

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

JULIANA MARTUSCELLI DA SILVA PRADO

**CONTROLE AUTONÔMICO DA
FREQUÊNCIA CARDÍACA DE
ADOLESCENTES EM TREINAMENTO**

Campinas
2008

JULIANA MARTUSCELLI DA SILVA PRADO

**CONTROLE AUTONÔMICO DA
FREQUÊNCIA CARDÍACA DE
ADOLESCENTES EM TREINAMENTO**

Tese de Doutorado apresentada à Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Orientador: Profa. Dra. Roseli Golfetti

Campinas
2008

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA
BIBLIOTECA FEF - UNICAMP**

P882c Prado, Juliana Martuscelli da Silva.
Controle autonômico da frequência cardíaca de
adolescentes em treinamento / Juliana Martuscelli da Silva
Prado. - Campinas, SP: [s.n], 2006.

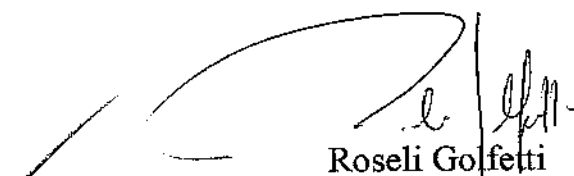
Orientadora: Roseli Golfetti.
Tese (doutorado) – Faculdade de Educação Física,
Universidade Estadual de Campinas.

1. Sistema nervoso autônomo. 2. Eletrocardiografia. 3.
Adolescentes. 4. Treinamento físico. I. Golfetti, Roseli. II.
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação
Física. III. Título.

JULIANA MARTUSCELLI DA SILVA PRADO

**CONTROLE AUTONÔMICO DA FREQUÊNCIA
CARDÍACA DE ADOLESCENTES EM
TREINAMENTO**

Este exemplar corresponde à redação final da Tese de Doutorado defendida por Juliana Martuscelli da Silva Prado e aprovada pela Comissão julgadora em: 22/02/2006.

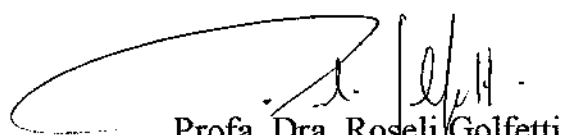


Roseli Golfetti
Orientador

Campinas
2006

20081078

COMISSÃO JULGADORA



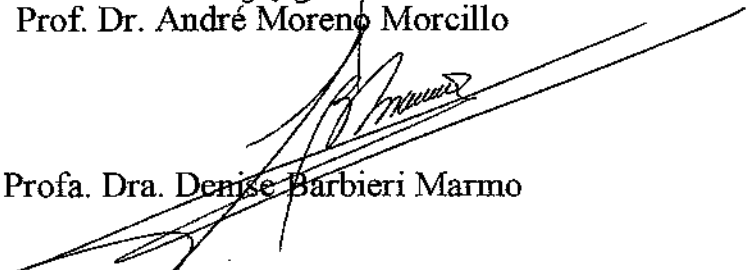
Profa. Dra. Roseli Golfetti
Orientador



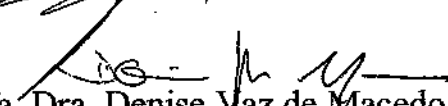
Prof. Dr. Luiz Eduardo Barreto Martins



Prof. Dr. André Moreno Morcillo



Profa. Dra. Denise Barbieri Marmo



Profa. Dra. Denise Vaz de Macedo



Investigação conduzida no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas.

Suporte Financeiro: CAPES

Agradecimentos

Aos meus queridos Beatriz e Júlio pela paciência, compreensão, amor e carinho destes longos 5 anos.

A meus pais pelo amor e apoio incondicionais e por acreditarem em mim!

A CAPES por me conceder auxílio financeiro durante 4 anos.

Aos prestativos funcionários da Biblioteca da FEF (Dulce, Gonzaga, Geraldo, Helena) e da Pós-Graduação (Márcia e Kleber) pela atenção e carinho. Obrigada!

Aos meus fiéis amigos: Rosane Beltrão, Tessália Tau, Rafael Davini, Luiz Ribeiro, Priscila Standke, Gerson De Bellis, Joaquim Neto, Ângela Harumi e Alexandre Reis que me incentivaram de uma forma ou de outra para a conclusão deste estudo. Valeu!

Ao amigo Alessandro Neto por presentear-me com ‘O Arco-íris de Feynman’ num momento de incertezas e de insegurança quanto aos caminhos a seguir e por mostrar-me a importância de vermos beleza, verdade e simplicidade no trabalho que realizamos e na vida.

A querida Dona Lair de coração enorme e sempre aberta a ouvir as atribulações dos momentos difíceis, obrigada!

A Giovana Souza pelo apoio e por me acompanhar em todos os testes, valeu!

Ao professor Dr. Roberto Rodrigues Paes pelo carinho e pela indicação do grupo de voluntários da equipe de atletismo.

A professora Dra. Denise Barbieri Marmo pelo conhecimento compartilhado durante a realização das avaliações.

Ao professor Dr. André Moreno Morcillo pela sabedoria do grande mestre que é.

Ao professor Dr. Luiz Eduardo Barreto Martins que me acompanhou desde o mestrado, sempre aberto para um café e conversas afins.

A professora Dra. Roseli Golfetti pelo incentivo e confiança. Muito obrigada!

A todos os voluntários pelo voto de confiança, pontualidade e respeito aos combinados, muito obrigada!

Ao Ricardo D’Ângelo, Ronaldo e a todos os técnicos da equipe ORCAMPI/UNIMED pela oportunidade de conhecer o projeto e estes adolescentes atletas. Sou imensamente grata!

PRADO, Juliana Martuscelli da Silva. Controle autonômico da frequência cardíaca de adolescentes em treinamento. 2006. 109f. Tese (Doutorado em Educação Física)-Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

RESUMO

Este estudo teve por objetivo analisar a função autonômica cardiovascular de adolescentes em treinamento. Foram avaliados 58 voluntários saudáveis, de ambos os sexos, na faixa etária entre 11 a 18 anos, em processo de treinamento desportivo. Estes foram submetidos às avaliações clínica, antropométrica, fisioterápica e funcional. A avaliação clínica teve como objetivo verificar o estado geral de saúde e a existência de alterações posturais que pudessem interferir nos resultados durante a realização dos experimentos. As medidas antropométricas de peso, altura e pregas cutâneas foram utilizadas para avaliar a composição corporal dos voluntários. Para a determinação do estágio de maturação sexual foi realizada a auto-avaliação segundo os critérios propostos por Tanner, através dos desenhos elaborados por Morris e Udry (1980). Foram avaliados o desenvolvimento dos pêlos pubianos para ambos os sexos e o de genitais para o sexo masculino; para o sexo feminino, o desenvolvimento das mamas e a presença da menarca. A avaliação da capacidade funcional cardiorrespiratória foi realizada pela eletrocardiografia dinâmica de 24 horas e pelo teste de esforço. O registro do ECG de 24 horas foi empregado para a análise da variabilidade da frequência cardíaca nos domínios espectral e temporal. Esses domínios foram utilizados para quantificar a magnitude da função autonômica cardiovascular. O teste de esforço foi realizado com protocolo contínuo de esforço em cicloergômetro (PC – rampa de 15 W/min) até a exaustão física para predição do VO_{2max} , com registro contínuo da frequência cardíaca (FC), ventilação pulmonar (VE), frequência respiratória (FR). O tratamento dos dados foi compreendido primeiramente por análise descritiva das variáveis antropométricas e funcionais através de boxplots. Foram realizadas comparações entre os sexos, os estágios de maturação e os períodos da eletrocardiografia dinâmica (vigília e sono). Para a aceitação de diferenças estatisticamente significantes foi adotado o critério da não sobreposição dos intervalos de confiança da mediana de 95%. As variáveis antropométricas foram significantemente maiores para os meninos comparados às meninas, com exceção do percentual de gordura corporal e da massa gorda. Quanto às variáveis de VFC, pode-se constatar um aumento da mediação simpática concomitante a uma diminuição da atividade parassimpática conforme a evolução da idade maturacional. A média dos intervalos R-R aumentou com a idade em ambos os sexos, e mostrou diferença significativa somente entre meninos e meninas púberes. Existe uma modificação progressiva das variáveis de VFC que pode refletir a maturação do sistema nervoso autonômico com o processo de crescimento. Os dados de VFC podem ser importantes na identificação precoce de mudanças autonômicas em jovens com predisposição para doenças crônico-degenerativas.

Palavras-Chave: controle autonômico; variabilidade da frequência cardíaca; adolescentes; treinamento físico.

PRADO, Juliana Martuscelli da Silva. Autonomic control of heart rate in trained adolescents. 2006. 109f. Tese (Doutorado em Educação Física)-Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the cardiovascular autonomic function in healthy adolescents. We studied 58 adolescents (21 females, 37 males) aged 11 to 18 years engaged in physical training program. The subjects were submitted to the clinical, anthropometric, physical therapeutic and functional evaluations. The clinical evaluation had as purpose to verify the general state of health and the existence of posture changes. The anthropometric measurements of weight, height and skinfold thickness were used to evaluate the body composition. The sexual maturation of the subjects was evaluated from the self-report of the Tanner stages of development described by Morris and Udry (1980). Subjects were asked to rate their own development from drawings derived from the Tanner photographs. Girls also were asked about the age at menarche. To assess cardiovascular autonomic control was performed 24-h ambulatory Holter monitoring. The heart rate variability (HRV) was analyzed by frequency-domain and by time-domain analysis. Each subject performed a continuous and progressive exercise test to exhaustion on a cycle ergometer to predict maximal oxygen consumption (VO_{2max}). After a 3-min warm-up, 15 W increments were applied every minute until the subject stopped pedaling or was unable to maintain the designated cadence of 60rpm. The heart rate was continuously monitored throughout the test by an electrocardiograph. The data were reported as medians, quartiles (1st and 3rd) and minimum and maximum values using the Tukey box-plot. Statistical significance for all analyses was defined as $p < 0,05$. The results showed to significant differences between sexes and stages of maturation. The anthropometric characteristics of the boys were significantly greater than that of the girls, except for the percent body fat and fat mass. There is an increase of sympathetic tone and a decrease of vagal tone with pubertal development observed in spectral measures. The mean R-R interval increased with age in both sexes and showed significant differences only between boys and girls in pubescent stage. The time-domain measures SDNN, rMSSD and pNN50 showed no significant difference for age and sex. Indexes of HRV tended to be higher in adolescent boys than in adolescent girls. The predicted VO_{2max} , maximal ventilation rate and maximal workload were higher in boys compared to girls. There is a progressive modification of HRV that may reflect a maturation of the autonomic nervous system with growth. The availability of this tool for obtaining HRV data allows for the early identification of cardiac autonomic changes in youth who have predispositions for cardiac diseases.

Keywords: autonomic control; heart rate variability; adolescents; physical training.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Modelo simples ilustrando a influência da atividade nervosa simpática e parassimpática sobre o coração.....	16
Figura 2 -	Modelo elaborado dos mecanismos de controle cardiovascular da FC, PS, e realimentação do mecanismo baroreflexo.....	17
Figura 3 -	Exemplo de um traçado dos intervalos RR e da FC durante o período de 24h do registro apresentados pelo relatório do sistema Holter for Windows.....	29
Figura 4 -	Valores de idade cronológica separados por sexo e estágio maturacional.....	35
Figura 5 -	Valores de peso corporal separados por sexo e estágio maturacional.....	37
Figura 6 -	Valores de altura corporal separados por sexo e estágio maturacional.....	38
Figura 7 -	Valores de índice de massa corporal separados por sexo e estágio maturacional.....	39
Figura 8 -	Valores de percentual de gordura corporal separados por sexo e estágio maturacional.....	40
Figura 9 -	Valores de massa gorda para o sexo feminino separados por estágio maturacional.....	41
Figura 10 -	Valores de massa gorda para o sexo masculino separados por estágio maturacional.....	42
Figura 11 -	Valores de massa magra para o sexo feminino separados por estágio maturacional.....	43
Figura 12-	Valores de massa magra para o sexo masculino separados por estágio maturacional.....	43
Figura 13 -	Valores de frequência cardíaca de repouso separados por sexo.....	44
Figura 14 -	Valores de frequência respiratória separados por sexo.....	45
Figura 15 -	Valores de pressão arterial sistólica separados por sexo.....	46
Figura 16-	Valores de pressão arterial diastólica separados por sexo.....	47
Figura 17 -	Valores do componente de baixa frequência (BF) em unidades normalizadas (un) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo feminino separados por idade maturacional.....	50
Figura 18 -	Valores do componente de baixa frequência (BF) em unidades normalizadas (un) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo masculino	

	separados por idade maturacional.....	51
Figura 19-	Valores do componente de alta frequência (AF) em unidades normalizadas (un) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo feminino separados por idade maturacional.....	52
Figura 20 -	Valores do componente de alta frequência (AF) em unidades normalizadas (un) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo masculino separados por idade maturacional.....	54
Figura 21 -	Valores da razão entre os componentes de baixa e alta frequência (BF/AF) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo feminino separados por idade maturacional.....	55
Figura 22 -	Valores da razão entre os componentes de baixa e alta frequência (BF/AF) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo masculino separados por idade maturacional.....	56
Figura 23-	Valores da média dos intervalos NN normais (MédiaNN) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo feminino separados por idade maturacional.....	57
Figura 24 -	Valores da média dos intervalos NN normais (MédiaNN) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo masculino separados por idade maturacional.....	58
Figura 25 -	Valores do desvio padrão dos intervalos NN normais (DPNN) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo feminino separados por idade maturacional.....	59
Figura 26 -	Valores do desvio padrão dos intervalos NN normais (DPNN) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo masculino separados por idade maturacional.....	60
Figura 27-	Valores da raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças dos intervalos RR normais (rMSSD) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo feminino separados por idade maturacional.....	63
Figura 28 -	Valores da raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças dos intervalos RR normais (rMSSD) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo masculino separados por idade maturacional.....	64

Figura 29	Valores da porcentagem de intervalos RR adjacentes com variação maior que 50ms (pNN50) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo feminino separados por idade maturacional.....	65
Figura 30 -	Valores da porcentagem de intervalos RR adjacentes com variação maior que 50ms (pNN50) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo masculino separados por idade maturacional.....	66
Figura 31-	Valores de frequência cardíaca na condição pré-esforço separados por sexo e idade maturacional.....	71
Figura 32 -	Valores de frequência cardíaca na condição pico do esforço separados por sexo e idade maturacional.....	71
Figura 33 -	Valores de frequência respiratória na condição pré-esforço separados por sexo e idade maturacional.....	72
Figura 34 -	Valores de frequência respiratória na condição pico do esforço separados por sexo e idade maturacional.....	72
Figura 35-	Valores de ventilação na condição pré-esforço separados por sexo e idade maturacional.....	73
Figura 36 -	Valores de ventilação na condição pico do esforço separados por sexo e idade maturacional.....	74
Figura 37 -	Valores de pressão arterial sistólica na condição pré-esforço separados por sexo e idade maturacional.....	75
Figura 38 -	Valores de pressão arterial sistólica na condição pico do esforço separados por sexo e idade maturacional.....	76
Figura 39-	Valores de pressão arterial diastólica na condição pré-esforço separados por sexo e idade maturacional.....	77
Figura 40 -	Valores de pressão arterial diastólica na condição pico do esforço separados por sexo e idade maturacional.....	77
Figura 41 -	Valores de potência obtidos no pico do esforço separados por sexo e idade maturacional.....	79
Figura 42 -	Valores de consumo máximo de oxigênio predito obtidos durante teste de esforço separados por sexo e idade maturacional.....	80

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AF	Componente espectral de alta frequência
BF/AF	Razão entre os componentes de baixa e alta frequência
BF	Componente espectral de baixa frequência
bpm	Batimentos por minuto
cm	Centímetro
DPNN	Desvio padrão dos intervalos RR normais
ECG	Eletrocardiograma
FC	Frequência Cardíaca
FFT	Fast Fourier Transform (Transformada Rápida de Fourier)
FR	Frequência Respiratória
Hz	Hertz
IMC	Índice de Massa Corporal
iRR	Intervalo entre duas ondas R no eletrocardiograma
kg	Quilograma
m	Metro
MG	Massa Gorda
MM	Massa Magra
mmHg	Milímetros de Mercúrio
MBF	Componente espectral de Muito Baixa Frequência
MédiaNN	Valor médio dos intervalos RR normais no eletrocardiograma
mL	Mililitro
mL.kg⁻¹.min⁻¹	Mililitros por quilograma de peso corporal por minuto
ms	Milissegundo
PA	Pressão Arterial
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PCAb	Prega Cutânea Abdominal
PCAM	Prega Cutânea Axilar Média

PCB	Prega Cutânea Bicipital
PCC	Prega Cutânea da Coxa
PCPan	Prega Cutânea da Panturrilha
PCPe	Prega Cutânea Peitoral
PCSub	Prega Cutânea Subescapular
PCSup	Prega Cutânea Suprailíaca
PCT	Prega Cutânea Tricipital
%G	Percentual de Gordura Corporal
pNN50	Porcentagem de intervalos RR adjacentes com variação maior que 50ms
rMSSD	Raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças dos intervalos RR adjacentes
rpm	Rotações por minuto
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
SNP	Sistema Nervoso Parassimpático
SNS	Sistema Nervoso Simpático
TE	Teste de esforço físico
un	Unidades normalizadas
v	volts
VE	Ventilação Pulmonar
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca
VO_{2máx}	Consumo máximo de oxigênio
W	Watts
W/min	Watts por minuto

SUMÁRIO

1 Introdução.....	15
2 Objetivos.....	21
2.1 Objetivo Geral.....	21
2.2 Objetivos Específicos.....	21
3 Hipóteses.....	23
4 Sujeitos e Métodos.....	25
4.1 Indivíduos Estudados.....	25
4.2 Abordagem Experimental.....	25
4.2.1 Avaliação Clínica.....	26
4.2.2 Avaliação Antropométrica.....	27
4.2.3 Avaliação Fisioterápica.....	28
4.2.4 Avaliação Funcional Cardiorrespiratória.....	28
4.3 Análise de Dados.....	32
5 Resultados e Discussão.....	35
5.1 Características Demográficas.....	35
5.2 Avaliação Clínica.....	44
5.3 Variáveis Cardiorrespiratórias em Repouso e Exercício.....	48
5.3.1 Eletrocardiografia Dinâmica.....	48
5.3.2 Teste de Esforço.....	70
6 Considerações Finais.....	83
Referências Bibliográficas.....	85
Apêndices e Anexos.....	94

1 Introdução

O sistema cardiovascular, o coração e a circulação são controlados principalmente pelos centros cerebrais superiores (comando central) e pelas áreas de controle cardiovascular do tronco cerebral através da atividade dos nervos simpáticos e parassimpáticos (HAINSWORTH, 1998). Este controle também é influenciado por barorreceptores, quimiorreceptores, musculatura aferente, metabolismo dos tecidos locais e hormônios circulantes (LEVY et al. 1970). O estudo da variabilidade cardiovascular leva em consideração principalmente o acesso às atividades dos nervos e dos barorreceptores.

O sistema nervoso autonômico (SNA) pode ser descrito por aqueles nervos que estão envolvidos predominantemente com a regulação das funções corporais. Geralmente, estes nervos funcionam sem o nosso controle consciente ou vontade (HAINSWORTH, 1998).

Os nervos autonômicos incluem os nervos simpáticos (fluxo toraco-lombar) e parassimpáticos (fluxo cranial e sacral), estes últimos utilizados como sinônimo de vagal, devido à trajetória de suporte ao coração se estabelecer pelo nervo vago. Ambas as divisões contêm nervos tanto aferentes como eferentes e fibras mielinizadas e não-mielinizadas. De maneira geral, os efeitos dessas duas divisões são complementares, com a atividade nervosa simpática excitando o coração (aumentando a frequência cardíaca), restringindo vasos sanguíneos, diminuindo a mobilidade gastrointestinal e restringindo esfíncteres, e a atividade parassimpática induzindo respostas opostas (HAINSWORTH, 1998).

O sistema nervoso autonômico é abastecido por ambos os nervos aferentes e eferentes ao coração, com as terminações nervosas simpáticas por todo o miocárdio e as parassimpáticas sobre o nódulo sino-atrial, sobre o miocárdio atrial e sobre o nódulo átrio-ventricular. Estes nervos não só controlam a frequência e força cardíacas como ambos os nervos abastecem importantes áreas reflexogênicas em várias partes do coração, que quando excitadas por qualquer estímulo mecânico ou químico, dão origem aos reflexos que influenciam tanto o próprio coração como o estado de constrição dos vasos sanguíneos (PERSSON, 1996). Esses mecanismos neurais estão estreitamente relacionados à atividade reflexa baroreceptora, de

mudanças na pressão sanguínea representando um papel chave em qualquer aumento ou diminuição de uma ou de outra via.

Um dos principais mecanismos da modulação autonômica sobre o coração é o controle da frequência de seus batimentos. A regulação neural autonômica da função cardiovascular é um reflexo do balanço entre a inervação simpática e parassimpática resultando na variação periódica da frequência e ritmo cardíaco (FAULKNER, HATHAWAY & TOLLEY, 2003; STEIN et al. 1994).

Batimentos cardíacos e pressão sanguínea normais têm sua variação subordinada à respiração (arritmia sinusal respiratória), em resposta a fatores físicos, ambientais, mentais e múltiplos outros e é caracterizado pela variação circadiana. Tanto a frequência cardíaca como sua modulação são principalmente determinadas pelas alterações na atividade autonômica. Atividade nervosa parassimpática aumentada diminui a frequência cardíaca (FC) enquanto a atividade simpática aumentada é responsável pela elevação da mesma (MALIK & CAMM, 1994; MALLIANI et al. 1991b; PUMPRLA et al.2002).

A figura 1 é um modelo simples ilustrando a influência da atividade nervosa simpática (aumento da FC) e parassimpática (diminuição da FC) sobre o coração (PUMPRLA et al.2002). Contudo, na realidade a situação é bem mais complexa e a figura 2 descreve um modelo mais elaborado que começa do controle cardiovascular central como uma caixa preta, identificando a saída do SNA em direção à pressão sanguínea e FC, e descreve a realimentação via barorreceptores (RAMAEKERS, 1999).

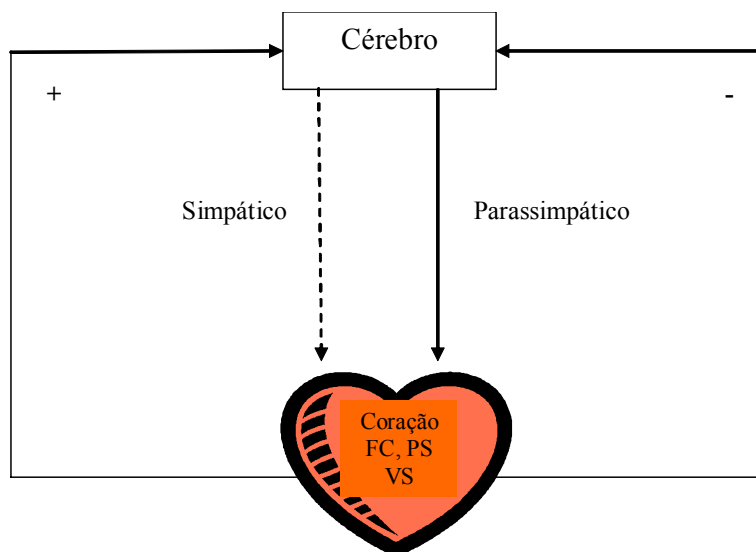


Figura 1: Modelo simples ilustrando a influência da atividade nervosa simpática (aumento da FC) e parassimpática (diminuição da FC) sobre o coração adaptado de Pumprla et al. (2002). FC = frequência cardíaca; PS = pressão sanguínea; VS = volume sistólico.

A figura 2 ilustra ações independentes dos sistemas vagal e α e β -simpático. Esta ação pode ser estimada pela medida da variabilidade da frequência cardíaca, variabilidade da pressão sanguínea e pelo mecanismo baroreflexo. A atividade parassimpática é responsável pela bradicardia acompanhando a estimulação barorreceptora e por taquicardia acompanhando a desativação barorreceptora, com o sistema simpático desenvolvendo um papel menor.

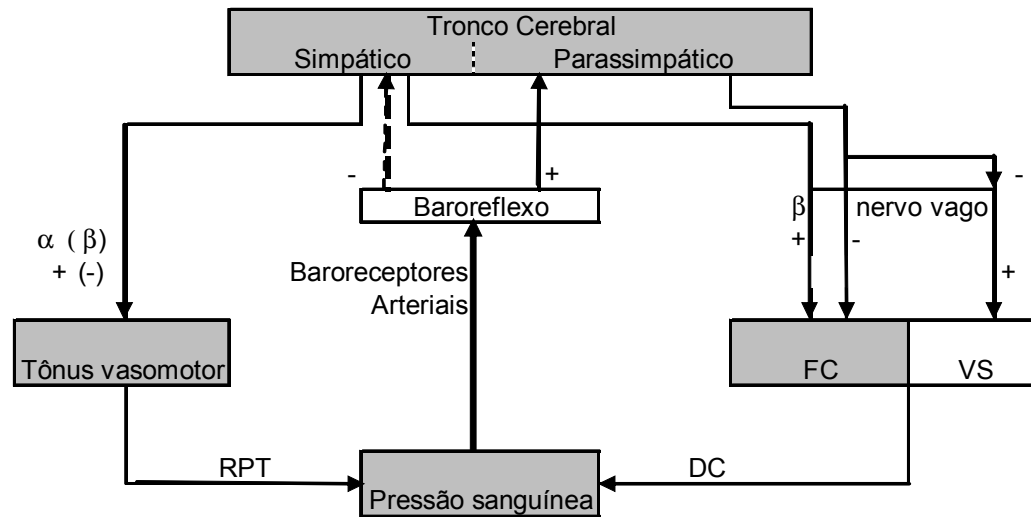


Figura 2: Modelo elaborado dos mecanismos de controle cardiovascular da FC, PS, e realimentação do mecanismo baroreflexo adaptado de Ramaekers et al. (1999). FC= frequência cardíaca; VS = volume sistólico; DC = débito cardíaco; RPT = resistência periférica total; α = receptor α -adrenérgico; β = receptor β -adrenérgico.

Em indivíduos saudáveis, o papel do SNA no ajuste de parâmetros hemodinâmicos de batimento-a-batimento é essencial na adequação do funcionamento cardiovascular. Desta forma, o controle cardiovascular, expresso pelas variáveis hemodinâmicas tempo-dependentes, é um reflexo direto da atividade autonômica. Este pode ser utilizado como ferramenta para avaliar flutuações autonômicas sob diferentes circunstâncias fisiológicas como afirma Akselrod et al. (1981), ou para estudar influências externas tais como o efeito do treinamento (AUBERT et al. 2003).

A atividade nervosa autonômica, portanto, tem um papel crucial na regulação do sistema cardiovascular tanto no sentido de assegurar uma função ótima durante várias atividades na saúde em diversas condições e também na intervenção de algumas manifestações de doenças cardíacas.

Os métodos mais comuns para avaliação da variação batimento-a-batimento no comprimento do ciclo, o intervalo RR, de cada período cardíaco incluem medidas como a manobra de Valsalva e o uso da eletrocardiografia dinâmica para determinação da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (FAULKNER, HATHAWAY & TOLLEY, 2003). A VFC se tornou um termo convencionalmente aceito para descrever as oscilações entre intervalos de batimentos cardíacos consecutivos (TASK FORCE, 1996).

Em muitos estudos de fisiologia circulatória e cardiologia clínica, a análise da VFC tem sido utilizada na avaliação da função autonômica cardiovascular (FINLEY & NUGENT, 1995; HAYANO et al. 1991). Esta avaliação é utilizada clinicamente em adultos como uma ferramenta diagnóstica para identificação de neuropatia autonômica associada com diabetes mellitus ou como fator de risco para morbidade e mortalidade cardíacas (EWING et al. 1985).

Apesar de ser considerada uma ferramenta simples, com potencial para determinação rápida e não-invasiva da atividade nervosa autonômica, existem dificuldades metodológicas no uso da VFC reconhecidas pelo Task Force (1996). Uma dessas dificuldades envolve o significado das diferentes medidas que devem ser criteriosamente interpretadas, pois são fortemente influenciadas pelas condições experimentais, pela frequência respiratória e pela pressão sanguínea (SILVETTI, DRAGO, RAGONESE, 2001; STEWART, 2000; TASK FORCE, 1996; WILLIAMS & LOPES, 2002).

O primeiro passo para a análise dos traçados da VFC é a obtenção de ECG de alta qualidade sob condições estacionárias. A duração dos registros pode se estender de no mínimo 10 minutos a 24 horas em eletrocardiografia dinâmica. Esta deve ser suficientemente longa e estacionária durante todo o período, e acompanhada de uma boa resolução de frequência (AUBERT et al. 2003).

As variações na frequência cardíaca são avaliadas por inúmeros métodos (TASK FORCE, 1996). Porém, geralmente são determinadas pela análise espectral ou do domínio da frequência, e pela análise temporal ou do domínio do tempo (CRAWFORD et al. 1999).

Em 1981, Akselrod et al. introduziram a análise da potência espectral das flutuações da frequência cardíaca na avaliação quantitativa do controle autonômico

cardiovascular. Essa técnica de análise da potência espectral dos intervalos RR então denominados normais (NN), que são todos os intervalos entre complexos QRS adjacentes do eletrocardiograma (ECG), tem se mostrado de extrema utilidade para se quantificar a magnitude do tônus simpático e parassimpático sobre o nódulo sinusal tanto na condição de repouso como durante a realização de exercício físico (TASK FORCE, 1996).

O entendimento dos efeitos modulatórios dos mecanismos neurais sobre o nódulo sinusal foi modificado com a introdução da análise espectral da VFC (TASK FORCE, 1996). A atividade eferente vagal tem sido fortemente associada ao componente de alta frequência (AF), através da observação de estudos clínicos e experimentais de manobras autonômicas como estimulação elétrica vagal, bloqueio de receptores e vagotomia (AKSELROD et al. 1981; MALLIANI et al. 1991a; POMERANZ et al. 1985).

A interpretação da função do componente de baixa frequência (BF) tem sido controversa na literatura. É considerada por alguns autores como um marcador da modulação simpática, especialmente quando expressa em unidades normalizadas (MALLIANI et al. 1991a; PAGANI et al. 1986). E de ambas, simpática e parassimpática por outros autores (AKSELROD et al. 1981; ECKBERG, 1997; POMERANZ et al. 1985). Esta discrepância ocorre devido ao fato de que em algumas condições associadas à excitação simpática, uma diminuição na potência absoluta do componente de AF é observada (TASK FORCE, 1996).

A razão BF/AF, outra variável utilizada na análise espectral, tem sido considerada como um índice da modulação simpato-vagal sobre o nódulo sinoatrial, sugerindo uma predominância simpática (TASK FORCE, 1996). Os parâmetros do domínio do tempo não estão diretamente relacionados ao comprimento específico do ciclo e incluem, dentre outros, média dos intervalos NN (MédiaNN) e desvio-padrão da média dos intervalos NN (DPNN).

Mudanças na variabilidade com a idade podem refletir o desenvolvimento do controle vagal e simpático sobre o coração. Parece haver uma diminuição da atividade parassimpática com a idade em adultos, mas em crianças não têm sido esclarecidos os efeitos do desenvolvimento da VFC (GOTO et al. 1997). Correlações significantes de declínio da VFC com a idade foram evidentes tanto durante os estados de sono como em vigília nos estudos de Finley & Nugent (1995) e Yeragani et al. (1997).

Estudos da VFC em crianças e adolescentes saudáveis têm mostrado uma variação no nível de maturação do sistema nervoso autônomo (SNA) durante a infância com uma tendência de aumento da variabilidade até a idade de 6 anos, acompanhada por um declínio durante a adolescência (FINLEY, NUGENT & HELLENBRAND, 1987; FINLEY & NUGENT, 1995; GOTO et al. 1997; MASSIN & von BERNUTH, 1997; MASSIN et al. 2000).

Na literatura, alguns resultados têm sido conflitantes em crianças e adolescentes de mesma faixa etária, possivelmente pela utilização de diferentes métodos. Alguns trabalhos não fazem distinção entre gênero e estágio maturacional, o que poderia estar afetando sobremaneira esses resultados. Outros utilizam a análise de VFC de 24 horas, que garante maior estabilidade das medidas em relação à análise de curta duração, e consequentemente, não podem ser interpretados com o mesmo grau de acurácia (TASK FORCE, 1996).

Portanto, não têm sido totalmente esclarecidos os efeitos do treinamento em crianças e adolescentes assim como os fatores fisiológicos responsáveis pelas mudanças da VFC. O estudo da atividade autonômica da FC em adolescentes pode oferecer maiores informações a programas de intervenção nas áreas de saúde e educação, além de outras como a influência do exercício físico e seus efeitos nessa faixa etária específica.

O acompanhamento da saúde na infância e puberdade é determinante no controle da saúde dos futuros adultos. Além de ser uma fase da vida decisiva no que se refere à construção e apreensão de hábitos de atividade física é também sob boas condições de saúde e fatores ambientais adequados que se pode manter toda integridade do potencial genético para o crescimento e desenvolvimento físico, bem como sua otimização.

Tendo por base o referencial teórico anteriormente exposto, o presente estudo se justifica no sentido de trazer contribuições aos aspectos levantados, uma vez que, a partir da investigação da VFC podem-se obter informações quantitativas específicas sobre a modulação da atividade eferente simpática e parassimpática sobre o coração, de forma não invasiva.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo teve como objetivo analisar a função autonômica cardiovascular em adolescentes saudáveis, de ambos os sexos, em processo de treinamento desportivo.

2.2 Objetivos Específicos

- 1) Identificar a modulação autonômica cardiovascular relacionada aos períodos de vigília em repouso e sono em adolescentes saudáveis em processo de treinamento desportivo.
- 2) Identificar a capacidade funcional cardiorrespiratória em adolescentes saudáveis em processo de treinamento desportivo.
- 3) Identificar os estágios de maturação biológica de adolescentes saudáveis em processo de treinamento desportivo.

3 Hipóteses

Este estudo verificou as seguintes hipóteses:

- 1) adolescentes de estágios maturacionais distintos apresentam diferenças nos componentes espectrais e temporais da variabilidade da frequência cardíaca;
- 2) adolescentes de estágios maturacionais distintos apresentam diferenças na capacidade funcional cardiorrespiratória.

4 Sujeitos e Métodos

4.1 INDIVÍDUOS ESTUDADOS

Participaram deste estudo 58 indivíduos voluntários, sendo 21 do sexo feminino e 37 do sexo masculino, na faixa etária entre 11 e 18 anos, praticantes de treinamento em atletismo da equipe ORCAMPI/UNIMED.

Em entrevista inicial os voluntários foram informados sobre o propósito do estudo como também sobre os procedimentos metodológicos que seriam empregados no mesmo. Os indivíduos que preencheram os requisitos dos critérios de inclusão do projeto foram admitidos, e através do termo de consentimento manifestaram o desejo de participar do estudo como voluntário.

Os procedimentos experimentais utilizados obedeceram às normas de conduta em pesquisas que envolvam a participação de seres humanos, contidas na resolução 196/96 do Ministério da Saúde. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas/UNICAMP segundo o parecer 095/2004 (ANEXO A).

4.2 ABORDAGEM EXPERIMENTAL

Foram realizadas quatro avaliações: clínica, antropométrica, fisioterápica e da capacidade funcional cardiorrespiratória. As avaliações foram realizadas no Laboratório de Fisiologia do Exercício, da Faculdade de Educação Física da UNICAMP, no período matutino, com a temperatura da sala de teste mantida entre 20 e 22 °C, e com umidade relativa do ar entre 50 e 60%.

Em entrevista que precedia a data das avaliações, os voluntários foram orientados a não realizarem exercício físico exaustivo, a não ingerirem bebidas alcoólicas e/ou substâncias estimulantes como café, chá e outros, num período de 24 horas que antecederiam a realização dos procedimentos laboratoriais. Também foram orientados a comparecerem ao laboratório uma hora e meia após desjejum leve.

4.2.1 AVALIAÇÃO CLÍNICA

Os voluntários foram submetidos primeiramente a uma anamnese com o objetivo de obter informações pessoais, sobre o estilo de vida, os hábitos alimentares, o histórico de doenças e antecedentes mórbidos familiares.

Em seguida, a avaliação clínica que foi conduzida por médica pediatra era realizada. Esta teve por objetivo verificar o estado geral de saúde, afastando qualquer fator que oferecesse riscos à integridade dos voluntários durante a realização dos procedimentos experimentais. A avaliação clínica constou das medidas da pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC) e ausculta cardíaca e respiratória. A aferição da PA foi realizada ao final da avaliação e repetida em caso de constatado valor elevado para a condição de repouso. Além dessas medidas, para o sexo feminino foi realizado exame para determinação do estágio de maturação sexual, segundo Marshall e Tanner (1970).

Na determinação do estágio de maturação sexual também foi realizada a auto-avaliação segundo os critérios propostos por Tanner, através dos desenhos elaborados por Morris e Udry (1980). Os adolescentes receberam explicações sobre o preenchimento do formulário e sobre as fotos ilustrativas dos cinco estágios de maturação sexual para a realização da auto-avaliação. Foram avaliados o desenvolvimento dos pêlos pubianos para ambos os sexos e o de genitais para o sexo masculino; para o sexo feminino, além do desenvolvimento das mamas, investigou-se a presença da menarca e a idade de sua ocorrência.

O critério proposto por Tanner divide a puberdade em cinco estágios, sendo o primeiro referente à infância (fase pré-púbere) e o último à fase adulta (pós-púbere). Os estágios intermediários correspondem à puberdade. Para a avaliação do desenvolvimento dos pêlos pubianos (P1, P2, P3, P4, P5) consideram-se, em ambos os sexos, suas características, quantidade e distribuição. Para o sexo masculino, considera-se o estágio de desenvolvimento dos genitais (G1, G2, G3, G4, G5) e para o feminino, o desenvolvimento das mamas (M1, M2, M3, M4, M5), segundo a forma, tamanho e características dos mesmos.

4.2.2 AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

Todos os equipamentos utilizados para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa estavam alocados na Faculdade de Educação Física e no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Em outro dia previamente agendado, os voluntários compareceram ao laboratório para a realização das medidas antropométricas que tiveram como objetivo avaliar a composição corporal dos voluntários. Foram mensurados o peso corporal (kg) em balança antropométrica Filizola e a altura (m) em estadiômetro de madeira. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado como a razão entre o peso corporal (kg) pelo quadrado da altura (m²).

Para a avaliação da composição corporal, foram medidas as pregas cutâneas em nove pontos do lado direito do corpo [bicipital (PCB), tricipital (PCT), subescapular (PCSub), peitoral (PCPe), axilar média (PCAM), abdominal (PCAb), suprailíaca (PCSup), da coxa (PCC) e da panturrilha (PCPan)] utilizando-se o compasso de pregas cutâneas (Holtain, UK), de acordo com as técnicas descritas por Harrison et al. (1988).

Para a predição da gordura corporal foram empregadas equações apropriadas para a faixa etária dos voluntários como as propostas por Slaughter et al. (1988).

Para o sexo masculino, quando a soma da PCT e da PCSub for menor que 35mm:

$$\text{Púberes da raça branca: \%G} = 1,21(\text{PCT} + \text{PCSub}) - 0,008(\text{PCT} + \text{PCSub})^2 - 3,4$$

$$\text{Púberes da raça negra: \%G} = 1,21(\text{PCT} + \text{PCSub}) - 0,008(\text{PCT} + \text{PCSub})^2 - 5,2$$

$$\text{Pós-púberes da raça branca: \%G} = 1,21(\text{PCT} + \text{PCSub}) - 0,008(\text{PCT} + \text{PCSub})^2 - 5,5$$

$$\text{Pós-púberes da raça negra: \%G} = 1,21(\text{PCT} + \text{PCSub}) - 0,008(\text{PCT} + \text{PCSub})^2 - 6,8$$

Para o sexo masculino, quando a soma da PCT e da PCSub for maior que 35mm:

$$\text{Todos: \%G} = 0,783(\text{PCT} + \text{PCSub}) + 1,6$$

$$\text{Para o sexo feminino: \%G} = 1,33(\text{PCT} + \text{PCSub}) - 0,013(\text{PCT} + \text{PCSub})^2 - 2,5$$

A massa livre de gordura ou massa magra (MM) e a massa gorda (MG) foram calculadas como:

$$MM = (1 - \text{fração de gordura}) \times \text{peso corporal}$$
$$MG = \text{Peso corporal} - MM$$

4.2.3 AVALIAÇÃO FISIOTERÁPICA

A avaliação fisioterápica foi conduzida por fisioterapeuta e realizada após a avaliação antropométrica. O objetivo desta avaliação era o de verificar a existência de eventuais alterações posturais, na coluna vertebral, nos membros superiores e inferiores, que pudessem interferir com as medidas antropométricas e avaliações funcionais.

4.2.4 AVALIAÇÃO FUNCIONAL CARDIORRESPIRATÓRIA

A avaliação funcional cardiorrespiratória foi realizada pela eletrocardiografia dinâmica de 24 horas e pelo teste de esforço.

Eletrocardiografia dinâmica

Após a realização das avaliações antropométrica e fisioterápica, o voluntário era encaminhado para a instrumentação da eletrocardiografia dinâmica que teve como objetivo a aquisição do sinal eletrocardiográfico de 24 horas.

O sinal eletrocardiográfico foi analisado através do sistema de leitura Holter for Windows versão 3.6-F (Rozinn Electronics), que possibilita a obtenção de relatório completo do registro assim como a seleção de intervalos específicos para análise. Foram selecionadas as seqüências de registros consecutivos de 5 minutos que apresentavam sinal estacionário, sem ruídos ou batimentos ectópicos. Esta seleção foi realizada através de inspeção visual do tacograma dos intervalos RR (iRR) durante o período de registro (Figura 3). Além da

estacionaridade do sinal observada no gráfico, foi utilizado o critério de menor variação entre as frequências cardíacas mínima e máxima dos trechos de 5 minutos registradas no relatório do sistema Holter for Windows.

A VFC foi analisada nos domínios espectral e temporal. Para a análise da VFC no domínio espectral foram utilizadas as faixas de frequência que têm sido empregadas como representantes dos componentes vagal (AF) (0,15 a 0,40 Hz) e simpático (BF) (0,04 a 0,15 Hz) no controle da FC, expressos em unidades normalizadas (un). Além desses índices, também foi analisada a relação entre as áreas absolutas de BF e AF (razão BF/AF), indicativa do balanço simpato-vagal.

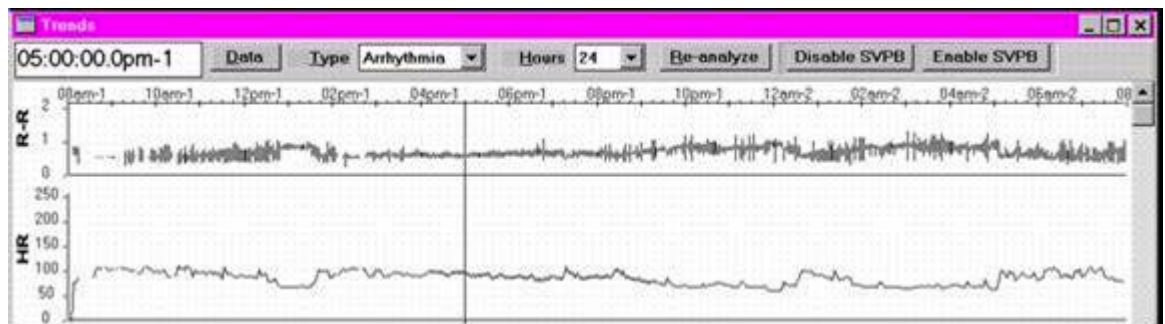


Figura 3: Exemplo de um traçado dos intervalos RR e da FC durante o período de 24 horas do registro apresentados pelo relatório do sistema Holter for Windows.

Para a análise espectral da VFC o algoritmo matemático utilizado pelo sistema é a “Transformada Rápida de Fourier” (FFT). A taxa de amostragem empregada é de 128 Hz por segundo, com frequência de resolução de 0,01Hz. O espectro é realizado em blocos de 100 segundos e, em seguida é calculada a média de blocos sucessivos contidos nos intervalos de 5 minutos. É importante ressaltar que o programa de análise da VFC não é passível de alterações e, portanto, cada valor apresentado nas tabelas emitidas pelo programa Holter for Windows é o resultado da análise de uma sequência de sinal de ECG com duração de 5 minutos.

No domínio do tempo, o desvio padrão dos intervalos RR normais (DPNN) foi considerado indicador da variabilidade total da FC. Já a porcentagem de intervalos RR adjacentes com variação maior que 50 ms (pNN50) e a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças dos intervalos RR adjacentes (rMSSD) foram consideradas indicadores da atividade parassimpática sobre o coração.

As recomendações da European Society of Cardiology e North American Society of Pacing and Electrophysiology (TASK FORCE, 1996) foram acatadas em toda a análise da VFC.

Para a instrumentação da eletrocardiografia dinâmica, a pele do voluntário era preparada por meio da tricotomia, quando necessária, na região de fixação dos eletrodos. Em seguida, o local era limpo com algodão umedecido com álcool a 70% para que a impedância à captação do sinal elétrico do músculo cardíaco fosse diminuída.

Foram fixados cinco eletrodos descartáveis (Red Dot Ag/AgCl - 3M Saint Paul, EUA), sendo dois nas derivações pré-cordiais V2 e V5, outros dois com pólos negativos correspondentes situados nos lados direito e esquerdo do manúbrio esternal e o quinto e último (eletrodo terra), no sexto espaço intercostal à direita. Os cabos de ECG do gravador portátil de 3 canais modelo RZ151 (Rozinn Electronics) foram conectados aos eletrodos e utilizadas fitas hipoalergênicas micropore (3M) para reforçar a fixação dos eletrodos e garantir que durante o período de registro não se desconectassem.

Neste momento era introduzida a fita magnética (BASF - ferro extra 60, Brasil) e a bateria 9v (Duracell) no gravador portátil, o sistema realizava um período de oito minutos de auto-calibração e na sequência, automaticamente, se iniciava o registro de 24 horas.

Os voluntários permaneciam acordados em repouso, na posição supina, por um período de sessenta minutos. Estes, antes de deixarem o laboratório, receberam instruções para o preenchimento de diário de suas atividades e também quanto aos cuidados a serem tomados com a instrumentação. Uma hora antes de completadas as 24 horas de registro, os voluntários retornavam ao laboratório para a retirada do equipamento, precedida de período em posição supina de sessenta minutos durante o qual eram reconferidas as posições dos eletrodos e dos cabos de ECG.

Teste de esforço

Após a retirada do equipamento da eletrocardiografia dinâmica, os voluntários eram conduzidos à sala de ergometria para a realização do teste de esforço físico máximo do tipo

rampa. Este foi realizado em cicloergômetro de frenagem eletromagnética (Corival Ergometer 400) controlado por microprocessador (Workload Program), ambos da marca Quinton (Groningen, Netherlands), com protocolo de aumento contínuo de 15W/min.

Os equipamentos são previamente calibrados e a sala de teste de esforço climatizada entre 20 e 22° C. Após instrumentação do voluntário e assim que as variáveis metabólicas são reconhecidas pelo analisador de variáveis metabólicas ventilatórias Sensormedics®, modelo MMC Horizontal System (Yorba Linda, CA, USA) dá-se início ao relatório emitido pelo mesmo, a cada 15 segundos. Os registros dessas variáveis são apresentados de forma contínua desde o início, a partir de dois minutos antes do começo do esforço, durante todo o teste e por mais dois minutos após o término do mesmo (fase de recuperação pós-esforço).

O teste de esforço tem seu início com movimentação do pedal do cicloergômetro pelo tempo de dois minutos sem aplicação de potências (fase de aquecimento a uma potência de 4 Watts). A rotação dos pedais deve ser mantida a aproximadamente 60 rpm, sendo a impossibilidade de manutenção de 50 rpm o critério adotado para a interrupção do teste.

Depois desse tempo, a potência era aumentada em 1 Watt durante o período de um minuto. A partir desses três minutos iniciais, foram aplicados incrementos em rampa de potência de 15 Watts por minuto (W/min), ou seja a cada 4 segundos de teste 1 Watt de potência era acrescido, até que o voluntário atingisse a exaustão física. Atingido o esforço máximo, a potência era registrada e imediatamente reduzida a 20 Watts pelo tempo de dois minutos, finalizando-se o teste. O ECG e a FC eram monitorados até que se atingissem as condições de repouso.

O objetivo deste teste foi determinar a aptidão física aeróbia dos voluntários, permitindo-se coletar valores como a frequência cardíaca pico (FCpico), a ventilação pico (VEpico) e a potência pico (Ppico). As variáveis FCpico e Ppico foram consideradas respectivamente como os maiores valores de frequência cardíaca e potência observados durante o teste de esforço. A FCpico foi expressa em batimentos por minuto (bpm) e a Ppico em Watts (W).

Antes da instrumentação para o teste de esforço, foi feito um interrogatório a respeito das condições físicas do voluntário: a sensação de bem estar, o que havia ingerido no desjejum, se havia ingerido qualquer medicação.

Em seguida, o voluntário era posicionado em decúbito dorsal para a colocação dos eletrodos para registro do ECG. A assepsia da região torácica era realizada com álcool a 70% e colocado gel hidrossolúvel condutor de sinal elétrico (Eletrocardio Gel) sob os eletrodos. A posição padrão dos eletrodos no TE foi a D1 para que se obtivesse maior amplitude do complexo QRS.

Após a finalização da colocação dos eletrodos, o voluntário permanecia ainda na posição em decúbito dorsal por 15 minutos para estabilização da FC. Após esse momento, o voluntário era posicionado no cicloergômetro, com os devidos ajustes da altura do banco e do guidão e a fixação dos pés nos pedais, de modo que o ECG era registrado até 2 minutos após a realização do teste de esforço.

O voluntário era instrumentado para a coleta de gases através da colocação e ajuste do dispositivo bocal-capacete e tubo corrugado para a conexão do voluntário ao MMC. Em seguida, era realizada a colocação de uma pinça nasal para que durante todo o procedimento a inspiração fosse realizada pela boca e o ar expirado direcionado ao aparelho MMC.

Na posição sentada em cicloergômetro, era medida a pressão arterial (PA) através do método auscultatório nas fases pré e pós-esforço máximo.

Para a predição do consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_2 \text{ max}$) foram utilizadas as equações de regressão linear múltipla propostas por Storer, Davis e Caiozzo (1990) a partir das variáveis independentes de máxima potência de trabalho desenvolvida em cicloergômetro (W), peso corporal (kg) e idade (anos):

Para o sexo masculino:

$$\text{VO}_2 \text{ max} = 10,51(W) + 6,35(\text{kg}) - 10,49(\text{idade}) + 519,3 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$$

Para o sexo feminino:

$$\text{VO}_2 \text{ max} = 9,39(W) + 7,7(\text{kg}) - 5,88(\text{idade}) + 136,7 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$$

4.3 ANÁLISE DOS DADOS

Primeiramente foi realizada a análise descritiva das variáveis morfofuncionais estudadas: antropométricas (peso, altura, IMC, %gordura, massa magra, massa gorda), parâmetros da VFC (AFun, BFun, BF/AF, MédiaNN, DPNN, rMSSD, pNN50) e fisiológicas

(FC, PA, VE, FR, VO₂max). Tabelas descritivas com valores das medianas e respectivos intervalos de confiança foram apresentadas. Os intervalos de confiança da mediana foram calculados pela equação: $M \pm 1,5 \times (\text{distância interquartil})$ proposta pelo software S-Plus.

Os dados foram plotados para apresentação em *boxplots* com a determinação dos valores mínimos, 1º e 3º quartis, medianas, valores máximos, *outliers* e intervalos de confiança.

Para a divisão dos grupos de estágios maturacionais foram utilizados os dados da auto-avaliação de maturação sexual conforme as fases descritas por Tanner (1962). Utilizou-se como critério o menor estágio assinalado pelo adolescente entre os dois indicadores avaliados para cada sexo. Como não foram assinalados indicadores do estágio 1 de Tanner (pré-púbere), para ambos os sexos, os adolescentes foram classificados como púberes (estágios 2, 3 e 4 de Tanner) e pós-púberes (estágio 5 de Tanner).

Foram realizadas comparações entre os sexos, os períodos da eletrocardiografia dinâmica (vigília e sono) e os estágios de maturação. Para a aceitação de diferenças estatisticamente significantes foi adotado o critério da não sobreposição dos intervalos de confiança da mediana de 95%. As análises foram feitas em ambiente S-Plus for Windows (Version 3.1, 1993).

5 Resultados e Discussão

5.1 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS

As distribuições dos dados demográficos de idade (anos), peso corporal (kg), altura (cm), índice de massa corpórea IMC (kg/m^2), percentual de gordura corporal (%), massa gorda e massa magra dos voluntários estão apresentadas sob a forma de *boxplots* (Figuras 4 a 10). A figura 4 apresenta a descrição das idades cronológicas dos voluntários separadas por sexo e estágio maturacional.

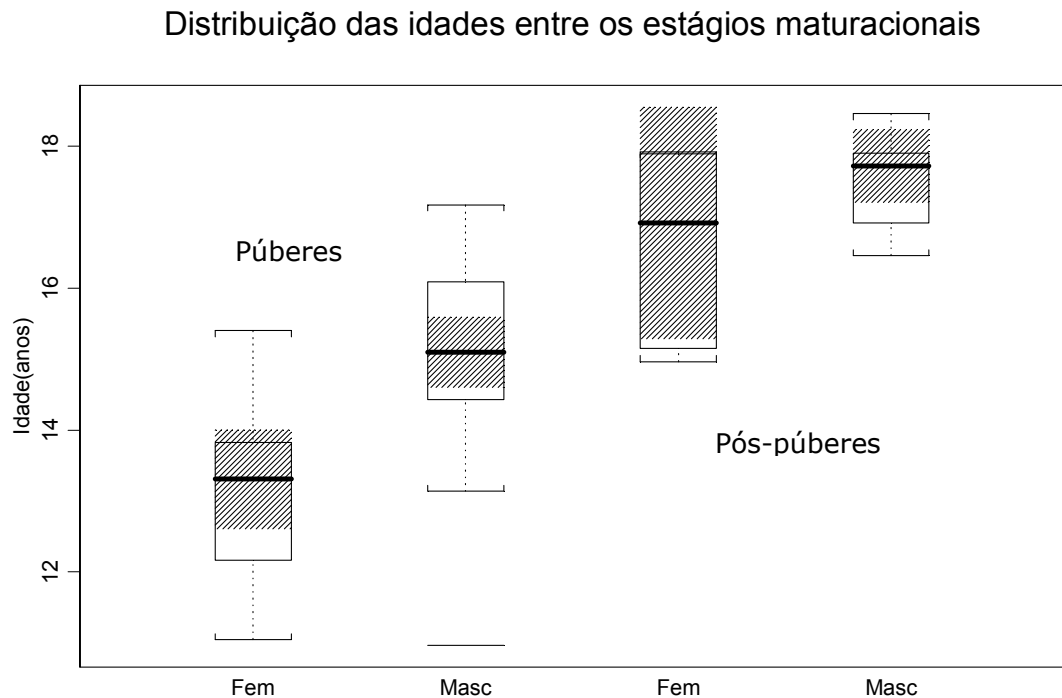


Figura 4. Valores de idade cronológica separados por sexo e estágio maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalos de confiança das medianas (em hachuriado).

A divisão dos estágios maturacionais de Tanner se deu a partir da auto-avaliação da maturação sexual a que cada voluntário foi submetido. A auto-avaliação da maturação sexual tem sido comparada com a avaliação clínica e encontrado boa correlação (MORRIS e UDRY; DUKE, LITT e GROSS, 1980).

Para ambos os sexos, não foi observada a caracterização do primeiro estágio de Tanner (pré-púbere). A separação dos estágios 2, 3 e 4 de Tanner deu origem à formação do grupo púbere e o estágio 5 ao grupo pós-púbere.

A puberdade abrange um período de considerável mudança, incluindo os processos de crescimento e maturação. A maturação está diretamente relacionada ao crescimento e às características de performance em exercício físico (MALINA, 1994). Para uma dada maturidade esquelética pode haver grande variação na idade cronológica, enfatizando que idade cronológica e maturidade esquelética muito raramente progridem no mesmo ritmo (KATMARZYK et al.1997).

As faixas de idade cronológica dos adolescentes do sexo masculino, dentro dos dois estágios de maturação sexual, tiveram ampla variação similarmente aos achados de Katmarzyk et al.(1997) que encontrou grande abrangência da idade cronológica com uma determinada idade esquelética, e de Jones et al.(2000) pelo método da auto-avaliação.

As idades cronológicas foram significativamente diferentes entre os dois estágios de maturação para ambos os sexos, assim como os valores das variáveis antropométricas de peso, altura e massa magra foram significativamente diferentes entre os adolescentes púberes e pós-púberes do sexo masculino. Observa-se que os adolescentes pós-púberes do sexo masculino são mais pesados, mais altos e possuem maior desenvolvimento de massa muscular que os adolescentes púberes que ainda se encontram em fase de intenso desenvolvimento físico (Figuras 5 e 6).

Distribuição do peso corporal entre os estágios maturacionais

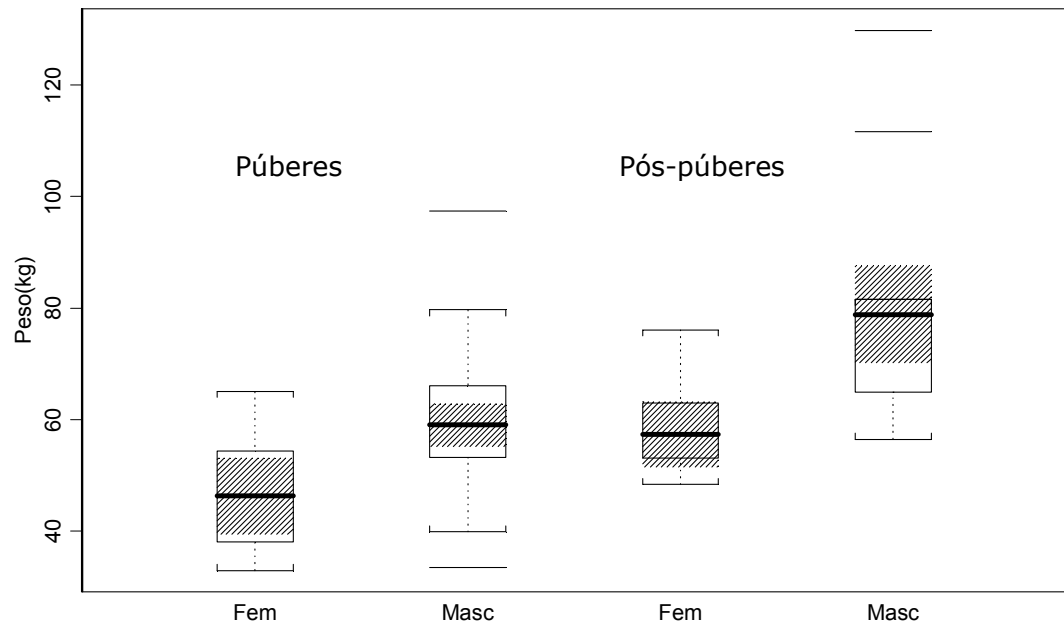


Figura 5. Valores de peso corporal separados por sexo e estágio maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalos de confiança das medianas (em hachuriado).

O peso corporal dos adolescentes púberes do sexo masculino foi estatisticamente diferente ($p < 0,05$) do grupo pós-púbere. Para o sexo feminino, essa diferença não foi significativa. Verificam-se dois *outliers* no grupo pós-púbere do sexo masculino para esta variável de peso corporal e que irão se repetir nas figuras de IMC, percentual de gordura corporal e massa gorda. Estes adolescentes podem ser considerados obesos, no entanto, são extremamente ativos fisicamente e praticantes das modalidades de lançamentos de dardo, martelo e disco e arremesso de peso em que os atletas têm dimensões corporais maiores e mais pesadas.

Os *boxplots* das figuras 6 e 7 apresentam as distribuições da altura corporal e do índice de massa corporal (IMC) separados por sexo e estágio maturacional, respectivamente. Verifica-se que a diferença entre as alturas dos adolescentes do sexo masculino foi significativa ($p < 0,05$).

Distribuição da altura corporal entre os estágios maturacionais

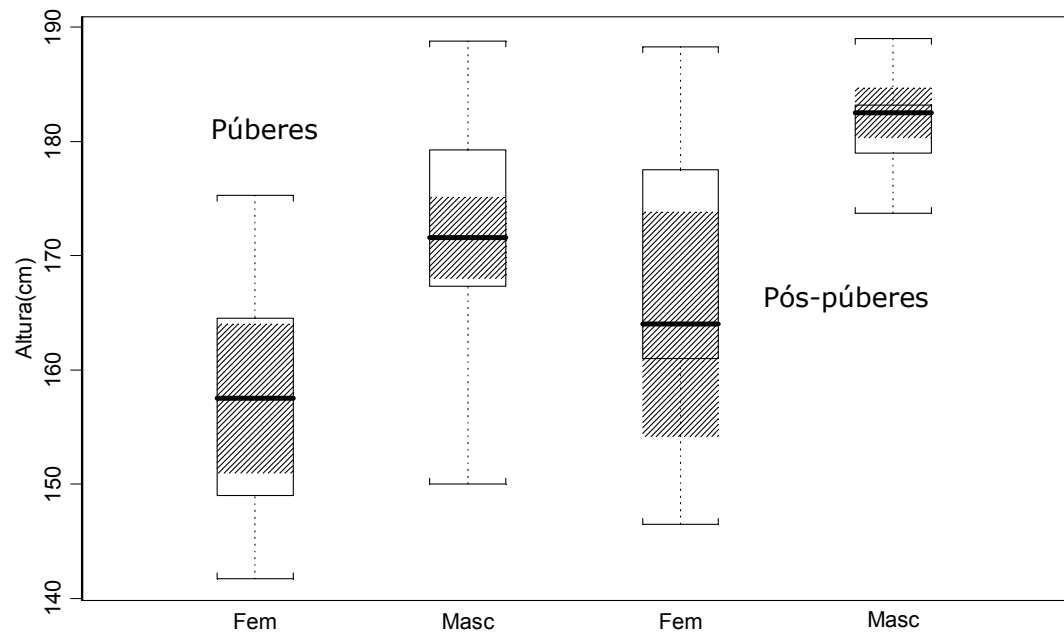


Figura 6 Valores de altura corporal separados por sexo e estágio maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos e intervalos de confiança das medianas (em hachuriado).

As diferenças entre os sexos foram constatadas para as variáveis antropométricas de peso e altura corporal. Os adolescentes do sexo masculino possuem maior peso e altura em relação às meninas, em ambos os estágios maturacionais. O mesmo não pode ser observado para a variável de índice de massa corporal (IMC).

Distribuição do Índice de Massa Corporal entre os estágios maturacionais

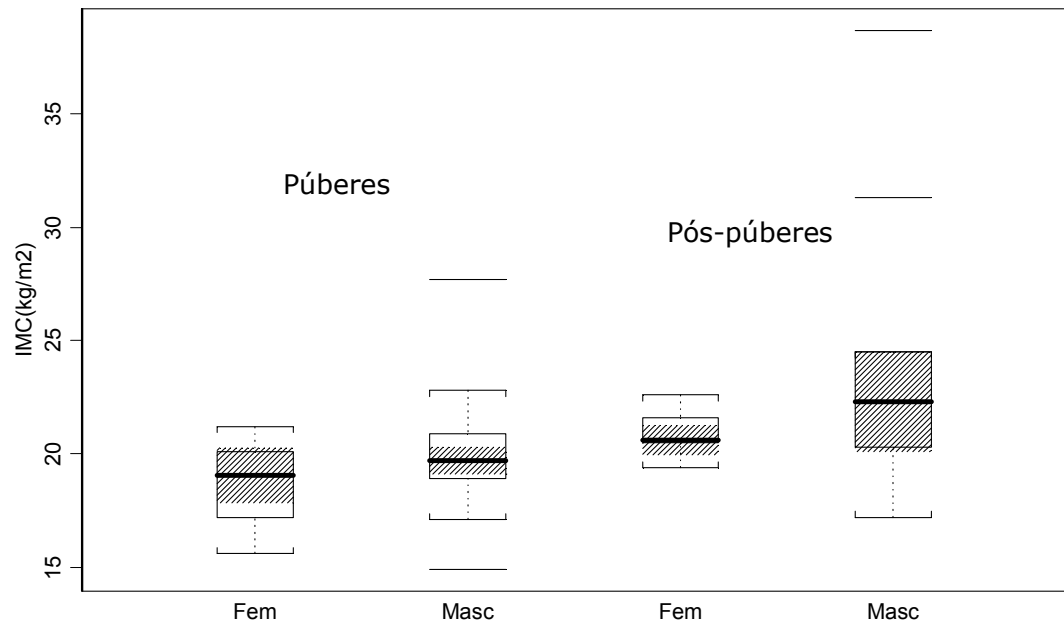


Figura 7: Valores de IMC separados por sexo e estágio maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^os quartis, medianas, 3^os quartis, valores máximos, *outliers* e intervalos de confiança das medianas (em hachuriado).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) e outras organizações internacionais recomendam a utilização do índice de massa corporal (IMC) para definir obesidade na infância e adolescência (CHEN et al, 2002). As medidas de peso e altura, que contribuem para seu cálculo, são simples, acessíveis em termos de custo e não-invasivas e, portanto, universalmente aplicáveis. No entanto, o fato dos adolescentes estarem em fase de intenso crescimento traduz algumas limitações para o uso do IMC, pois este índice não reflete as mudanças na composição corporal, além de não se correlacionar adequadamente com a altura.

Nas figuras 8, 9 e 10 são apresentadas as distribuições de percentual de gordura corporal e massa gorda, respectivamente, separadas por sexo. Podem ser observadas diferenças entre os sexos, mas não entre os grupos de estágios maturacionais.

Observa-se que os dados referentes às dimensões corporais como peso e altura têm maiores valores para os adolescentes do sexo masculino, ao contrário dos dados envolvendo gordura corporal, como o percentual de gordura e a massa gorda que para o sexo feminino têm maiores valores.

Os *outliers* observados nas figuras 8 e 10 são adolescentes do sexo masculino praticantes das modalidades de arremessos e lançamentos.

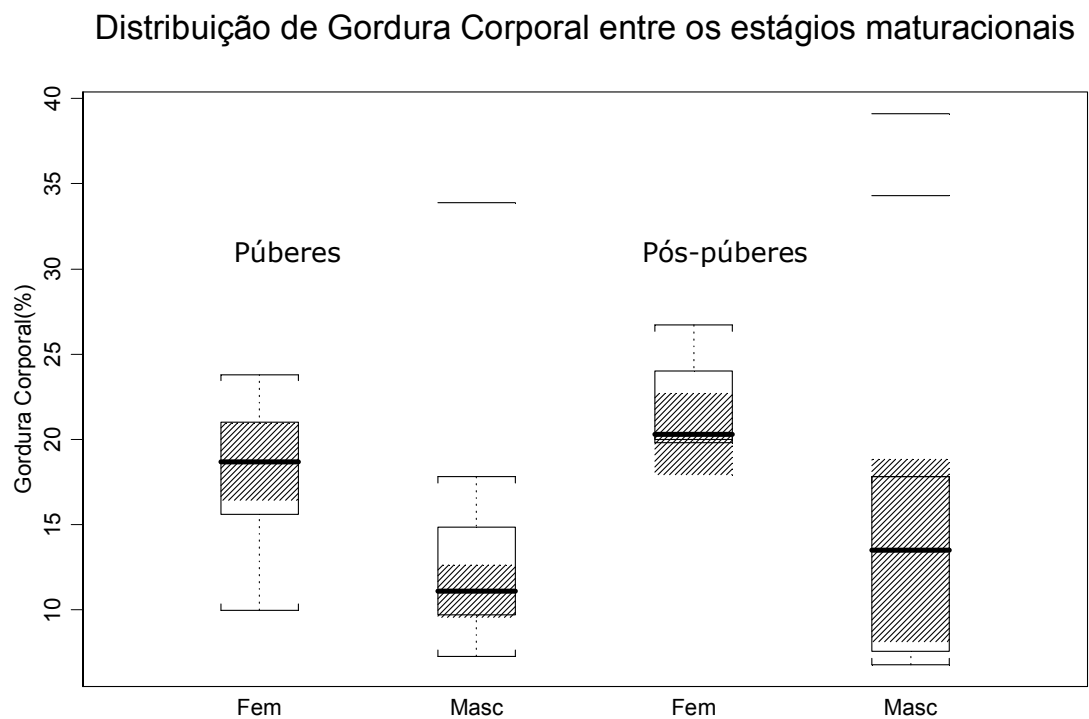


Figura 8. Valores de percentual de gordura corporal separados por sexo e estágio maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^o quartil, medianas, 3^o quartil, valores máximos, *outliers* e intervalos de confiança das medianas (em hachurado).

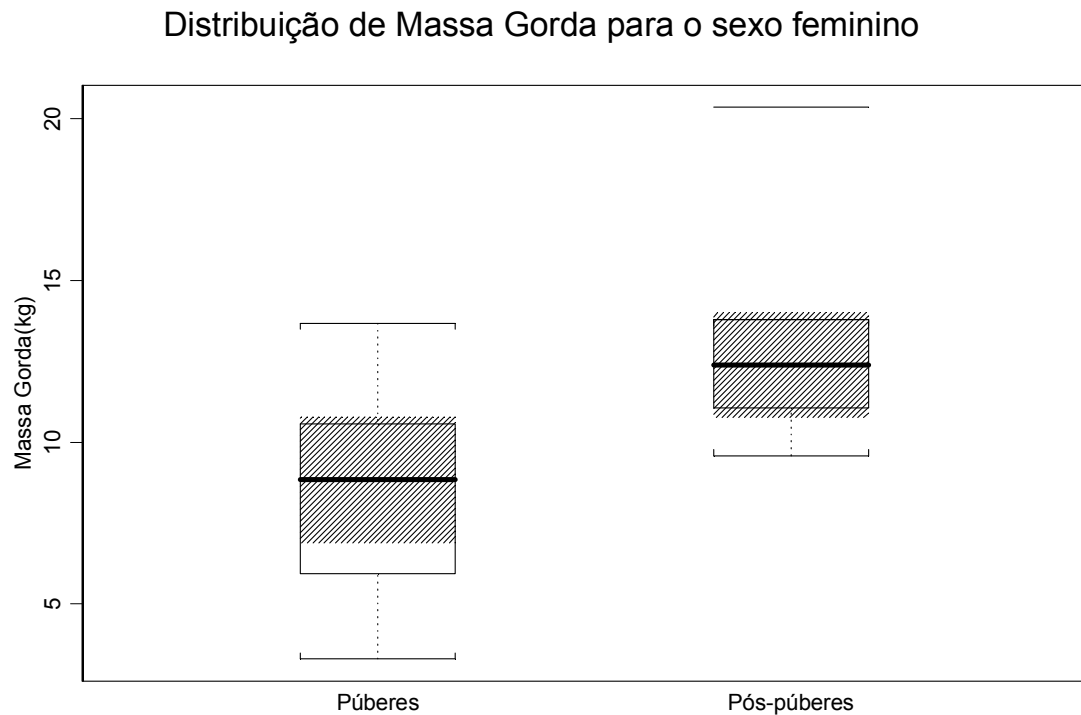


Figura 9. Valores de massa gorda para o sexo feminino separados por estágio maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartil, medianas, 3^{os} quartil, valores máximos, *outliers* e intervalos de confiança das medianas (em hachuriado).

As comparações estabelecidas na composição corporal nesta fase da puberdade são difíceis de se interpretar, uma vez que as transformações físicas ocorrem em momentos distintos para cada sexo e indivíduo. O dimorfismo sexual característico desta fase é que faz com que o corpo do menino e da menina se diferencie, tomando suas respectivas formas. Durante a puberdade, ambos os sexos têm sua massa magra aumentada, mas, além disso, a menina tem acréscimo de gordura corporal.

Distribuição de Massa Gorda para o sexo masculino

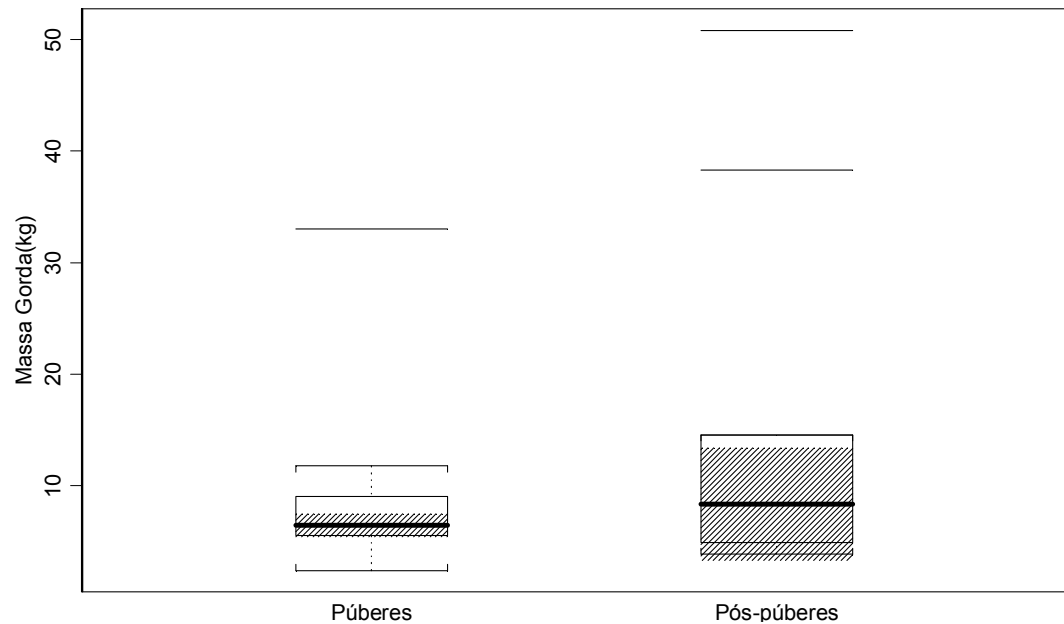


Figura 10. Valores de massa gorda para o sexo masculino separados por estágio maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalos de confiança das medianas (em hachuriado).

Nas figuras 11 e 12 observam-se as distribuições de massa magra para os dois grupos de estágios maturacionais separados por sexo. Para o sexo feminino, apesar do valor da mediana ser maior para o grupo pós-púbere nesta variável, a diferença encontrada não foi significativa (Figura 11). Para o sexo masculino, encontrou-se diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os estágios maturacionais, ou seja, quanto mais avançado o estágio de maturação mais elevada a quantidade de massa magra (Figura 12). O aumento de massa magra é mais evidente entre os meninos em fase pós-puberdade.

Distribuição de Massa Magra para o sexo feminino

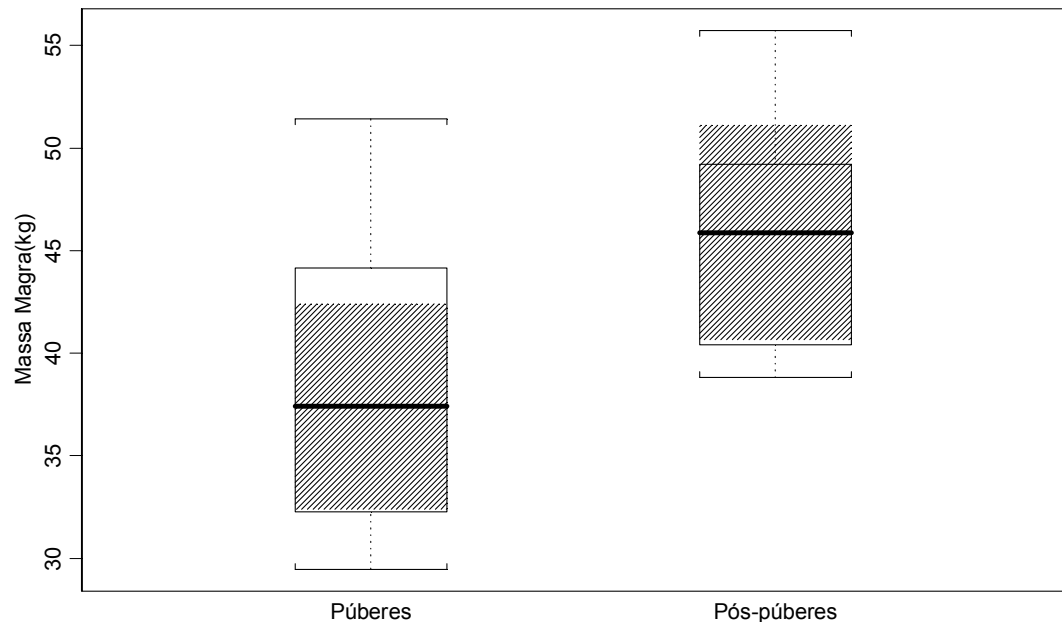


Figura 11: Valores de massa magra para o sexo feminino separados por estágio maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalos de confiança das medianas (em hachuriado).

Distribuição de Massa Magra para o sexo masculino

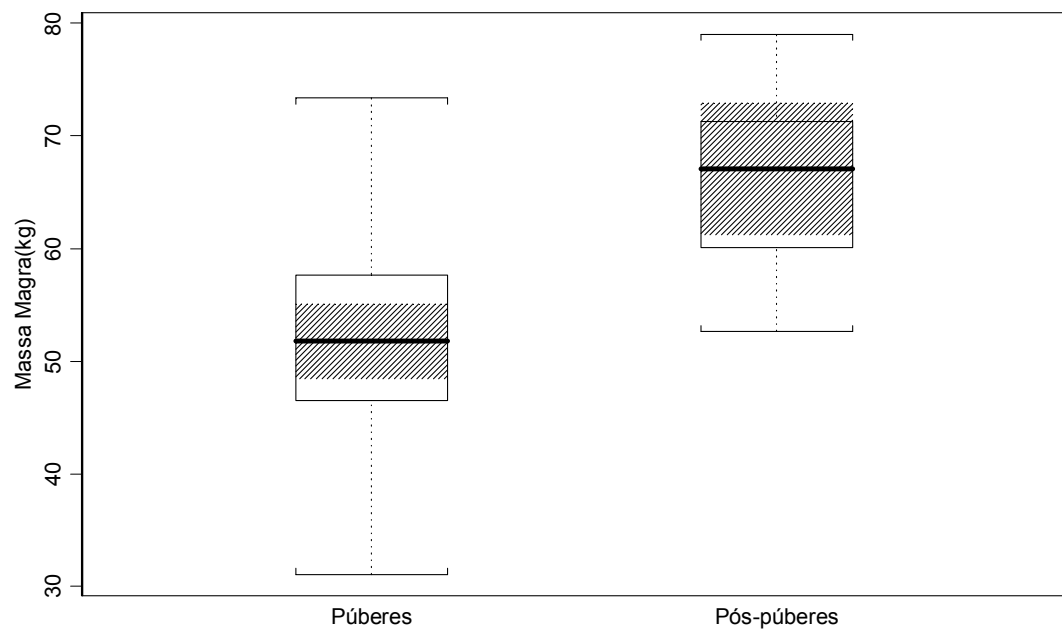


Figura 12: Valores de massa magra para o sexo masculino separados por estágio maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalos de confiança das medianas (em hachuriado).

Dentre os benefícios físicos do exercício regular, o controle de peso e composição corporal são aspectos importantes (SUZUKI et al.1998). Mudanças no peso e na composição corporal são relacionadas ao gasto energético exigido pelo programa de treinamento físico, assim como pela combinação da frequência, duração e intensidade que tendem a oferecer maior magnitude de mudança (POLLOCK, 1973).

5.2 AVALIAÇÃO CLÍNICA

A avaliação clínica realizada teve como objetivo selecionar indivíduos saudáveis e excluir vários fatores que pudessem influenciar o comportamento das variáveis fisiológicas investigadas. Os resultados obtidos nesta avaliação clínica estão apresentados nas figuras 13 a 16.

Distribuição da Frequência Cardíaca de Repouso separada por sexo

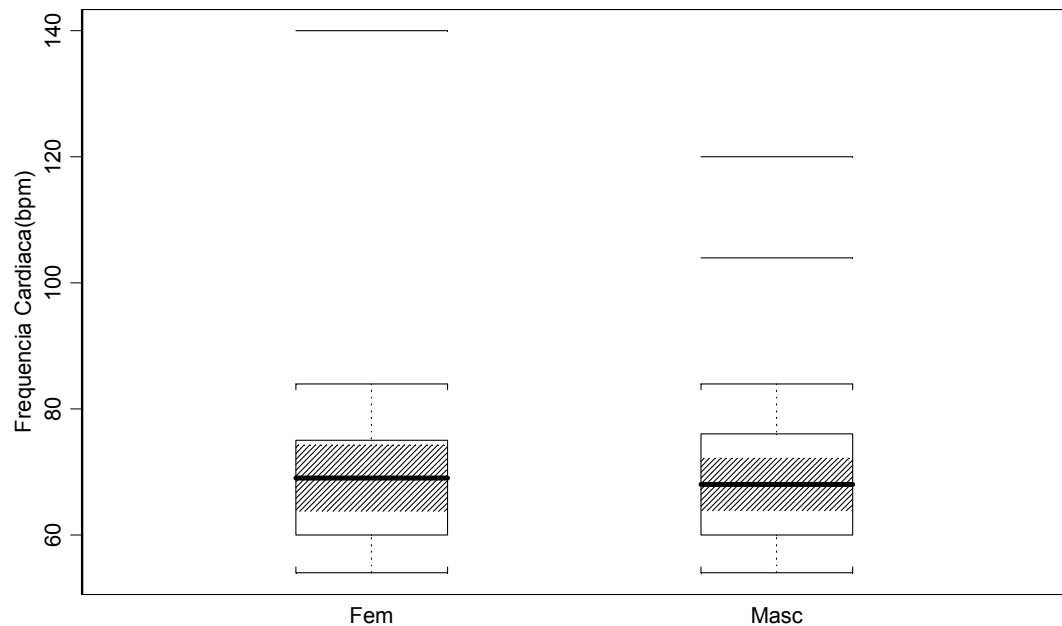


Figura 13: Valores da frequência cardíaca de repouso separados por sexo. Estão representados os valores mínimos, 1ºs quartis, medianas, 3ºs quartis, valores máximos, outliers e intervalos de confiança das medianas (em hachuriado).

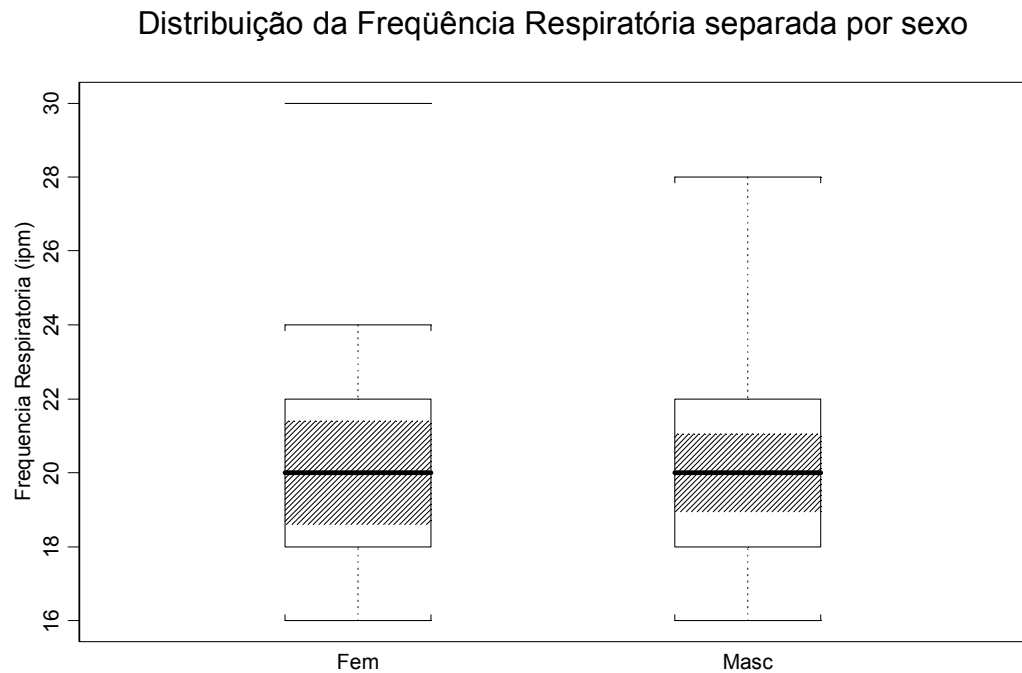


Figura 14: Valores da frequência respiratória separados por sexo. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalos de confiança das medianas (em hachuriado).

A diferença significativa observada entre os sexos foi relacionada à pressão arterial sistólica (PAS). Os meninos apresentaram maior PAS que as meninas (120,0 e 110,0mmHg, respectivamente). É importante relatar que a PA era aferida no final da avaliação clínica e repetida caso se constatasse um valor elevado para a idade ou mesmo para a condição de repouso.

Estão bem estabelecidos pela literatura médica vários fatores extrínsecos que podem levar ao aumento da pressão arterial tais como: excesso de peso corporal, consumo elevado de álcool e potássio, tabagismo, dislipidemia, intolerância à glicose, diabetes mellitus e estresse psicológico (AHA, 1998). A anamnese realizada com os voluntários não verificou a presença de qualquer um desses fatores citados e os níveis pressóricos encontrados estão dentro dos limites estabelecidos para indivíduos considerados saudáveis. O fator que poderia estar influenciando esta diferença é o estresse psicológico que pode ser atribuído à presença dos adolescentes em

ambiente diferente do de costume ou mesmo diante dos profissionais responsáveis pelas avaliações, que não eram conhecidos por eles.

A frequência cardíaca de repouso elevada e a presença dos *outliers* podem ser representativas desse estresse psicológico e grau de ansiedade verificados na avaliação clínica (Figura 13). As meninas nessa faixa etária tiveram maior intensidade de resposta ao estresse comparado aos meninos.

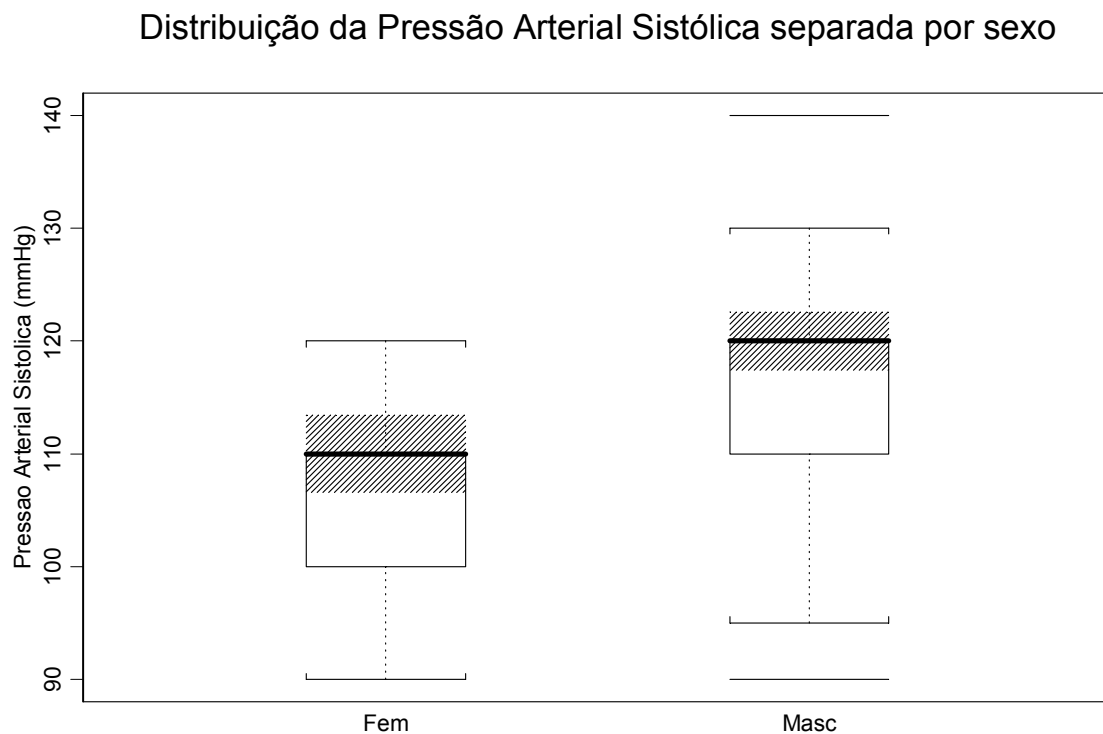


Figura 15: Valores de Pressão Arterial Sistólica separados por sexo. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalos de confiança das medianas (em hachuriado).

Distribuição da Pressão Arterial Diastólica separada por sexo

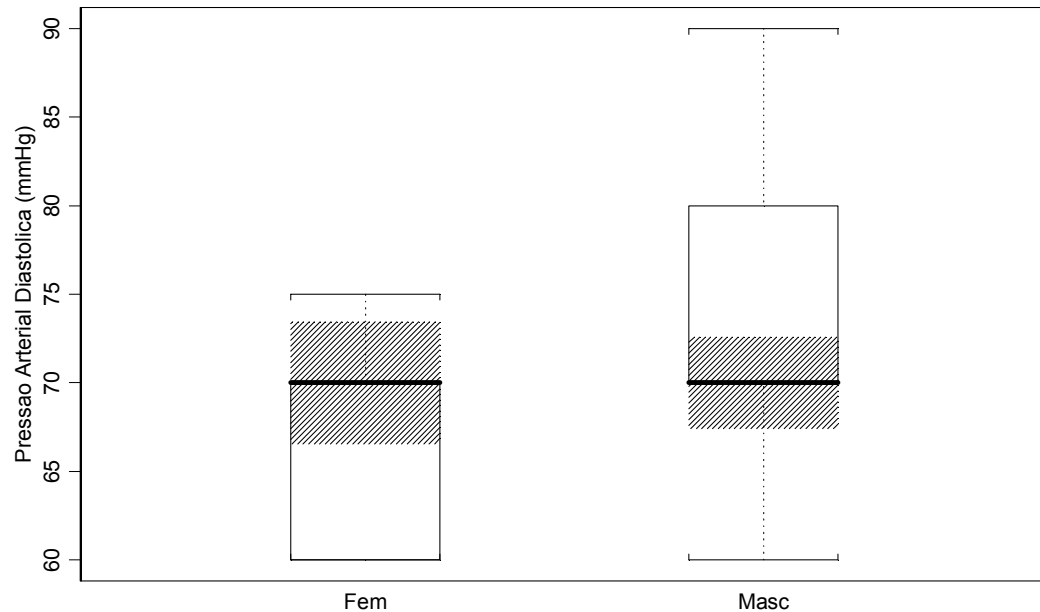


Figura 16: Valores de Pressão Arterial Diastólica separados por sexo. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalos de confiança das medianas (em hachuriado).

Os *outliers* observados na figura 15 podem ser atribuídos ao atleta de arremesso e lançamento especificamente, já explicitado anteriormente, para o maior valor de pressão arterial sistólica (PAS) e para o menor valor a um atleta de provas de meio-fundo (800 e 1500m). Percebe-se nitidamente que valores menores de PAS são correspondentes a atletas de provas de meio-fundo e fundo, consideradas de predominância aeróbia. Ao contrário, valores maiores de PAS correspondem aos atletas de maior peso corporal praticantes das modalidades de lançamentos e arremessos, que se distinguem pela predominância das capacidades físicas de potência anaeróbia e explosão muscular.

5.3 VARIÁVEIS CARDIORRESPIRATÓRIAS EM REPOUSO E EXERCÍCIO

Os resultados apresentados a seguir foram obtidos durante a avaliação da capacidade funcional cardiorrespiratória que consistiu da eletrocardiografia dinâmica de 24 horas e do teste de esforço físico com protocolo contínuo.

5.3.1 Eletrocardiografia Dinâmica

A avaliação da eletrocardiografia dinâmica obtida através do registro contínuo dos intervalos RR deu origem a um relatório de cada voluntário. Com este relatório em mãos foram selecionados apenas os trechos de registro com sinal estacionário detectados por meio de análise visual dos traçados. O programa *Holter for Windows* realiza os cálculos de cada um dos intervalos de registro com duração de cinco minutos e foram selecionados de três a cinco intervalos consecutivos tanto para o período de vigília em repouso quanto para o período de sono.

As análises nos domínios espectral e temporal foram realizadas para a obtenção de maiores informações sobre a dinâmica da VFC bem como sua relação com os eferentes do sistema nervoso autonômico. A análise espectral decompõe o sinal da frequência cardíaca ou os intervalos RR em suas faixas de frequência e os quantifica em termos relativos, denominados de potência. Primeiramente o sinal eletrocardiográfico é digitalizado, os intervalos RR armazenados e a série destes valores resultam no tacograma, que expressa a variação da frequência cardíaca em função do tempo. Para a decomposição em ondas mais simples, algoritmos matemáticos são aplicados, no caso a transformada rápida de Fourier, que determina o número, a frequência e a amplitude dos componentes oscilatórios da frequência cardíaca e intervalos RR.

No presente trabalho foram utilizadas as bandas de baixa frequência (BF), de alta frequência (AF) e a razão BF/AF. Os componentes espectrais em unidades normalizadas minimizam os efeitos das alterações da fração de muito baixa frequência (MBF), aquelas abaixo de 0,03 Hz, focalizando somente os componentes de baixa (BF) e alta (AF) frequência (TASK FORCE, 1996). A normalização se dá pela razão do valor relativo de cada componente espectral pela potência total subtraindo-se o componente de muito baixa frequência e multiplicando-se por 100. A representação de BF e AF em unidades normalizadas enfatiza o comportamento controlado e balanceado do sistema nervoso simpático e do sistema nervoso parassimpático, além da normalização tender minimizar o efeito das alterações na potência total sobre os valores dos componentes de BF e AF.

Na análise temporal, a partir de uma série de intervalos RR estacionários, podem ser aplicados métodos estatísticos os quais são derivados de medidas diretas desses intervalos ou derivados das diferenças entre os mesmos (TASK FORCE, 1996). Neste estudo foram utilizados os índices: média dos intervalos RR normais (MédiaNN), desvio padrão de todos os intervalos RR normais (DPNN), raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças dos intervalos RR adjacentes (rMSSD) e porcentagem de intervalos RR adjacentes com variação maior que 50ms (pNN50).

As distribuições das variáveis avaliadas na eletrocardiografia dinâmica de 24 horas estão apresentadas nas figuras 17 a 24 e foram separadas por sexo e idade maturacional. Os períodos de vigília em repouso e sono também foram destacados.

Distribuição do componente de BF para o sexo feminino

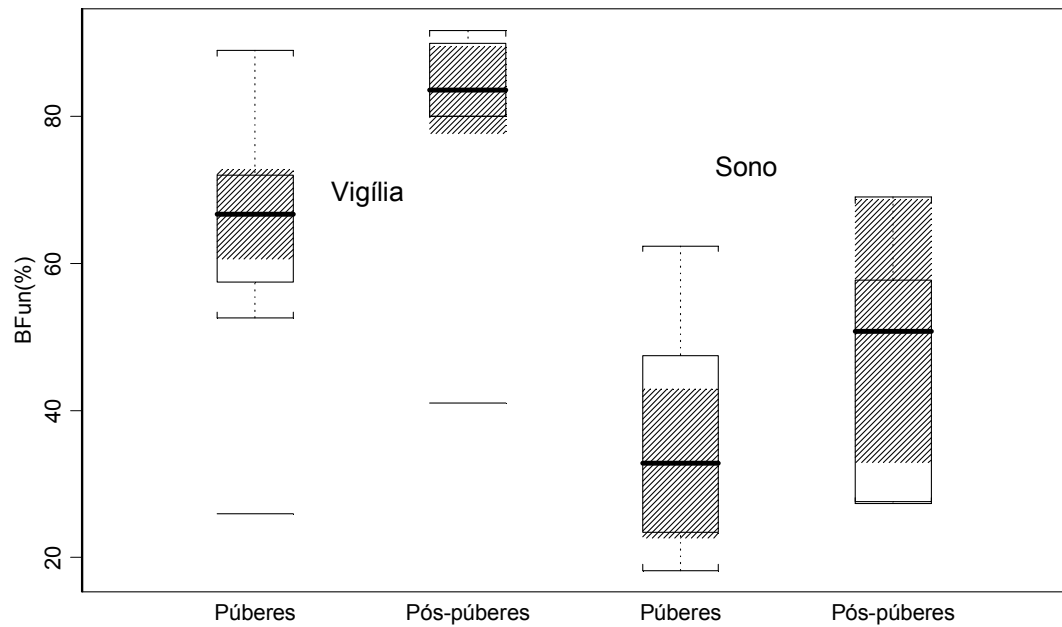


Figura 17: Valores do componente de baixa freqüência (BF) em unidades normalizadas (un) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo feminino separados por idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^os quartis, medianas, 3^os quartis, valores máximos, *outliers* e intervalos de confiança das medianas (em hachuriado).

Na figura 17 pode-se verificar um aumento significativo ($p < 0,05$) do componente de baixa freqüência concomitante ao avanço do estágio maturacional no período de vigília em repouso. Existe a mesma tendência para o período do sono embora não significativa. O mecanismo fisiológico correspondente a este aumento do componente de baixa freqüência está associado a maior atividade simpática de acordo com Task Force (1996) e Malliani et al. (1991a). Percebe-se, portanto, maior ação simpática durante o período de vigília (67% para as meninas púberes e 84% para as pós-púberes) do que no período de sono onde foram encontrados 33% e 51% respectivos às idades maturacionais.

Massin et al. (2000) ao estudarem 57 sujeitos de 2 meses a 15 anos de idade também encontraram uma prevalência do tônus simpático durante o dia.

Existe uma tendência de aumento do componente de baixa frequência com o avanço da idade maturacional para ambos os períodos de vigília em repouso (63% para púberes e 70% para pós-púberes) e sono (45% para púberes e 56% para pós-púberes), embora não significativa (Figura 18).

Comparando-se as figuras 17 e 18, podemos verificar que as meninas durante o dia possuem uma tendência de maior atividade simpática, mas à noite isto se reverte, os meninos têm maiores valores de baixa frequência atribuídos à ação simpática.

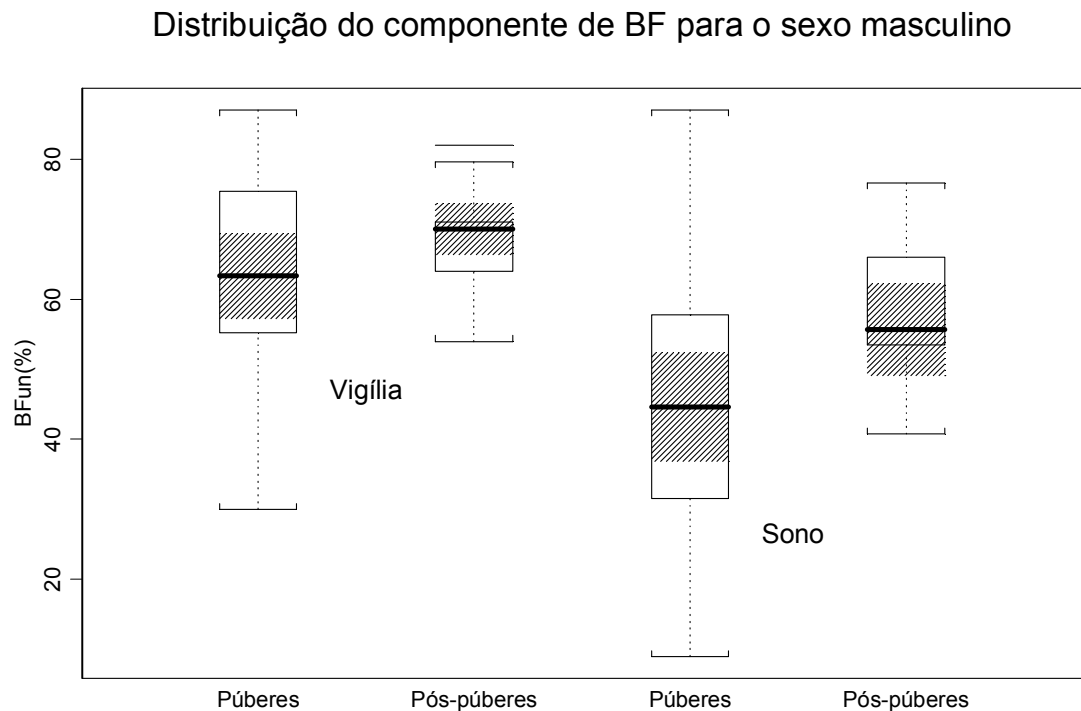


Figura 18: Valores do componente de baixa frequência (BF) em unidades normalizadas (un) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo masculino separados por idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

Finley & Nugent (1995) ao estudarem 61 sujeitos de 1 mês a 24 anos de idade utilizando ECG contínuo de 24 horas, verificaram um padrão idade-dependente com um aumento no

componente espectral de BF (predominantemente simpático, mas com alguma inervação parassimpática), AF (inervação parassimpática) e potência total de 0 a 6 anos, acompanhado de decréscimo para as idades maiores. Esse estudo confirmou achados anteriores que sugeriam uma diminuição significativa na atividade simpática entre 5 e 10 anos de idade (FINLEY, NUGENT & HELLENBRAND, 1987).

Distribuição do componente de AF para o sexo feminino

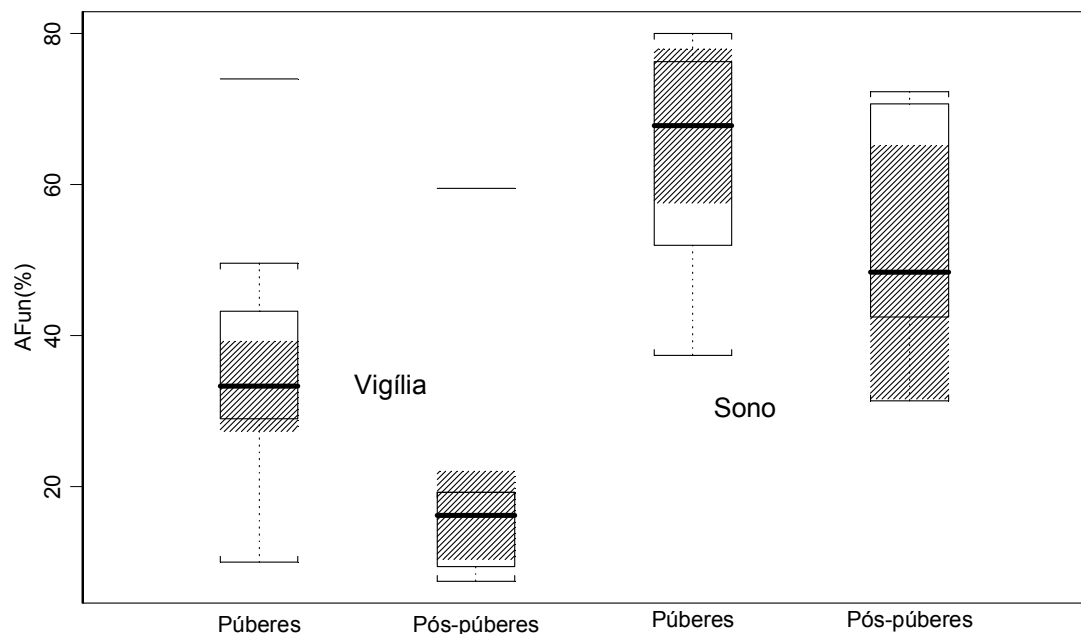


Figura 19: Valores do componente de alta frequência (AF) em unidades normalizadas (un) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo feminino separados por idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

Pode-se verificar na figura 19 uma tendência contrária a das figuras 17 e 18, ou seja, com o avanço da idade maturacional existe uma participação menor do componente de alta frequência em unidades normalizadas (AFun). No período de vigília em repouso, esta tendência foi significativa ($p < 0,05$). Percebe-se, no entanto, que no período de sono essa participação do

componente de alta frequência, fortemente associada à atividade parassimpática, é significativamente maior que no período de vigília.

Tanaka et al. (2000) ao compararem 71 pré-adolescentes com idades entre 6 e 11 anos e 56 adolescentes de 12 a 16 anos de idade também observaram uma diminuição do componente de alta frequência nos adolescentes de maior idade.

Stewart (2000) ao comentar o trabalho de Tanaka et al. (2000), afirma que a atividade parassimpática deve ter um máximo durante a pré-adolescência e concorda com a declaração de Tanaka de que “a função autonômica tem um importante papel no desenvolvimento normal do aumento da pressão sanguínea depois do período maturacional”.

Goto et al. (1997) analisaram a VFC durante o sono de 60 crianças de 3 a 15 anos de idade, de ambos os sexos, e verificaram um aumento significativo do componente espectral de AF para as idades de 3 a 6 anos e significativa redução deste componente para as idades subseqüentes de 6 a 15 anos. Esse resultado sugere um gradual aumento na mediação parassimpática nos primeiros 6 anos de vida e subseqüente redução na idade pubertária.

As diferenças encontradas entre as idades maturacionais não foram significantes para o sexo masculino (Figura 20), somente foram significantes entre os períodos de vigília e sono para a mesma idade maturacional ($p < 0,05$). Além disso, é possível observar o aumento da ação parassimpática durante o sono, mas não na mesma magnitude que para o sexo feminino. As meninas parecem estar sob maior ação vagal durante o sono (68% para púberes e 48% para pós-púberes) que os meninos (53% para púberes e 43% para pós-púberes). Ao contrário, em que se verifica uma tendência significativa ($p < 0,05$) de menor ação vagal durante o dia para as meninas pós-púberes (16%) em relação aos meninos de mesma idade maturacional (30%).

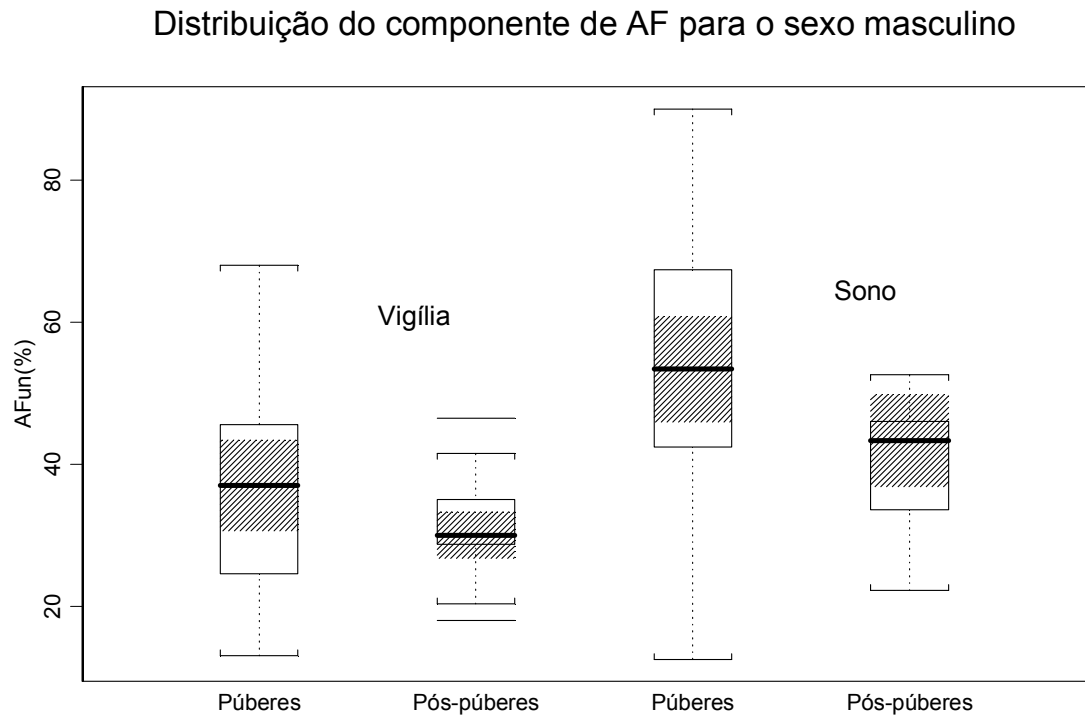


Figura 20: Valores do componente de alta frequência (AF) em unidades normalizadas (un) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo masculino separados por idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

Massin et al. (2000) verificaram relativo aumento da atividade parassimpática durante a noite o que por sua vez, também pode ser observado no presente estudo.

A variação da frequência cardíaca e da VFC dependem da influência da atividade simpática e parassimpática sobre o nodo sinusal e refletem as mudanças espontâneas da atividade autonômica. Na população em geral, existem evidências dessa atividade autonômica sobre o ritmo circadiano com a prevalência do tônus simpático durante o dia e um considerável aumento do tônus parassimpático durante a noite e nas primeiras horas acordado (MASSIN et al. 2000).

A razão entre os componentes de baixa e alta frequência (BF/AF) é tida como importante índice do equilíbrio simpato-vagal, a qual apresentando altos valores sugere

predominância da atividade simpática sobre o nodo sinusal (MALLIANI, 1998). A regulação neural da função circulatória é efetuada pela ação dos sistemas simpático e vagal e, portanto, na maioria das condições fisiológicas, a ativação de um dos sistemas é acompanhada pela inibição de outro. Este balanço simpato-vagal é modulado pela interação de três fatores: integração central neural, mecanismos reflexos inibitórios (*feedback* negativo) e mecanismos reflexos excitatórios (*feedback* positivo) (MALLIANI et al. 1991a).

Distribuição de BF/AF para o sexo feminino

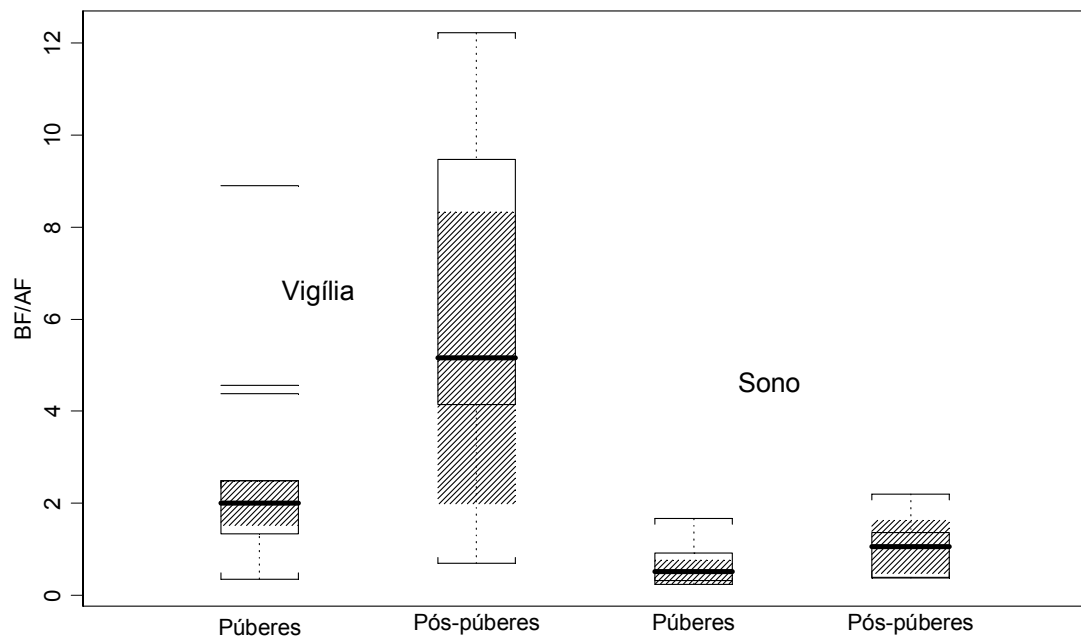


Figura 21: Valores da razão entre os componentes de baixa e alta frequência (BF/AF) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo feminino separados por idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartil, medianas, 3^{os} quartil, valores máximos e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

Na figura 21, observa-se uma tendência de aumento da razão entre os componentes de baixa e alta frequência (BF/AF) com o avanço maturacional, embora não significativa. Ao mesmo tempo, pode-se verificar que durante o período de vigília esta variável possui maiores valores. Massin et al. (2000) encontraram maior razão entre os componentes de baixa e alta frequência

(BF/AF) durante o dia comparando-se ao período de sono. No período de vigília, no entanto, verificamos grande variação e heterogeneidade, o que pode ter contribuído para a presença de *outliers* e diferenças não significantes.

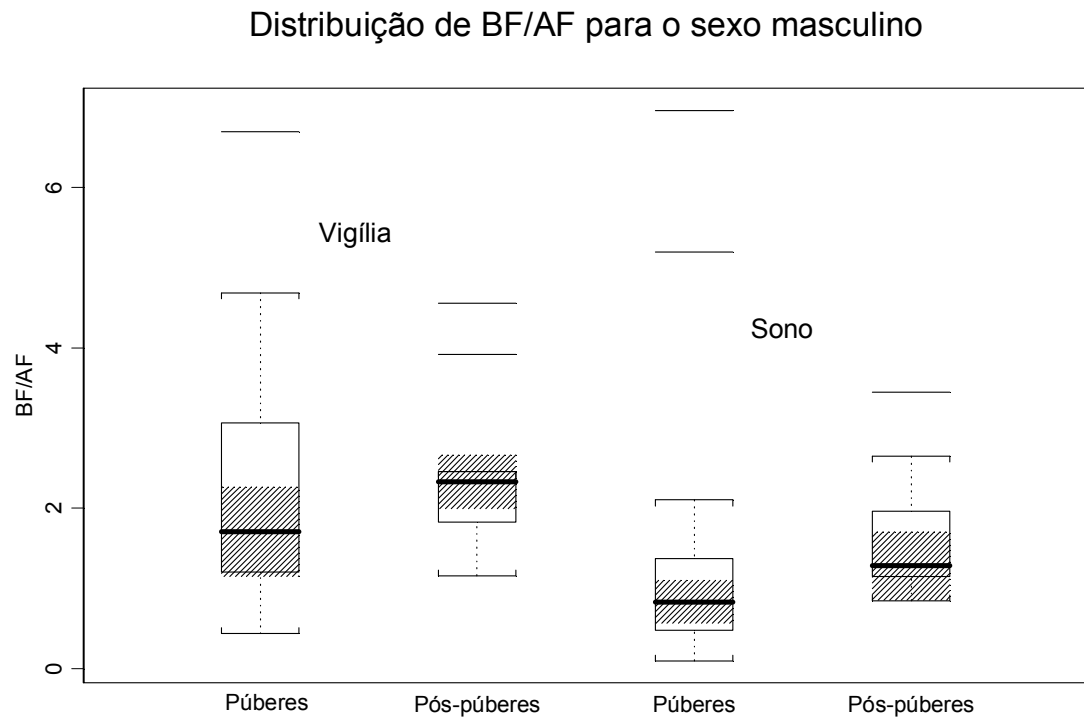


Figura 22: Valores da razão entre os componentes de baixa e alta freqüência (BF/AF) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo masculino separados por idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartil, medianas, 3^{os} quartil, valores máximos e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

Para o sexo masculino na figura 22, pode-se verificar a mesma tendência observada na figura 21 embora não significativa. No período de vigília, existe também uma tendência de valores menores da razão BF/AF para o sexo masculino e o contrário, maiores valores no período do sono. As meninas têm menor ação simpática, demonstrada pela razão BF/AF, durante o sono e maior atividade simpática durante a vigília.

No estudo de Goto et al. (1997), a razão BF/AF aumentou para as idades de 3 a 6 anos, mas não mudou significativamente dos 6 aos 15 anos. Apesar de não haver diferença significativa

entre os sexos, os índices de VFC também tenderam ser mais altos em adolescentes do sexo masculino.

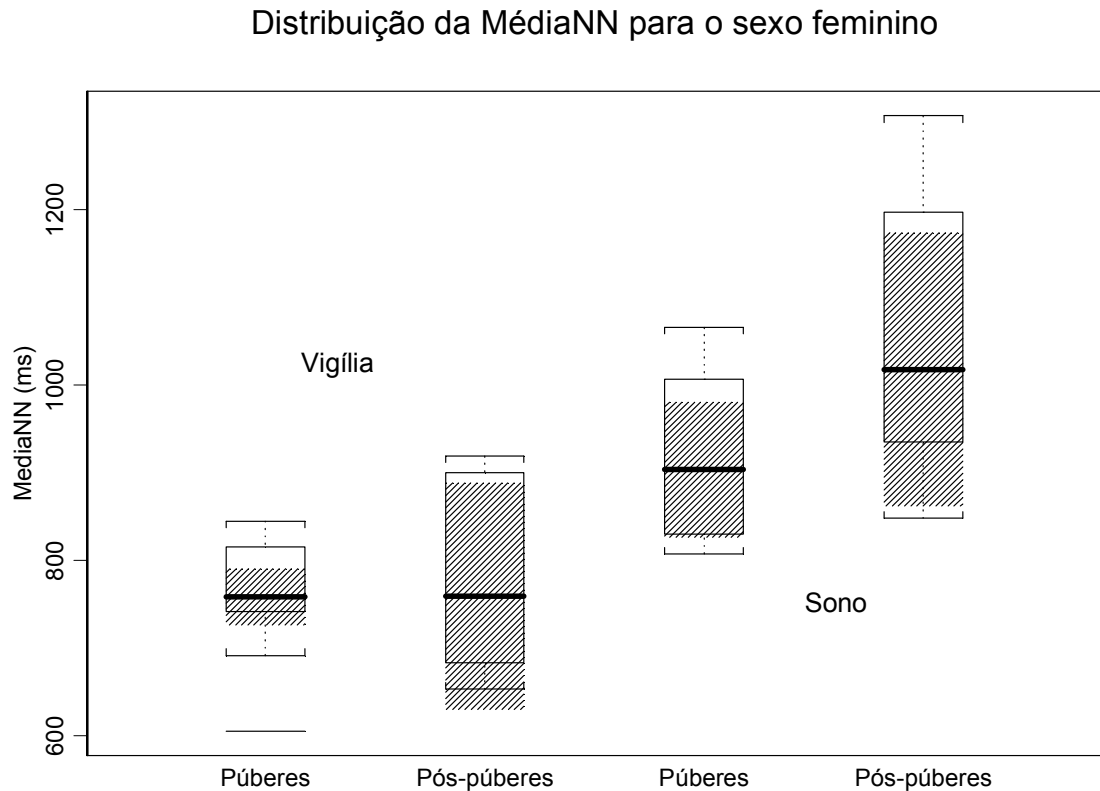


Figura 23: Valores da média dos intervalos RR normais (MédiaNN) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo feminino separados por idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartil, medianas, 3^{os} quartil, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

A média dos intervalos RR normais (Média NN) é uma medida de variabilidade global da frequência cardíaca. Nas figuras 23 e 24, podemos verificar maiores valores das medianas no período de sono em comparação à vigília. As diferenças entre os estágios maturacionais não foram significantes nos dois períodos para ambos os sexos. Ao compararmos os sexos, no entanto, a diferença encontrada entre os sujeitos púberes nos dois períodos foi significativa. Os meninos possuem maior MédiaNN que as meninas.

Muitos são os estudos que têm o foco na influência da idade e do sexo sobre o tônus autonômico cardíaco (RYAN et al. 1994; RAMAEKERS et al. 1998, 1999). As conclusões gerais destes estudos enfatizam que todos os parâmetros da VFC, com exceção do componente de AF, foram maiores para os homens e esta diferença entre os sexos está limitada para as faixas de idade menores que 40-50 anos. O menor tônus simpático verificado nas mulheres pode estar associado a maior proteção contra arritmias e desenvolvimento de doenças coronarianas.

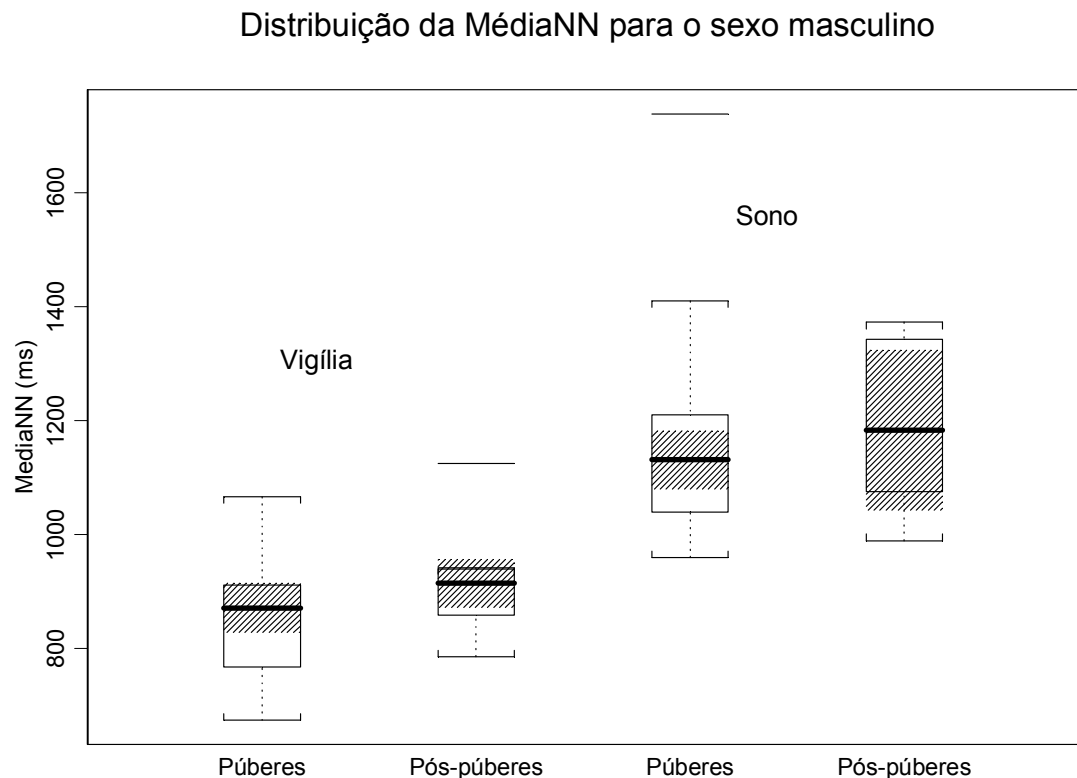


Figura 24: Valores da média dos intervalos RR normais (MédiaNN) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo masculino separados por idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartil, medianas, 3^{os} quartil, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

Nas figuras 23 e 24, podem-se verificar diferenças significantes entre os sexos para a MédiaNN nos períodos de vigília e sono, sendo que os meninos tiveram maiores valores para este índice em relação às meninas. Quando separados os grupos por estágio maturacional, observamos

diferenças entre os sexos no grupo púbere no período de vigília (758,56ms para as meninas e 870,98ms para os meninos), havendo maiores valores para o sexo masculino conforme estudos de Goto et al. (1997) e de Silvetti, Drago e Ragonese (2001).

Hedelin et al. (2000) encontraram diferença entre os sexos ao estudarem 17 esquiadores de cross-country (9 meninas, 8 meninos; 16-19 anos de idade) antes e depois de uma temporada competitiva. Depois do período de intenso treinamento e competição houve um aumento geral nos índices de VFC. Nenhuma diferença na frequência cardíaca de repouso foi encontrada, pré e pós-temporada, contudo, eles verificaram maior nível da atividade parassimpática nas meninas do que nos meninos, refletida pelo maior valor do componente de alta frequência (AF) e variabilidade total.

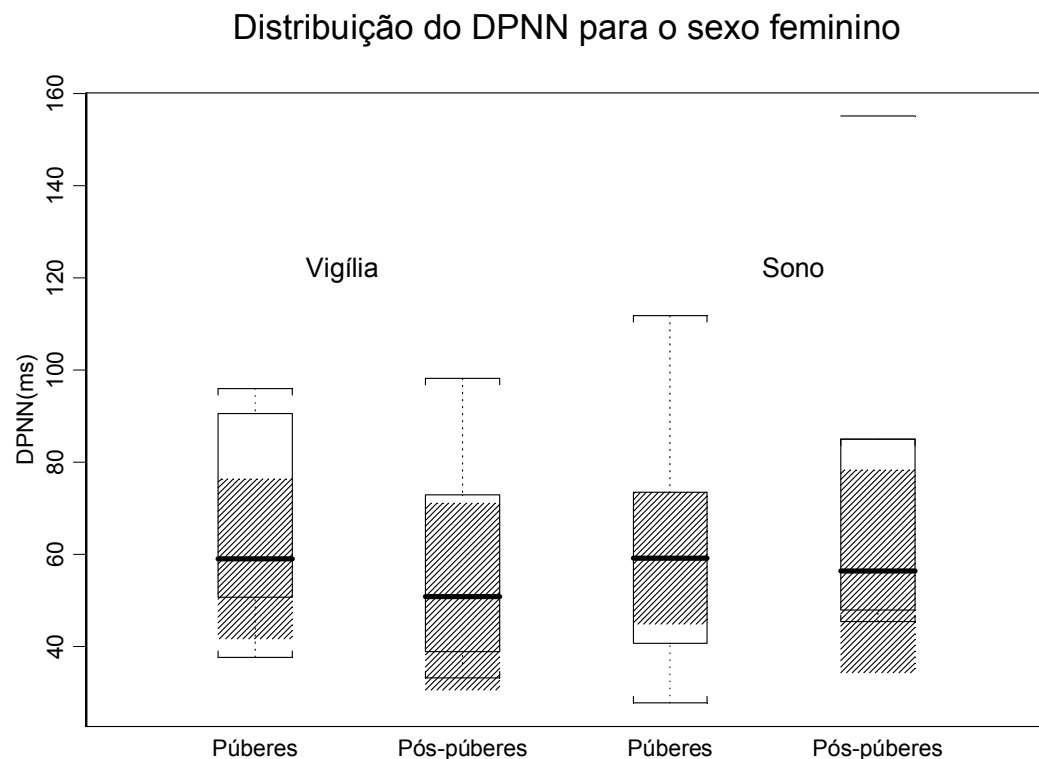


Figura 25: Valores do desvio padrão dos intervalos RR normais (DPNN) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo feminino separados por idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^os quartis, medianas, 3^os quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

O desvio padrão dos intervalos RR normais (DPNN) está associado à atividade predominantemente simpática. As figuras 25 e 26 mostram uma tendência, não significativa, de menores valores para o sexo feminino nos períodos de vigília e sono.

Goto et al. (1997) ao estudarem 60 crianças japonesas (25 meninos, 35 meninas) divididas em 5 subgrupos de idade (3, 6, 9, 12 e 15 anos de idade) verificaram aumento significativo do desvio padrão dos intervalos RR normais (DPNN) entre os grupos de 3 a 9 anos de idade. Para as crianças de 9 a 15 anos houve uma diminuição do DPNN com a idade. No entanto, não foram realizadas avaliações do estágio maturacional.

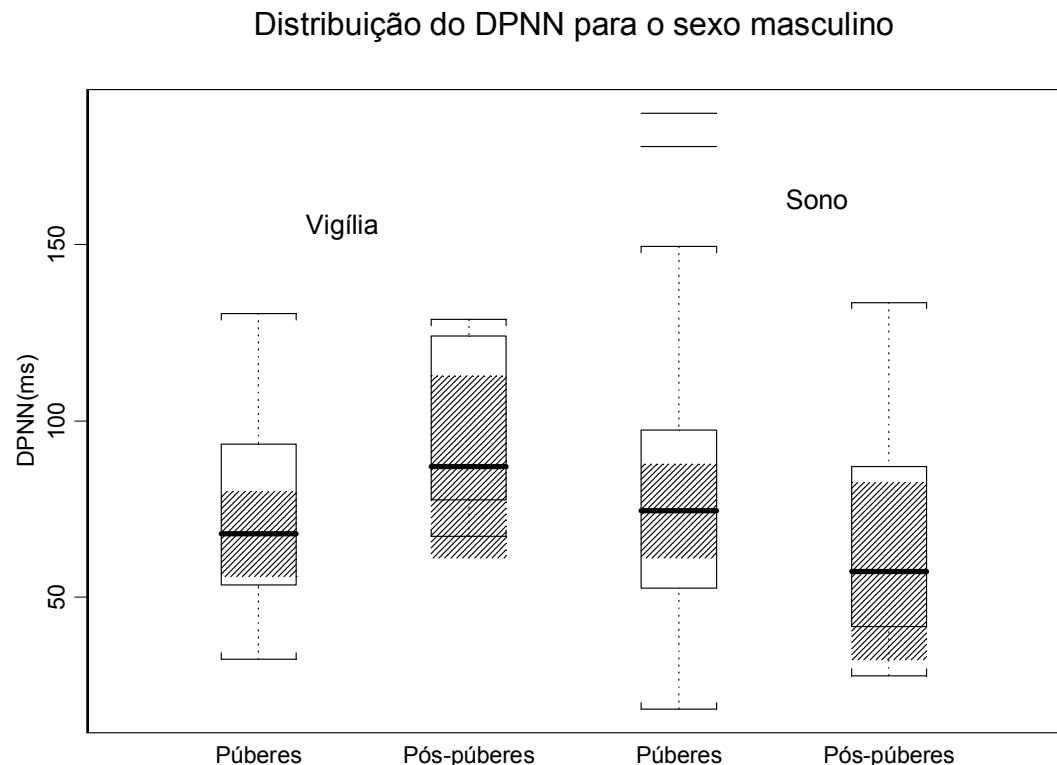


Figura 26: Valores do desvio padrão dos intervalos RR normais (DPNN) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo masculino separados por idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

Ao examinarem índices de VFC em 210 crianças saudáveis de 3 dias a 14 anos de idade, Massin e von Bernuth (1997) relataram a importância da idade relacionada às diferenças na dinâmica da frequência cardíaca. Os achados ilustram um aumento da modulação parassimpática e uma diminuição da simpática com a idade, conforme a maturação progressiva do sistema nervoso.

Massin e von Bernuth (1997) afirmam que o componente de baixa frequência (BF) da análise espectral e o parâmetro DPNN da análise temporal, que expressam a VFC de longa duração são duplamente influenciados pela atividade colinérgica (parassimpática) e adrenérgica, (simpática) assim como por outros mecanismos fisiológicos. Esses parâmetros refletem toda flexibilidade do sistema nervoso autonômico.

Embora a relação entre a frequência cardíaca e a VFC seja geralmente ignorada pela literatura, é importante considerar que a média da frequência cardíaca é variável individualmente, mas também com a idade. A dificuldade é que tanto a frequência cardíaca como a VFC dependem do sistema nervoso autonômico e existe, portanto, uma alta complexidade na dinâmica da frequência cardíaca em crianças.

Ao identificarem os ritmos circadianos da frequência cardíaca e da VFC em 57 crianças de 2 meses a 15 anos de idade, Massin et al. (2000) também sustentaram a idéia de maturação progressiva do sistema nervoso autonômico. Uma possível explicação para esse processo maturacional foi a associação com um aumento na organização dos ciclos de sono-vigília atribuídos a uma retirada simpática.

Silvetti, Drago e Ragonese (2001) consideram o índice DPNN como uma medida total da VFC e que se correlaciona com a potência total e o componente de muito baixa frequência (MBF) da análise espectral. Eles avaliaram 103 sujeitos (57 meninos e 46 meninas) com idades

de 1 a 20 anos que foram divididos em 8 grupos (4 para meninas e 4 para meninos): 1-5 anos, 6-10 anos, 11-15 anos e 16-20 anos. Os resultados mostraram medidas significativamente maiores em meninos do que em meninas e o DPNN aumentou nos dois primeiros grupos de idade.

Segundo estes autores, existe uma evolução progressiva das variáveis de VFC parcialmente relacionadas à idade e sexo, e talvez algumas diferenças dos trabalhos de Finley & Nugent (1995), Goto et al. (1997) e Massin & von Bernuth (1997) possam ser explicadas, uma vez que a população destes estudos não foi separada por gênero. Os componentes da VFC no domínio do tempo que refletem a ação parassimpática sobre o nodo sinusal aumentam com a idade em crianças até 10 anos, e estabilizam depois da mesma. Estes parâmetros de VFC estão relacionados ao IMC, ao tamanho corporal, mas não se relacionam ao gênero (FINLEY & NUGENT, 1995; GOTO et al. 1997; MASSIN & VON BERNUTH, 1997).

Em contrapartida, Faulkner, Hathaway & Tolley (2003) avaliaram 75 adolescentes de 13 a 18 anos de idade, divididos em três categorias de estágio maturacional com o objetivo de verificar os efeitos da idade, sexo, raça, índice de massa corporal (IMC) e estágios de Tanner sobre as medidas autonômicas cardiovasculares. Apesar das diferenças de idade entre os grupos não verificaram declínio nas variáveis medidas entre os batimentos por minuto com controle da respiração profunda e a razão de Valsalva com progressão da idade. Essas correlações negativas, segundo os autores, podem sugerir declínio da modulação parassimpática com o amadurecimento dos adolescentes. Além disso, foram encontrados menores valores de VFC em meninas e adolescentes de origem africana em relação aos meninos e adolescentes de origem caucasiana, o que por sua vez demonstra a importância de considerar a influência de sexo e raça na interpretação dos resultados.

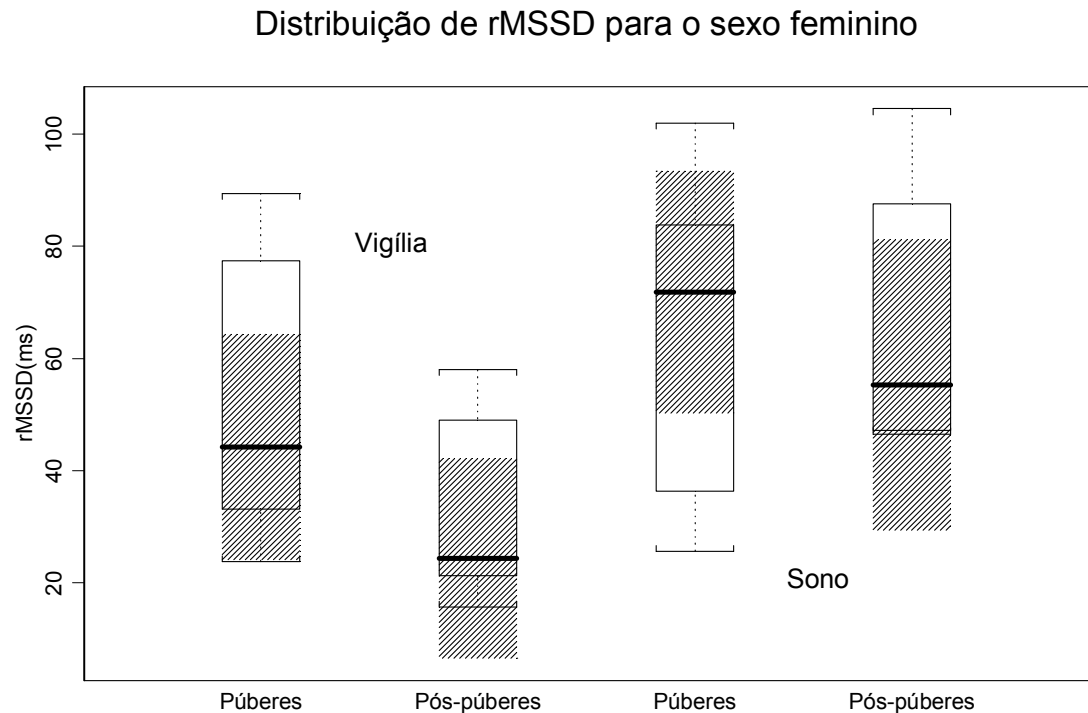


Figura 27: Valores da raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças dos intervalos RR adjacentes (rMSSD) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo feminino separados por idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

As figuras 27 e 28 demonstram os resultados da raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças dos intervalos RR adjacentes (rMSSD) que é considerada um indicador da ação parassimpática. Os resultados mostram uma tendência não significativa de menores valores para os adolescentes pós-púberes de ambos os sexos entre os períodos de vigília e sono. Entre os sexos, não foram observadas diferenças significantes.

Para Silvetti et al. (2001), os índices rMSSD e pNN50 nesta idade se estabilizam e não mostram diferenças entre os sexos, e isto reflete uma redução da modulação simpática sobre o nodo sinusal na adolescência, especialmente em meninos.

No trabalho de Goto et al. (1997), os índices no domínio do tempo como rMSSD foram significativamente correlacionados com o índice de alta frequência, sugerindo que estas medidas podem ser utilizadas para acessar atividade vagal. Além disso, as inclinações, determinadas pela análise de regressão linear simples, das relações entre os índices de tônus vagal (AF e rMSSD) diminuíram com a idade, e o ponto de interseção da linha de regressão foi significativamente correlacionado com a idade e com isto o tônus parassimpático em crianças poderia ser descrito através de equação utilizando estes índices.

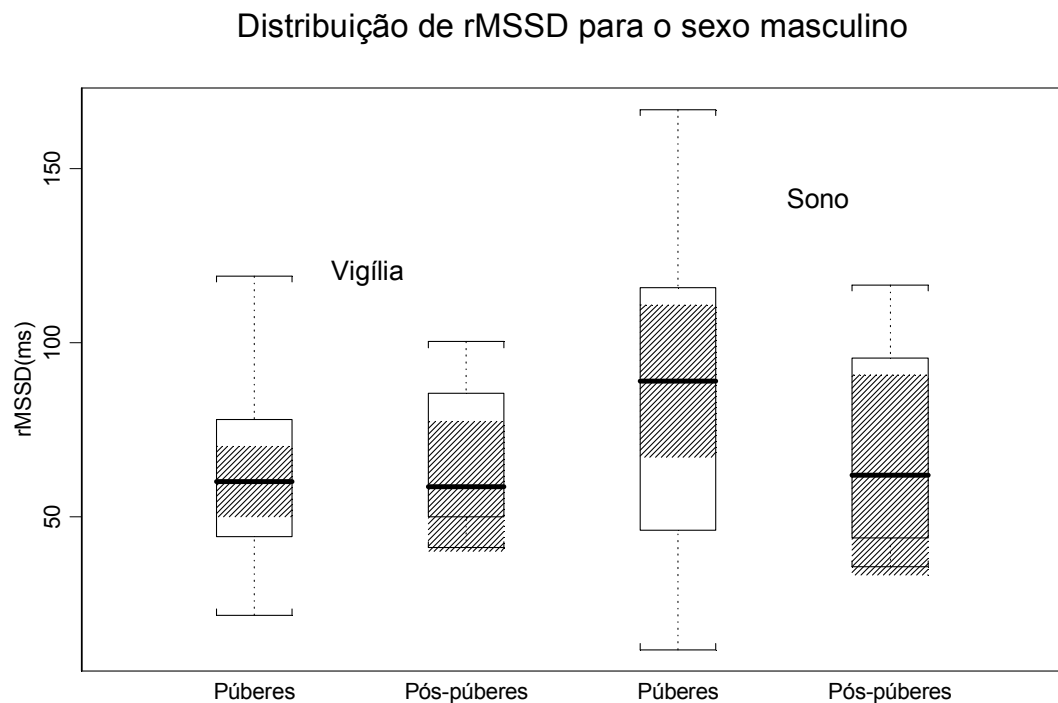


Figura 28: Valores da raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças dos intervalos RR adjacentes (rMSSD) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo masculino separados por idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^o quartil, medianas, 3^o quartil, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

As figuras 29 e 30 apresentam a descrição dos resultados da porcentagem de intervalos RR adjacentes com variação maior que 50ms (pNN50) para os sexos feminino e masculino, respectivamente.

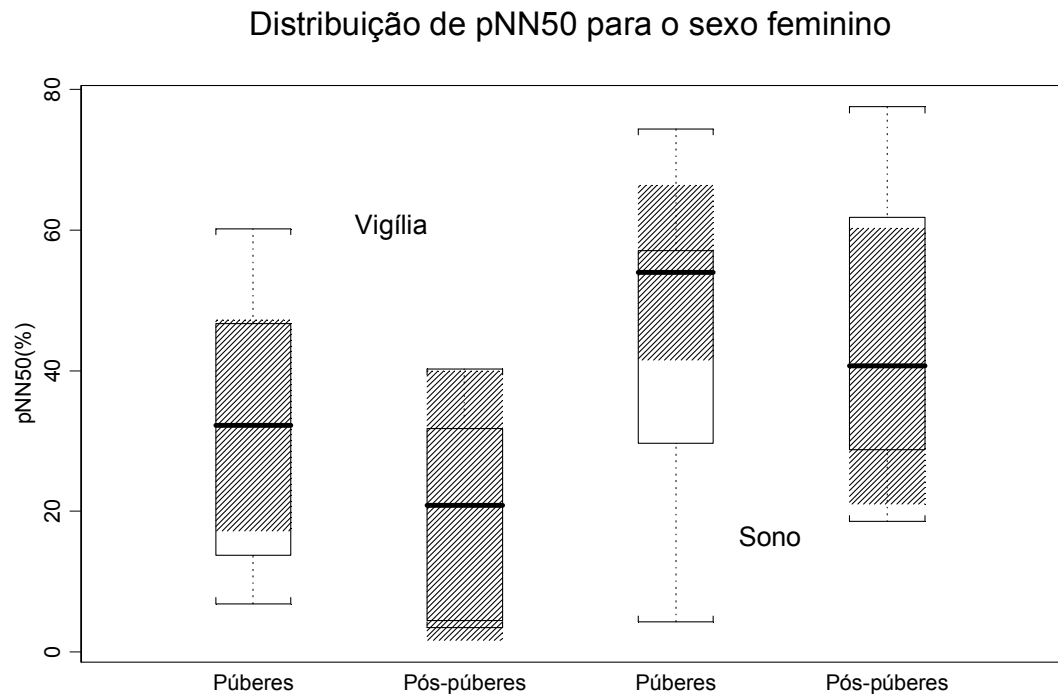


Figura 29: Valores da porcentagem de intervalos RR adjacentes com variação maior que 50ms (pNN50) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo feminino separados por idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartil, medianas, 3^{os} quartil, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

A porcentagem de intervalos RR adjacentes com variação maior que 50ms (pNN50) tem a mesma tendência e mesmo significado fisiológico do índice rMSSD. Verifica-se uma diminuição não significativa da atividade parassimpática com a idade nos períodos de vigília e sono. No entanto, no grupo de mesma idade maturacional observa-se tendência de aumento deste índice quando comparados os períodos de vigília e sono. Para os meninos púberes, pode-se observar diferença significativa entre os períodos de vigília e sono, ou seja, houve um aumento significativo da atividade parassimpática durante o sono, o mesmo não foi observado para as meninas.

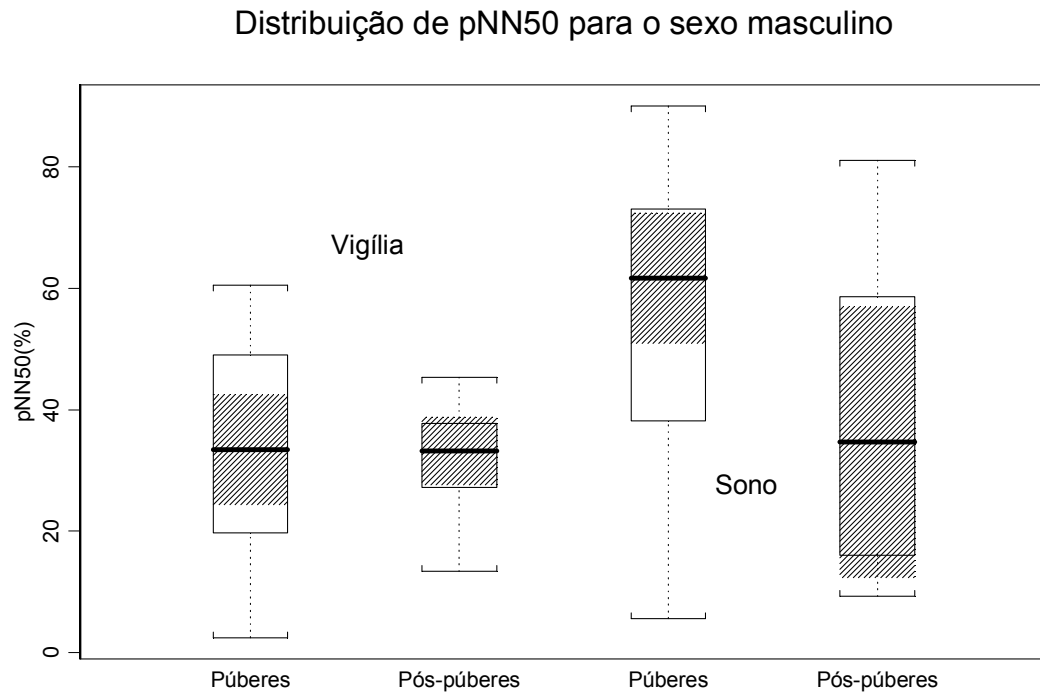


Figura 30: Valores da porcentagem de intervalos RR adjacentes com variação maior que 50ms (pNN50) durante os períodos de vigília em repouso e sono para o sexo masculino separados por idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

A variabilidade da frequência cardíaca depende não somente da influência das atividades simpática e parassimpática sobre o nodo sinusal, mas também do reflexo da variação das mudanças espontâneas na atividade autonômica. Muitas vezes a interpretação dos resultados é controversa porque componentes específicos podem estar relacionados aos diferentes mecanismos em diferentes condições e porque interações entre a frequência cardíaca, respiração, pressão sanguínea e outros sinais biológicos devem ser considerados (MASSIN & VON BERNUTH, 1997).

Com o processo de crescimento na primeira década de vida, a média da frequência cardíaca diminui, sendo sempre menor em meninos, e todos os índices de VFC no domínio do

tempo aumentam. Deste modo, a diminuição da frequência cardíaca e o aumento da VFC podem estar relacionados a uma diminuição progressiva da modulação simpática associada com um aumento da modulação parassimpática sobre o nodo sinusal em ambos os sexos durante toda a infância, quando provavelmente, a maior modificação no tônus autonômico acontece (FINLEY & NUGENT, 1995; GOTO et al.1997; MASSIN & VON BERNUTH, 1997).

Após os 10 anos de idade, a média da frequência cardíaca diminui (aumenta a média do comprimento do ciclo) e é menor em adolescentes do sexo masculino em que o DPNN é maior. Como os índices rMSSD e pNN50 nesta idade se estabilizam e não mostram diferenças entre os sexos, isto pode refletir numa redução adicional da modulação simpática sobre o nodo sinusal na adolescência, especialmente para os meninos (FINLEY & NUGENT, 1995; GOTO et al.1997; MASSIN & VON BERNUTH, 1997).

Investigações preliminares em adultos saudáveis sugerem que o componente de alta frequência (AF) da análise no domínio da frequência e rMSSD e pNN50 da análise no domínio do tempo, são predominantemente uma resposta a mudanças no tônus vagal e pode estar fortemente influenciada pela respiração (MASSIN & VON BERNUTH, 1997).

O comportamento da VFC em adolescentes saudáveis é diferente daquele relatado em estudos com adultos. Em adultos saudáveis, a VFC tem uma correlação negativa com a idade, exibindo um padrão de decréscimo (UMETANI et al. 1998). Para estes mesmos autores, os índices de atividade parassimpática são menores em mulheres jovens, enquanto Ramaekers et al. (1998) encontraram menor VFC em grupo de mulheres saudáveis comparadas aos homens; a modulação vagal foi similar em ambos os sexos e os índices de atividade simpática observados foram menores em mulheres.

Outros estudos, porém, mostraram que o componente de alta frequência, indicador vagal, foi maior em mulheres jovens e de meia-idade do que em homens de mesmo grupo etário (RYAN et al. 1994; HUIKURI et al. 1996).

Mandigout et al. (2002) ao estudarem o efeito de um programa de treinamento de endurance de 13 semanas sobre a VFC em pré-adolescentes de 10-11 anos (estágio 1 de Tanner) verificaram aumento significativo nas variáveis globais de VFC induzidas pelo treinamento. Esse foi o primeiro estudo a investigar o efeito do treinamento de endurance sobre a VFC em crianças saudáveis, até então dois estudos prévios haviam investigado as respostas ao treinamento em crianças obesas (GUTIN et al. 1997; GUTIN et al. 2000).

Gutin et al. (1997) compararam 17 crianças obesas de 7-17 anos de idade (47,2% de gordura corporal) que participaram de um programa de treinamento aeróbico de 17 semanas e 18 crianças da mesma faixa etária (43,8% de gordura corporal) que constituíram o grupo controle. Esses autores sugeriram que o treinamento em crianças obesas diminuiu o tônus simpático e poderia ter aumentado o tônus vagal, portanto conduzindo para um efeito positivo do balanço simpático/parassimpático.

Segundo Aubert et al.(2003), ambas as vias simpática e parassimpática têm um papel importante durante o exercício. Desta forma, é esperado encontrar mudanças nos índices de VFC de acordo com o grau e duração do treinamento e/ou a característica do treinamento.

É extensamente documentado na literatura que atletas altamente treinados têm menor frequência cardíaca de repouso comparados com indivíduos sedentários (AUBERT et al. 2003). Uma das possíveis causas da bradicardia em repouso em atletas de *endurance* é devida à diminuição da frequência cardíaca intrínseca, isto é, a frequência cardíaca obtida com completa remoção da influência autonômica e estabilização das membranas das células condutoras. Outro

fator que tem sido proposto para elucidar a bradicardia sinusal é o aumento da atividade do nodo sinusal parassimpático sobre o coração, no entanto a atuação nervosa simpática para a bradicardia em repouso é ainda controversa (ACHTEN & JEUKENDRUP, 2003).

Um menor nível de condicionamento físico é associado a uma diminuição da função parassimpática cardíaca durante o exercício, enquanto um maior nível está associado ao aumento da função cardíaca simpática durante o exercício e pode estar relacionado com os efeitos de proteção no coração (TULPPO et al. 1996).

O treinamento de *endurance* em longo prazo influencia significativamente no modo que o SNA controla o funcionamento do coração. Neste tipo específico de treinamento, há um aumento da atividade parassimpática e uma diminuição da atividade simpática do coração em condições de repouso, além da promoção de adaptações como a redução da frequência cardíaca intrínseca e da frequência cardíaca de repouso, aumento da VFC em repouso, assim como uma recuperação mais rápida da frequência cardíaca pós-exercício. Em uma dada carga submáxima, indivíduos treinados em *endurance* comparados com grupos controle sedentários têm uma diminuição da frequência cardíaca de exercício devido à redução da atividade simpática (CARTER et al. 2003).

Muitos são os estudos que utilizam a análise espectral para investigar os efeitos do exercício crônico de *endurance* sobre a atividade nervosa autonômica, e a maioria suporta a teoria de que este tipo de treinamento aumenta a VFC (CARTER et al. 2003). No entanto, os resultados de estudos longitudinais são menos conclusivos. Os dados sugerem que a duração do programa de treinamento pode ser um importante fator quando se observam os efeitos do mesmo sobre a VFC (ACHTEN & JEUKENDRUP, 2003).

O fato de que indivíduos treinados em *endurance* têm consistentemente maior VFC do que indivíduos não treinados sugere que programas de treinamento intenso são necessários para

induzir mudanças na VFC e que além da duração do exercício, a intensidade e o volume de treinamento também têm papel fundamental (ACHTEN & JEUKENDRUP, 2003).

5.3.2 Teste de Esforço

As próximas figuras apresentam a descrição dos valores da mediana e intervalos de confiança das variáveis funcionais (frequência cardíaca, frequência respiratória, ventilação e pressão arterial) e de desempenho (potência desenvolvida em cicloergômetro e consumo máximo de oxigênio predito) alcançadas pelos adolescentes no teste de esforço.

A frequência cardíaca pré-esforço foi significativamente maior para as meninas púberes em relação aos meninos de mesma idade maturacional, que pode ser explicado por um maior grau de estresse durante a realização das avaliações (Figura 31). O fato de nunca terem realizado um teste de esforço antes e a ansiedade causada pela visualização de todos os equipamentos existentes no Laboratório de Fisiologia do Exercício pode ser a causa da elevação da frequência cardíaca antes da realização do esforço físico. É possível observar também que para adolescentes pós-púberes de ambos os sexos a faixa de variação da frequência cardíaca é menor em relação aos adolescentes púberes.

Na figura 32 foram mostradas as distribuições da frequência cardíaca no pico do esforço para ambos os sexos, em que há uma tendência, não significante, de maiores valores de frequência cardíaca alcançados pelos meninos. Observa-se que indivíduos desta faixa etária exibem grande variação na frequência cardíaca máxima (BAQUET et al. 2003).

Distribuição da Frequência Cardíaca pré-esforço para ambos os sexos

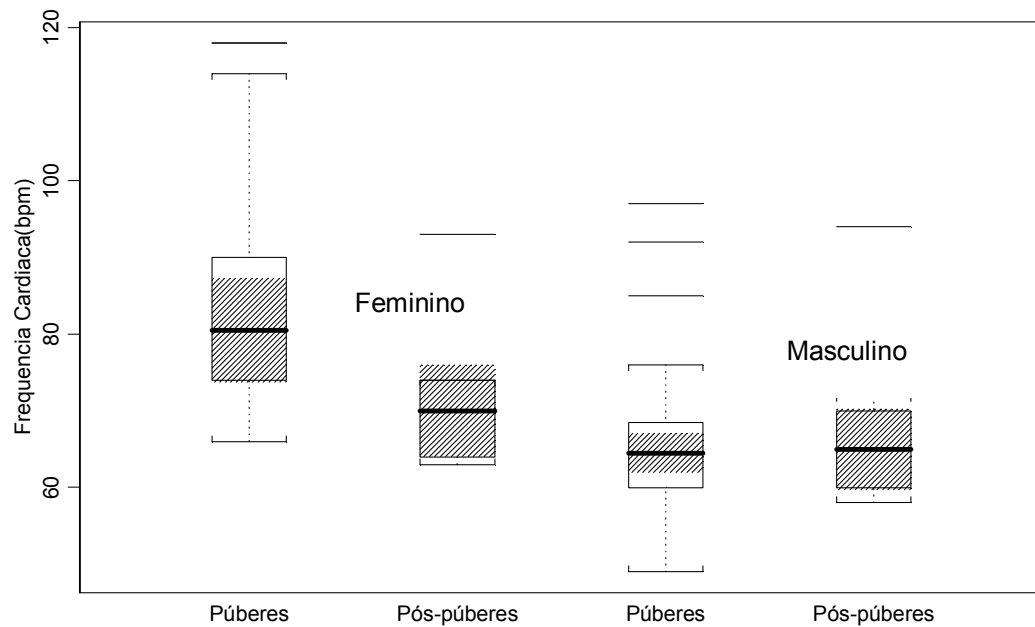


Figura 31: Valores de frequência cardíaca na condição pré-esforço separados por sexo e idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

Distribuição da Frequência Cardíaca no pico do esforço

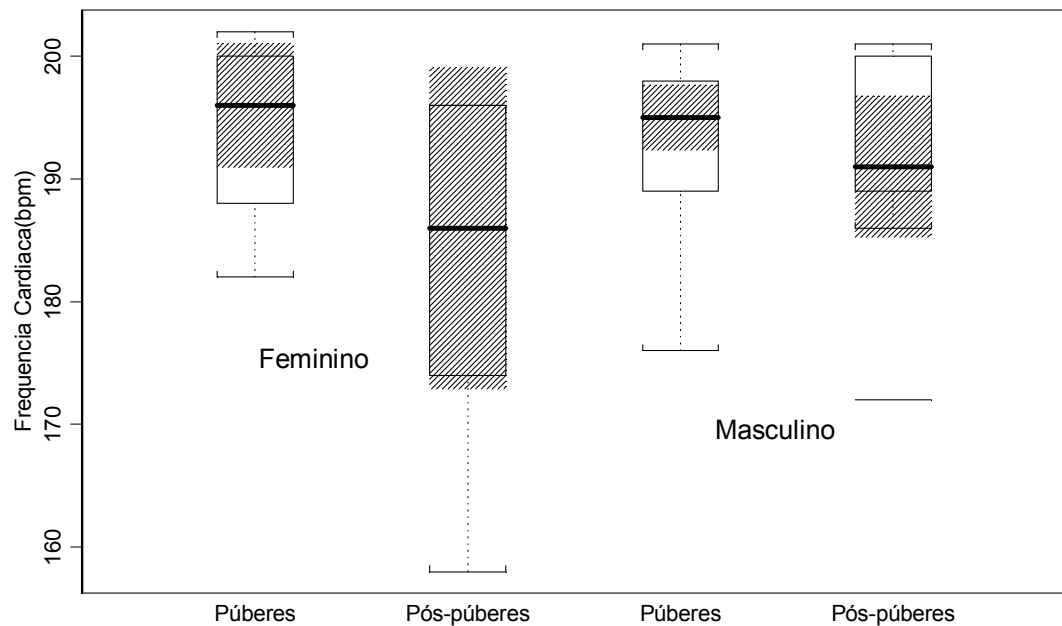


Figura 32: Valores de frequência cardíaca na condição pico do esforço separados por sexo e idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

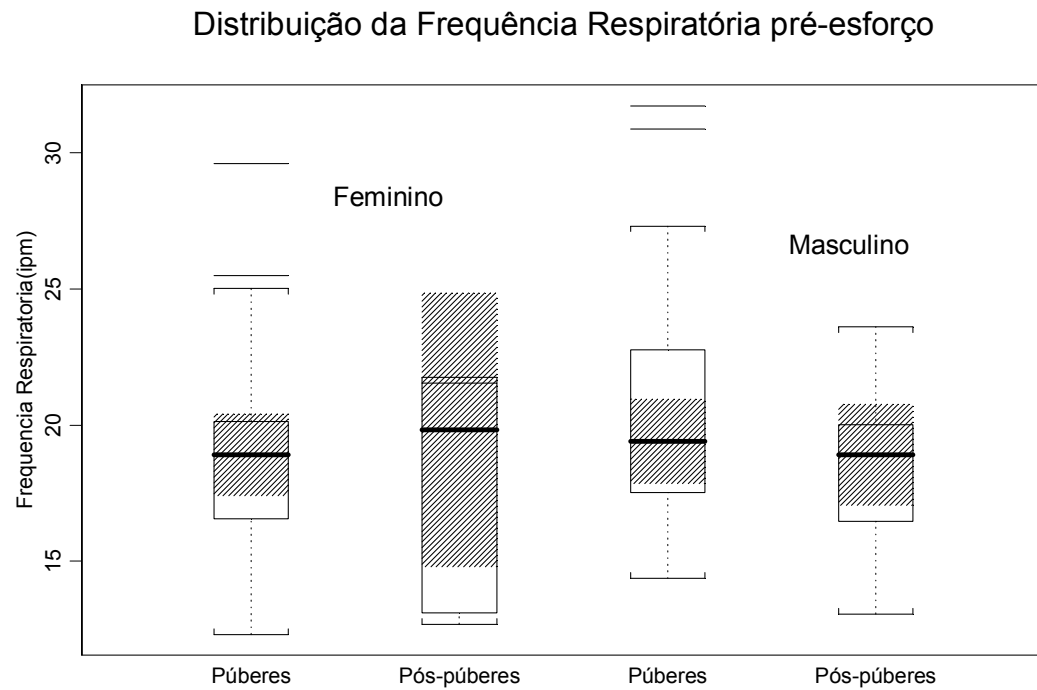


Figura 33: Valores de frequência respiratória na condição pré-esforço separados por sexo e idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

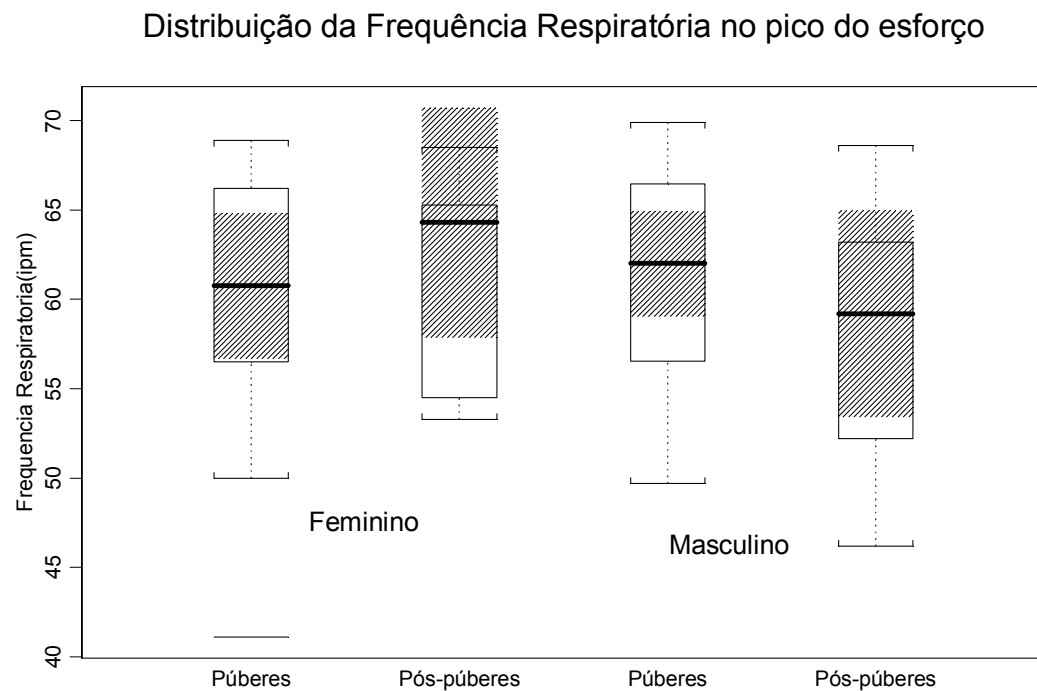


Figura 34: Valores de frequência respiratória na condição pico do esforço separados por sexo e idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

As figuras 33 e 34 exibem a distribuição da frequência respiratória nas condições pré e pico do esforço, respectivamente. Na condição pré-esforço, verifica-se grande amplitude dos valores alcançados pelos adolescentes púberes de ambos os sexos. Esse aumento na frequência respiratória também está em acordo com a maior amplitude da frequência cardíaca verificada na figura 31 para o mesmo grupo de indivíduos. Como a frequência respiratória das meninas pós-púberes estava mais elevada na condição anterior ao teste de esforço (Figura 33), foi maior também na condição pico do esforço (Figura 34) em comparação aos demais grupos.

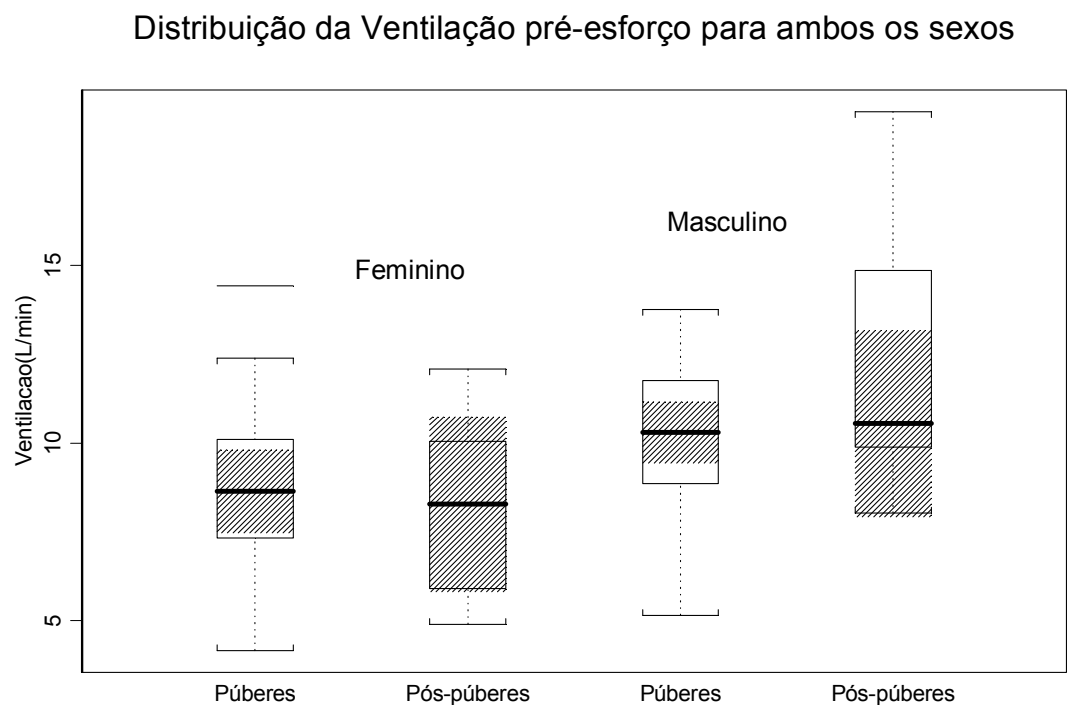


Figura 35: Valores de ventilação na condição pré-esforço separados por sexo e idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartil, medianas, 3^{os} quartil, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

A ventilação mensurada antes do esforço mostra maior amplitude para o sexo masculino (Figura 35) sem nível de significância. Já a ventilação no pico do esforço exibida pela figura 36, demonstra diferenças significantes entre os sexos e entre os meninos púberes e pós-púberes. Os

meninos hiperventilaram mais que as meninas durante o esforço ($113,9 \pm 50,2$ L/min x $76,9 \pm 15,9$ L/min para os púberes; $133,6 \pm 26,9$ L/min x $80,5 \pm 24,3$ L/min para os pós-púberes) lembrando que esses resultados estão descritos em mediana e intervalo de confiança.

Em estudo de Jung et al (2001) com adolescentes de 13 a 18 anos de idade com protocolo experimental em cicloergômetro semelhante ao presente estudo, encontraram valores de ventilação mais altos para os meninos ($122,0 \pm 4,0$ L/min) em relação às meninas ($91,0 \pm 4,0$ L/min) resultados estes descritos em média e erro padrão.

Distribuição da Ventilação no pico do esforço para ambos os sexos

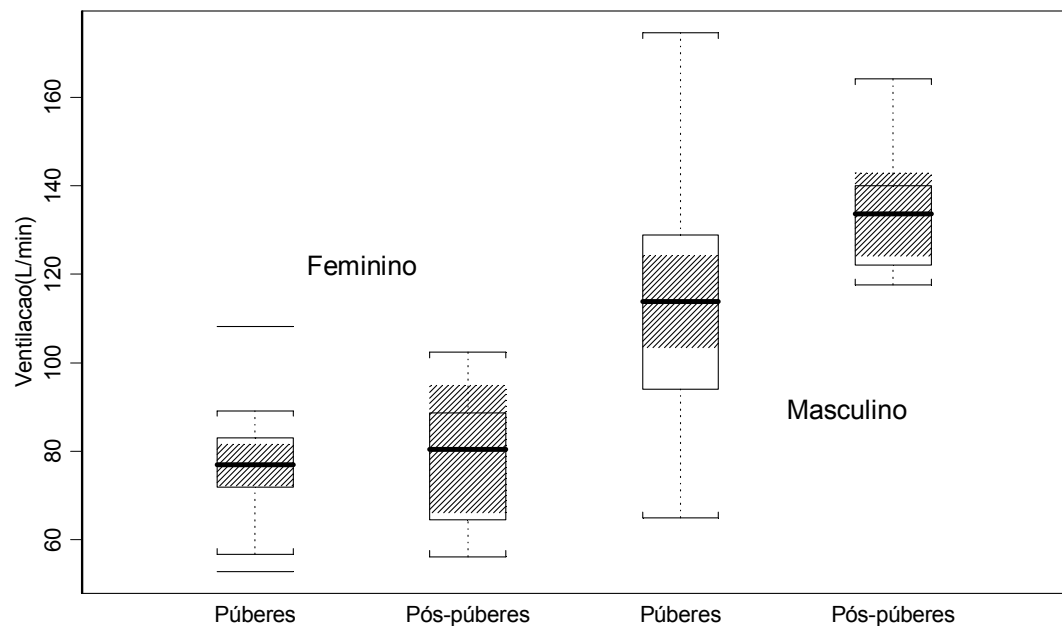


Figura 36: Valores de ventilação na condição pico do esforço separados por sexo e idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^o quartil, medianas, 3^o quartil, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

Na literatura, tem sido reportado maior número de pesquisas com crianças pré-púberes (menores de 11 anos de idade) do que com crianças na fase da puberdade com a abordagem

funcional cardiovascular (BAQUET et al. 2003). Por esta razão, as comparações com outros estudos não foram realizadas.

As figuras 37 e 38 apresentam os valores da pressão arterial sistólica, respectivamente, nas condições pré e pico do esforço. Na figura 37, observam-se diferenças significantes entre os adolescentes do sexo masculino, além de menor pressão arterial sistólica na condição pré-esforço verificada nas meninas em relação aos meninos. No estudo de Ryan et al. (1994), pode-se verificar em homens jovens (20-39 anos de idade) e de meia-idade (40-64 anos de idade) maior média de pressão arterial sistólica basal do que mulheres de idade similar. Essas diferenças de gênero observadas podem refletir o papel protetor do estrógeno em mulheres, e pode ser possível também que as diferenças encontradas entre homens e mulheres na pressão arterial sistólica estejam associadas a alterações no sistema nervoso autônomo.

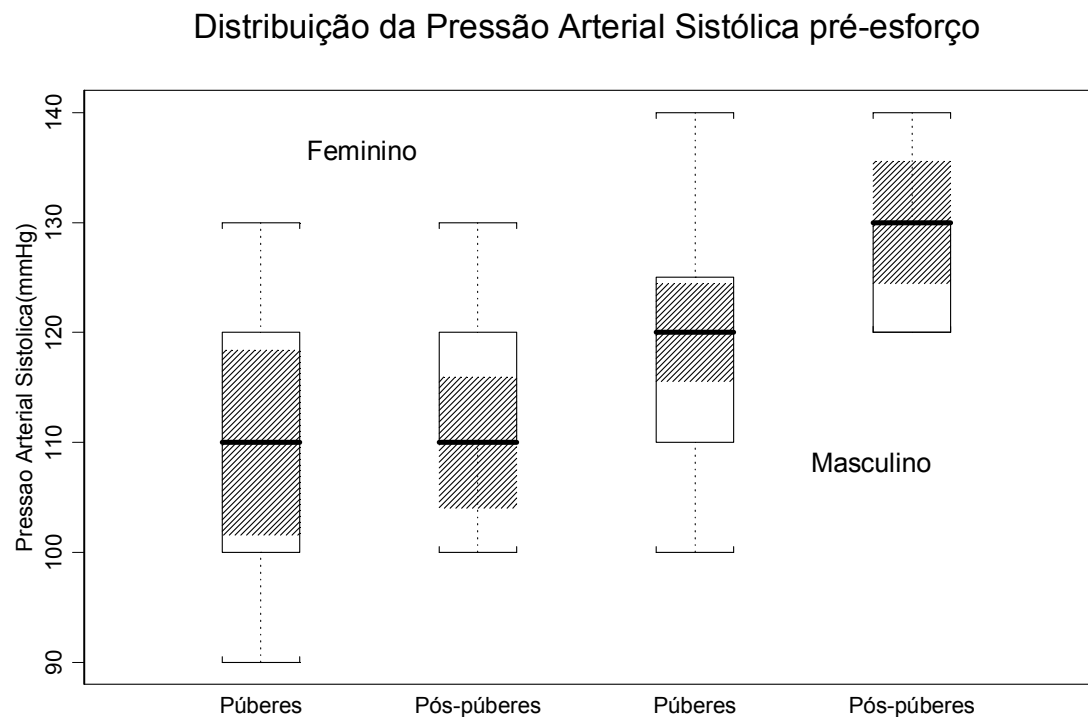


Figura 37: Valores de pressão arterial sistólica na condição pré-esforço separados por sexo e idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1ºs quartis, medianas, 3ºs quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

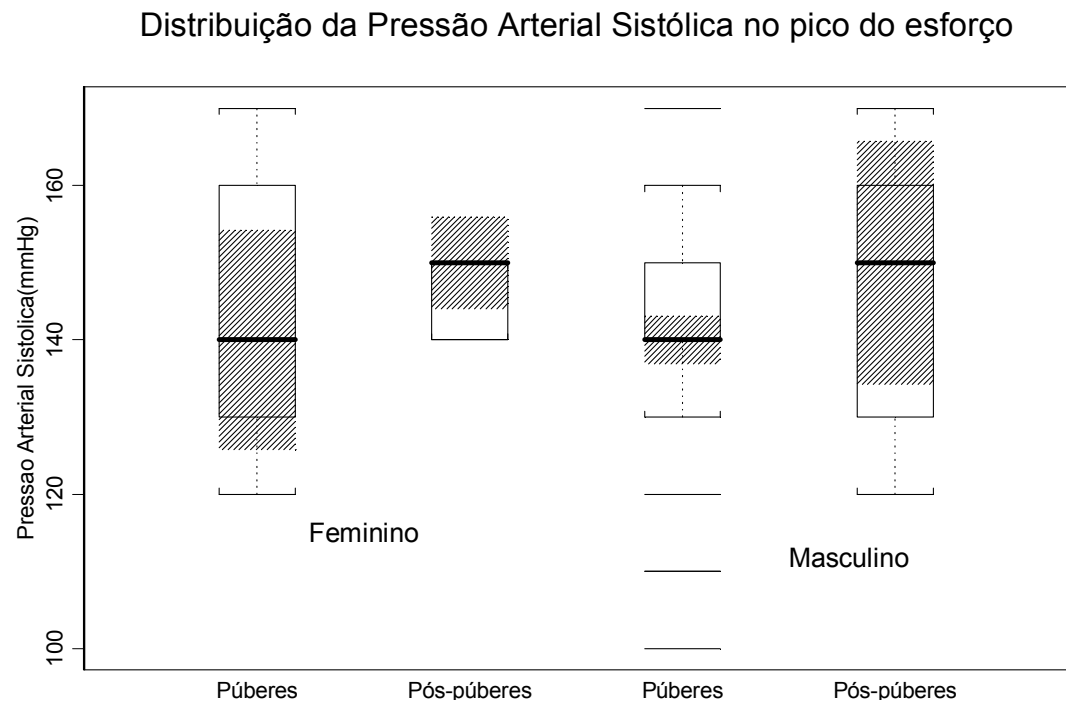


Figura 38: Valores de pressão arterial sistólica na condição pico do esforço separados por sexo e idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

Na figura 38 podem ser observados valores similares para ambos os sexos das medianas da pressão arterial sistólica no pico do esforço. Além disso, observam-se para os meninos púberes valores reduzidos de pressão arterial sistólica característicos de hipotensão. Vale ressaltar que estes adolescentes foram avaliados pelo de esforço em cicloergômetro, diferentemente do exercício físico que estavam mais adaptados, como as corridas, os saltos e os arremessos.

Estudos em adultos têm demonstrado que quando existe coerência entre o exercício executado no treinamento e os procedimentos de teste utilizados no mesmo modo do exercício, existe uma melhora no consumo máximo de oxigênio maior do que quando há diferenças entre os mesmos. Por exemplo, a frequência cardíaca máxima mensurada em cicloergômetro é menor que a mensurada durante exercício em esteira. O mesmo pode ser observado com a pressão arterial (BAQUET et al. 2003).

Distribuição da Pressão Arterial Diastólica pré-esforço

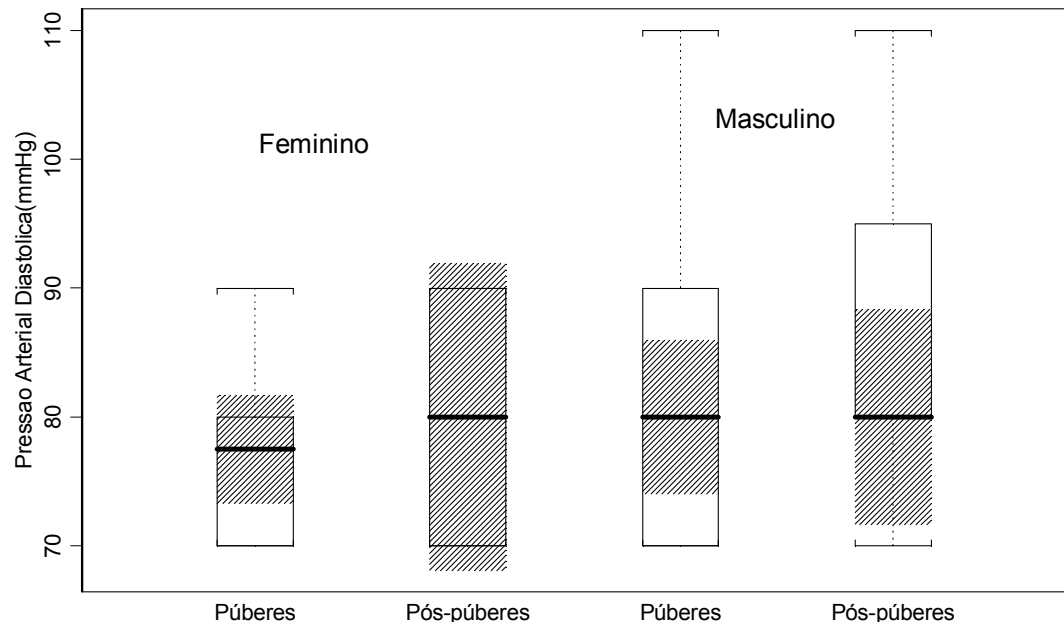


Figura 39: Valores de pressão arterial diastólica na condição pré-esforço separados por sexo e idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

Distribuição da Pressão Arterial Diastólica no pico do esforço

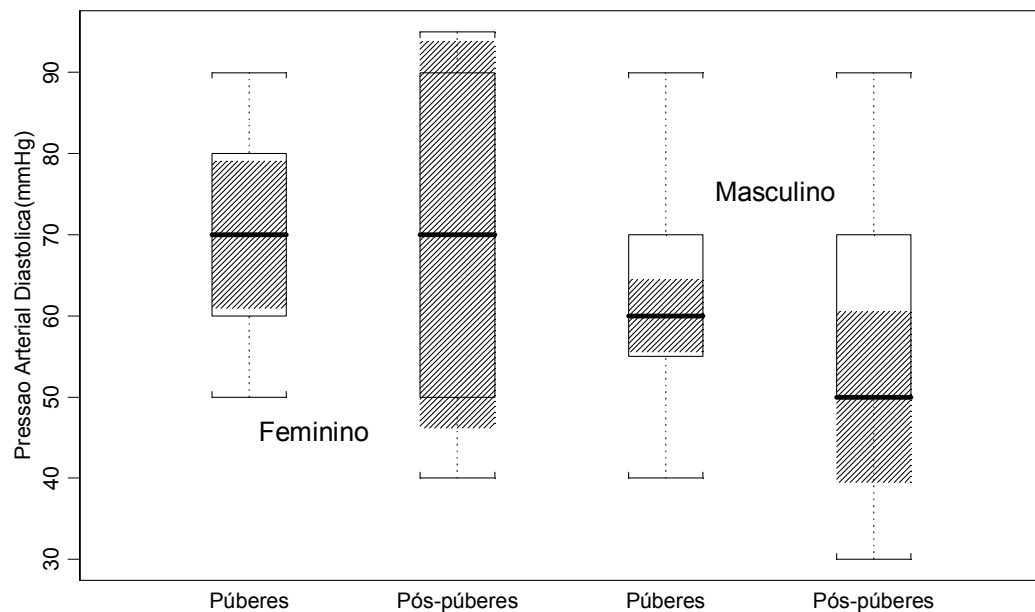


Figura 40: Valores de pressão arterial diastólica na condição pico do esforço separados por sexo e idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

As figuras 39 e 40 apresentam as distribuições da pressão arterial diastólica nas condições pré e pico do esforço. Na condição pré-esforço (Figura 39), verifica-se grande variação para o sexo masculino. Na figura 40, em condição pico do esforço, ambos os sexos pós-púberes apresentam grandes amplitudes nos valores desta variável.

Tanaka et al. (2000) sugerem que a função autonômica tem um papel importante no desenvolvimento normal do aumento da pressão sanguínea após a puberdade, durante o qual a pressão sanguínea basal alcança níveis próximos aos do adulto.

Muito bem relatados são os estudos enfatizando o aumento da massa ventricular esquerda e da espessura da parede ventricular após longo período de treinamento físico, denominados ‘coração de atleta’. No entanto, percebe-se que em mulheres atletas, comparadas aos homens, a massa ventricular esquerda é menor. Esta diferença entre os sexos tem sido associada com menor pressão sistólica durante 24 horas de registro Holter e durante exercício em mulheres atletas (AUBERT et al. 2003).

O treinamento de endurance reduz a pressão arterial sistólica e diastólica de repouso e no exercício submáximo, mas os mecanismos envolvidos nesta redução ainda são desconhecidos (AUBERT et al. 2003). Em nosso estudo, os adolescentes pós-púberes, enquanto participantes de programas de treinamento físico predominantemente aeróbio há mais tempo, podem ter desenvolvido esta adaptação. No entanto, o grupo de adolescentes é bastante heterogêneo com relação ao tipo de capacidade biomotora predominante no treinamento (resistência aeróbia e anaeróbia) e esta diferenciação não foi realizada. Atenção deve ser dada ao maior tamanho corporal dos adolescentes envolvidos nas modalidades de arremessos, lançamentos e saltos comparados aos corredores de meia e longa distância, uma vez que a dimensão corporal está relacionada à pressão arterial.

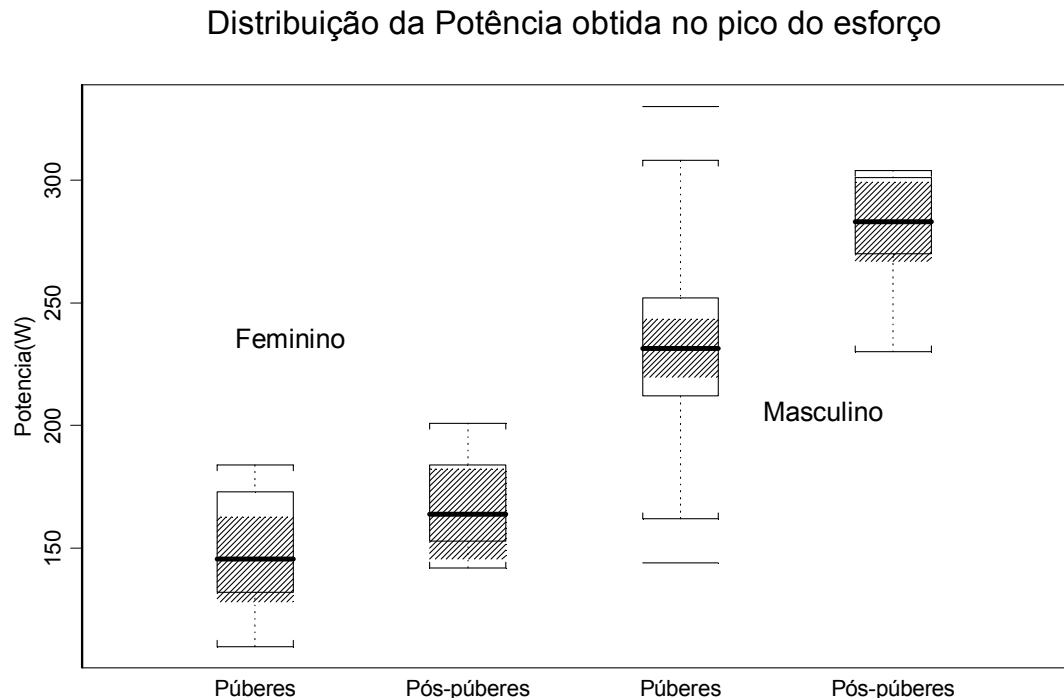


Figura 41: Valores de potência (P) obtidos no pico do esforço separados por sexo e idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

A figura 41 apresenta os valores de potência (W) obtidos com o teste de esforço em cicloergômetro. Os valores de potência (W) foram mais elevados para os meninos em relação às meninas ($231,5 \pm 57,8$ x $145,5 \pm 55,5$ para os púberes; $283,0 \pm 46,5$ x $164,0 \pm 35,2$ para os pós-púberes). Houve diferença também entre o próprio sexo masculino, adolescentes pós-púberes tiveram significativamente maior potência que os púberes ($283,0 \pm 46,5$ x $231,5 \pm 57,8$).

Jung et al. (2001) encontraram resultado semelhante quanto à diferença entre gênero, entre adolescentes de 13 a 18 anos de idade. Os valores de potência (W) maiores para os meninos ($245,0 \pm 7,0$) do que para as meninas ($182,0 \pm 8,0$), resultados estes descritos em média e erro padrão.

Rump et al. (2002), ao estudar a aptidão cardiorrespiratória de crianças de 6 a 8 anos de idade em esteira utilizando o protocolo de Bruce, encontraram melhor desempenho dos meninos

em relação às meninas e explicam essas diferenças relacionadas aos sexos pelas diferenças observadas na composição corporal. Mesmo sendo expressas em massa magra por quilograma, a potência permaneceu levemente superior para os meninos. E isto pode ser explicado, segundo os mesmos autores, pela menor quantidade de proteína e maior de água na composição de massa livre de gordura das meninas. E ainda concluem que devido a maior fração de gordura corporal e menor massa magra, meninas se exercitaram em um percentual maior de suas capacidades máximas durante os estágios submáximos do teste, tendo em vista que para a mesma intensidade relativa de exercício a resposta da frequência cardíaca de meninos e meninas foi similar.

Distribuição do Consumo Máximo de Oxigênio Predito

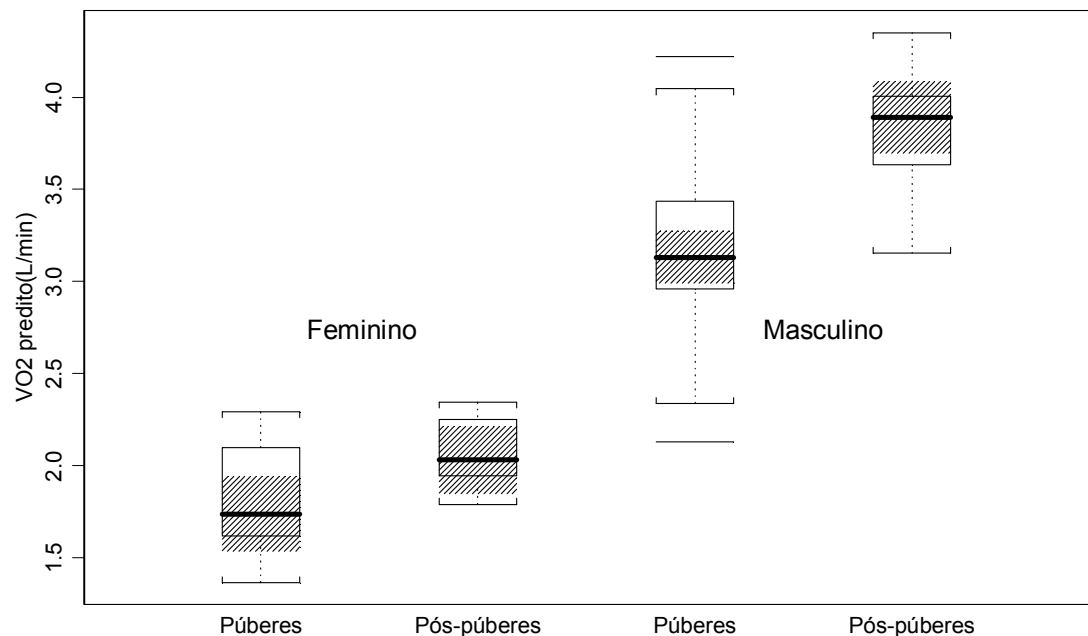


Figura 42: Valores de consumo máximo de oxigênio predito ($VO_{2predito}$) obtidos no teste de esforço separados por sexo e idade maturacional. Estão representados os valores mínimos, 1^{os} quartis, medianas, 3^{os} quartis, valores máximos, *outliers* e intervalo de confiança das medianas (em hachuriado).

O consumo máximo de oxigênio retratado pela figura 42 foi mais elevado para os meninos ($3,9 \pm 0,6$ L/min para pós-púberes e $3,1 \pm 0,7$ L/min para púberes) comparando-se às meninas ($2,0 \pm 0,3$ L/min para pós-púberes e $1,7 \pm 0,6$ L/min para púberes). Além disso,

verificou-se diferença significativa entre o consumo de adolescentes do sexo masculino ($3,9 \pm 0,6$ L/min x $3,1 \pm 0,7$ L/min). Para ambos os sexos e idades maturacionais, se o consumo máximo de oxigênio for relacionado ao peso corporal as medianas representadas em mL.kg⁻¹.min⁻¹ se tornam maiores para os adolescentes púberes ($53,6 \pm 9,9$ x $50,9 \pm 10,2$ para os meninos; $38,8 \pm 9,8$ x $35,4 \pm 8,9$ para as meninas).

Washington (2000) ao discutir a questão relacionada ao gênero, se meninas utilizam menor quantidade de oxigênio durante exercício do que meninos, relata que os meninos possuem maior VO₂max se comparados às meninas. Isto é mais perceptível se VO₂max é expresso em L/min e a diferença se torna menos sensível quando VO₂max é relacionado ao peso corporal e expresso em mL.kg⁻¹.min⁻¹. Estas diferenças de gênero podem ser observadas até antes da puberdade, mas a magnitude das mesmas praticamente dobram após a puberdade.

Wasserman et al.(1994) revelam que cada indivíduo possui um limite máximo para utilização do oxigênio durante esforço físico progressivo. Este limite recebe o nome de consumo máximo de oxigênio (VO₂máx) e é determinado pela capacidade do sistema cardiorrespiratório em obter e distribuir oxigênio para os tecidos, pelo potencial destes em extrair oxigênio da circulação, e ainda pela capacidade de utilização deste oxigênio pelas mitocôndrias. Há muito tempo o VO₂máx tem sido utilizado como parâmetro da capacidade funcional dos sistemas orgânicos.

A aptidão aeróbia está relacionada a vários parâmetros medidos diretamente ou estimados obtidos em diversas condições de exercício. O VO₂máx é o parâmetro mais comumente utilizado para investigar o estado funcional do sistema de transporte de oxigênio. Na maioria das crianças, a dificuldade de atingir o platô de consumo máximo de oxigênio no exercício máximo levanta questões acerca dos valores ditos verdadeiramente máximos. Uma das grandes

difficultades é a motivação da criança para alcançar o máximo esforço (McMURRAY et al. 1998; ROWLAND & CUNNINGHAM, 1992).

Como resultado de vários estudos (ROWLAND & CUNNINGHAM, 1992; RIVERA-BROWN et al. 1995), tornou-se mais comum e apropriado definir o maior VO_2 alcançado durante um teste até exaustão voluntária como $\text{VO}_{2\text{pico}}$ do que $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Porém, algumas controvérsias existem entre os estudos a respeito dos efeitos do treinamento sobre o $\text{VO}_{2\text{pico}}$ de crianças. Estudos longitudinais em crianças mostram que treinamento não tem efeito sobre VO_2 antes da puberdade (KOBAYASHI et al. 1978; MIRWALD et al. 1981). Isto sugere que existe um limiar maturacional abaixo do qual a criança não é capaz de aumentar seu $\text{VO}_{2\text{pico}}$.

Outros autores, no entanto, reportam sobre os efeitos positivos do treinamento em crianças pré-púberes (ROWLAND, 1985; VACCARO & MAHON, 1987). Discrepâncias entre os estudos podem ser vistas, em parte, devido a diferentes procedimentos experimentais e métodos de treinamento (BAQUET et al. 2003).

Uma das limitações deste estudo foi a obtenção do $\text{VO}_{2\text{máx}}$, de forma indireta, calculado através da equação de Storer, Davis e Caiozzo (1990). O trabalho de Jung et al. (2001) teve o objetivo de validar as equações gênero-dependentes de predição de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ utilizando cicloergômetro com adolescentes de 13 a 18 anos de idade como sujeitos. Comparado com o trabalho original de Storer, Davis e Caiozzo (1990), os dados com adolescentes revelaram correlações similares entre $\text{VO}_{2\text{máx}}$ medido e estimado para o sexo masculino ($r=0,90$) com erro padrão de 208mL/min e para o sexo feminino ($r=0,91$) com erro padrão de 182mL/min.

A equação de Storer et al. (1990) resultou em menor erro padrão, menor diferença entre médias dos valores medidos e preditos, e correlações mais altas do que outras equações de predição de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ utilizando cicloergômetro para protocolos submáximos ou máximos (ANDERSEN, 1995; GREIWE et al. 1995; SWAIN & WRIGHT, 1997).

6 Considerações Finais

A regulação neural autonômica da função cardiovascular é um reflexo do balanço entre a inervação simpática e parassimpática resultando na flutuação periódica do ritmo e da frequência cardíacas. Muitos estudos têm demonstrado que a variabilidade da frequência cardíaca pode refletir esta interação simpato-vagal e por isso, tem sido um método bastante utilizado na compreensão da regulação e controle do sistema cardiovascular.

Neste estudo especificamente, podemos constatar uma tendência de aumento da mediação simpática concomitante a uma diminuição da atividade parassimpática conforme a evolução do processo de maturação biológica dos adolescentes. A magnitude desse balanço simpato-vagal foi maior para as meninas.

Existe um processo de maturação progressiva de todos os sistemas orgânicos, incluso o sistema nervoso autonômico. Para o avanço do entendimento da ação deste sistema em crianças em processo de intenso crescimento e de treinamento físico, no entanto, são necessários trabalhos que evidenciem a idade maturacional, o sexo, a modalidade atlética, a intensidade e duração do treinamento além de comparações com grupos sedentários.

Por outro lado, a viabilidade desta ferramenta da variabilidade da frequência cardíaca para obtenção de dados clínicos que identifiquem precocemente alterações autonômicas cardíacas em jovens com predisposições para diversas doenças tem recebido grande destaque na literatura. O principal desafio é a validação dos achados que possam ser utilizados para interpretação clínica e desenvolvimento de intervenções como a prevenção de doenças como, por exemplo, diabetes, doença cardíaca congênita e obesidade. E a Educação Física teria um papel importante nesta prevenção.

Referências Bibliográficas

ACHTEN, J.; JEUKENDRUP A.E. Heart rate monitoring-Applications and limitations. **Sports Medicine**, v.33, p. 33-46, 2003.

AKSELROD, S.; GORDON, D.; UBEL, F.A; SHANNON, D.C.; BARGER, A.C.; COHEN, R.J. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. **Science**, v.213, p.220-222, 1981.

AMERICAN HEART ASSOCIATION. **1997 heart and stroke statistical update**. Dallas: AHA, 1998.

ANDERSEN, L.B. A maximal cycle exercise protocol to predict maximal oxygen uptake. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, v. 5, p.143-146, 1995.

AUBERT A.E.; BECKERS F.; RAMAEKERS D. Short- term heart rate variability in young athletes. **J. Cardiol**, v.37, p.85-88, 2001.

AUBERT ,A.E.; SEPS,B.; BECKERS F. Heart Rate Variability in Athletes. **Sports Med**, v.33, p.889-919, 2003.

BAQUET, G.; VAN PRAAGH, E.; BERTHOIN, S. Endurance training and aerobic fitness in young people. **Sports Med**, v.33, p.1127-1143, 2003.

CARTER, J.B.; BANISTER E. W.; BLABER A.P. Effect of *endurance* exercise on autonomic control of heart rate. **Sports Med**, v.33, p.33-46, 2003.

CARTER, J.B.; BANISTER E. W.; BLABER A.P. The effect of age and gender on heart rate variability after *endurance* training. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.35, p. 1333-1340, 2003.

CHEN, W. et al. Approaching healthy body mass index norms for children and adolescents from health-related physical fitness. **Obesity Reviews**, v.3, p.225-232, 2002.

CRAWFORD, M.H. et al. ACC/AHA Guidelines for ambulatory electrocardiography: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Revise the Guidelines for Ambulatory Electrocardiography). **Journal of American College of Cardiology**, v.34, n.3, p.912-48, 1999.

DUKE, P.M.; LITT, I.F.; GROSS, R.T. Adolescents' self-assessment of sexual maturation. **Pediatrics**, v.66, p.918-920, 1980.

ECKBERG, D.L. Sympathovagal balance: a critical appraisal. **Circulation**, v.96, p.3224-3232, 1997.

EWING, D.J.; MARTYN, C.N.; YOUNG, R.J.; CLARKE, B.F. The value of cardiovascular autonomic function tests: 10years experience in diabetes. **Diabetes Care**, v.8, p.491-8, 1985.

FAULKNER, M.S.; HATHAWAY, D.; TOLLEY, B. Cardiovascular autonomic function in healthy adolescents. **Heart & Lung**, v.32, p.10-22, 2003.

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

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.

GOTO, M.; NAGASHIMA, M.; BABA, R.; NAGANO, Y.; YOKOTA, M.; NISHIBATA, K.; TSUJI, A. Analysis of heart rate variability demonstrates effects of development on vagal modulation of heart rate in healthy children. **The Journal of Pediatrics**, v. 130, p.725-729, 1997.

GREIWE, J.S.; KAMINSKY, L.A; WHALEY, M.H.; DWYER, G.B. Evaluation of the ACSM submaximal ergometer test for estimating VO₂ max. **Med. Sci Sports Exerc.**, v.27,p.1315-1320, 1995.

GUTIN, B.; OWENS, S.; SLAVENS, G.; RIGGS, S.; TREIBER, F. Effect of physical training on heart-period variability in obese children. **The Journal of Pediatrics**, v.130, p.938-943, 1997.

GUTIN, B.; BARBEAU, P.; LITAKER, M.S.; FERGUSON, M.; OWENS, S. Heart rate variability in obese children: relations to total body and visceral adiposity, and changes with physical training and detraining. **Obesity Research**, v.8, p.12-19, 2000.

HAINSWORTH, R. Physiology of the cardiac autonomic system. In: Malik, M. (editor). **Clinical guide to cardiac autonomic tests**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998.

HARRISON, G. G et al. Skinfold thicknesses and measurement technique. IN: LOHMAN, T.G.; ROCHE, A F.; MARTORELL, R. (ed.) **Anthropometric standardization reference manual**. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books, 1988, p.55-70.

HAYANO, J. et al. Accuracy of assessment of cardiac vagal tone by heart rate variability in normal subjects. **American Journal of Cardiology**, v. 67, p.199-204, 1991.

HEDELIN, R.; KENTTÄ, G.; WIKLUND, U.; BJERLE, P.; HENRIKSSON-LARSÉN, K. Short-term overtraining: effects on performance, circulatory responses, and heart rate variability. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, n.8, p.1480-1484, 2000.

HUIKURI, H.V.; PIKKUJAMSA, S.M.; AIRAKSINEN, J. et al. Sex-related differences in autonomic modulation of heart rate in middle-aged subjects. **Circulation**, v. 94, p. 122-125, 1996.

JONES, M.A.; HITCHEN, P.J.; STRATTON, G. The importance of considering biological maturity when assessing physical fitness measures in girls and boys aged 10 to 16 years. **Annals of Human Biology**, v.27, n.1, p.57-65, 2000.

JUNG, A.P.; NIEMAN, D.C.; KERNODLE, M.W. Prediction of maximal aerobic power in adolescents from cycle ergometry. **Pediatric Exercise Science**, v.13, p.167-172, 2001.

KATZMARZYK, P.T.; MALINA, R.M.; BEUNEN, G.P. The contribution of biological maturation to the strength and motor fitness of children. **Annals of Human Biology**, v.24, p.493-505, 1997.

KOBAYASHI, K.; KITAMURA, K.; MIURA, M. et al. Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys: a longitudinal study. **J. Appl. Physiol.**, v. 44, p.666-672, 1978.

LEVY, M.N.; MARTIN, .P.J.; IANO, T.; ZIESKE, H. Effects of single vagal stimuli on heart rate and atrioventricular conduction. **Am J Physiol.**, v.218(5), p.1256-62, 1970.

LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. **Anthropometric standardization reference manual**. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books, 1988.

MALIK, M. & CAMM, A.J. Heart rate variability and clinical cardiology. **British Heart Journal**, v. 71, p.3-6, 1994.

MALINA, R.M. Physical growth and biological maturation of young athletes. **Exercise and Sports Science Reviews**, v.22, p.389-433, 1994.

MALLIANI, A.; PAGANI, M.; LOMBARDI, F.; CERUTTI, S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. **Circulation**, v. 84, p.482-492, 1991a.

MALLIANI, A.; PAGANI, M.; LOMBARDI, F.; FURLAN, R.; GUZZETTI, S.; CERUTTI, S. Spectral analysis to assess increased sympathetic tone in arterial hypertension. **Hypertension**, v. 17, p. III36-III42, 1991b.

MALLIANI, A. Physiological interpretation of spectral components of heart rate variability. In: Malik, M. (Ed.) **Clinical guide to cardiac autonomic tests**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1998.

MANDIGOUT, S.; MELIN, A; FAUCHIER, L.; N'GUYEN, L.D.; COURTEIX, D.; OBERT, P. Physical training increases heart rate variability in healthy prepubertal children. **European Journal of Clinical Investigation**, v. 32, p.479-487, 2002.

MARSHALL, W.A.; TANNER, J.M. Variations in the pattern of pubertal changes in boys. **Archives of Disease in Childhood**, v.45(239), p.13-23, 1970.

MARSHALL, W.A.; TANNER, J.M. Variations in pattern of pubertal changes in girls. **Archives of Disease in Childhood**, v.44(235), p.291-303, 1969.

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

MASSIN, M.M.; MAEYNS, K.; WITHOFS, N.; RAVET, F.; GÉRARD, P. Circadian rhythm of heart rate and heart rate variability. **Archives of Disease in Childhood**, v. 83, n.2, p.179-182, 2000.

McGILL, R.;TUKEY, J.W.; LARSEN, W. Variations of Box Plots. **The American Statistician**, v.32, n.1, 1978.

MIRWALD, R.L.; BAILEY,D.;CAMERON, N. et al. Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7.0 to 17.0 years. **Ann. Hum. Biol.** v. 8, p.405-414, 1981.

MORRIS, N.M.; UDRY, J.R. Validation of a self-administered instrument to assess stage of adolescent development. **Journal of Youth and Adolescence**, v. 9, n.3, p.271-80, 1980.

OHUCHI, H. et al. Heart rate recovery after exercise and cardiac autonomic nervous activity in children. **Pediatric Research**, v.47, n.3, p.329-35, 2000.

PAGANI, M.; LOMBARDI, F.; GUZZETTI, S. et al. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympathovagal interaction in man and conscious dog. **Circulation Research**, v. 59, p. 178-193, 1986.

PERSSON, P.B. Modulation of cardiovascular control mechanism and their interaction. **Phys. Rev. A** , v.76, p.193-244, 1996.

POLLOCK, M.L. The quantification of endurance training programs. IN: WILMORE, J.H. (ed.) **Exercise and Sports Reviews**, Academic Press, New York, p.155-188, 1973.

POMERANZ, B.; MACAULAY, R.J.; CAUDILL, M.A. et al. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. **American Journal of Physiology**, v.248, p.H151-3, 1985.

PUMPRLA, J. et al. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. **Int. J. Cardiol.**, v.84, p.1-14, 2002.

RAMAEKERS, D. Effects of melanocortins and N-terminal proopiomelanocortin on cardiovascular function and autonomic dynamics. **Acta biomedical Lovaniensia**, v. 194, Leuven: Leuven University Press, 1999.

RIVERA-BROWN, A.M.; RIVERA, M.A.; FRONTERA, W.R. Reliability of VO₂max in adolescent runners: a comparison between plateau achievers and nonachievers. **Pediatr. Exerc. Sci.**, v.7, p.202-210, 1995.

ROWLAND, T.W. Aerobic response to endurance training in prepubescent children: a critical analysis. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.17, p. 493-497, 1985.

ROWLAND, T.W.; CUNNINGHAM, L.N. Oxygen uptake plateau during maximal treadmill exercise in children. **Chest**, v.101, p. 485-489, 1992.

RUMP, P.; VERSTAPPEN, F.; GERVER, W.J.M.; HORNSTRA, G. Body composition and cardiorespiratory fitness in prepubescent boys and girls. **Int. J. Sports Med.**, v.23, p.50-54, 2002.

RYAN S.M.; GOLDBERGER A.L.; PINCUS S.M.; MIETUS, J.; LIPSITZ, L.A. Gender- and age-related differences in heart rate dynamics: are women more complex than men? **J Am Coll Cardiol**, v.24, p.1700-7, 1994.

SILVETTI, M.S.; DRAGO, F.; RAGONESE, P. Heart rate variability in healthy children and adolescents is partially related to age and gender. **International Journal of Cardiology**. v. 81, p.169-174, 2001.

SLAUGHTER, M.H. et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. **Human Biology**, v.60, n. 5, p. 709-723, 1988.

STEIN, K.S.; BOSNER, M.D.; KLEIGER, R.E. et al. Heart rate variability: a measure of cardiac autonomic tone. **American Heart Journal**, v.127, p.1376-81, 1994.

STEWART, J. Does heart rate variability explain increased blood pressure in adolescents? **The Journal of Pediatrics**, v.137, n.1, p.6-8, 2000.

STORER, T.W.; DAVIS, J.A; CAIOZZO, V.J. Accurate prediction of VO₂max in cycle ergometry. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.22, n.5, p.704-712, 1990.

SUZUKI, S. et al. Influences of low intensity exercise on body composition, food intake and aerobic power of sedentary young females. **Applied Human Science**, v.17, n.6, p.259-266, 1998.

SWAIN, D.P.; WRIGHT, R.L. Prediction of $\text{VO}_{2\text{peak}}$ from submaximal cycle ergometry using 50 versus 80 rpm. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.29.p.268-272, 1997.

TANAKA, H.; BORRES, M.; THULESIUS, O.; TAMAI, H.; ERICSON, M.O.; LINDBLAD, L. Blood pressure and cardiovascular autonomic function in healthy children and adolescents. **The Journal of Pediatrics**, v. 137, n.1, p.63-7, 2000.

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

TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. **Circulation**, v. 93, p.1043 – 1065, 1996.

TULPPO, M. P.; MAKIKALLIO, T.H.; TAKALA, T. E., et al. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. **American Journal Physiol.**,v.271, p. H244-252,1996.

UMETANI, K.;SINGER, D.H.; McCRATY, R.; ATKINSON, M. Twenty-four hour time-domain heart rate variability and heart rate: relation to age and gender over nine decades. **J Am Coll Cardiol**, v. 31, p. 593-601, 1998.

VACCARO, P.; MAHON, A. Cardiorespiratory responses to endurance training in children. **Sports Med.**, v.4, p.352-363, 1987.

YERAGANI, V.K.; SOBOLEWSKI, E.; KAY, J.; JAMPALA, V.C.; IGEL, G. Effect of age on long-term heart rate variability. **Cardiovascular Research**, v. 35, p.35-42, 1997.

WASHINGTON, R.L. Why do girls use less oxygen during exercise than boys? **Chest**, v.117 (3), p.619-620, 2000.

WASSERMAN, K.; HANSEN, J.E.; SUE, D.Y.; WHIPP, B.; CASABURI, R. **Principles of exercise testing and interpretation**, 2nd. Ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1994.

WILLIAMS, C.; LOPES, P. The influence of ventilatory control on heart rate variability in children. **Journal of Sports Sciences**, v. 20, p.407-415, 2002.

APÊNDICES E ANEXOS

APÊNDICE A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
 Faculdade de Educação Física
 Laboratório de Fisiologia do Exercício
 Rua: Érico Veríssimo, 701- Caixa Postal 6134 – Cep. 13083-851
 Barão Geraldo - Campinas-SP
 Telefone: 19 3788- 6625 3788- 7493 Fax: 19 3289- 4338
 E-Mail: labfisex@fef.unicamp.br

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PROJETO DE PESQUISA:

“Estudo do controle autonômico da frequência cardíaca em adolescentes”

RESPONSÁVEIS PELA CONDUÇÃO DA PESQUISA:

Pós-graduanda	Juliana Martuscelli da Silva Prado
Orientadora	Prof ^a . Dr ^a . Roseli Golfetti
Colaboradores	Prof. Dr. André Moreno Morcillo Profa. Dr ^a . Denise Barbieri Marmo Prof. Dr. Luiz Eduardo Barreto Martins Fisioterapeuta Giovana Vergínia de Souza

LOCAL DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO:

Laboratório de Fisiologia do Exercício - Faculdade de Educação Física, UNICAMP.

Com o propósito de estudar o controle autonômico da frequência cardíaca em adolescentes, o estado geral de saúde, as medidas antropométricas, o percentual de gordura corporal, o estágio maturacional, a postura e a capacidade funcional cardiorrespiratória serão realizados através das seguintes avaliações:

- Avaliação clínica
- Avaliação antropométrica
- Avaliação fisioterápica
- Avaliação funcional

EXPLICAÇÃO DAS AVALIAÇÕES

Se você aceitar participar como voluntário do projeto de pesquisa, você será submetido às avaliações citadas anteriormente. Após fornecermos verbalmente o detalhamento a respeito dos procedimentos experimentais, segue abaixo um resumo descritivo dos mesmos. Qualquer dúvida, por favor, não hesite em solicitar esclarecimentos, estaremos prontos para responder.

A avaliação clínica, que será conduzida por um médico pediatra, tem como principal objetivo verificar o estado geral de saúde dos voluntários, possibilitando a identificação de fatores de risco que comprometam a saúde do voluntário na realização dos procedimentos experimentais do projeto.

A avaliação antropométrica compreende as medidas de peso, estatura e dobras cutâneas. Estas mensurações serão por meio de balança antropométrica, de estadiômetro e do compasso modelo Harpenden, esta última será utilizada para estimar o percentual de gordura corporal.

Também dentro da avaliação antropométrica está incluída a avaliação do estágio maturacional que será efetuada por duas técnicas: primeiramente por médico pediatra, de mesmo sexo do voluntário que estiver sendo avaliado e uma auto-avaliação. O médico pediatra observa as características dos órgãos genitais, a pelagem púbica e as mamas dos voluntários individualmente e as compara com padrões estabelecidos por Tanner, sempre na presença do pai ou responsável.

A avaliação fisioterápica será conduzida por um fisioterapeuta e tem por objetivo observar a condição postural na posição ereta e identificar eventuais alterações dos padrões.

A avaliação funcional compreende a eletrocardiografia dinâmica de 24 horas e o teste de esforço. A eletrocardiografia dinâmica consiste na colocação de 5 eletrodos no tórax acoplados a um gravador que registrará a atividade elétrica cardíaca durante 24 horas.

O teste de esforço avalia a capacidade funcional cardiorrespiratória (VO_{2pico}). Esta avaliação é realizada em bicicleta ergométrica e durante toda a realização do teste as variáveis cardiorrespiratórias serão monitoradas por equipamentos apropriados. A carga de trabalho aplicada no teste de esforço é aumentada em intervalos de tempo pré-estabelecidos, aumentando gradualmente o trabalho cardíaco. Este aumento de esforço continuará até exaustão física ou no caso de eventuais sintomas como desconforto ou dor no tórax, dispnéia excessiva ou cansaço que

indicarão que você deva parar. Durante a realização do teste, profissionais treinados irão supervisionar constantemente o pulso, o eletrocardiograma e a aparência clínica.

Em geral nessas mensurações nenhum desconforto é experimentado, em todo caso se você sentir qualquer incômodo, por favor, sinta-se à vontade para solicitar a interrupção em qualquer das etapas.

RISCOS DAS AVALIAÇÕES

As avaliações clínicas, antropométricas e fisioterápicas não oferecem riscos aos voluntários. Na eletrocardiografia dinâmica pode haver algum desconforto causado pela necessidade de portar o gravador e os eletrodos continuamente durante 24 horas.

No teste de esforço, o voluntário deverá respirar pela boca através de um bocal, o que pode causar algum desconforto, porém momentâneo, pelo ressecamento das vias aéreas superiores. Existe a possibilidade de ocorrerem certas mudanças durante o teste de esforço. Todo esforço será feito para minimizar estes riscos e protocolos de emergência e pessoal treinado estão disponíveis para atuar nestas situações se elas surgirem.

BENEFÍCIOS ESPERADOS

Os resultados obtidos da avaliação clínica permitirão ao clínico e aos pais ou responsável tomar algumas providências, no caso em que estas sejam necessárias. A avaliação antropométrica de peso, estatura e dobras cutâneas permitirão o conhecimento da sua localização nas curvas de crescimento físico, de seu percentual de gordura corporal, a partir disso você poderá ajustar seus hábitos alimentares e estilo de vida. Com a avaliação do estágio maturacional você poderá saber em que fase se encontra. Através das observações realizadas pela avaliação fisioterápica você saberá se têm alterações nas articulações, membros, tronco e poderá tomar providências, caso estas sejam necessárias. Quanto às avaliações funcionais cardiorrespiratórias você e seu técnico desportivo poderão utilizar os resultados para ajustar seu programa de treinamento físico.

DÚVIDAS E ESCLARECIMENTOS

Dadas às explicações e a leitura deste termo de consentimento, se alguma dúvida ainda persistir ou, se você julgar necessário informações adicionais sobre qualquer aspecto do projeto de pesquisa, por favor, sinta-se à vontade em perguntar-nos para que possamos esclarecer de forma satisfatória.

LIBERDADE DE CONSENTIMENTO

Eu li cuidadosamente este termo de consentimento, entendi e recebi todos os esclarecimentos sobre os procedimentos aos quais serei submetido como voluntário do projeto. Tenho ciência de que minha aceitação para participar é estritamente voluntária, e que caso ocorram intercorrências que me impeçam de dar continuidade, terei a liberdade de deixar de participar, neste caso comunicarei aos responsáveis.

Estou ciente de que as informações pessoais e os dados obtidos nas avaliações serão empregados para finalidade de pesquisa científica, e que somente os profissionais responsáveis pelo andamento do projeto terão acesso, com meu direito de privacidade resguardado.

Nome completo _____

Assinatura do voluntário _____ Data ____/____/____

Nome completo _____

Assinatura do responsável _____ Data ____/____/____

Nome completo _____

Assinatura do coordenador _____ Data ____/____/____

Pós-graduanda: Juliana Martuscelli da Silva Prado

Fone: (19) 3788-6625

Orientadora: Profa. Dra. Roseli Golfetti

Fone: (19) 3788-6625

Comitê de Ética em Pesquisa – FCM/UNICAMP

Fone: (19) 3788-8936



APÊNDICE B: Ficha de informações gerais

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Educação Física

Laboratório de Fisiologia do Exercício

Rua: Érico Veríssimo, 701- Caixa Postal 6134 – Cep. 13083-851

Barão Geraldo - Campinas-SP

Telefone: 19 3788- 6625 3788- 7493 Fax: 19 3289- 4338

E-Mail: labfisex@fef.unicamp.br

FICHA DE INFORMAÇÕES GERAIS

1 – IDENTIFICAÇÃO

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

Nome: _____

Data de nascimento: _____ Idade: _____

Sexo: _____ Raça: _____

Naturalidade: _____ Nacionalidade _____

Endereço: _____

Bairro: _____ Cidade _____

Telefone: _____ E-mail: _____

2 – INFORMAÇÕES PESSOAIS

Estudante: () Sim () Não

Tempo na escola: ____ horas/dia Estudo extra-escolar: ____ horas/dia

Tempo gasto em transporte: ____ minutos/dia Tempo de computador: ____ horas/dia

Tempo de videogame: ____ horas/dia Tempo de TV: ____ horas/dia

2.1 – ESTILO DE VIDA

Participa de programas de atividade física regular?

☐ Sim ☐ Não

Há quanto tempo? _____

Qual a intensidade da atividade física?

- ☐ Atividade física leve
- ☐ Atividade física moderada
- ☐ Atividade física intensa
- ☐ Atividade física muito intensa

Com que frequência e duração costuma praticar exercícios físicos?

- ☐ 1 vez por semana _____ hora(s) _____ minuto(s)
- ☐ 2 vezes por semana _____ hora(s) _____ minuto(s)
- ☐ 3 vezes por semana _____ hora(s) _____ minuto(s)
- ☐ mais de três vezes por semana _____ hora(s) _____ minuto(s)
- ☐ Todos os dias _____ hora(s) _____ minuto(s)

Qual (is) a(s) modalidade(s) de exercícios físicos que costuma praticar?

Pratica exercícios físicos sob orientação e é submetido a avaliações periódicas da capacidade cardiorrespiratória?

☐ Sim ☐ Não

Controla a frequência cardíaca quando faz atividade física?

☐ Sim ☐ Não

Qual o valor máximo que atinge ? _____ bpm

3 - AVALIAÇÃO CLÍNICA

3.1 - Sinais Vitais

FC(bpm)	PAS(mmHg)	PAD(mmHg)	FR(ipm)

Ausculta Cardíaca	
Aórtica	
Aórtica Acessória	
Pulmonar	
Mitral	
Tricúspide	

Ausculta Pulmonar		
Regiões	Pulmão Direito	Pulmão Esquerdo
Apical		
Medial		
Basal		

4 - AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

Peso: _____ kg Altura: _____ m ATC: _____ m
 PC: _____ cm IMC: _____ kg/m²

Mensuração das pregas cutâneas				
Pregas Cutâneas	1ª Medida	2ª Medida	3ª Medida	Média
Bíceps (mm)				
Tríceps (mm)				
Subescapular (mm)				
Supra-iliaca (mm)				
Abdominal (mm)				
Axilar média (mm)				
Peitoral (mm)				
Coxa (mm)				
Panturrilha (mm)				

4.1 - PREDIÇÃO DO PERCENTUAL DE GORDURA CORPORAL (EQUAÇÃO DE SLAUGHTER, 1988)

Sexo masculino

% gordura = _____

Sexo feminino

% gordura = _____

4.2 - ESTÁGIO MATURACIONAL (TANNER, 1962)

Sexo Masculino

Puberdade completa ()

Volume Testicular:	_____	_____	_____	_____	_____
Estadio Pubarco:	1	2	3	4	5
Genital:	1	2	3	4	5
Estágio de maturação:	1	2	3	4	5

Sexo Feminino

Puberdade completa ()

Estadio Pubarco: **1** **2** **3** **4** **5**Telarca: **1** **2** **3** **4** **5**Estágio de maturação: **1** **2** **3** **4** **5**

Idade da menarca: _____

4.3 - AUTO-AVALIAÇÃO DO ESTÁGIO MATURACIONAL**Sexo Masculino**

Estágio de desenvolvimento dos pêlos púbicos

1. Desenho A	2. Desenho B	3. Desenho C	4. Desenho D	5. Desenho E
()	()	()	()	()

Estágio de desenvolvimento dos testículos, escroto e pênis

1. Desenho A	2. Desenho B	3. Desenho C	4. Desenho D	5. Desenho E
()	()	()	()	()

Sexo Feminino

Estágio de desenvolvimento dos seios

1. Desenho A	2. Desenho B	3. Desenho C	4. Desenho D	5. Desenho E
()	()	()	()	()

Estágio de desenvolvimento dos pêlos púbicos

1. Desenho A	2. Desenho B	3. Desenho C	4. Desenho D	5. Desenho E
()	()	()	()	()

APÊNDICE C: Ficha de registro de atividades do HOLTER

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Educação Física
Laboratório de Fisiologia do Exercício
Rua: Érico Veríssimo, 701- Caixa Postal 6134 – Cep. 13083-851
Barão Geraldo - Campinas-SP
Telefone: 19 3788- 6625 3788- 7493 Fax: 19 3289- 4338
E-Mail: labfisex@fef.unicamp.br

FICHA DE REGISTRO DE ATIVIDADES

Instruções ao voluntário:

Você e sua colaboração são a parte mais importante de nossa pesquisa.

Este sistema estará gravando de forma contínua a atividade elétrica de seu coração enquanto você percorre sua rotina de vida diária. Desta forma, para tornar ainda melhor o nosso diagnóstico precisamos saber a que horas e o que você faz durante o dia (ATIVIDADE) e como se sente durante estas atividades (SINTOMA). Para isso, siga as instruções do seu pesquisador.

Você deve anotar nesta ficha as seguintes informações:

Hora do dia: Deve ser anotada com as atividades relatadas no diário

Atividade: Anote, principalmente, o horário de acordar, dormir e atividades como exercício extenuante, comer, ir ao banheiro, tomar remédios e alterações emocionais.

Sintoma: Anote as eventuais sensações percebidas como dores, tonturas e respiração alterada.

MUITO IMPORTANTE: Não molhe o gravador em hipótese alguma e não se esqueça de trocar a bateria do aparelho de acordo com as orientações do pesquisador.

ANEXO A: Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da FCM/UNICAMP.

FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
 ☒ Caixa Postal 6111, 13083-970 Campinas, SP
 ☎ (0_19) 3788-8936
 FAX (0_19) 3788-8925
 🌐 www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html
 ✉ cep@fcm.unicamp.br

CEP, 20/04/04.
 (Grupo III)

PARECER PROJETO: Nº 095/2004

I-IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: "ESTUDO DO CONTROLE AUTÔNOMICO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ADOLESCENTES"

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Juliana Martuscelli da Silva Prado

INSTITUIÇÃO: Faculdade de Educação Física/Laboratório Fisiologia do Exercício/ UNICAMP

APRESENTAÇÃO AO CEP: 01/03/2004

APRESENTAR RELATÓRIO EM: 20/04/05

II - OBJETIVOS

O estudo tem por objetivo geral investigar a função autonômica cardiovascular e a capacidade funcional cardiorrespiratória em adolescentes saudáveis de ambos os sexos, em processo de iniciação desportiva. Objetivos específicos: a) Identificar o comportamento da função autonômica cardiovascular relacionada à idade e b) Identificar o efeito da idade, do estágio de maturação sexual e da composição corporal sobre a função autonômica cardiovascular e a capacidade cardiorrespiratória em adolescentes saudáveis em processo de iniciação desportiva.

III - SUMÁRIO

A população alvo do estudo será constituída por 60 voluntários saudáveis, de ambos os sexos, na faixa etária entre 11 e 18 anos, em processo de iniciação desportiva. No Laboratório de Fisiologia do Exercício da FEF/Unicamp serão realizadas (sempre na presença dos pais ou responsáveis) quatro avaliações: clínica, antropométrica, fisioterápica e funcional. As avaliações serão feitas no período da manhã, com temperatura ambiente mantida entre 20 e 22°C, e com umidade relativa do ar entre 50% e 60%. Critérios de inclusão: Serão admitidos adolescentes saudáveis e que manifestem, através do Termo de Consentimento, o desejo voluntário em participar do estudo. Critérios de exclusão: adolescentes que apresentem qualquer tipo de patologia crônica, que sejam fumantes, que façam uso regular de medicamentos, hormônios e/ou recursos ergogênicos, e também outras condições que possam alterar o funcionamento dos sistemas orgânicos. As avaliações clínica (principalmente a que envolve avaliação do estágio maturacional) e fisioterápica serão conduzidas por médico pediatra (do mesmo sexo do voluntário avaliado) e por fisioterapeuta componentes da equipe responsável pelo projeto. As condições em que o estudo será desenvolvido estão adequadas assim como a metodologia a ser aplicada.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

O protocolo está cuidadosamente estruturado, não envolve riscos para os participantes e os benefícios previstos são evidentes. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido é bastante claro e está adequado aos propósitos do estudo. Os eventuais desconfortos da avaliação funcional (teste de esforço para avaliar capacidade funcional cardiorrespiratória e eletrocardiografia dinâmica de 24h) estão bem explicados tanto no protocolo do estudo como no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Não há custos envolvidos no projeto.

V - PARECER DO CEP

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 complementares, bem como ter aprovado o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido, assim como todos os anexos incluídos na Pesquisa, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa supracitado.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.

VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

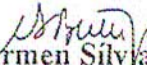
O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e)

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

VII - DATA DA REUNIÃO

Homologado na IV Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 20 de abril de 2004.


Profa. Dra. Carmen Silva Bertuzzo
PRESIDENTE DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FCM / UNICAMP