediatamente reduzida ao valor de 20 Watts pelo tempo de 3 minutos, finalizando-se o teste em seguida.

A temperatura ambiente foi mantida entre 21 e 23º centígrados durante todos os procedimentos do teste.

2.4.2. Equipamentos e Materiais Utilizados na Ergometria Clínica

- Eletrocardiógrafo modelo ECG - 40A da FUNBEC® (São Paulo, Brasil)
- Monitor de ECG 4-1 TC/FC da FUNBEC® (São Paulo, Brasil)
- Esfigmomanômetro de coluna de mercúrio NARCOSUL e estetoscópio BIC
- Bicicleta ergométrica modelo CORIVAL 400, controlado por microprocessador modelo Workload Programmer (WLP), da QUINTON® (Groningen, Netherlands)
- Desfibrilador cardíaco modelo DF-200; da marca FUNBEC® (São Paulo, Brasil);
- Microcomputador PC com a placa "NI-LABPC+" para captação da FCi
- Programa computacional para captação da FC

AValiação da Capacidade Funcional

2.5.1. Teste Cicloergométrico

Objetivos do teste:

a) proporcionar uma avaliação da condição física dos voluntários, por meio da determinação da aptidão física aeróbia, permitindo-se coletar valores intermediários em diferentes momentos do teste, determinar o limiar anaeróbio (LA) pelo método ventilatório (WASSERMAN, et al., 1973; WASSERMAN, et al., 1990) e valores

para determinadas variáveis no momento desse parâmetro fisiológico e também no pico do esforço, como o consumo de oxigênio VO_2 pico, potência pico, FC pico, etc.

b) verificar o comportamento da FC instantânea e do consumo de oxigênio durante o teste de esforço

2.5.2. Descrição do Teste Cicloergométrico

(Protocolo Contínuo)

Primeiramente foi feito um pequeno interrogatório a respeito das condições do voluntário, como por exemplo: se havia dormido bem, se estava se sentindo bem, o que havia ingerido, se havia tomado qualquer medicação e, estando tudo bem, o voluntário foi acomodado em decúbito dorsal, sem camisa, para serem colocados os eletrodos torácicos para registro do ECG, seguindo para realização deste, os mesmos procedimentos descritos anteriormente.

A FC foi registrada a partir de 60 segundos que antecederam o início e durante todo o teste e até dois minutos após o seu término. Foi escolhido para cada voluntário a posição dos eletrodos e a derivação que registrasse a menor onda T para que se obtivesse um complexo QRS bastante destacado.

O sinal do ECG foi enviado para a mesma placa de conversão analógica digital, utilizando-se o mesmo programa computacional para leitura do sinal do ECG, descritos anteriormente (Ergometria Clínica) e, em seguida, calculou-se a FCI.

A verificação da PA foi feita pelo método auscultatório nos seguintes momentos, após os 10 minutos de repouso iniciais e quando o voluntário atingia o esgotamento físico, considerado a PA pico.

Com o voluntário pronto para o teste e consciente da importância de fazer um esforço máximo, este foi posicionado sentado sobre a bicicleta ergométrica, com os devidos ajustes da altura do banco e do guidão e a fixação correta dos pés nos pedais.

Em seguida, foi feita a colocação do dispositivo bucal-capacete e seu respectivo ajuste para a acoplagem do voluntário ao aparelho analisador das variáveis metabólicas ventilatórias (Metabolic Measuring Chart – MMC da SENSORMEDICS CORPORATION®). O referido aparelho já se encontrava com a calibração feita e pronta para o uso.

Colocou-se em seguida, uma pinça nasal para que o voluntário respirasse por alguns segundos pela boca, adaptando-o à maneira que iria respirar durante todo o procedimento, ou seja, o ar inspirado seria o próprio ar do ambiente, sendo a expiração direcionada ao aparelho MMC (que fazia a análise dos gases).

Os registros das variáveis metabólicas feitas pelo MMC começaram a partir de 3 minutos antes do início do esforço, continuaram durante todo o teste e por mais 2 minutos após o mesmo (fase de recuperação pós-esforço).

As variáveis foram apresentadas num relatório emitido pelo próprio aparelho, a cada 15 segundos.

O teste iniciou-se com movimentação do pedal do cicloergômetro pelo tempo de dois minutos sem aplicação de potências e na velocidade de 60 rotações do pedal a cada minuto, sendo que a rotação foi mantida durante todo o teste.

Após decorrido esse tempo, a potência cresceu 1 Watt durante o tempo de 1 minuto. Em seguida, a partir do 3º minuto, foram aplicadas potências de 15 Watts por

minuto (W/min), a cada 4 segundos de teste 1 Watt de potência foi acrescido, até que atingiu-se a exaustão física do voluntário.

Quando o voluntário atingiu o esforço máximo, a potência foi registrada e imediatamente reduzida ao valor de 20 Watts pelo tempo de 3 minutos, finalizando-se o teste em seguida.

A temperatura ambiente foi mantida entre 21 e 23° centígrados durante todos os procedimentos do teste.

2.5.3. Equipamentos e Materiais Utilizados na Avaliação da Capacidade Funcional

- Eletrocardiógrafo modelo ECG - 40A da FUNBEC® (São Paulo, Brasil)
- Monitor de ECG 4-1 TC/FC da FUNBEC® (São Paulo, Brasil)
- Esfigmomanômetro de coluna de mercúrio NARCOSUL e estetoscópio BIC
- Analisador metabólico das variáveis ventilatórias (Metabolic Measuring Chart – MMC Horizontal System – programa Universal Exercise, ver. 1.90) da SENSORMEDICS CORPORATION®
- Bicicleta ergométrica modelo CORIVAL 400, controlado por microprocessador modelo Workload Programmer (WLP), da QUINTON® (Groningen, Netherlands)
- Desfibrilador cardíaco modelo DF-200; da marca FUNBEC® (São Paulo, Brasil);
- Microcomputador PC com a placa "NI-LABPC+" para captação da FCi
- Programa computacional para captação da FC

2.6. ANÁLISE DOS RESULTADOS E ABORDAGEM ESTATÍSTICA

2.6.1. Dados Obtidos da Avaliação Antropométrica

Foi realizada uma análise descritiva dos valores, utilizando-se a forma de “boxplot”, que apresenta graficamente o sumário dos valores obtidos: valores mínimos e máximos, 1º e 3º quartis, medianas (sempre apresentadas na forma de uma barra horizontal vermelha) e “outliers” (representados, de forma isolada, por uma linha horizontal preta). Empregou-se o teste do intervalo de confiança para a mediana (SNEDECOR, COCHRAN, 1989) cuja representação encontra-se numa caixa sobreposta dentro dos “boxplots”.

O “software” empregado para a execução dos “boxplots” e o cálculo das medianas e seus intervalos de confianças assim como os quartis, foi o S-plus 4.5.

2.6.2. Dados Obtidos da Avaliação da Capacidade Funcional

Os valores da FC em repouso foram obtidos dos registros feitos pelo eletrocardiógrafo. Esses valores foram apresentados pelos “boxplots”, como descrito acima.

Os valores das variáveis ventilatórias no LA e pico do esforço foram obtidos diretamente dos registros feitos pelo aparelho Metabolic Measuring Chart (MMC), na condição de repouso, antes do PC e durante todo o teste de esforço.

Os dados relativos às variáveis cardiorrespiratórias no LA foram extraídos de cálculos que obedeceram ao método ventilatório para suas designações, no qual baseia-se na interpretação da inflexão da curva do dióxido de carbono e da ventilação pulmonar (WASSERMAN et al, 1973; WASSERMAN , 1984; WASSERMAN et al., 1990) com relação à dinâmica do VO_2 , durante o PC.

Os valores cardiorrespiratórios representativos do pico do esforço foram também extraídos dos registros emitidos pelo MMC, no momento de exaustão física apresentada pelo voluntário.

Empregou-se estatística descritiva por meio de tabelas, que demonstraram os valores individuais das variáveis cardiorrespiratórias e potências, obtidos no LA e no momento do pico do esforço, com os valores respectivos de médias, medianas, valores mínimos e máximos, 1º e 3º quartis.

A FC obtida dos registros feitos pelo ECG foi transferida para um microcomputador com placa “NI-LABPC+” que possuía um programa computacional para a captação da FCI. Para análise dessas variáveis foi utilizado o “software” S-Plus 4.5 por meio dos seguintes procedimentos:

Utilizou-se a função “plot” para se obter um gráfico do comportamento dessas variáveis durante todo o teste de esforço.

A partir das anotações feitas durante o teste de esforço e do gráfico, foi relacionada a fase ascendente do teste e, nesta foi selecionado uma seqüência entre zero e o valor máximo de carga com o mesmo número de valores da FCI e VO_2 .

A seguir, utilizou-se a função “lowess”, que proporcionou uma suavização robusta da abscissa e ordenada e permitiu a ponderação dos dados suavizados em cada ponto. O coeficiente de ponderação utilizado foi entre 1/2 e 1/5.

Os valores incrementais entre os sucessivos dados analisados da FCI e VO₂ foram plotados. Nestes gráficos, foram localizados os máximos, denominados constantes de cargas de FCI e VO₂.

Verificou-se o comportamento das constantes de cargas da FCI e do VO₂, relacionando-as às cargas picos. Como as cargas picos foram diferentes para cada voluntário, realizou-se uma escala dessas variáveis para que as mesmas pudessem ser comparadas, que foi de menos a mais infinito, utilizando-se a seguinte relação:

$$\log (x / 1-x) \quad e \quad \log (y / 1-y)$$

na qual “x” são as constantes de cargas da FC instantânea, dividido pela carga pico; “y” são as constantes de cargas do VO₂ dividido pela carga pico.

Construiu-se nova matriz, a partir dessas correções nas constantes de cargas da FC instantânea e nas constantes de cargas do VO₂ pela carga pico, incluindo-se o gasto energético/semanal (kcal/semanal) despendido nas atividades físicas realizadas pelos voluntários. Essa matriz foi corrigida em uma escala para que as mesmas pudessem ser comparadas, centrada no zero e com desvio padrão de um.

A estimativa do gasto energético, foi baseada no relato do tempo gasto para a realização da atividade física semanal realizada pelos voluntários e no custo energético despendido nesta atividade, utilizando-se a tabela de referência de gasto energético elaborada por ASTRAND e RODAHL (1980) para cada modalidade e tempo de atividade física.

Em seguida, analisou-se a distribuição das constantes de cargas da FC instantânea e VO₂ sem a influência do gasto energético/semanal (kcal) agrupando-as aos pares.

3.1. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS

Apresentamos, a seguir, os valores antropométricos e da porcentagem de gordura corporal dos voluntários (n=10) participantes da pesquisa. Os “boxplots” (figuras de 1 a 4) apresentam graficamente estes dados.

As características antropométricas, os valores das medidas das dobras cutâneas e a porcentagem de gordura corporal dos voluntários estão apresentados nas Tabelas I e II.

A idade mediana dos adolescentes foi de 14 anos e as medianas do peso e da estatura foram, respectivamente, 70.5 kg e 172.5 cm.

As medianas das dobras cutâneas foram: bicipital 8.0 mm, tricipital 12.4 mm, subescapular 10.3 mm , abdominal 17.1 mm , suprailíaca 12.3 mm e da coxa 20.7 mm. A mediana da porcentagem de gordura corporal foi de 18.42%.

Tabela I. Valores das características antropométricas

Voluntários	Idade	Peso	Estatura
ARC	12	70.5	173
BHM	14	62.6	171
DAL	14	58.1	173
FDP	14	87.7	168
FRC.	14	72.2	186
HFP	14	70.9	178
LeVM	14	70.5	185
LuVM	13	62.3	171
PCD	15	72	172
VHJ	14	49.5	163
Mínimo	12	49.5	163
1º quartil	14	62.3	171
Mediana	14	70.5	172.5
Média	13.8	67.6	174
3º quartil	14	71.7	176.8
Máximo	15	87	186

Idade em anos; estatura em centímetros; peso em quilogramas.

Em seguida, tem-se a Tabela III com os respectivos valores individuais das medidas das dobras cutâneas de todos os adolescentes .

Tabela II. Valores das medidas das dobras cutâneas

Voluntários	Biceps	Triceps	Subescapular	Abdominal	Supra-iliaca	Coxa	% de gordura
ARC	9,2	12,4	13,4	18,0	15,6	25,0	20.39
BHM	8,0	15,0	11,2	23,0	16,0	22,0	20.71
DAL	5,4	10,2	8,2	16,2	13,4	15,2	14.05
FDP	12,0	20,0	23,0	28,0	32,0	27,0	35.26
FRC	8,0	12,0	11,0	19,0	10,0	14,0	18.09
HFP	5,0	12,4	9,6	15,6	11,2	21,0	17.24
LeVM	5,2	10,0	7,2	12,0	6,0	14,4	12.94
LuVM	5,2	7,4	7,0	11,0	9,2	13,2	10.26
PCD	13,0	18,0	24,0	26,0	14,2	21,0	34.48
VHJ	8,4	15,6	8,2	13,0	7,0	20,4	18.76
Mínimo	5	7.4	7	11	6.0	13.2	10.26
1º quartil	5.25	10.6	8.2	13.6	9.4	14.6	14.85
Mediana	8	12.4	10.3	17.1	12.3	20.7	18.42
Média	7.9	13.3	12.2	18.1	13.4	19.3	20.22
3º quartil	9	15.4	12.8	22	15.2	21.7	20.63
Máximo	13	20	24	28	32	27	35.63

Todos os valores em milímetros (mm) ; bíceps; tríceps; subescapular; abdominal; supra-iliaca e coxa.
Porcentagem de gordura corporal

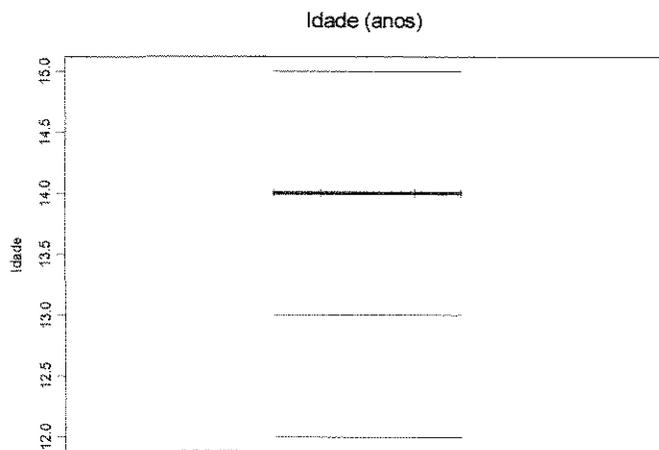


Figura 1. Valores da idade. Estão representados os valores mínimos, 1º quartil, medianas, (traço vermelho), 3º quartil, máximos, “outliers” e intervalos de confiança das medianas.

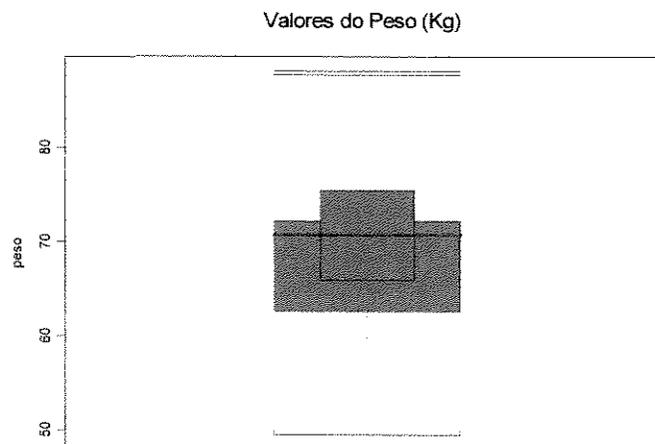


Figura 2. Valores do peso . Estão representados os valores mínimos, 1º quartil, medianas (traço vermelho), 3º quartil, máximos e intervalo de confiança das medianas (caixa sobreposta).

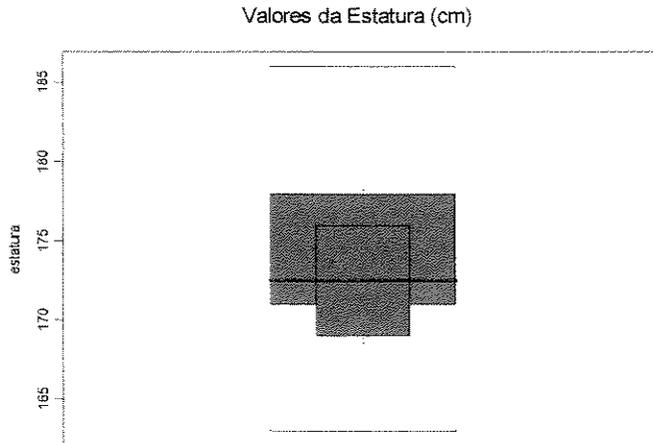


Figura 3. Valores da estatura . Estão representados os valores mínimos, 1º quartil, mediana (traço vermelho), 3º quartil, máximos e intervalo de confiança das medianas (caixa sobreposta).

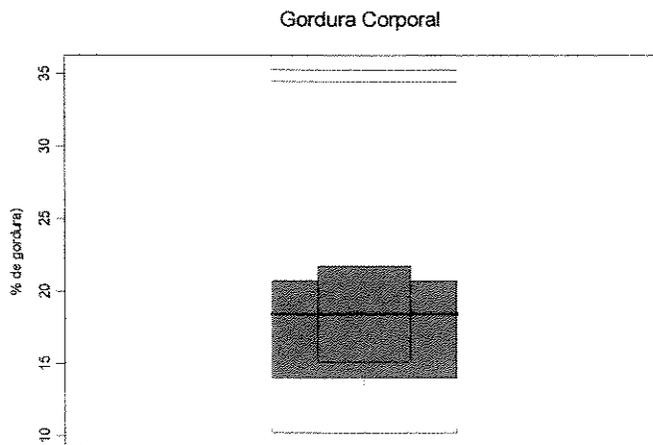


Figura 4. Valores da porcentagem de gordura corporal . Estão representados os valores mínimos, 1º quartil, mediana (traço vermelho), 3º quartil, máximos e intervalo de confiança das medianas (caixa sobreposta).

3.2. VARIÁVEIS CARDIORRESPIRATÓRIAS EM REPOUSO E EM EXERCÍCIO

Os resultados apresentados em seguida foram obtidos durante a Avaliação da Capacidade Funcional (ergoespirometria) com protocolo contínuo (PC) de esforço, do qual participaram todos os voluntários (n=10).

Deu-se especial destaque às variáveis que pudessem revelar o comportamento do sistema cardiorrespiratório em repouso, momento do limiar de anaerobiose (LA) (calculado pelo método ventilatório) e no pico do esforço.

3.2.1 Pressão Arterial de Repouso (PAR)

Os valores de pressão arterial sistólica e pressão arterial diastólica obtidos nas condições de repouso e na posição supina estão apresentados na Tabela III e representados graficamente em “boxplots” os valores das respectivas variáveis, podendo-se observar os valores de medianas e seus intervalos de confiança, os 1º e 3º quartis e os valores extremos (Figura 5).

Tabela III. Valores das medidas da Pressão Arterial Sistólica e Diastólica em Repouso

Voluntários	PAS	PAD
ARC	120	80
BHM	110	60
DAL	120	80
FDP	120	80
FRC.	110	70
HFP	130	80
LeVM	110	70
LuVM	110	70
PCD	110	70
VHJ	110	90
Mínimo	110	60
1º quartil	110	70
Mediana	110	75
Média	115	75
3º quartil	120	80
Máximo	130	90

Todos os valores em mmHg, PAS=pressão arterial sistólica; PAD=pressão arterial diastólica.

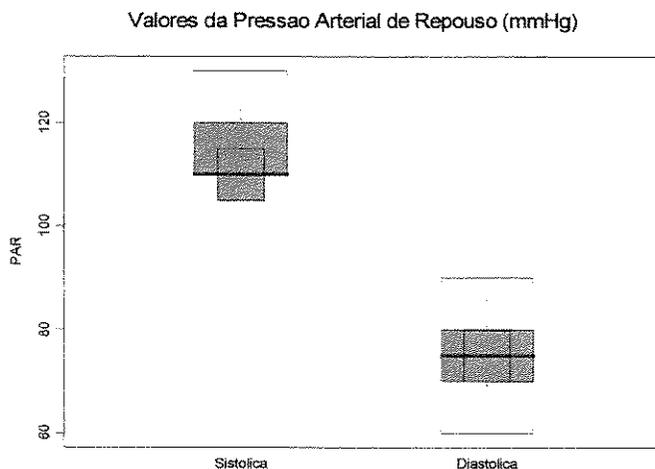


Figura 5. Valores da pressão arterial sistólica e diastólica em repouso. Estão representados os valores mínimos, 1º quartil, medianas (traços vermelhos), 3º quartil, máximos e os intervalos de confiança das medianas (caixas sobrepostas).

As variáveis estudadas durante o PC no momento de repouso, do LA e pico de esforço foram: o consumo de oxigênio (VO_2) em litros por minuto (L/min) e em mililitros de quilogramas por minuto ($mL/kg/min^{-1}$); a produção de dióxido de carbono (VCO_2) em L/min; a frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm); a potência em Watts (W), a ventilação (V) em L/min e a frequência respiratória (FR) em respirações por minuto (rpm).

Os valores destas variáveis estão apresentados nas tabelas IV, V e VI.

Tabela IV. Valores das medidas das variáveis cardiopulmonares obtidas no Repouso

Voluntários	VO_2 (L/min)	VO_2 ($mL/kg/min^{-1}$)	VCO_2 (L/min)	FC (bpm)	V (L/min)	FR (rpm)
ARC.	0,257	3,6	0,223	82	9,6	18.2
BHM	0,206	3,3	0,173	76	7,5	17.1
DAL	0,224	3,8	0,195	76	7,1	14.1
FDP	0,232	2,5	0,225	78	7.9	13.18
FRC.	0,141	1,9	0.131	73	6,7	17.4
HFP	0,273	3,8	0,256	77	8,7	13,1
LeVM	0,140	1,9	0,131	85	1,7	7,6
LuVM	0,344	5,2	0,338	76	14.4	30.4
PCD	0,286	3,9	0,282	100	8,6	10,7
VHJ	0,267	5,2	0,214	90	8,2	19,7
Mínimo	0,14	1,9	0,131	73	1.7	7.6
1º quartil	0,210	2,7	0,178	76	7.2	13.12
Mediana	0,244	3,7	0,218	77,5	8.05	15.6
Média	0,237	3,51	0,216	81.3	8.04	16.15
3º quartil	0,271	3,87	0,248	84.2	8.67	18.30
Máximo	0,344	5,2	0,338	100	14.4	30.4

Tabela V. Valores das variáveis cardiorrespiratórias e de potências obtidas no limiar anaeróbio

Voluntários	VO ₂ (L/min)	VO ₂ (ml/kg/min ⁻¹)	VCO ₂ (L/min)	FC (bpm)	P (W)	V (L/min)	FR (rpm)
ARC.	1.24	17,5	1.36	166	85	41.5	30
BHM	1.07	17,5	1.02	145	76	34	31.2
DAL	1.26	20,1	1.26	157	91	32.2	22.6
FDP	1.29	14,1	1.27	145	91	34.8	30.2
FRC.	1.22	16,4	1.41	155	121	42.1	42
HFP	1.56	21,7	1.80	170	134	46	22
LeVM	1.56	21,4	1.75	137	119	46.7	26.6
LuVM	1.87	25,0	1.96	159	124	55	40.3
PCD	1.58	21,2	1.93	164	117	48.1	28.9
VHJ	1.29	24,9	1.21	164	90	37.2	34.8
Mínimo	1.07	14.1	1.02	137	76	32.2	22
1º quartil	1.24	17.5	1.26	147.5	90.25	35.4	27.18
Mediana	1.29	20.65	1.38	158	104	41.8	30.1
Média	1.39	19.98	1.49	156.2	104.8	41.7	30.86
3º quartil	1.56	21.62	1.78	164	120.5	46.5	33.9
Máximo	1.87	25,0	1.96	170	134	55	42

Tabela VI. Valores das variáveis cardiorrespiratórias e de potências obtidas no pico do esforço

Voluntários	VO ₂ (L/min)	VO ₂ (ml/kg/min ⁻¹)	VCO ₂ (L/min)	FC (bpm)	P (W)	V (L/min)	FR (rpm)
ARC.	1.928	23,6	2.440	202	148	66.6	51.1
BHM	1.890	29,8	2.308	196	159	81.2	50.3
DAL	1.791	30,3	2.391	200	197	69.1	44.3
FDP	2.056	22,5	2.421	176	163	72.3	44.9
FRC.	1.741	24,1	2.174	182	188	67.4	51.1
HFP	2.274	31,1	2.941	192	213	83.5	38.2
LeVM	2.837	38,9	3.964	184	236	116.9	40.8
LuVM	3.240	49,1	4.063	200	241	118	60.9
PCD	2.253	30,4	3.367	204	198	107.4	40.8
VHJ	2.211	43,3	2.369	194	174	81.1	54.5
Mínimo	1.741	22.5	2.174	176	148	66.6	38.2
1º quartil	1.9	25.52	2.375	186	165.8	69.9	41.6
Mediana	2.133	30.35	2.43	195	192.5	81.1	47.6
Média	2.222	32.31	2.844	193	191.7	86.3	47.69
3º quartil	2.269	36.95	3.26	200	209.2	101.4	51.1

3.2.2 Freqüência Cardíaca

A figura 6 abaixo, apresenta os resultados obtidos dos registros da FC no repouso, no LA e no pico do esforço.

As medianas foram de 77.5 batimentos por minuto(bpm) em repouso, 158 e 195 batimentos por minuto (bpm), respectivamente no LA e no pico do esforço.

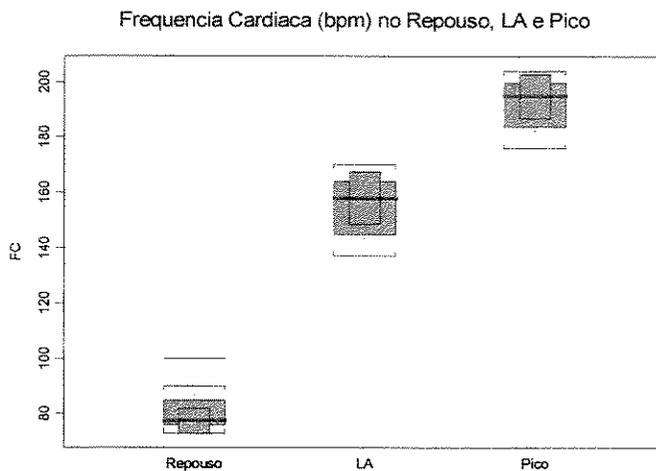


Figura 6. Valores da freqüência cardíaca em repouso no LA e no pico do esforço. Estão representados os valores mínimos, 1º quartil, medianas (traços vermelhos), 3º quartil, máximos e os intervalos de confiança das medianas (caixas sobrepostas).

3.2.3. Consumo de Oxigênio

O consumo de oxigênio (VO_2) foi analisado em litros por minuto (L/min) e em mililitros quilogramas por minuto ($mL/kg/min^{-1}$). As figuras 7 e 8 abaixo, apresentam os resultados obtidos dos registros destas variáveis, em repouso, no LA e no pico do esforço.

As medianas VO_2 em L/min foram de 0,244 em repouso e 1.29 no momento do limiar anaeróbio e de 2.133 no pico do esforço.

As medianas VO_2 em $mL/kg/min^{-1}$ foram de 3,7 no repouso e 20.65 e 30.35 no momento do limiar anaeróbio e de no pico do esforço, respectivamente.

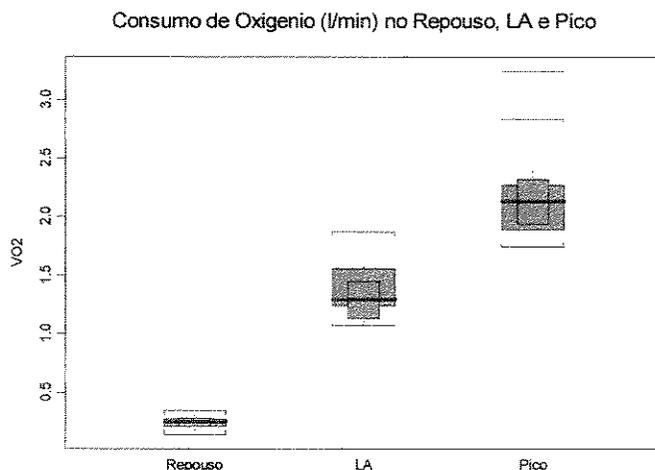


Figura 7. Valores do consumo de oxigênio (VO_2) em L/min em repouso, no limiar anaeróbio e no pico do esforço. Estão representados os valores mínimos, 1º quartil, medianas (traços vermelhos), 3º quartil, máximos e os intervalos de confiança das medianas (caixas sobrepostas).

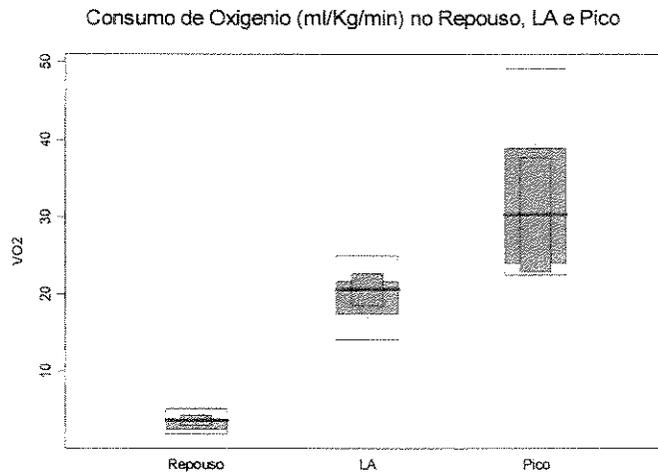


Figura 8. Valores do consumo de oxigênio (VO_2) em $mL/kg/min^{-1}$ em repouso, no limiar anaeróbio e no pico do esforço. Estão representados os valores mínimos, 1º quartil, medianas (traços vermelhos), 3º quartil, máximos e os intervalos de confiança das medianas (caixas sobrepostas).

3.2.4. Produção de Dióxido de Carbono

A figura 9 abaixo, apresenta os resultados obtidos dos registros da produção de dióxido de carbono (VCO_2) em litros por minuto, em repouso, no LA e no pico do esforço.

As medianas VCO_2 em L/min foram de 0,218 em repouso e 1.38, no momento do limiar anaeróbio e de 2.43, no pico do esforço.

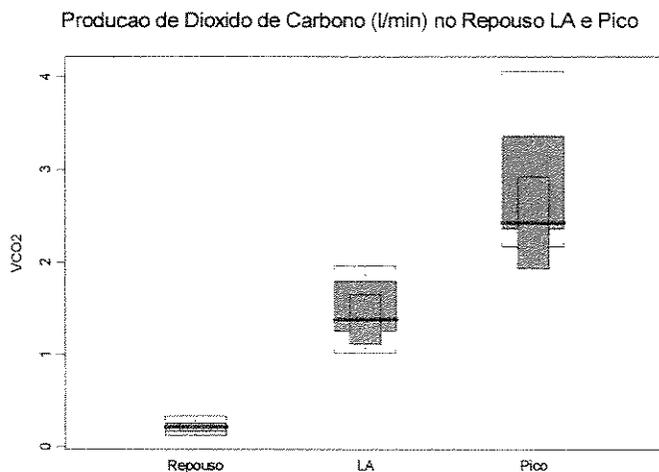


Figura 9. Valores da produção de dióxido (VCO_2) em L/min no limiar anaeróbio. Estão representados os valores mínimos, 1º quartil, medianas (traços vermelhos), 3º quartil, máximos e os intervalos de confiança das medianas (caixas sobrepostas).

3.2.5. Ventilação

A figura 10 abaixo, apresenta os resultados obtidos dos registros da ventilação (V) em litros por minuto, no repouso, no LA e no pico do esforço.

As medianas da ventilação em L/min foram de 8,05 no repouso e 41,8, no momento do limiar anaeróbio e de 81,1, no pico do esforço.

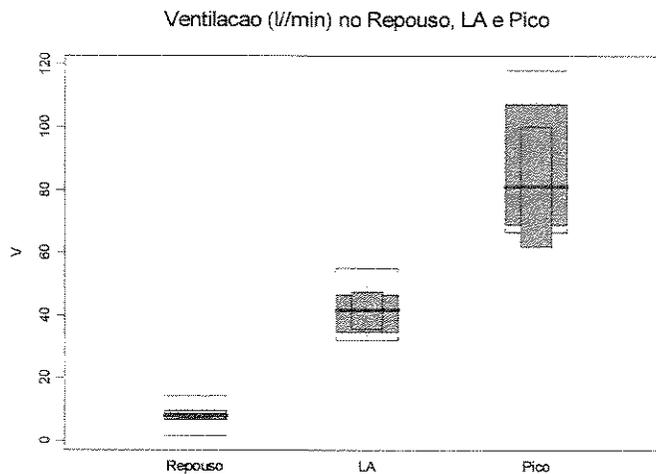


Figura 10. Valores da ventilação (V) em L/min no repouso, no limiar anaeróbio e no pico do esforço. Estão representados os valores mínimos, 1º quartil, medianas (traços vermelhos), 3º quartil, máximos e os intervalos de confiança das medianas (caixas sobrepostas)

3.2.6. Frequência Respiratória

A figura 11 abaixo, apresenta os resultados obtidos dos registros da frequência respiratória (FR) em respirações por minuto, no repouso, no LA e no pico do esforço.

As medianas da frequência respiratória em rpm foram de 15,6 no repouso e 30,1, no momento do limiar anaeróbio e de 47,6, no pico do esforço.

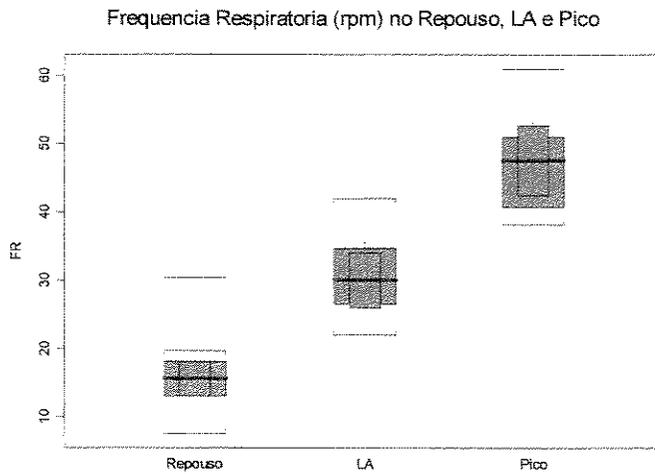


Figura 11. Valores da frequência respiratória (FR) no repouso, no limiar anaeróbio e no pico do esforço. Estão representados os valores mínimos, 1º quartil, medianas (traços vermelhos), 3º quartil, máximos e os intervalos de confiança das medianas (caixas sobrepostas).

3.2.7. Potência

A figura 12 abaixo, apresenta os resultados obtidos dos registros da potência (P), ou seja a carga em Watts (W) no LA e no pico do esforço.

As medianas da potência em W foram de 104 no momento do limiar anaeróbio e de 192.5, no pico do esforço.

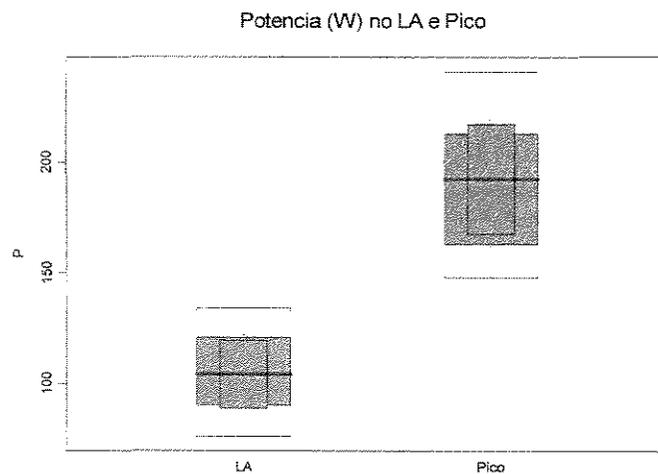


Figura 12. Valores da potência (P) em Watts no limiar anaeróbio e pico do esforço. Estão representados os valores mínimos, 1º quartil, medianas (traços vermelhos), 3º quartil, máximos e os intervalos de confiança das medianas (caixas sobrepostas).

3.3. COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA INSTANTÂNEA E DO CONSUMO DE OXIGÊNIO

Os resultados apresentados em seguida foram obtidos durante a Avaliação da Capacidade Funcional (ergoespirometria), em protocolo contínuo (PC) de esforço.

No protocolo contínuo de esforço realizado, verificou-se que a frequência cardíaca instantânea (FCI) e o consumo de oxigênio (VO_2) aumentaram conforme o aumento de carga e progressão de tempo. Entretanto, observou-se que esse comportamento da FCI e do VO_2 não foram contínuos durante todo o teste.

Identificou-se na curva de crescimento da FCI e do VO_2 que, a partir de uma determinada carga, essas variáveis passaram de um crescimento por acréscimo crescente para acréscimo decrescente, permanecendo desta forma até que se atinja a carga pico, máxima carga alcançada durante o PC de esforço.

As figuras 13 e 14 demonstram e representam esse comportamento da FCI e do VO_2 durante o PC de esforço, respectivamente.

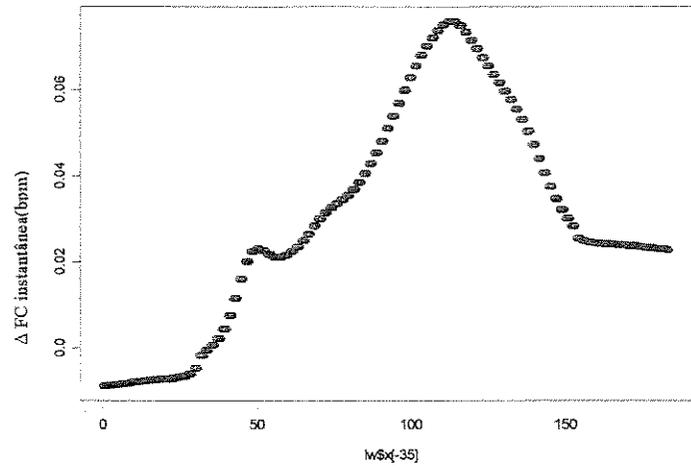
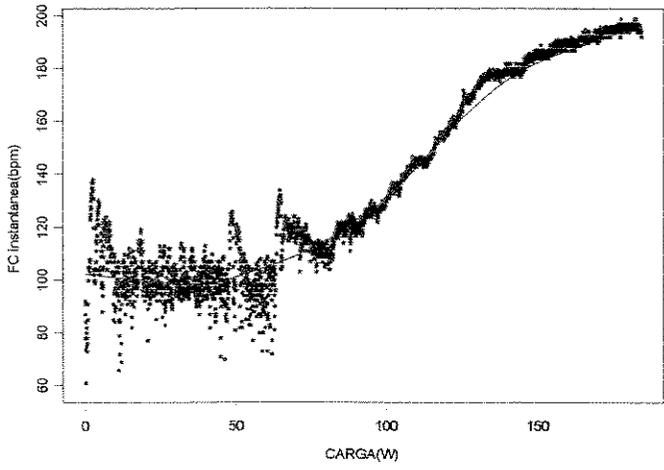


Figura 13. Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante o protocolo contínuo de esforço.

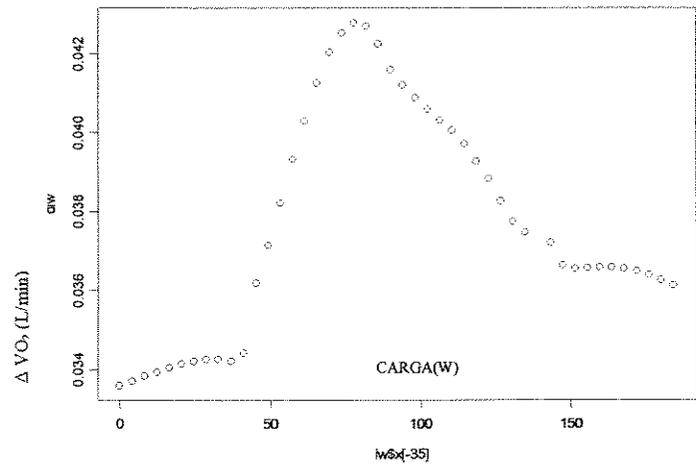
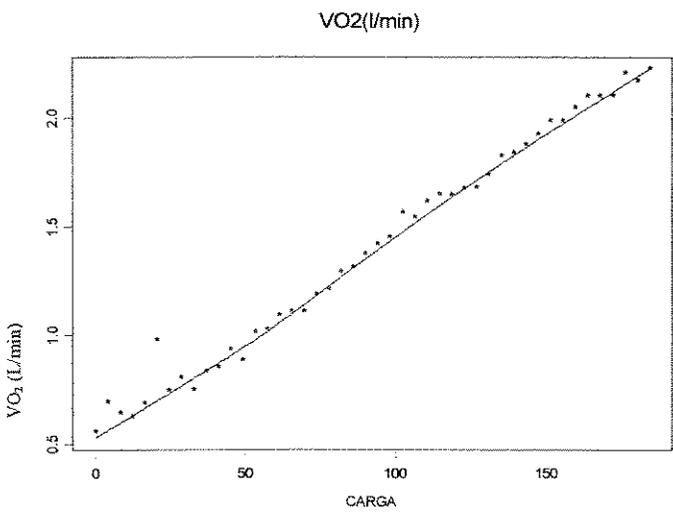


Figura 14. Comportamento do consumo de oxigênio durante o protocolo contínuo de esforço.

Esse comportamento da FCI e do VO_2 foi identificado em quase todos os voluntários, porém em proporções diferentes, ou seja, as cargas nos pontos máximos das taxas de crescimento da FCI e do VO_2 e as cargas picos foram diferentes para cada voluntário. Em dois voluntários (LuVM e HFP) os valores máximos das taxas de crescimento VO_2 ficaram bem próximo da carga pico, porém nota-se a necessidade de ajustes nesses parâmetros ou no método utilizado. O comportamento da FCI e do VO_2 dos voluntários encontra-se no apêndice A.

As cargas nos pontos máximos das taxas de crescimento da FCI e do VO_2 foram denominadas constantes de cargas.

Foi analisado o volume de atividade física realizado pelos voluntários, por meio do relato da quantidade de atividade física semanal executada e verificou-se o gasto energético (kcal) despendido nestas atividades.

A análise do comportamento da FCI e do consumo de oxigênio direcionou-se às relações existentes entre:

- 1) as constantes de cargas da FCI
- 2) as constantes de cargas do Consumo de Oxigênio
- 3) as cargas pico
- 4) o gasto calórico semanal (kcal/semanal) despendido na atividade física dos voluntários

A partir das constantes de cargas da FCI e do VO_2 , das cargas picos e do gasto energético semanal (kcal), elaborou-se a matriz representada pela tabela abaixo.

Tabela VII Valores das constantes de cargas da FC instantânea e do Consumo de Oxigênio, valores da carga pico e gasto calórico semanal (kcal/semanal)

Voluntários	MaxFC (W)	MaxVO ₂ (W)	Carga Pico (W)	kcal/semanal
ARC	150	71	151	2.608
BHM	53	53	150	1.442
DAL	127	124	196	446
FDP	94	69	150	673.5
FRC	156	141	215	3.576
HFP	86	206	210	1.361
LeVM	75	135	242	7.140
LuVM	79	210	214	2.566
PCD	151	92	213	1.382
VHJ	111	77	184	2.634

MaxFC = constantes de cargas da FC instantânea(W); MaxVO₂ = constantes de cargas do consumo de oxigênio (W)
kcal/semanal = gasto calórico semanal.

Verificou-se o comportamento das constantes de cargas da FCI e do VO₂ relacionando-as às cargas picos. Como as cargas picos foram diferentes para cada voluntário, realizou-se uma escala dessas variáveis, para que as mesmas pudessem ser comparadas, que foi de menos a mais infinito, utilizando-se a seguinte relação:

$$\log (x / 1-x) \quad e \quad \log (y / 1-y)$$

na qual “x” são as constantes de cargas da FCI dividido pela carga pico e “y” são as constantes de cargas do VO₂ dividido pela carga pico.

Os resultados dos logaritmos estão representados graficamente em “boxplots” abaixo.

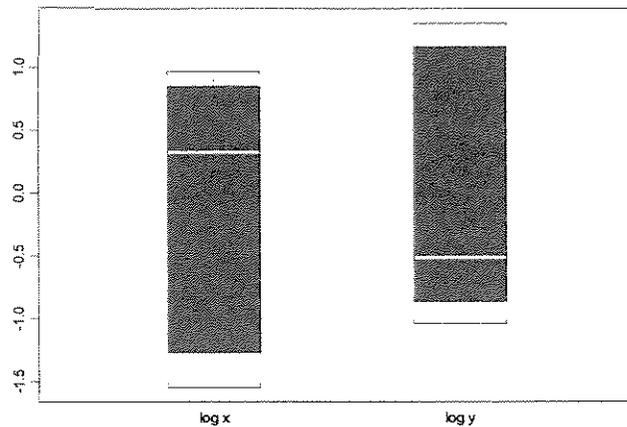


Figura 15. Valores dos logaritmos de x e y. Estão representados os valores mínimos, 1º quartil, medianas (traços brancos), 3º quartil e máximos.

Como se pode verificar acima na Figura 12, os valores do logaritmo de x e y foram, respectivamente:

Mínimo	1º Quartil.	Média	Mediana	3º Quartil	Máximo.
-1.541	-0.5373	0.3283	3.172e-017	0.6574	0.9724

Mínimo	1º Quartil.	Média	Mediana	3º Quartil	Máximo.
-1.032	-0.7615	-0.5058	-2.823e-015	0.8523	1.356

Construiu-se nova matriz, a partir destas correções nas constantes de cargas da FCI e nas constantes de cargas do VO_2 pela carga pico, incluindo-se o gasto energético/semanal (kcal/semanal) despendido nas atividades físicas realizadas pelos voluntários, corrigido em uma escala que centra no zero e com desvio padrão um para que as mesmas pudessem ser comparadas,.

Verificou-se uma correlação de 0.14 nas constantes de cargas da FCI e VO_2 com influência do gasto energético/semanal (kcal/semanal) e uma correlação de 0.34 sem a influência do gasto energético/semanal (kcal/semanal).

Em seguida, analisou-se a distribuição das constantes de cargas da FCI e VO_2 sem a influência do gasto energético/semanal (kcal), agrupando-as em pares. Verificou-se que as marginais das constantes de carga FCI e do VO_2 apresentam distribuição Gaussiana como se pode observar nas figuras abaixo, indicando que esses parâmetros possuem flutuações que ligam os indivíduos.

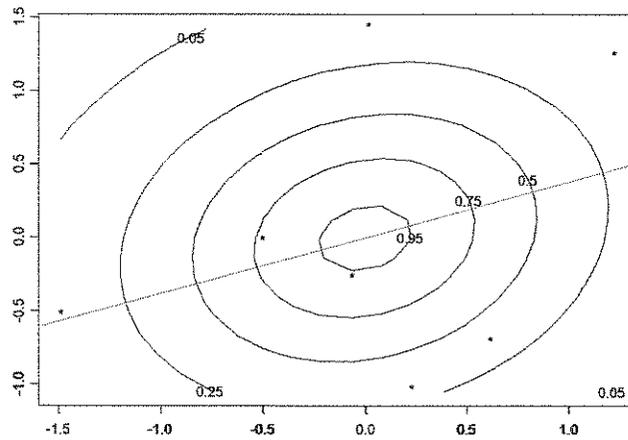
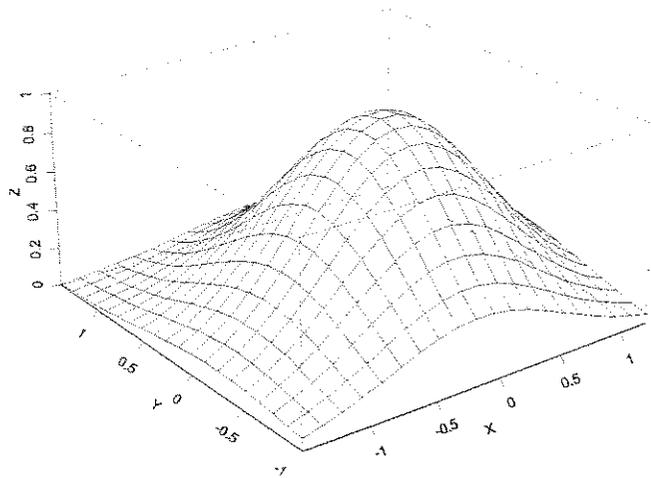


Figura 16. Distribuição Gaussiana bivariada das marginais das constantes de carga FC instantânea e do VO_2 .

4. Discussão

4.1. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS

O presente estudo foi conduzido, considerando-se a padronização de vários fatores que influenciam as respostas fisiológicas ao exercício físico, tais como: características antropométricas, faixa etária, estilo de vida (condição física, hábitos de vida) e condição de saúde (ASTRAND & RODHAL, 1980; BAR-OR 1983; ROWLAND 1990).

Desta forma, pode-se observar na tabela I que os indivíduos estudados apresentam pouca variabilidade quanto à faixa etária, peso corporal e estatura (Figuras 1 a 3), podendo-se considerar essas características homogêneas. Além disso, observou-se que os valores antropométricos de peso e estatura, medianas de 70.5 kg e 172.5 cm respectivamente, são comparáveis com os de uma população adulta, como se nota no estudo de PASCHOAL (1999), em sedentários com 25 anos de idade e peso de 74.5 kg e 171.5 cm de estatura (medianas).

Com relação às dobras cutâneas, pôde-se observar maior correlação ($r=0.69$) das dobras cutâneas x peso corporal e menor correlação ($r= -0.38$) das dobras cutâneas x estatura. A porcentagem de gordura corporal de 18.42% (mediana), demonstrou que a população estudada não era obesa e nem desnutrida.

4.2. VARIÁVEIS CARDIORRESPIRATÓRIAS

No presente estudo, avaliação do desempenho cardiovascular e a capacidade aeróbia durante o exercício dinâmico foram estudadas por meio das medidas do consumo de oxigênio (VO_2) e da frequência cardíaca (FC) nas condições de repouso, no instante do limiar de anaerobiose (LA) ventilatório e no pico do esforço.

As variáveis cardiorrespiratórias se modificam da condição de repouso para a do exercício, com a finalidade de aumentar o transporte de O_2 e nutrientes aos músculos em atividade contrátil, para manter ao longo do tempo a formação de ATP e, portanto satisfazer as maiores necessidades metabólicas e hemodinâmicas dos sistemas neuro-muscular, cardiorrespiratório, termo regulador, hormonal, etc (GALLO JÚNIOR et al, 1990).

As variáveis cardiovasculares analisadas neste estudo apresentaram valores de 77.5 bpm para a FC de repouso, 110 mmHg para a PAS e 75 mmHg para a PAD de repouso (medianas).

Em estudos com populações adultas encontraram-se valores similares aos dos adolescentes desta pesquisa. Tais como, ROWLAND, POPOWSKI e FERRONE (1997), que registraram, em homens com idade média de 30.7 anos, FC de repouso de 76 bpm; PASCHOAL (1999) identificou, em homens com idade mediana de 25 anos, PAS de 120 mmHg e PAD de 85 mmHg. Portanto, este seria um argumento para o provável amadurecimento completo do SNA.

Limiar de Anaerobiose

O limiar anaeróbio (LA) é um parâmetro utilizado para a medida da capacidade aeróbia (WASSERMAN, 1973; COOPER et al, 1984, BAR-OR,1983). Existem várias metodologias, invasivas ou não, utilizadas para a sua obtenção mas nos experimentos realizados no presente trabalho, esse parâmetro foi obtido por metodologia não invasiva, ou seja, pelo método ventilatório. O LA foi estabelecido quando ocorreram acréscimos não lineares do VCO_2 e da V (ventilação) em relação ao aumento linear de VO_2 .

Segundo a interpretação de vários autores, o LA pode ser entendido como a ocorrência de uma falta relativa de oxigênio e, em nível mitocondrial, atingiria magnitude suficiente para que a produção de ácido láctico excedesse sua remoção (BROOKS, FAHEY, 1985). Nessas circunstâncias, uma quantidade adicional de ATP (adenosina trifosfato) seria formada às custas da ativação do mecanismo anaeróbio, com produção de ácido láctico, tanto em nível muscular como sangüíneo, causando uma acidose metabólica (BROOKS, FAHEY, 1985; BAR-OR, 1983; MÁCEK e VÁVRA,1985). O início da produção de ácido láctico muscular e o seu acúmulo no sangue seriam os responsáveis por um aumento não linear da ventilação e da produção de CO_2 , em relação aos incrementos de potência e de consumo de oxigênio (WASSERMAN, et al, 1973).

No presente estudo, os valores do consumo de oxigênio (medianas) no LA foram de 1.29 l/min e 20.65 ml/kg/min⁻¹, valores maiores (27.21 ± 4.68 ml/kg/min⁻¹) foram encontrados por WEYMANS et al (1985), em meninos de 14 anos, ao realizar protocolo contínuo de esforço em esteira.

COOPER et al (1984) também encontraram valores semelhantes aos de WEYMANS e REYBROUCK (1985), $27 \pm 6 \text{ mL/kg/min}^{-1}$, no grupo de meninos mais velhos (14 a 17 anos de idade) e $26 \pm 5 \text{ mL/Kg/min}^{-1}$, no grupo de meninos mais jovens (6 a 13 anos de idade); submetidos a um teste de protocolo contínuo em cicloergômetro.

Em outra pesquisa COOPER et al (1985) detectaram o VO_2 no momento do LA, com valores de $26.3 \pm 4.3 \text{ mL/Kg/min}^{-1}$, em meninos com idade entre 7 e 11 anos e $23.5 \pm 6.1 \text{ mL/Kg/min}^{-1}$, em meninos mais velhos (15 a 18 anos de idade).

Entretanto, os valores do consumo de oxigênio no LA encontrados no presente estudo, são concordantes com os de MARTINELLI (1996), $22.75 \text{ mL/Kg/min}^{-1}$, em uma população de jovens adultos (idade mediana de 21 anos).

Neste estudo, ao se considerar os valores do LA expressos em porcentagens do VO_2 , estes foram obtidos a 67% para as medianas, valores similares ($62.29\% \pm 8.68$), também foram encontrados no mesmo estudo anterior realizado por WEYMANS e REYBROUCK (1985). Já BROOKS, FAHELY (1985) e YOSHIDA et al (1987) relatam valores inferiores, entre 50 a 60% do VO_2 .

A FC, no momento do LA, revelou valores de 158 bpm para as medianas, esse valor da FC ocorreu nos valores da potência de esforço correspondentes ao LA de 104W para as medianas. MARTINELLI (1996) registrou, no grupo de jovens adultos testados, FC de 147 bpm no momento do LA, na carga de 133,76 W. Já CATAI (1999) ao realizar teste de protocolo contínuo de esforço em indivíduos com idade mediana de 21 anos, obteve a FC, no momento do LA, a aproximadamente 137 bpm e na carga de 112 W.

Vários autores relatam que indivíduos sedentários necessitam de uma FC relativamente superior às dos indivíduos treinados para manter níveis inferiores de

potência, demonstrando um aumento da capacidade aeróbia proveniente do treinamento. (BAR-OR,1983; ROWELL1986).

Pico do Esforço

Foi considerado como VO_2 pico em L/min e em mL/kg/min⁻¹ o parâmetro de maior consumo de oxigênio alcançado no esforço realizado. Geralmente, no VO_2 pico não chega a ocorrer a saturação do consumo de oxigênio, pois o indivíduo interrompe o esforço antes de atingi-la por motivos tais como: fadiga muscular ou falta de motivação.

MALINA e BOUCHARD (1991) relataram que a capacidade para extrair oxigênio do sangue é mais alta durante a infância, diminuindo com o avançar da idade e alcançando valores de adulto jovem, na adolescência. Assim, a diferença arterio-venosa de oxigênio no trabalho máximo, aparentemente, diminui com idade e, portanto, diminui também os valores do VO_2 pico.

Os dados encontrados por TURLEY e WILMORE (1997) são concordantes com a afirmação acima, com um protocolo máximo em cicloergômetro, detectaram valores do VO_2 pico de 50.7 ± 4.6 para os meninos de 7 a 9 anos e 48.9 ± 6.7 mL/kg/min⁻¹ para homens 18 a 26 anos de idade.

ROWLAND, POPOWSKI e FERRONE (1997) com teste máximo e contínuo em cicloergômetro, obtiveram os seguintes resultados do VO_2 pico: 50.9 mL/kg/min⁻¹ e 1.90 L/min para os meninos (idade média de 10.9 anos) e 47.4 mL/kg/min⁻¹ e 3.54 L/min para os homens (idade média de 30.7 anos).

WEYMANS et al (1985) realizando um protocolo máximo em esteira, identificaram o VO₂ pico em meninos de 6 anos de idade de 43.32 ± 3.96 mL/kg/min⁻¹, em meninos de 11 anos de idade 47.29 ± 7.97 mL/kg/min⁻¹ e em meninos de 14 anos de idade 44.30 ± 8.33 mL/kg/min⁻¹.

COOPER et al (1985) analisaram a cinética do VO₂ e da FC em dois grupos de meninos e meninas de 7 a 10 anos de idade e de 15 a 18 anos de idade, submetendo-os a protocolo contínuo de esforço em cicloergômetro e identificaram o VO₂ pico a 40.1 ± 6.0 mL/Kg/min⁻¹, no grupo de meninos mais jovens e 43.3 ± 4.7 mL/kg/min⁻¹, no grupo de meninos mais velhos. Já em outra pesquisa, COOPER et al (1984) detectaram o VO₂ pico a 42 ± 6 mL/kg/min⁻¹, no grupo de meninos mais jovens (entre 6 e 11 anos de idade) e 50 ± 8 mL/kg/min⁻¹, no grupo de meninos mais velhos (entre 14 e 17 anos de idade).

MARTINELLI (1996) verificou valores de 38.15 mL/kg/min⁻¹, nos indivíduos de 21 anos de idade (mediana), submetidos a protocolo contínuo de esforço, na potência pico de 214,5 W. Já PASCHOAL (1999) identificou valores do VO₂ pico e FC pico de 31.4 mL/kg/min⁻¹, e 178 bpm, respectivamente na potência pico de 156 W, em indivíduos sedentários com idade mediana de 25 anos, submetidos a teste de protocolo contínuo

O valores do VO₂ pico alcançado, nos voluntários estudados, foram de 2.13 L/min e 30.35 mL/kg/min⁻¹ na potência pico de 192.5 W e FC de 195 bpm (medianas). Valores muito mais baixos que os encontrados em populações de outras nacionalidades, porém comparáveis com os resultados obtidos em nosso laboratório para adultos jovens sedentários, sem diferença que represente um maior VO₂ pico devido à idade.

4.3. COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA INSTANTÂNEA E DO CONSUMO DE OXIGÊNIO

Diversos estudos têm discutido a participação dos componentes autônomos eferentes na regulação das resposta cronotrópica induzida pelo exercício. ALONSO et al (1998) verificaram, em animais de experimentação, que a atividade vagal diminuía progressivamente durante o exercício com cargas absolutas crescentes, enquanto a atividade nervosa simpática aumentava concomitantemente. Estes resultados sugerem que a taquicardia do exercício é vago-dependente nos primeiro instantes e simpático-dependente nos períodos mais tardios.

Neste contexto, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem sido utilizada como meio não invasivo para avaliação do controle neural do coração. FINLEY, NUGUET e HELLENBRAND (1986) ao realizarem a análise espectral da variabilidade da frequência cardíaca em crianças (5 a 7 anos de idade), pré adolescentes (10 a 12 anos de idade) e adultos (20 a 24 anos de idade), verificaram nos componentes de baixa frequência (BF) e alta frequência (AF), valores similares entre os pré-adolescentes e jovens adultos.

A baixa frequência (BF) é utilizada como um marcador principalmente da modulação simpática sobre o sistema cardiovascular. A banda de alta frequência – AF, corresponde à modulação respiratória, pois coincide com a arritmia sinusal respiratória, sendo portanto, indicativa da atuação vagal sobre o nó sinusal (YERAGANI et al, 1994).

Dessa forma os resultados similares entre jovens adultos e pré-adolescentes, encontrados por FINLEY, NUGUET e HELLENBRAND (1986) vêm corroborar com a possibilidade de, na fase da pré-adolescência, a maturação do sistema nervoso autônomo (SNA) já estar completa.

Verificou-se neste estudo que a frequência cardíaca instantânea (FCI) e o consumo de oxigênio (VO_2) aumentaram, conforme o aumento de carga e progressão de tempo. Identificando-se na curva de crescimento da FCI e do VO_2 que, a partir de uma determinada carga, essas variáveis passam de um crescimento por acréscimos crescentes para decrescentes, essa diminuição na velocidade de crescimento observada nas curvas da FCI e do VO_2 (Fig 13 e 14) permaneceu até atingisse a carga pico, máxima carga alcançada durante o protocolo contínuo de esforço.

As cargas nos pontos máximos das taxas de crescimento da FCI e do VO_2 foram denominadas como constantes de cargas. Estas cargas (medianas), em que ocorreram as constantes de cargas da FCI e do VO_2 , ou seja, cargas em que estas variáveis passaram a ter um crescimento decrescente, foram de 102 e 108 W para a FCI e VO_2 respectivamente, coincidindo com as cargas do LA (104 W) e a 50% da carga máxima. Houve uma correlação de 0.84 entre as cargas no LA e as constantes de cargas do VO_2 e uma correlação de 0.41 entre as cargas no LA e as constantes de cargas da FCI.

Durante o exercício físico ocorre o aumento do débito cardíaco (DC) para que seja atendida as maiores necessidades de oxigênio dos músculos em atividade. O aumento do DC durante o exercício físico é obtido pelos aumentos do volume de ejeção (VE) e da frequência cardíaca (FC) (POWERS, HOWLEY, 2000).

O VE, em repouso ou durante o exercício é regulado por dois principais mecanismos, a saber:

- 1) O Volume Diastólico Final (VDF), denominado de pré-carga, que influencia o VE devido ao mecanismo de Frank-Starling, no qual a força de contração aumenta com o aumento do VDF (isto é, distensão dos ventrículos). O aumento da contratilidade cardíaca acarreta o aumento da quantidade de sangue bombeado por batimento.

2) A Pressão Aórtica Média, denominada de pós-carga, representa uma barreira à ejeção do sangue dos ventrículos portanto, o VE é inversamente proporcional à pós-carga. Contudo a pós-carga é minimizada durante o exercício em decorrência da dilatação arteriolar, essa dilatação arteriolar nos músculos que estão trabalhando reduz a pós-carga e torna mais fácil ao coração bombear um grande volume de sangue.

POWERS, HOWLEY, (2000) relatam que a perda de energia é maior quando a contração cardíaca ocorre rapidamente isto é, com alta FC, quando comparada a um tempo menor de contração cardíaca. Existem poucas informações sobre a liberação de energia e a eficiência mecânica do músculo cardíaco quando a FC e VE estão alterados. Sabe-se que a alta FC está associada com uma baixa eficiência mecânica.

Desta forma, a diminuição na velocidade de crescimento da FCI e VO_2 (Fig 13 e 14) observada no presente estudo, a partir do LA e a 50% da carga pico, durante o teste de esforço, pode refletir um mecanismo protetor para se manter a eficiência mecânica do coração. As maiores necessidade de oxigênio nos músculos em atividade é mantida, apesar dessa diminuição na velocidade de crescimento da FCI e VO_2 , devido a participação do mecanismo de Frank-Starling proporcionando uma eficiência na distribuição de oxigênio para os músculos.

BRANDÃO et al (1993) observaram que a partir do LA as velocidades de enchimento e de esvaziamento ventricular esquerdo aumentam significativamente demonstrando que, os períodos destinados às fases diastólica e sistólicas são drasticamente reduzidos. Comportamento semelhante pode ocorrer entre os ciclos cardíacos, o que leva a uma diminuição na VFC.

O LA pode ser identificado como o nível de potência de esforço físico acima do qual a produção de energia aeróbia é suplementada por mecanismos anaeróbios. Nessas

condições, ocorre a concentração de ácido láctico muscular e sanguíneo, que resulta em acidose metabólica, essa intensidade crítica ocorre entre 50 a 65% do VO_2 max em indivíduos sedentários (WASSERMAN & McILORY, 1964). Um dos fatores que promove o aumento do ácido láctico sanguíneo durante o exercício físico progressivo é a falta de oxigênio (hipóxia) no músculo em atividade (POWERS, HOWLEY, 2000).

Como citado anteriormente, o presente estudo observou-se que a diminuição da velocidade de crescimento nas curvas da FCI e VO_2 se deu a partir do LA, que o comportamento da FCI e do VO_2 durante o exercício físico depende em grande parte da demanda metabólica.

ALONSO et al (1998) analisaram o comportamento da FC e da sua variabilidade durante o exercício físico progressivo máximo, utilizando protocolo de 30W/3min até a exaustão, em 17 indivíduos jovens, saudáveis e sedentários. Nessa pesquisa, a análise simultânea da FC e da VFC, demonstrou existir uma relação inversa, mas não linear, entre elas. A VFC diminuiu progressivamente, atingindo níveis significantes em relação ao repouso a partir de 60% do consumo de oxigênio do pico do exercício, a partir de 40-60% da potência máxima e a partir do limiar de anaerobiose, estabilizando-se nos períodos subseqüentes, concluindo que a VFC diminui em fases do exercício, nas quais o aumento da FC é determinado, principalmente, pela retirada vagal.

COOPER et al (1985) investigaram a cinética do VO_2 e da FC em meninos e meninas de 7 a 10 anos de idade, comparados a adolescentes de 15 a 18 anos de idade, em um protocolo de exercícios do tipo degrau em cicloergômetro. Observaram que a cinética do VO_2 , em resposta ao exercício, torna-se progressivamente mais lenta, à medida que a carga de trabalho aumenta acima do LA.

No procedimento realizado neste trabalho, a variação da FC em relação a variação crescente da carga, reflete um comportamento de controle extremamente complexo, como mostra a figura 13, variação semelhante também foi observada em relação ao VO_2 (Fig 14). Este fato, relaciona essas duas variáveis, demonstrando uma certa coerência no controle das mesmas, portanto é possível que os ajustes que o Sistema Nervoso Autônomo (SNA) realiza na FCI, no teste de esforço progressivamente crescente, também esteja presente no controle do consumo de oxigênio.

O exercício físico, quando praticado regularmente, induz uma série de adaptações estruturais e funcionais nos sistemas orgânicos, dentre as modificações que ocorrem nos sistemas cardiovascular e respiratório podem ser citadas: o aumento do fluxo sanguíneo total, o aumento da massa, volume e força contrátil do ventrículo esquerdo, a diminuição da frequência cardíaca de repouso e o aumento do consumo máximo de oxigênio (MACIEL, GALLO JR, MARIN NETO et al, 1985, GALLO JR, MACIEL, MARIN NETO et al, 1995). Dessa forma, para analisar a interferência do desempenho físico de cada voluntário estudado, no comportamento da FCI e do VO_2 , verificou-se a quantidade de gasto energético semanal (Kcal/semanal) despendido nas atividades físicas realizadas semanalmente por estes voluntários. A análise do gasto energético semanal (Kcal/semanal) representa portanto, a relação existente entre o condicionamento físico, adquirido pelos voluntários na sua atividade física diária, e as constantes de cargas da FCI e do VO_2 .

Assim, analisou-se a correlação entre as constantes de carga da FCI e do VO_2 com a influência do gasto energético semanal, sendo esta de 0.14, e sem a influência do gasto energético semanal, correlação de 0.34.

Essa correlação maior entre as constantes de cargas da FCI e do VO_2 mostra que mesmo eliminando a influência do gasto energético semanal, ou seja, da condição física prévia dos voluntários, as constantes de carga mantêm uma elevada ligação.

Os parâmetros das cargas refletem os pontos de inflexão das curvas da FCI e VO_2 , sendo assim, interessante observar a correlação existente entre estes parâmetros, justificando uma possível distribuição conjunta na população estudada. A tentativa de explicar esta distribuição conjunta é demonstrada na figura 16.

5. Conclusões

1. As variáveis cardiorrespiratórias de repouso apresentaram valores similares aos de uma população de jovens adultos.
2. O VO_2 pico e o limiar de anaerobiose apresentaram valores mais baixos quando comparados a populações de jovens adultos de outras nacionalidades, porém comparáveis com os resultados obtidos em nosso laboratório, sem diferença que represente um maior VO_2 pico e limiar anaeróbio devido a idade.
3. A capacidade física e a maturação do SNA de adolescentes, na faixa etária de 12 a 15 anos, parecem estar próximas da completa maturação dos indivíduos adultos.
4. A FCI e o VO_2 aumentaram conforme o aumento da carga e progressão de tempo. Identificando na curva de crescimento da curva da FCI e do VO_2 que, a partir do limiar de anaerobiose e à 50% da carga pico, essas variáveis passaram de um crescimento por acréscimos crescentes para decrescente, essa diminuição na velocidade de crescimento observada na curva da FCI e do VO_2 , permaneceu até que se atingisse a carga pico. Esses achados sugerem um mecanismo protetor para se manter a eficiência mecânica do coração. As maiores necessidades de oxigênio nos músculos em atividade são mantidas, apesar dessa diminuição na velocidade de crescimento da FCI e do VO_2 , devido a participação do mecanismo de Frank – Starling, proporcionando uma eficiência na distribuição de oxigênio para os músculos.
5. Nos procedimentos realizados neste trabalho, a variação da FC em relação a variação da carga, reflete um comportamento de controle extremamente complexo, variação

semelhante também foi observada em relação ao VO_2 . Este fato, relaciona estas duas variáveis, demonstrando uma certa coerência no controle das mesmas, portanto é possível que os ajustes que o Sistema Nervoso Autônomo realiza na frequência cardíaca instântanea, no teste de esforço progressivamente crescente, também esteja presente no controle do consumo de oxigênio.

6. A correlação maior entre as constantes de cargas da FCI e do VO_2 eliminando a influência do gasto energético semanal, ou seja, da condição física prévia dos voluntários, demonstra que as constantes de carga da FCI e do VO_2 mantêm uma elevada ligação.

6. Referências Bibliográficas

- ALONSO, O. D., FORJAZ, M. C. L., RESENDE, L. O., et al. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferenças fases do exercício físico progressivo máximo. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 71, n.6, p.787-792, 1998.
- ASTRAND, P.O., RODAHL, K. Fisiologia aplicada ao trabalho In: _____ *Tratado de fisiologia do exercício*. 2.ed. Rio de Janeiro : Interamericana, 1980. p. 410-439.
- BAR-OR, O. *Pediatric sports medicine for the practitioner*. New York : Springer-Verlag, 1983. p.1-53.
- BRANDÃO U. M., WAJNGARTEN M., RONDON E. et al Left ventricular function during dynamic exercise in untrained and moderately trained subjects. *J. Appl. Physiol.* n.75, p.1989-95, 1993.
- BROOKS, G. A.; FAHEY, T. D. *Exercise physiology : human bioenergetics and its applications*. New York : Macmillan.,1985.
- BROOKS, G. A. Current concepts in lactate exchange. *Med. Sci. Sports Exercise*, v.23,n.8,p. 895-906, 1991.

CATAI, A. M. *Estudo da capacidade aeróbia e da variabilidade da frequência cardíaca em homens jovens e de meia idade submetidos a treinamento físico aeróbio.* Campinas, Instituto de Biologia – Departamento de Fisiologia, Universidade Estadual de Campinas, 1999. 301p: Tese (Doutorado).

COOPER, D.M. et al Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. *Journal of Applied Physiology*, New York ,v.3, n.56, p.628-634, 1984.

COOPER, D.M. et al Kinetics of oxygen uptake and heart onset of exercise in children. *Journal of Applied Physiology*, New York ,v.1, n.59, p.211-217, 1985.

CHRISTENSEN, N. J., GALBO, H. Sympathetic nervous activity during exercise. *Ann. Rev. Physiol.*, v.45, p. 139-153, 1983.

FINLEY, J. P., NUGENT, S. T. Heart rate variability in infants, children and young adults. *Journal of the Autonomic Nervous System*, v.51, p.103-108, 1995.

FINLEY, J. P., NUGENT, S. T, HELLENBRAND, W. Heart rate variability in children. Spectral analysis of developmental changes between 5 and 24 years. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* v. 65, p. 2048-2052, 1987.

FERNANDEZ, E. A. , MOHLER, J. G., BUTLER, J.P. Comparison of oxygen consumption measured at a steady state and progressive rates of work. *J. Appl. Physiol.* 37(6) : 982-987, 1974.

GALLO JR., L., MACIEL, B. C., MARIN NETO, J. A., MARTINS, L.E.B. Sympathetic and parasympathetic changes in heart rate control during dynamic exercise induced by endurance training in man. *Braz. J. Biol. Res.*, v.22, p. 631-643, 1989.

_____ Ajustes cardiovasculares ao exercício físico. Efeitos do treinamento aeróbio. *Medicina.*, v. 23, n. 2, p.101-106, 1990.

GALLO JR., L., MACIEL, B. C., MARIN NETO, J. A., MARTINS, L.E.B; LIMA-FILHO, E. C.; GOLFETTI, R.; CHACON, M. P. T; FORTI, V. A. M. Control of heart rate during exercise in health and disease. *Braz. J. Med. Biol. Res.* (1995) 28 : 1179-1184.

GALLO JR., L., MORELO FILHO, MACIEL, B. C., MARIN NETO, et al. Functional evaluation of sympathetic and parasympathetic system in chagas disease using dynamic exercise. *Cardiovasc. Res.*, V.21, p. 922-927, 1987.

GUYTON, A. C. *Textbook of medical physiology.* 8. Ed. Philadelphia: 1991.

HERMANSEN, L. Oxygen transport during exercise in human subjects. *Acta Physiol.. Scand.*, Suppl. 399, 1973.

- HOUSSAY, B. *Fisiologia humana*. 5. Ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1984.
- HUGHSON, R.L., INMAN, M.D. Oxygen uptake kinetics from ramp work tests: variability of single test values. *J. appl. Physiol.* 61(1) : 373-376, 1986.
- MÁCEK, M., VÁVRA, J. Anaerobic threshold in children. In : BINKHORST, R. A., KEMPER, H. C. G., SARIS, W. H. M. *Children and exercise XI* Champaign : Human Kinetics, 1985. p. 110-128.
- MACIEL, B. C. *Regulação autonômica da frequência cardíaca em indivíduos normais. Contribuição ao estudo da resposta cronotrópica ao exercício físico (dinâmico e isométrico)*. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP, 1979.
- MACIEL, B.C., GALLO JR., L. MARIN NETO, J. A., LIMA-FILHO, E. C., TERRA-FILHO, J., MANÇO, J. C. Parasympathetic contribution to bradycardia induced by endurance training in man. *Cardiovasc. Res.*, v.19, p.642-648,1985.
- MACIEL, B.C., GALLO JR., L. MARIN NETO, J. A. MACIEL, L. M. Z., MARTINS, L.E.B. Autonomic control of heart rate during dynamic exercise in normal man. *Clin Science*, 71:457-460, 1986.
- MALINA, R. M., BOUCHARD, C. *Growth, maturation and physical activity*. Champaign : Human Kinetics, 1991. p.3-20.

MARSHALL, W. A., TANNER, J. M. Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Archives of Disease in Childhood*, v. 45, p.13-23, 1970.

MARTINELLI, F. S. *Respostas da frequência cardíaca e da pressão arterial sistêmica às manobras postural passiva e de valsalva, em indivíduos sedentários e atletas corredores de longa distância.* Campinas Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, 1996, p. 171. Dissertação (mestrado).

MASSIN, M., BERNUTH, G. Normal ranges of heart rate variability during infancy and childhood. *Pediatr Cardiol*, v.18, p. 297-302,1997.

McARDLE, W. D., KATCH, F. I., KATCH, V. L. Training for anerobic and aerobic power. In: _____. *Exercise Physiology*. 4 ed. Baltimore: Willians & Willians, 1996. Sec. 4, cap. 21, p.393-416.

PASCHOAL, M. A. Variabilidade da frequência cardíaca : estudo das influências autonômicas sobre suas características temporal e espectral em halterofilistas e sedentários. Campinas, SP : Faculdade de Educação Física da UNICAMP, 1993. 177p. Tese (Doutorado).

POWERS, S.K., HOWLEY, E. T. *Fisiologia do exercício*. São Paulo : Manole. 2000. p.151-215.

ROWELL, T. L. B. *Human circulation regulation during physical stress.* New York : Oxford University, 1986. 407 p.

_____, Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiol. Rev.*, 54 : 75-159, 1974.

ROWLAND, T. W., CUNNINGHAM, L. N. Development of ventilatory responses to exercise in normal white children *Chest*, v.2, n.111, p.327-332, 1997.

ROWLAND, T. W. *Exercise and children's health.* Champaign : Human Kinetics, 1990. p. 11-84.

ROWLAND, T. W, POPOWSKI, B., FERRONE, L. Cardiac reponses to maximalupright cycle exercise in health boys and men. *Medicine Science Sports Exercise*, v.29, n.9, p.1146-1151, 1997.

SARIS, W. H. M. Habitual physical activity in children: methodology and findings in health and disease. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.18, n.3, p.253-63, 1986.

SNEDECOR, G.W., COCHRAN, W.G. *Statistical Methods.* 8. ed. Ames, Iowa State University Press, 1989

TANNER, J. M. *Growth at adolescence*. Oxford : Blackwell Scientific Publications, 1962.

TURLEY, K., WILMORE, J.H. Cardiovascular responses to treadmill and cycle ergometer exercise in children and adults. *J. Appl. Physiol.* V.83, p. 948-957, 1997.

WASSERMAN, K., McLLROY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am. J. Cardiol.*, v.14, p.844-852, 1964.

_____, VAN KSEEL, A. L., BURTON, G. G. Interation of physiological mechanisms during exercise. *J. Appl. Physiol.*, v.22, n.1, p. 71-85, 1967.

_____, WHIPP, B. J., KOYAL, S. N. et al. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *Journal of Applied Physiology*, Los Angeles, v.35, n. 2, p. 236-243, 1973.

_____. The Anaerobic Threshold measurement to evaluate exercise performance. *Am. Ver. Respir. Dis.*, v.129, p.S35-S40 (suppl.), 1984.

_____, HANSEN, J. E., SUE, D.Y. and WHIPP, B. J. Principles of exercise testing and interpretation. Lea e Febiger, Philadelphia, 1^a ed., 1987

_____, BEAVER, W. L., WHIPP, B. J. Gas exchange theory and lactic acidosis (anaerobic) threshold. *Circulation*, V. 81, n.1, p.14-30, 1990. (supl.II)

_____, HANSEN, J. E., SUE, D. Y. et al. Physiology of Exercise. In: _____.
Principles of exercise testing and interpretation. 2. Ed. Pennsylvania: Lea & Febiger.
1994. Cap.2, p. 9-47.

WEYMANS, M. et al. Influence of age and sex on the ventilatory anaerobic threshold in children. In : BINKHORST, R. A., KEMPER, H. C. G., SARIS, W. H. M. *Children and exercise XI*. Champaign : Human Kinetics, 1985. p. 114-118.

YERAGANI, V.K., POHL, R., BERGER, R., BALON, R., SRINIVASAN, K. Relation between age and heart rate variability in supine and standing postures; a study of spectral analysis of heart rate. *Pediatr Cardiol*, v. 15, p. 14-20, 1994.

YOSHIDA, T., CHIDA, M., ICHIOKA, M., SUDA, Y. Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. *Eur. J. appl. Physiol.*, v. 56, n.1, p.7-11, 1987.

7. ANEXOS

7.1. ANEXO 1

Incluimos nesse anexo:

- cópia do parecer de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Médica da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas, referente ao projeto de pesquisa inicial desse trabalho;
- a ficha de avaliação dos voluntários;
- termo de consentimento pós-informado.



FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
✉ Caixa Postal 6111
13083-970 Campinas-S.P.
☎ (019) 7888936
fax (019) 7888925
✉ cep@head.fcm.unicamp.br

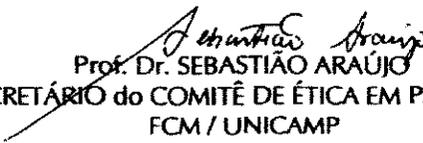
PARECER: N° 053/99

P. DE PESQUISA: ESTUDO DOS AJUSTES CARDIORRESPIRATÓRIOS AO EXERCÍCIO FÍSICO DINÂMICO EM ADOLESCENTES

PESQUISADOR: Marilita Falangola Accioly

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e 251/97, bem como ter aprovado os termos do Consentimento Livre e Esclarecido, assim como todos os anexos incluídos na Pesquisa, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa supracitado.

Em 12/05/1999 a ser homologado na V Reunião Ordinária do CEP em 08/junho


Prof. Dr. SEBASTIÃO ARAÚJO
SECRETÁRIO do COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FCM / UNICAMP

LABORATÓRIO DE FISILOGIA DO EXERCÍCIO
FEF – UNICAMP
AValiação CLÍNICA E FISIOTERÁpICA

1 - IDENTIFICAÇÃO

Data: ___/___/___ Horário: _____ Nº do registro: _____

Nome: _____

Data de nascimento: _____ Idade: _____

Sexo: _____ Raça: _____

Naturalidade: _____ Nacionalidade _____

Endereço: _____

Bairro: _____ Cidade _____ Telefone: _____

2 - ENTREVISTA

Informações Gerais

Estudante: [] sim ___ [] não
Tempo na escola: ___ horas/dia Estudo extra-escolar: ___ horas/dia
Tempo gasto em transporte: ___ horas/dia Tempo de Computador: ___ horas/dia
Tempo de videogame: ___ horas/dia Tempo de TV : ___ horas/dia

Hábito de Fumar: [] não [] sim _____
Ingestão de Álcool: [] não [] sim _____
Drogas: [] não [] sim _____

Atividade Física

Regular: [] sim [] não
Finalidade:
[] Escolar

Modalidade: _____

Frequência: _____ por semana Duração: _____ por semana

Recreacional

Modalidade: _____

Frequência: _____ por semana Duração: _____ por semana

Competitiva / treinamento

Modalidade: _____

Frequência: _____ por semana Duração: _____ por semana

Patologias:

	Não	Sim	Ano de início	Qual?
Doenças Cardíacas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Doenças Pneumológicas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Doenças Endócrinas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Doenças Ortopédicas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Doenças Reumatológicas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Doenças Renais e urinárias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Doenças infecciosas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Outras doenças:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____

Cirurgias: _____

Medicamentos: _____

Observações: _____

Informações Gerais dos Familiares

Pai: _____ Idade: _____

Peso: magro obeso normal

Estatura: alta baixa mediana

Patologias não sim qual _____

Mãe: _____ Idade: _____

Peso: magro obeso normal
Estatura: alta baixa mediana
Patologias não sim qual _____

3 - EXAME CLÍNICO

Sinais Vitais

FC bpm	FR ipm	PAS mmHg	PAD mmHg

Focos de Ausculta Cardíaca	
Mitral	
Aórtico	
Aórtico Acessório	
Pulmonar	
Tricúspide	

Ausculta Pulmonar		
Regiões	Pulmão Direito	Pulmão Esquerdo
Apical		
Medial		
Basal		

Maturação Sexual

Volume Testicular:

Estadio Pubarco: ① ② ③ ④ ⑤

Genital: ① ② ③ ④ ⑤

Estágio de maturação: ① ② ③ ④ ⑤

Composição Corporal

Peso: _____ kg

Altura: _____ cm

MENSURAÇÃO DA GORDURA SUBCUTÂNEA				
Pregas Cutâneas	1ª Medida	2ª Medida	3ª Medida	Mediana
Bíceps				
Tríceps				
Subescapular				
Abdominal				
Supra-iliaca				
Coxa				

Projeto de Pesquisa:

Estudos dos Ajustes Cardiorrespiratórios ao Exercício Físico Dinâmico em Adolescentes

Responsáveis pela Condução da Pesquisa:

Pós-graduanda	Marilita Falangola Accioly
Orientadora	Profª. Drª. Roseli Golfetti
Colaboradores	Prof. Dr. André Moreno Morcillo
	Prof. Dr. Carlos Roberto Silveira Corrêa
	Prof. Dr. Euclides Custódio de Lima Filho
	Prof. Dr. Lourenço Gallo Júnior
	Prof. Dr. Luiz Eduardo Barreto Martins

Eu _____, _____ anos de idade, portador do R.G. número _____, residente à Rua (Av.) _____, na qualidade de _____ responsável pelo menor _____, _____ anos de idade, estou ciente que este projeto será desenvolvido em caráter de pesquisa científica e tem como objetivo quantificar a capacidade cardiorrespiratória durante o exercício físico dinâmico em adolescentes.

Tomei conhecimento que o menor será submetido primeiramente a uma avaliação clínica com o intuito de verificar o seu estado de saúde geral, de identificar o estágio de maturação sexual e de afastar qualquer fator que ofereça risco para a realização dos procedimentos metodológicos e, posteriormente a uma avaliação fisioterápica, visando identificar possíveis alterações posturais que possam interferir na dinâmica respiratória.

Após essa etapa, o menor será submetido a avaliação funcional cardiorrespiratória, para isto será realizado teste de esforço em bicicleta ergométrica com registro da atividade elétrica do coração e medida das variáveis ventilatórias, tais como, volume corrente, consumo de oxigênio, produção de dióxido de carbono.

Os benefícios obtidos com a participação do menor, como voluntário do referido projeto, incluem uma avaliação da sua condição física geral, bem como uma avaliação da sua capacidade funcional cardiorrespiratória.

Estou ciente ainda de que ele poderá deixar de participar como voluntário do projeto de pesquisa a qualquer momento e, que para a realização do mesmo as despesas monetárias serão de responsabilidade da instituição. O caráter confidencial das informações será mantido em sigilo pela equipe profissional, com intuito de zelar pela privacidade do menor e garantir que a sua identificação não seja exposta sob nenhuma condição.

Declaro ter lido e entendido as informações descritas acima, assim como ter esclarecido dúvidas com os responsáveis pelo desenvolvimento do projeto de pesquisa sobre todos os procedimentos, riscos e benefícios, a que será submetido o menor. As dúvidas futuras que possam vir a ocorrer, serão prontamente esclarecidas, bem como o acompanhamento na realização dos testes e informações das avaliações e resultados obtidos.

Desta forma, autorizo a participação do menor, sob minha responsabilidade, como voluntário no projeto de pesquisa acima mencionado.

Responsável	Voluntário
Profª Drª Roseli Golfetti Orientadora Telefones para contato: Ft. Marilíta Falangola Accioly Pós-graduanda	Marilíta Falangola Accioly Pós-Graduanda
Profª Drª Roseli Golfetti Coordenadora do Laboratório de Fisiologia do Exercício Comitê de Ética em Pesquisa	(019) 788-7493 (019) 788-8936

7.2 ANEXO 2

Esse anexo constas as curvas do comportamento da frequência cardíaca instantânea (FCI) e do consumo de oxigênio (VO_2) de cada voluntário, durante o protocolo contínuo de esforço.

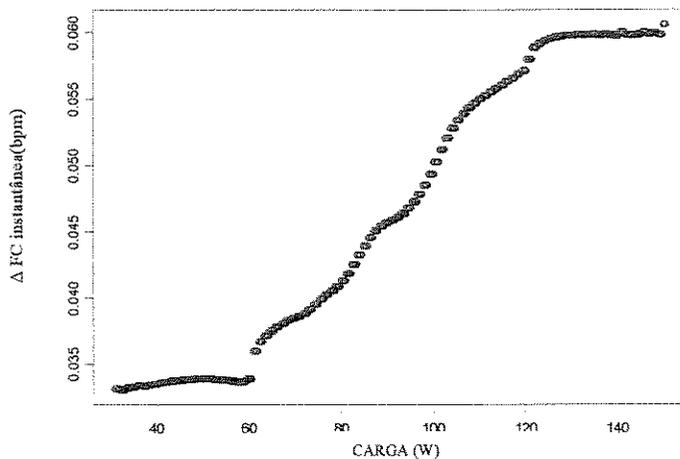
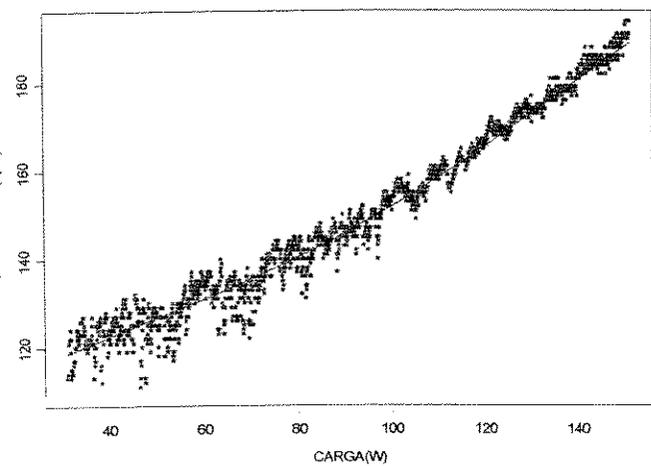


Figura A1 Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante protocolo contínuo de esforço, voluntário ARC

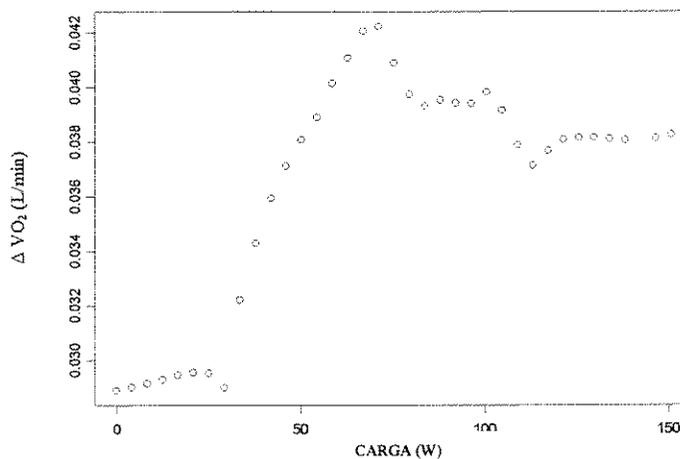
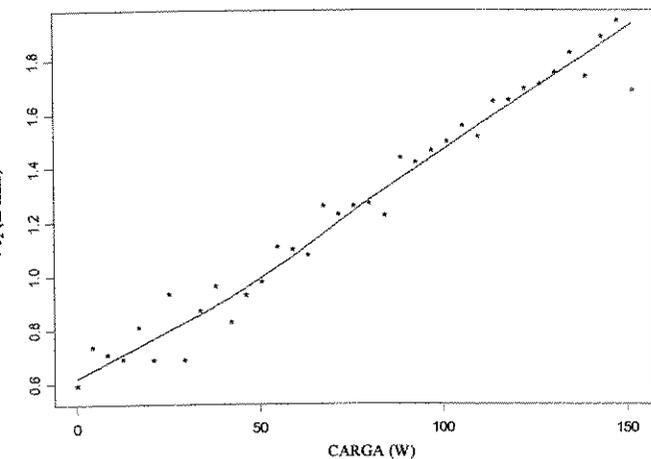


Figura A2 Comportamento do consumo de oxigênio durante protocolo contínuo de esforço, voluntário ARC

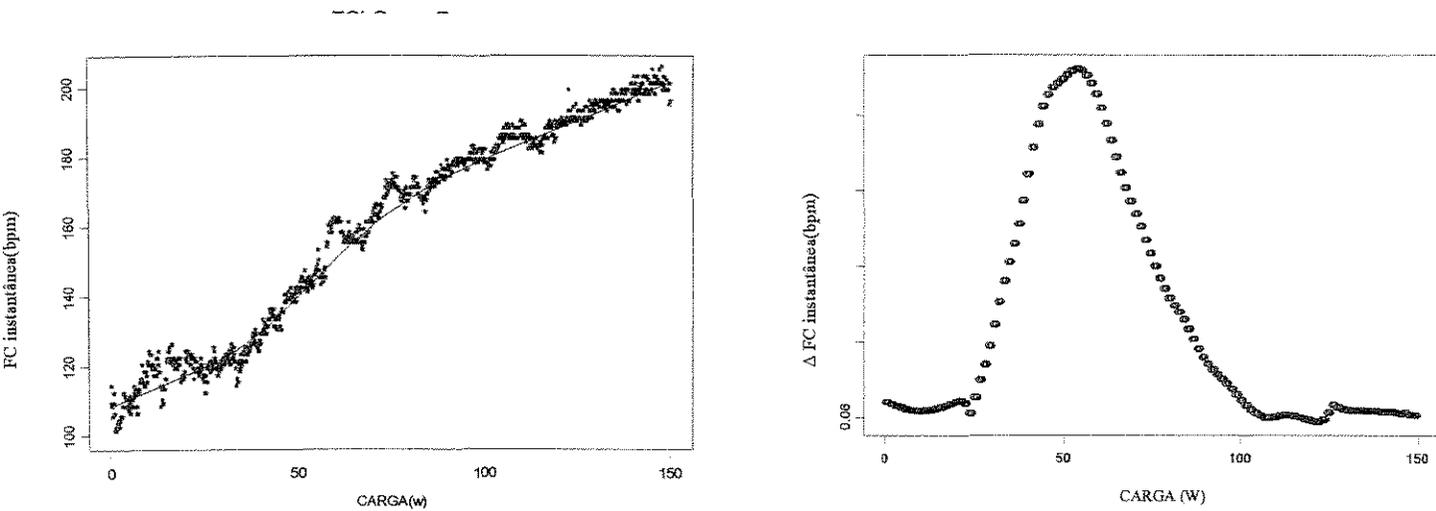


Figura A3 Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante protocolo contínuo de esforço, voluntário BHM.

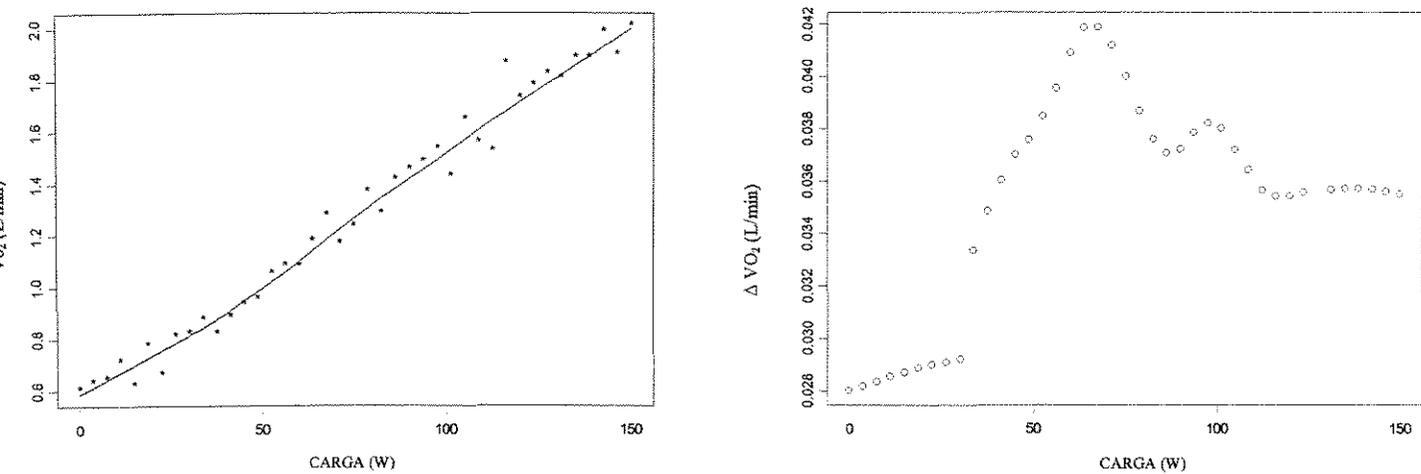


Figura A4 Comportamento do consumo de oxigênio durante protocolo contínuo de esforço, voluntário BHM.

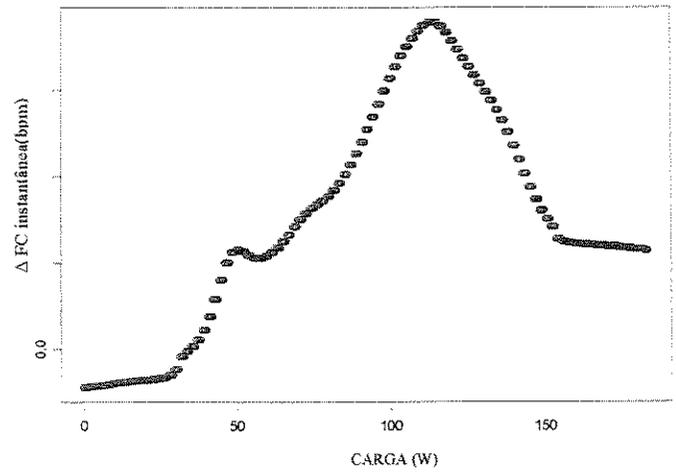
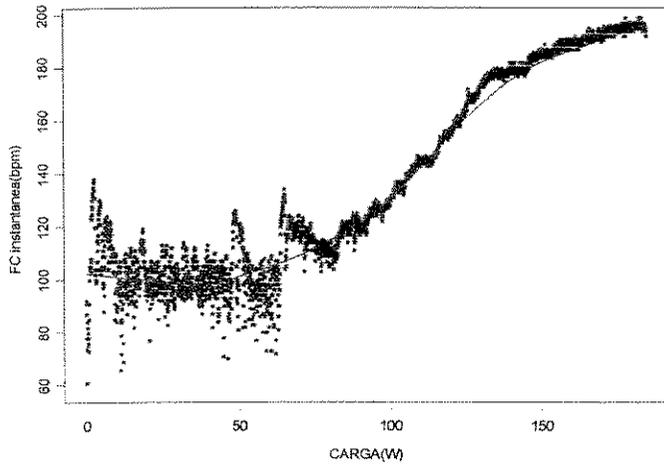


Figura A5 Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante protocolo contínuo de esforço, voluntário DAL.

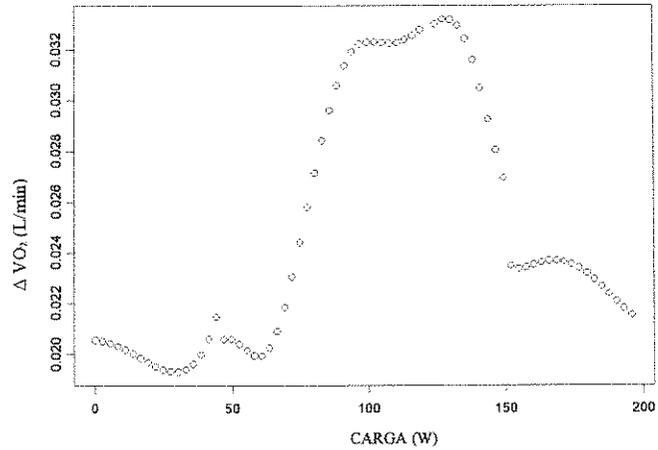
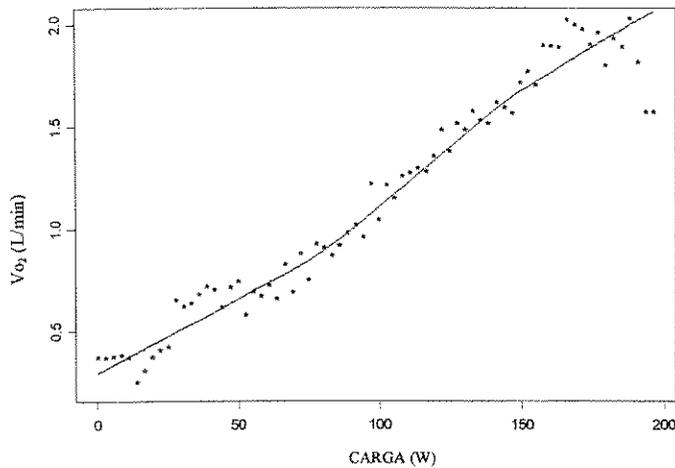


Figura A6 Comportamento do consumo de oxigênio durante protocolo contínuo de esforço, voluntário DAL.

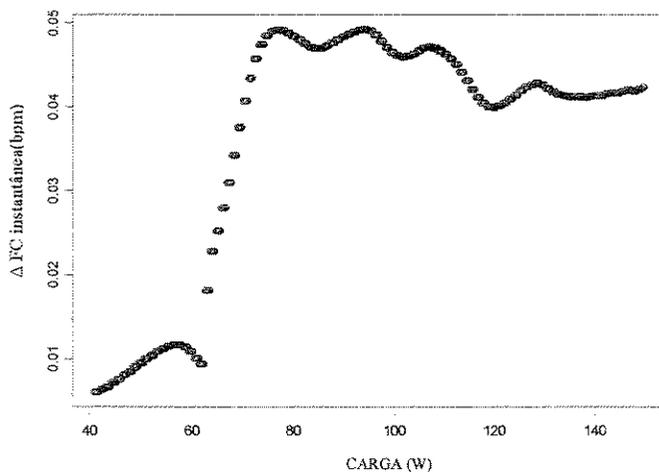
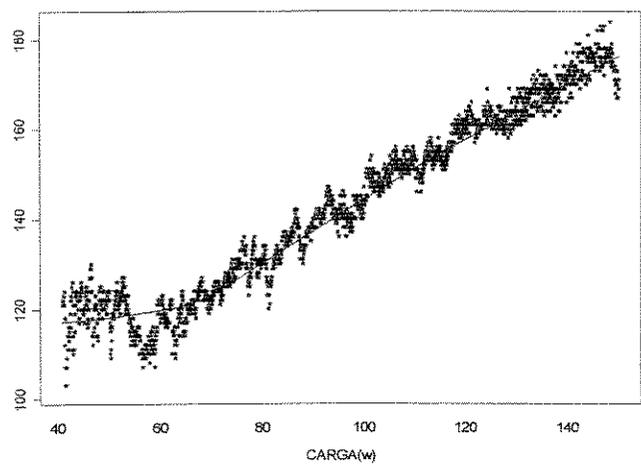


Figura A7 Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante protocolo contínuo de esforço, voluntário FDP.

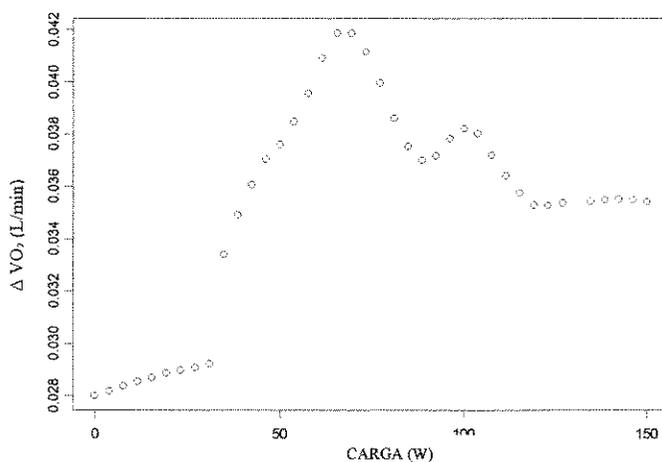
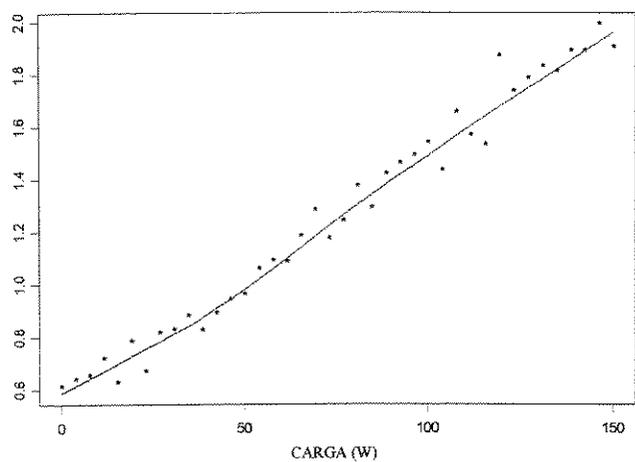


Figura A8 Comportamento do consumo de oxigênio durante protocolo contínuo de esforço, voluntário FDP.

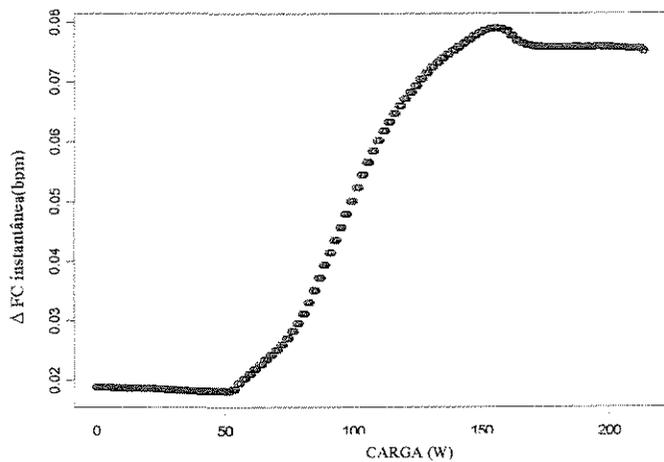
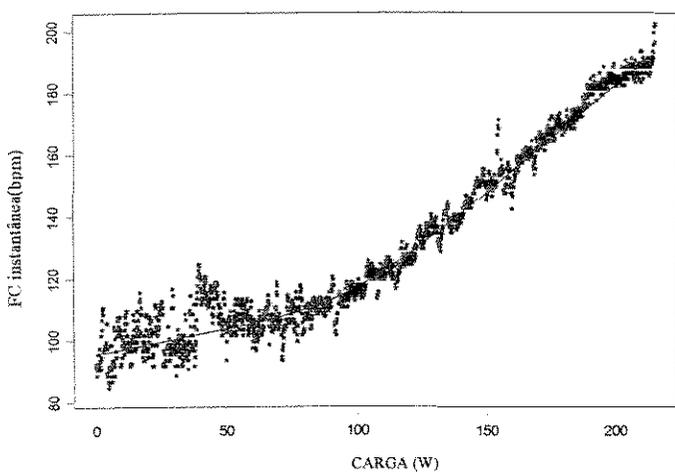


Figura A9 Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante protocolo contínuo de esforço, voluntário FRC.

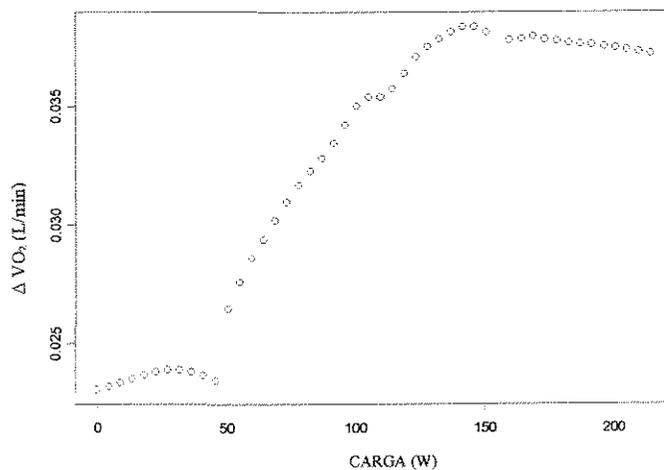
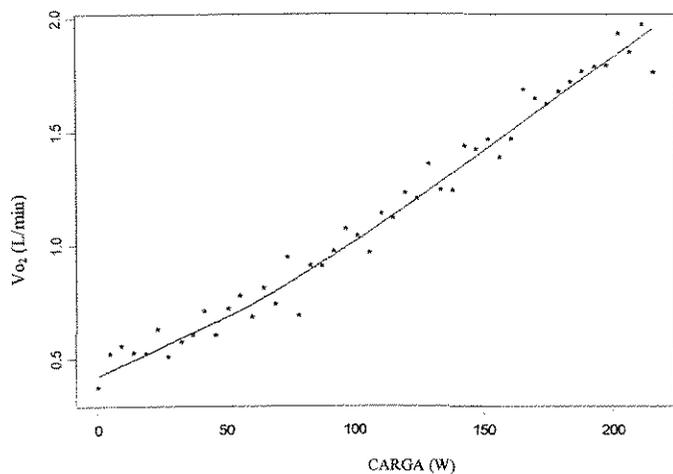


Figura A10 Comportamento do consumo de oxigênio durante protocolo contínuo de esforço, voluntário FRC

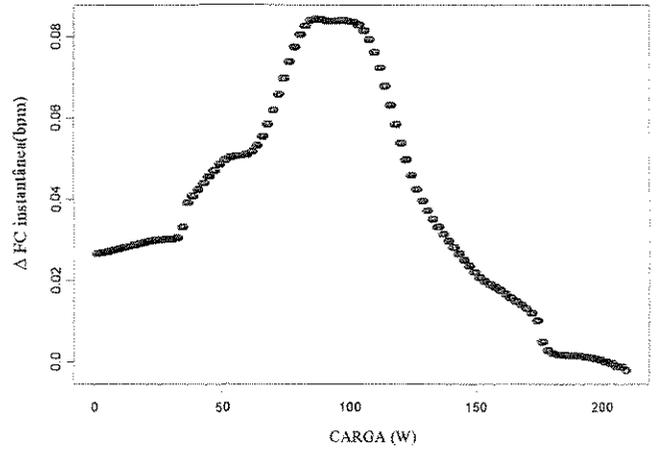
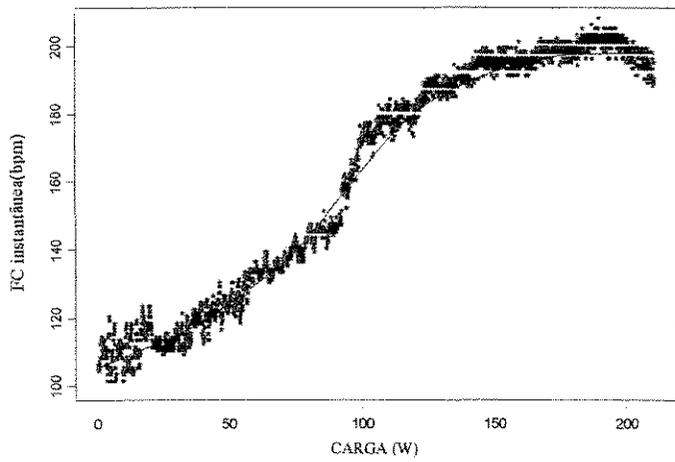


Figura A11 Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante protocolo contínuo de esforço, voluntário HFP

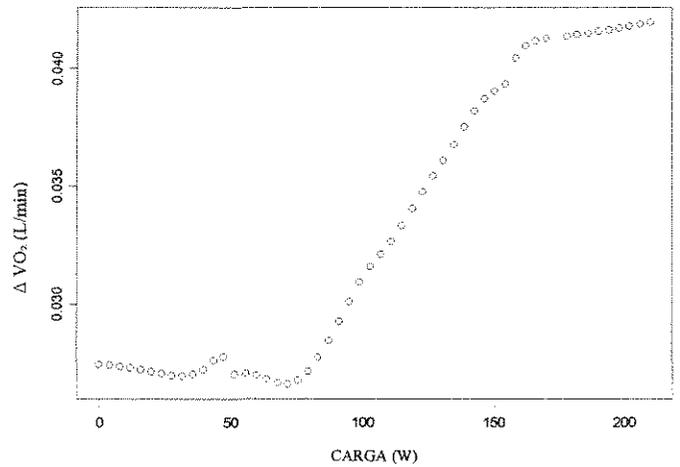
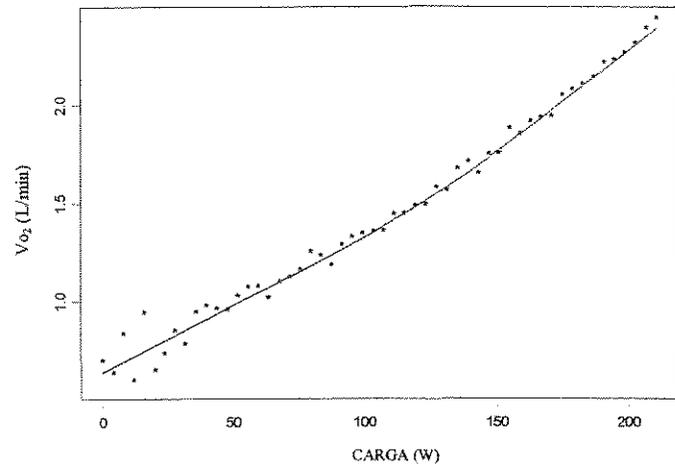


Figura A12 Comportamento do consumo de oxigênio durante protocolo contínuo de esforço, voluntário HFP.

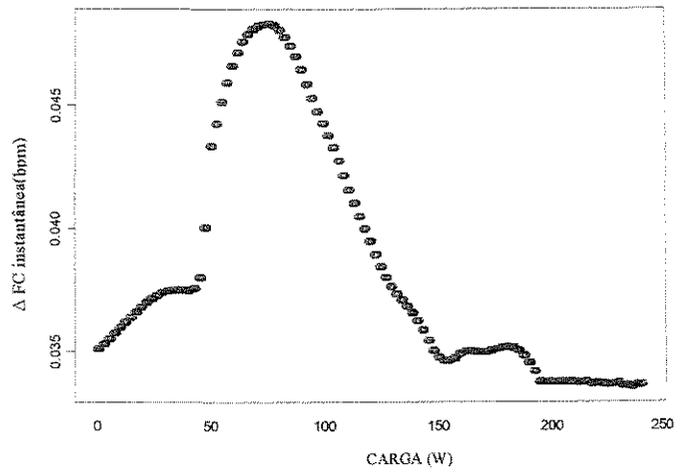
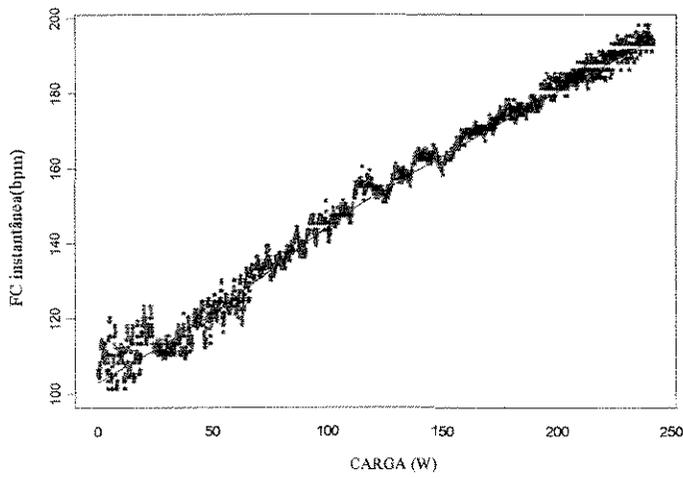


Figura A13 Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante protocolo contínuo de esforço, voluntário LeVM.

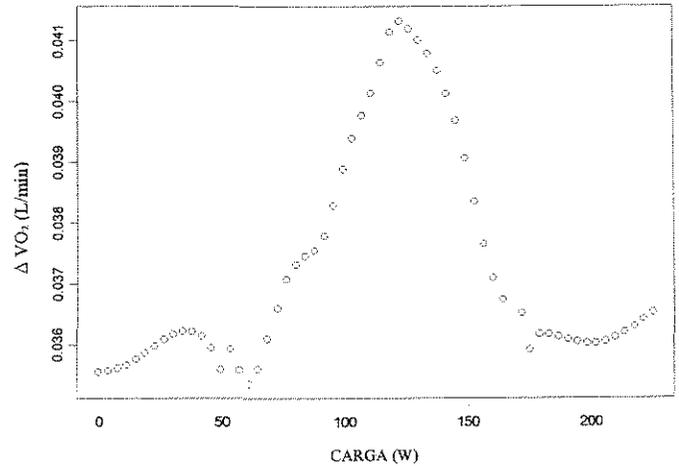
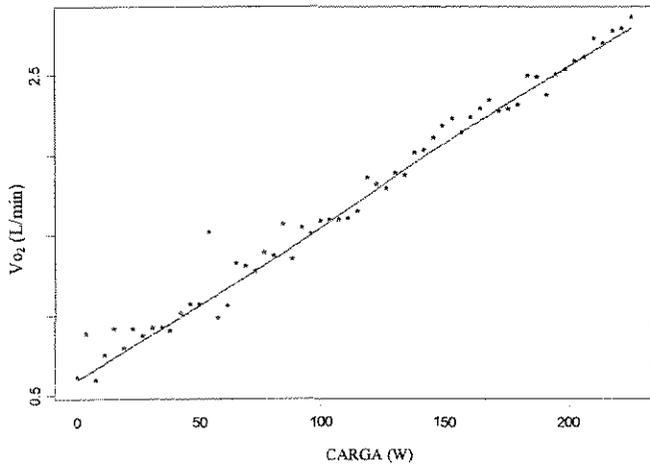


Figura A14 Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante protocolo contínuo de esforço, voluntário LeVM

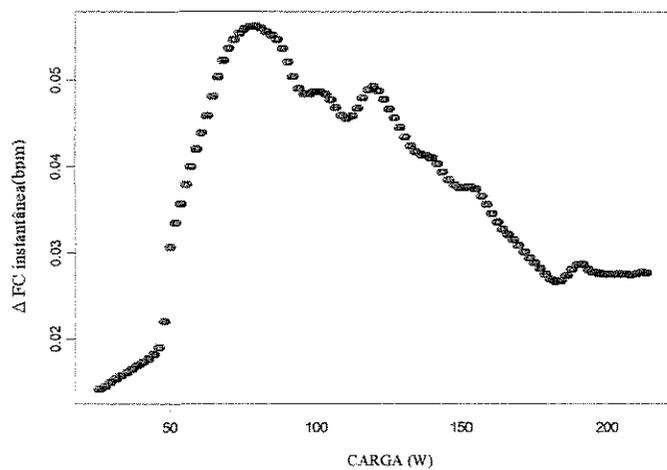
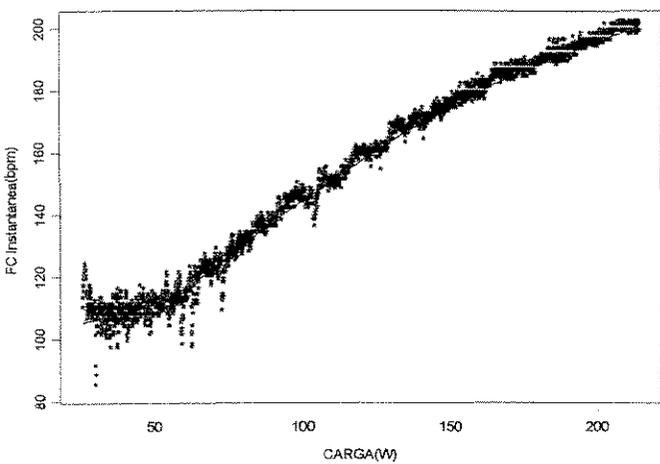


Figura A15 Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante protocolo contínuo de esforço, voluntário LuVM.

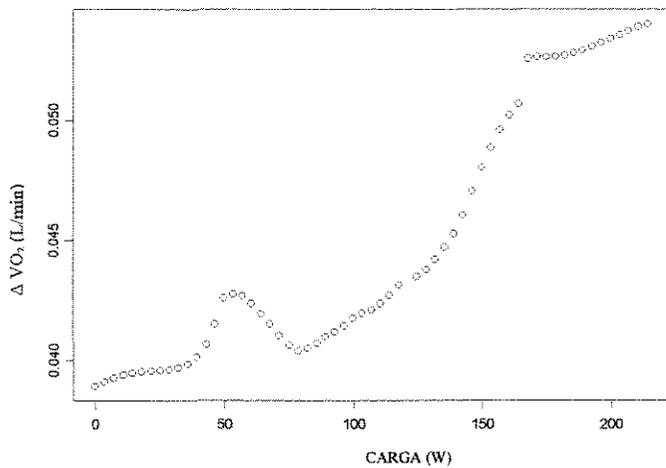
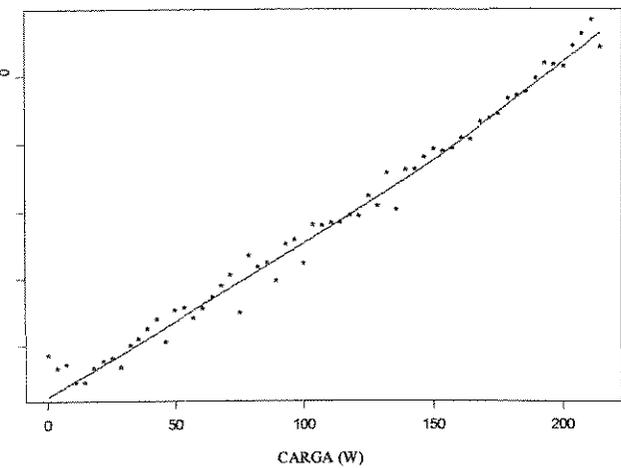


Figura A16 Comportamento do consumo de oxigênio durante protocolo contínuo de esforço, voluntário LuVM.

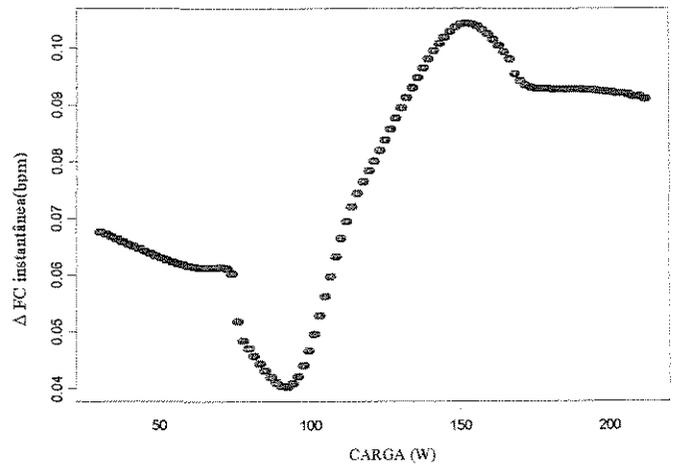
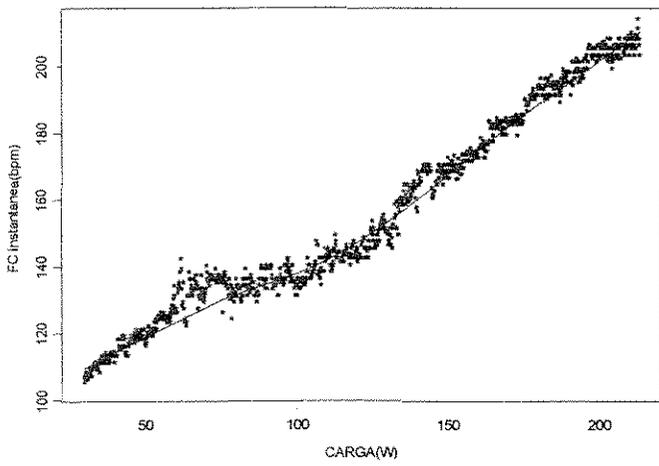


Figura A17 Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante protocolo contínuo de esforço, voluntário PCD.

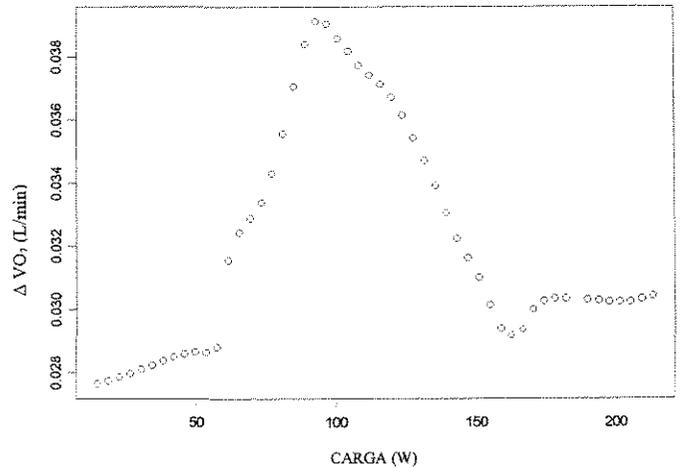
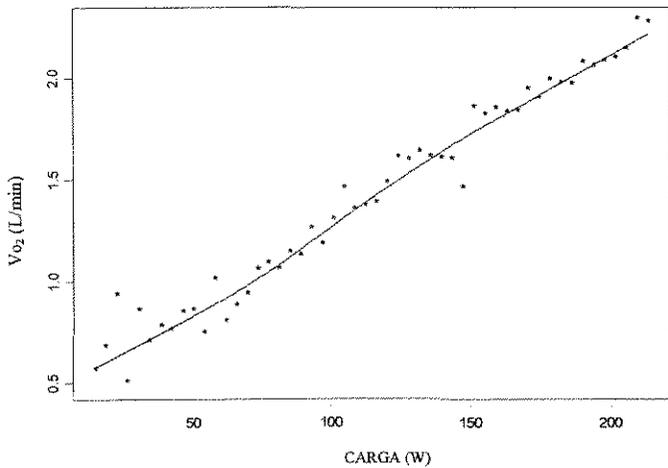


Figura A18 Comportamento do consumo de oxigênio durante protocolo contínuo de esforço, voluntário PCD.

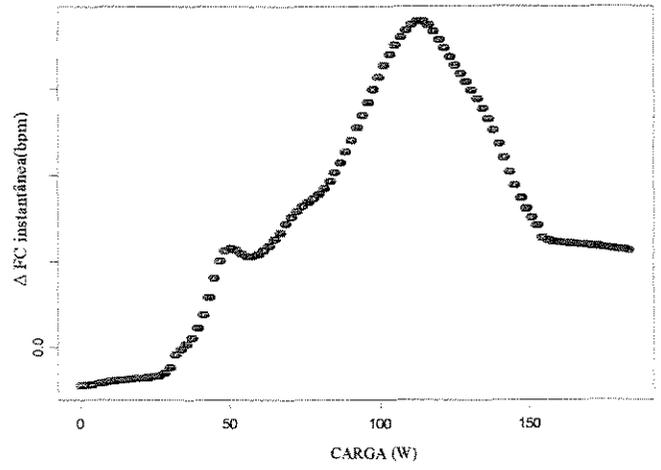
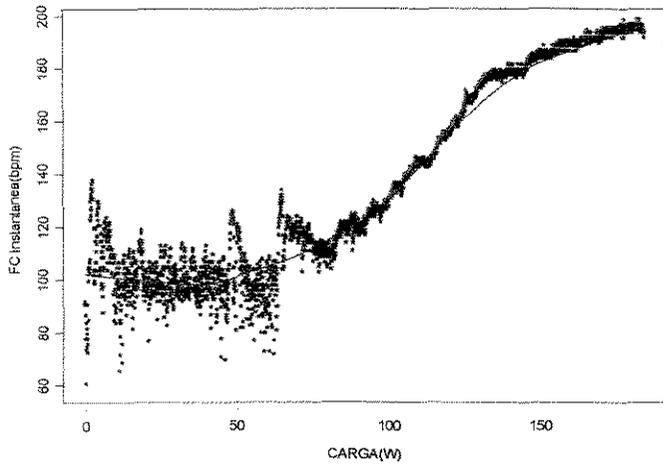


Figura A19 Comportamento da frequência cardíaca instantânea durante protocolo contínuo de esforço, voluntário VHJ.

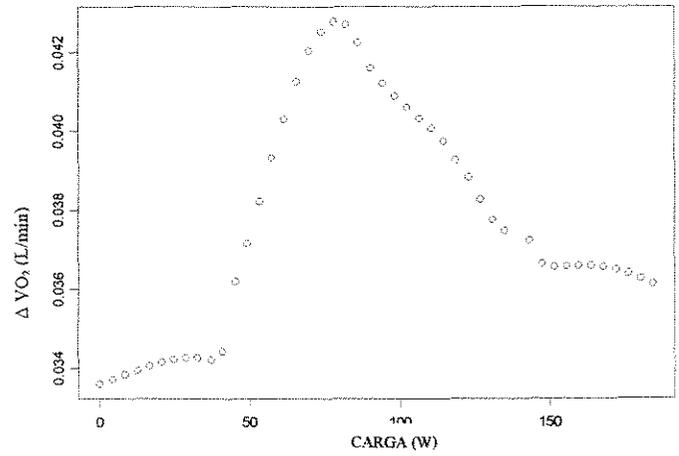
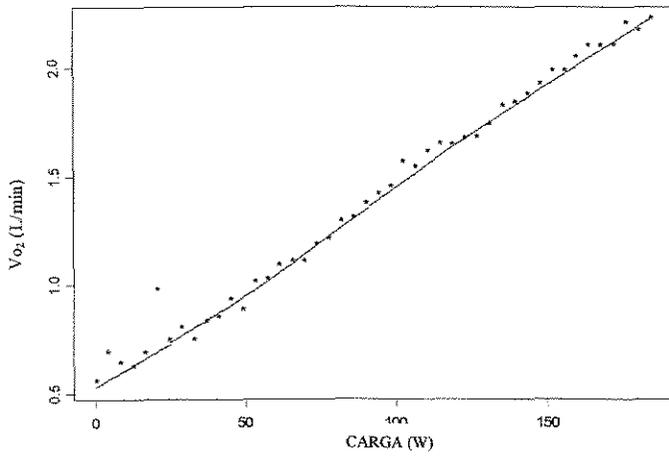


Figura A20 Comportamento do consumo de oxigênio durante protocolo contínuo de esforço, voluntário VHJ.