

**UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**

Marco Aurélio do Sacramento

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E DO SISTEMA
NERVOSO AUTÔNOMO DURANTE TESTE EM PISTA DE OBSTÁCULOS DE
PENTATLO MILITAR EM ATLETAS E MILITARES CONDICIONADOS**

São José dos Campos, SP
2008

MARCO AURÉLIO DO SACRAMENTO

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E DO SISTEMA
NERVOSO AUTÔNOMO DURANTE TESTE EM PISTA DE OBSTÁCULOS DE
PENTATLO MILITAR EM ATLETAS E MILITARES CONDICIONADOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade do Vale do Paraíba, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientadores: Prof. Dr. Wellington Ribeiro.
Prof. Dr. Egberto Munin

São José dos Campos, SP
2008

S127a

Sacramento, Marco Aurélio do

Análise da variabilidade da frequência cardíaca e do sistema nervoso autônomo através de teste em pista de obstáculos de pentatlo militar em atletas e militares condicionados / Marco Aurélio do Sacramento; Orientadores: Prof. Dr. Wellington Ribeiro, Prof. Dr. Egberto Munin.-- São José dos Campos, 2008.

Idisco laser: color.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, 2008.

1. Batimento cardíaco 2. Exercício 3. Pentatlo 4. Militares I. Ribeiro, Wellington, orient. II. Munin, Egberto, orient. III. Título

CDU: 616.8

Autorizo exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos fotocopiadores ou transmissão eletrônica, desde que citada a fonte.

Aluno:



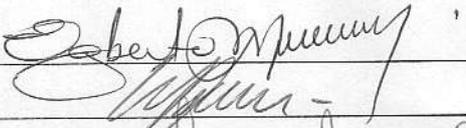
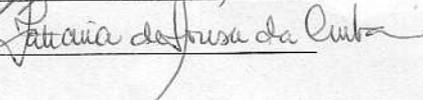
Data:

08/12/2008

MARCO AURÉLIO DO SACRAMENTO

“ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E DO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO DURANTE TESTE EM PISTA DE OBSTÁCULOS DE PENTATLO MILITAR EM ATLETAS E MILITARES CONDICIONADOS”

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, SP, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. **EGBERTO MUNIN** (UNIVAP) 
Prof. Dr. **WELLINGTON RIBEIRO** (UNIVAP) 
Prof.^a Dra. **TATIANA DE SOUSA DA CUNHA** (UNIFESP) 

Prof.^a Dra. Sandra Maria Fonseca da Costa
Diretor do IP&D – UniVap
São José dos Campos, 08 de dezembro de 2008.

“Dedico aos meus progenitores, Aurélio Moisés e Maria Aparecida por seu amor e esperanças no meu sucesso. À minha família pela paciência e compreensão nos momentos em que estive ausente no acompanhamento do crescimento de minhas filhas me dedicando a esta obra”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por proporcionar mais uma provação para que eu possa evoluir pessoal e espiritualmente.

À minha esposa Letícia Maria pelo apoio incondicional e dedicação na educação das nossas filhas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Wellington Ribeiro pela confiança e companheirismo.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Aléxis Lazo Osório pelo apoio na idéia e contribuição com seus conhecimentos.

Ao Prof. Dr Alderico Rodrigues de Paula Junior por seu apoio no processamento dos sinais biológicos.

Ao Prof. Dr. Egberto Minin pela paciência e compreensão.

A Profª Drª Viviani Pilla por sua sabedoria e sensibilidade.

Agradeço a todos os professores da UNIVAP – IP&D por seus conhecimentos transmitidos durante as disciplinas realizadas.

Aos colegas da turma pela amizade que nos deixará saudades.

À bibliotecária Rúbia Gravito de Carvalho Gomes UNIVAP - IP&D, por sua prestatividade e amizade.

Aos funcionários da UNIVAP - IP&D, Ivone Paranaíba Vilela Monteiro, Valéria Maeda, Neusa de Moraes M. Delgado e Vanessa Aparecida de Oliveira pela atenção e amizade.

Aos chefes de setores da Escola de Especialistas de Aeronáutica de Guaratinguetá (EEAR), Cel. Euripedes Heitor Jorge Filho, Cel. Alcir Moreira de Moraes e Cel. Genésio Seixas Filho pelo apoio para a realização do estudo.

Ao Ten. Luis Emilio Guimarães Boldrin e a todos os colegas civis e militares da seção de Educação Física da EEAR.

A todos os alunos voluntários do Curso de Formação de Sargentos (EEAR).

À amiga Prof^a. Cláudia Aparecida Cavalheiro, pelo apoio, companheirismo e amizade.

Aos amigos Prof. João Carlos Vilas Boas Câmara e Eng. Homero de Paula Santos Junior, pelo apoio e incentivo nos momentos de indecisão.

Ao Prof. Dr. Élson de Campos e Prof. Dr. Émerson Ferreira de Lucena, pelo apoio nas aulas particulares, incentivo e amizade.

Aos amigos da turma do mestrado, Maria Izabel Manfredini de Paula Santos, Maria Augusta Ribeiro, Henrique Averaldo Alves, José de Ribamar Barros dos Santos e Giovani Arnaldo Pacetti, nos momentos de vitórias ou derrotas, de alegrias ou tristezas, contentamentos ou decepções, me permitiram a aprender a ser um homem melhor, a todos vocês meus sinceros e eternos agradecimentos.

A todos os anônimos que contribuíram ou torceram pelo sucesso deste trabalho, OBRIGADO e que DEUS lhes abençoe!

“Análise da variabilidade da frequência cardíaca e do sistema nervoso autônomo durante teste em pista de obstáculos de pentatlo militar em atletas e militares condicionados”

RESUMO

Objetivo: Avaliar o comportamento do sistema nervoso autônomo (SNA) através da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em alunos do Curso de Formação de Sargentos de Aeronáutica, atletas de Pentatlo Militar e indivíduos participantes de um programa de condicionamento físico. **Métodos:** Foram avaliados 24 indivíduos do sexo masculino, com idade de $22,3 \pm 2,9$ anos, sendo 12 atletas de pentatlo militar e 12 indivíduos condicionados por um programa de treinamento físico, que foram submetidos a um teste em pista de obstáculos do pentatlo militar. Os intervalos RR foram registrados através de um monitor cardíaco Polar® S810i, nas fases de repouso, exercício e recuperação, posteriormente submetidos à análise pela Transformada de Wavelet Contínua. **Resultados:** Para as mudanças fisiológicas causadas pelo exercício, tanto o lactato sanguíneo como a pressão arterial encontramos um aumento estatisticamente significativo ($p < 0.05$). A frequência cardíaca apresentou uma diferença extremamente significativa ($p < 0.0005$) quando comparada entre as condições do repouso com a recuperação. O componente espectral da LF apresentou uma redução extremamente significativa para ambos os grupos na recuperação (atletas = 21.5 ± 17.1 versus 1199.2 ± 658 ms²) e (condicionados = 11.1 ± 10.7 versus 1265.4 ± 683.9 ms²) comparadas com o repouso, sugerindo uma predominância da ação do domínio simpático. A HF responsável pelas influências parassimpáticas também apresentou uma redução extremamente significativa nos dois grupos na recuperação (atletas = 8.77 ± 11.9 versus 1405.4 ± 1206.5 ms²) e (condicionados = 3.89 ± 3.58 versus 1207.5 ± 1518.4 ms²). A razão LF/HF que nos proporciona avaliar o equilíbrio simpátovagal, apresentou um aumento na recuperação (atletas = 3.71 ± 1.88 versus 1.40 ± 1.03) e (condicionados = 3.98 ± 3.45 versus 1.76 ± 0.92), sendo muito significativo ($p < 0.005$) para os atletas e não significativo estatisticamente para os condicionados, o que poderíamos inferir em uma menor proteção vagal. **Conclusão:** A diferença de métodos de treinamento não exerceu grandes influências na modulação do SNA perante as respostas ao exercício, levando ambos os grupos a um declínio na VFC, o que pode aumentar o risco de ocorrências cardiovasculares.

Palavras-chave: Pentatlo militar, frequência cardíaca, exercício, wavelet.

“Heart rate variability and autonomic nervous system analysis during military pentathlon obstacles track test in athletes and conditioned military”

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to assess the behavior of the autonomic nervous system (ANS) by heart rate variability (HRV) of the trainees of the Course of Sergeant Formation for the Air Force, military pentathlon athletes and persons participants of a fitness training program. **Methods :** 24 male subjects with age 22.3 ± 2.9 years, 12 military pentathlon athletes and 12 persons trained by a physical fitness program that was submitted to a military pentathlon obstacles track test. The RR intervals were registered by a heart rate monitor Polar® S810i on the rest, exercise and recovery, afterwards submitted to Continuous Wavelet Transform analysis. **Results:** For the physiological changes caused by exercise, such as blood lactate and blood pressure it was found a statistically significant increase ($p < 0.05$). The heart rate showed an extremely significant difference ($p < 0.0005$) when comparing the rest and the recovery conditions. The spectral component LF showed an extremely significant reduction to the two groups on recovery (athletes = 21.5 ± 17.1 versus 1199.2 ± 658 ms²) and (conditioned = 11.1 ± 10.7 versus 1265.4 ± 683.9 ms²) compared with the rest, suggesting a predominance of the action of sympathetic dominion. The HF answerable for parasympathetic influences also showed an extremely significant reduction to the two groups on recovery (athletes = 8.77 ± 11.9 versus 1405.4 ± 1206.5 ms²) and (conditioned = 3.89 ± 3.58 versus 1207.5 ± 1518.4 ms²). The ratio LF/HF that provides to evaluate the sympathovagal balance, showed an increase on recovery (athletes = 3.71 ± 1.88 versus 1.40 ± 1.03) and (conditioned = 3.98 ± 3.45 versus 1.76 ± 0.92) was very significant ($p < 0.005$) to athletes and no statistically significant difference to the conditioned in the fitness program, what we could to infer in a lower vagal protection. **Conclusion:** The difference in the methods of training used for different groups doesn't exert influences on ANS modulation in presence of the exercise responses, conducting the groups to a decrease in HRV, what can increase the danger of cardiovascular diseases.

Keywords : Military pentathlon, heart rate, exercise, wavelet.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Compasso de dobras cutâneas LANGE®.....	32
Figura 2: Sensor <i>WearLink</i> ® e Monitor Cardíaco <i>Polar S810i</i> ® posicionado no tórax para captação do intervalo RR.....	33
Figura 3: Conjunto medidor de pressão arterial Dinasonic®.....	33
Figura 4: Lactímetro Accutrend Lactate.....	34
Figura 5: Transmissão do sinal do monitor <i>Polar S 810i</i> para o software <i>Polar Precision Performance</i> ®via infravermelho.....	35
Figura 6: Algoritmo de análise dos dados através da Variabilidade da Frequência Cardíaca.....	36
Figura 7: Análise da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Com) durante a fase de repouso (Rep) (mmHg = milímetro de mercúrio). Os dados estão expressos em média aritmética ± desvio padrão.....	40
Figura 8: Análise da concentração (mmol.l ⁻¹ = milimol por litro) do lactato sanguíneo (Lac) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) na fase de repouso (Rep). Os dados estão expressos em média aritmética ± desvio padrão.....	41
Figura 9: Análise da frequência cardíaca (FC) em (bpm = batimento por minuto) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) durante a fase de repouso (Rep). Os dados estão expressos em média aritmética ± desvio padrão.....	42
Figura 10: Gráfico da frequência cardíaca (A) de um atleta e (B) de um indivíduo condicionado durante as fases de repouso, aquecimento, exercício e recuperação. Obs.: A fase do repouso está representada pelos 10 minutos iniciais.....	43
Figura 11: Tacograma representa a distribuição dos intervalos RR num determinado espaço de tempo (A) de um atleta e (B) de um indivíduo condicionado.....	44
Figura 12: Escalograma representa a distribuição de energia nas respectivas bandas de frequências do sistema nervoso autônomo (A) de um atleta e (B) de um indivíduo condicionado.....	45
Figura 13: Espectrograma representa a distribuição das potências espectrais (A) de um atleta e (B) de um indivíduo condicionado durante o repouso.....	46
Figura 14: Análise das áreas simpáticas (LF) e parassimpáticas (HF) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) durante a fase do repouso (Rep) em (ms ² = milissegundo ao quadrado). Os dados estão expressos em média aritmética ± desvio padrão.....	47

Figura 15: Análise da razão ($R = LF/HF$) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) durante a fase do repouso (Rep). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão.	48
Figura 16: Análise da frequência cardíaca (FC) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) em bpm (batimento por minuto, durante a fase do exercício (Exc). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão.	49
Figura 17: Espectrograma representa a distribuição das potências espectrais (A) de um atleta e (B) de um indivíduo condicionado durante o exercício.	50
Figura 18: Análise da LF versus a HF dos atletas (Atl) e dos condicionados (Con) na fase do exercício (Exc). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. (** $p < 0,005$) e (* $p < 0,05$).	51
Figura 19: Análise da razão (LF/HF) dos atletas ($R \text{ Exc Atl} =$ razão durante o exercício dos atletas) e dos indivíduos condicionados ($R \text{ Exc Con} =$ razão durante o exercício dos condicionados) durante a fase do exercício, sem apresentar diferença estatística significativa entre os grupos. Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão.	52
Figura 20: Análise da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) durante a fase de recuperação (Rec). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão.	53
Figura 21: Análise da concentração (mmol.l^{-1} = milimol por litro) do lactato (Lac) sanguíneo dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con), comparando-se a fase do repouso (Rep) com a recuperação (Rec). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. (** $p < 0,005$) e (***) $p = 0,0005$).	54
Figura 22: Análise da frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con), comparando a fase do repouso (Rep) com a recuperação (Rec), apresentando um aumento extremamente significativo na fase de recuperação comparado com o repouso para ambos os grupos. Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. (***) $p = 0,0005$).	55
Figura 23: Espectrograma representa a distribuição das potências espectrais (A) e (B) de um indivíduo condicionado durante a recuperação.	56
Figura 24: Análise espectral (ms^2 = milissegundos ao quadrado) das áreas simpáticas (LF) e parassimpáticas (HF) dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase da recuperação (Rec), com um aumento na LF para ambos os grupos, sendo, extremamente significativo para os atletas e muito significativo para os condicionados. Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. (***) $p = 0,0005$) e (** $p = 0,005$).	57

Figura 25: Análise da razão (LF/HF) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) durante a fase de recuperação (Rec), onde não houve diferença estatística significativa. Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão.	58
Figura 26: Análise espectral (ms^2 = milissegundos ao quadrado) da área simpática (LF) dos atletas e dos indivíduos condicionados, comparando-se a fase de repouso com a fase de recuperação, onde houve um aumento deste componente na fase do repouso extremamente significativo para ambos os grupos. Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. (***) $p = 0,0005$).	59
Figura 27: Análise da área parassimpática (HF) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con), comparando-se a fase de repouso (Rep) com a recuperação (Rec), onde obtivemos um aumento extremamente significativo deste componente para ambos os grupos na fase de repouso. Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. (***) $p = 0,0005$).	60
Figura 28: Análise da razão (LF/HF) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) comparando-se a fase do repouso (Rep) com a recuperação (Rec). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. (**) $p < 0,005$).	61
Figura 29: Escada de Corda.	86
Figura 30: Vigas Justapostas.	87
Figura 31: Cabos Paralelos.	88
Figura 32: Rede de Rastejo.	88
Figura 33: Passagem de Vau.	89
Figura 34: Cerca de Assalto (Rústica).	90
Figura 35: Viga de Equilíbrio.	91
Figura 36: Rampa de Escalada.	92
Figura 37: Vigas Horizontais.	92
Figura 38: Vigas Horizontais.	93
Figura 39: Mesa Irlandesa.	94
Figura 40: Bueiro e Vigas Justapostas.	94
Figura 41: Bueiro e Vigas Justapostas.	95
Figura 42: Vigas em Degraus (Piano).	96
Figura 43: Banqueta e Fosso.	97

Figura 44: Muro de Assalto.	98
Figura 45: Fosso.	99
Figura 46: Escada Vertical.....	99
Figura 47: Muro de Assalto.	100
Figura 48: Traves de Equilíbrio.....	101
Figura 49: Chicana.....	101
Figura 50: Muros de Assalto.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 2: Análise da pressão arterial dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase de repouso.	39
Tabela 3: Análise do lactato sanguíneo dos atletas e dos indivíduos condicionados durante as fases de repouso.	40
Tabela 4: Análise da frequência cardíaca dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase de repouso.	41
Tabela 5: Análise das áreas simpáticas (LF), parassimpática (HF) e a razão (LF/HF) dos atletas e dos indivíduos condicionados durante as fases de repouso.....	47
Tabela 6: Análise da frequência cardíaca dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase do exercício.	48
Tabela 7: Análise das áreas simpáticas (LF), parassimpática (HF) e a razão (LF/HF) dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase do exercício.	51
Tabela 8: Análise da pressão arterial dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase de recuperação.....	52
Tabela 9: Análise do lactato sanguíneo dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase de recuperação.....	54
Tabela 10: Análise da frequência cardíaca dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase de recuperação.	55
Tabela 11: Análise das áreas simpáticas (LF), parassimpática (HF) e a razão (LF/HF) dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase de recuperação.....	57

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Atl	Atleta
%	Porcentagem
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
cm	Centímetros
CNS	Conselho Nacional de Saúde
Con	Conicionados
ECG	Eletrocardiograma
Exc	Exercício
FC	Frequência Cardíaca
GWS	Global Wavelet Spectrum
HF	High frequency, banda de alta frequência
Hz	Hertz
IP&D	Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento
kg	Quilograma
kg/m ²	Quilograma por metro ao quadrado
LF	Low frequency, banda de baixa frequência
LF/HF	Razão <i>LF/HF</i> ; Razão Baixa/Alta Frequência
mg	Miligramas
min	Minuto
mmol.l ⁻¹	Milimol por litro
mmHg	Milímetro de mercúrio
ms ²	Milisegundos ao quadrado
p	Índice de significância
PPM	Pista de Pentatlo Militar
Rec	Recuperação
Rep	Repouso
RR	Intervalos entre duas ondas R
s	Segundos
SNA	Sistema Nervoso Autônomo

SNC	Nervoso Central
TWC	Transformada Wavelet Contínua
TXT	Arquivo texto
VFC	Variabilidade da frequência cardíaca
VLf	Very low frequency, banda de muito baixa frequência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
1.1 Adaptações fisiológicas ao exercício.....	19
1.2 Aspectos fisiológicos do exercício relacionados à VFC.....	20
1.3 Mudanças cardiovasculares devido ao exercício.....	21
1.4 Exercício e o Sistema Nervoso Autônomo.....	22
1.5 Mudanças na VFC relacionadas com o treinamento de exercícios	24
1.6 Pentatlo Militar	25
2 OBJETIVOS	26
2.1 Objetivo geral.....	26
2.2 Objetivos específicos.....	26
3 JUSTIFICATIVA.....	27
4 MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 Casuística	28
4.2 Critérios de inclusão.....	28
4.3 Critérios de exclusão	29
4.4 Local da pesquisa.....	29
4.5 Aspectos éticos do estudo	29
4.6 Materiais.....	30
4.7 Métodos.....	31
4.7.1 Anamnese.....	31
4.7.2 Preparação para o teste	31
4.7.3 Composição corporal	31
4.8 Coleta dos dados.....	32
4.9 Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca	35

4.10 Análise estatística.....	37
5 RESULTADOS.....	38
5.1 Características das amostras.....	38
5.2 Pressão arterial durante o repouso	39
5.3 Lactato sanguíneo durante o repouso	40
5.4 Frequência cardíaca de repouso.....	41
5.5 Análise espectral da VFC durante a fase do repouso.....	42
5.6 Análise da VFC durante o repouso.....	47
5.7 Análise da FC durante o exercício.....	48
5.8 Análise espectral da VFC durante a fase do exercício.....	49
5.9 Análise da VFC durante o exercício.....	51
5.10 Pressão arterial durante a recuperação	52
5.11 Lactato sanguíneo durante a recuperação	53
5.12 Análise da FC durante a recuperação	54
5.13 Análise espectral da VFC durante a fase da recuperação.....	55
5.14 Análise da VFC durante a recuperação.....	57
5 DISCUSSÃO.....	62
7 CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS	73
ANEXO A: Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	82
ANEXO B: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE	83
ANEXO C: ANAMINESE.....	84
ANEXO D: PISTA DE PENTATLO.....	86

1 INTRODUÇÃO

A forma que o sistema cardiovascular responde ao estresse do exercício tem intrigado os fisiologistas do esporte por centenas de anos. Os ajustes necessários para encontrar a demanda da musculatura exigida, o qual começa um pouco antes do início do exercício, permanece uma área de intensa investigação e especulação. Também, a anatomia geométrica e a função cardiovascular do coração são alteradas após a atividade física crônica (AUBERT et al., 2003).

Nakamura et al. (2005) relataram também que o exercício realizado de forma aguda e/ou crônica, provoca alterações no comportamento da frequência cardíaca (FC) e que essas alterações são mediadas, principalmente, por oscilações do tônus simpático e parassimpático do Sistema Nervoso Autônomo (SNA), que age sobre o nódulo sinoatrial do coração.

O Pentatlo Militar que se refere a uma modalidade desportiva cuja competição tem a duração de cinco dias consecutivos com cinco provas distintas (tiro, natação, granadas, corrida e pista de obstáculos). Como um todo o Pentatlo Militar é uma modalidade de habilidades reunidas, o qual demanda um alto nível de condicionamento físico geral e utilização de mecanismos aeróbios e anaeróbios. O treinamento das diversas provas deve ser organizado tanto quanto do aspecto do condicionamento físico como psicológico para todas as provas. Praticado em quartéis e particularmente a prova de pista de obstáculos que além de ser utilizada de forma competitiva, também a utilizam para treinamento de situações de combate, pode ser definida como um exercício de alta intensidade e com predominância anaeróbica que necessita de investigação de suas influências no organismo humano.

Outros ajustes ocorrem em quase todo o sistema orgânico do corpo e envolvem todos os aspectos dos controles cardíacos e vasculares periféricos, incluindo regulação pelo SNA. Mecanismos neurais parecem ser de grande importância na mediação à resposta inicial do exercício, o qual envolve mudanças muito rápidas na FC e na pressão arterial (PA).

A determinação da intensidade de esforço físico em que a transição aeróbia-anaeróbia no metabolismo muscular tem grande importância no campo da fisiologia do exercício, sendo

amplamente utilizada para a avaliação da aptidão física direcionados aos trabalhos prolongados, a prescrição de intensidades dos exercícios aeróbios e a monitorização de modificações em indicadores aeróbios induzidos por programas de treinamento (RIBEIRO,1995; YASBEK et al., 2001).

Os métodos tradicionalmente empregados para identificar esta transição no metabolismo muscular são as análises de concentração sanguínea de lactato e as trocas gasosas respiratórias (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003; MAHON; CHEATHAM, 1996; PFITZINGER; FREEDSON, 1997). No entanto, recentemente outros métodos não-invasivos e mais acessíveis têm sido propostos para identificar a intensidade de esforço físico em que ocorre a transição aeróbia-anaeróbia (VACHON et al., 1999; JAMMES et al., 1998). Entre os métodos alternativos disponibilizados encontra-se a análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) (NAKAMURA et al., 1993; TULPPO et al., 1998; ALONSO et al., 1998; LIMA; KISS, 1999).

A análise da VFC permite quantificar a modulação do SNA na frequência do disparo do nodo sinoatrial (TASK FORCE, 1996). Estudos têm demonstrado que a diminuição da VFC está relacionada a um maior índice de morbidade e mortalidade cardiovascular (KLEIGER et al., 1987; BIGGER et al., 1992; LONGO et al., 1995, ALONSO et al., 1998; PUMPRLA et al., 2002).

Entendendo as interações entre a função cardiovascular, atividade do SNA e o treinamento com exercício físico poderão elucidar melhor a questão, sendo que, as áreas de medicina, fisiologia do exercício, educação física e engenharia biomédica estão todas aliadas para estudar os efeitos do exercício e outros tipos de estresses na estrutura e função cardíaca.

1.1 Adaptações fisiológicas ao exercício

Durante a execução do exercício físico, as variáveis cardiorrespiratórias que recebem informações de aferentes periféricos modificam-se com a finalidade de aumentar o transporte de oxigênio e nutrientes aos músculos em atividade contrátil, para manter ao longo do tempo,

a formação de adenosina trifosfato (ATP) e ou restaurar as suas reservas que foram consumidas durante as fases de contração anaeróbia (MACIEL et al, 1986).

Os ramos simpáticos e parassimpáticos do sistema nervoso autônomo (SNA) exercem marcante influência sobre o aparelho cardiovascular, traduzidas pela regulação das propriedades eletrofisiológicas e contráteis do coração e de diversas variáveis hemodinâmicas. Em indivíduos que exercem atividade física atlética regular e competitiva, o conhecimento do estado funcional autonômico é de grande interesse e carece de melhor caracterização (ASTRAND; RODAHL, 1987; TASK FORCE, 1996).

A frequência cardíaca (FC) nos indivíduos normais é determinada pela frequência de descarga das células no nódulo sinus atrial. Durante a atividade física ou eventos que desencadeiam emoções, a FC aumenta na medida em que a atividade nervosa parassimpática diminui e os estímulos simpáticos e as catecolaminas circulantes aumentam.

O aumento da FC em exercício físico gera uma elevação do débito cardíaco, um aumento da contratilidade miocárdica por incremento da estimulação simpática, bem como uma maior participação da curva do mecanismo de Frank-Starling proporcionando uma eficaz distribuição sanguínea para os músculos (PIÑA et al., 2003).

De uma maneira geral, o sistema nervoso simpático (SNS) atua aumentando a atividade cardíaca, elevando a frequência de batimentos, a velocidade de condução do estímulo elétrico e a força de contração do miocárdio. Já o sistema nervoso parassimpático (SNP) promove o efeito inverso do SNS, pois possui ação depressora do cronotropismo e inotropismo (parâmetro determinado pelo estado contrátil intrínseco e extrínseco do miocárdio gerado pelo nervo simpático cardíaco) (MACIEL et al., 1986).

1.2 Aspectos fisiológicos do exercício relacionados à VFC

O ajuste cardiovascular no exercício representa uma combinação e interação de fatores neurais e químicos locais. O fator neural consiste de: (I) comando central; (II) reflexos originários da contração muscular; e o barorreflexo. Comando central é a ativação do sistema nervoso simpático que produz a aceleração da frequência cardíaca, aumento da força de

contração do miocárdio e vasoconstrição periférica. Quando cessa o exercício, ocorre um forte declínio na frequência cardíaca e no débito cardíaco com a retirada do componente simpático (AUBERT et al., 2003)

A pressão arterial será estabilizada pelo barorreflexo e o aumento da atividade parassimpática.

1.3 Mudanças cardiovasculares devido ao exercício

A atividade física é associada com mudanças hemodinâmicas e alterações nas condições de carga do coração (ROST et al., 1983). Resposta cardiovascular para a atividade física depende do tipo de intensidade do exercício. A principal diferença no nível do coração, é o aumento do volume de carga durante o exercício de endurance e em contraste, temos o aumento da carga pressórica durante o exercício de força (ROY et al., 1988). Essas diferenças de cargas causarão várias respostas cardiovasculares para a atividade física.

Após o treinamento físico de longo prazo, as dimensões da cavidade diastólica do ventrículo esquerdo, a espessura da parede e a massa aumentarão (FAGARD et al. 1983; 1984). Essas mudanças são descritas como "coração de atleta". Entretanto, mulheres atletas comparadas com homens apresentaram uma menor massa ventricular esquerda (PELLICIA et al., 1996). Essa diferença de gênero sexual tem sido associada com uma pressão arterial sistólica mais baixa durante coletas de 24 horas pelo Holter e durante o exercício em mulheres atletas (ZEMVA et al., 2001).

A carga de volume de treinamento de endurance resulta em mudanças adaptativas em várias funções cardiovasculares (BROOKS et al., 1995). O coração aumenta sua habilidade de bombear o sangue, principalmente pelo aumento do volume de ejeção, o qual ocorre devido a um aumento no volume diastólico final e um pequeno aumento na massa ventricular esquerda.

Enquanto que ao contrário, o treinamento de força, resulta em um maior aumento na massa ventricular esquerda, podendo haver ou não uma pequena mudança no volume ventricular. Exercício de endurance também diminui a carga metabólica no coração no

repouso e em qualquer intensidade submáxima de exercício. Isto ocorre então, pelo aumento do volume de ejeção e queda da frequência cardíaca. O resultado é uma relação tempo-pressão mais eficiente.

A frequência cardíaca é o mecanismo predominante pelo qual o débito cardíaco aumenta durante o exercício sob circunstâncias fisiológicas (MAZZEO; ARSHALL, 1989). Taquicardia pode ocorrer também pela estimulação neural ou por uma elevação nas catecolaminas circulantes (MAZZEO; ARSHALL, 1989). O aumento no volume do coração e sua contratilidade levarão a valores mais altos de volume de ejeção durante o repouso, tanto quanto, durante exercícios máximos ou submáximos. Também, a frequência cardíaca mais baixa aumentará o volume de ejeção por causa do período de diástole mais longo. O coração ejeta mais sangue devido ao mecanismo de Frank-Starling (BROOKS et al., 1995). Outro fator que induz a um volume de ejeção mais alto é o volume de sangue maior em atletas (ROESKE et al., 1976).

O treinamento de endurance reduz no repouso e no exercício submáximo, principalmente as pressões arteriais diastólicas e sistólicas (HUSTON et al., 1985). O mecanismo de redução da pressão sangüínea no repouso é desconhecido. Este tipo de treinamento também influenciará a liberação de catecolaminas. Norapinefrina é liberada pelo processo nervoso simpático. Um programa de treinamento de endurance resultará em uma resposta menor de catecolaminas para o exercício submáximo, mas não para o exercício máximo (ORIZIO et al., 1988).

1.4 Exercício e o Sistema Nervoso Autônomo

A frequência cardíaca (FC) é geralmente regulada predominantemente pelo Sistema Nervoso Autônomo (SNA) (LEVY; MARTIN, 1979). Os dois principais mecanismos eferentes pelo o qual ocorre a taquicardia são também através de um declínio no parassimpático ou através de um aumento na estimulação simpática (HAINSWORTH, 1998). Depois, pode ocorrer também por uma estimulação neural ou um aumento de catecolaminas circulantes. O mecanismo de taquicardia (induzida pelo exercício) parece envolver o circuito reflexo espinhal parassimpático e simpático (Brainbridge reflex). O mecanismo posterior é

importante mencionar, desde a estimulação das fibras aferentes simpáticas cardiovasculares produz reflexos cardiovasculares que operam através de um mecanismo de feedback positivo, e apesar, pode ser particularmente responsável pelo aumento na atividade simpato-adrenal no exercício (BROOKS et al., 1995). Isto é contrário às respostas reflexas iniciadas pelo barorreceptor ou receptores cardiopulmonares inervados pelo parassimpático que operam através de um mecanismo de feedback negativo (LEVY; MARTIN,1979). Apesar, ambos os ramos simpático e parassimpático do SNA competirem entre si durante o exercício. Isto pode conseqüentemente ser esperado encontrar mudanças nos índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) de acordo com o nível e duração do treinamento e ou tipo de treinamento (O' SULLIVAN; BELL, 2000).

Treinamento físico de longo prazo influencia o ritmo cardíaco. Ele induz a uma bradicardia sinusal nas condições de repouso, e um aumento mais lento na frequência cardíaca em qualquer nível de consumo de oxigênio submáximo devido a uma mudança no equilíbrio simpatovagal (UUSITALO et al., 1996) em direção ao domínio parassimpático (SEALS; CHASE, 1989).

A frequência cardíaca é regulada pelo aumento na modulação simpática e retirada da atividade parassimpática. Isto varia dentro de características hereditárias individuais (tamanho do ventrículo esquerdo; predisposição para certas atividades esportivas), nível de condicionamento, tipo de exercício (endurance ou treinamento estático) e habilidades (economia de exercício). Posição do corpo (supino, sentado, de pé, etc.). Variáveis ambientais (temperatura, umidade, altitude, etc.), estado hormonal e estado de humor, também alteram as respostas da frequência cardíaca.

Frequência cardíaca e VFC também são afetadas por medicações, drogas, estimulantes e hábitos alimentares.

Ajustes reflexos iniciados pela estimulação das fibras nervosas dos músculos exercitados estão também concorrendo com a resposta cardiovascular para o exercício. Há evidências que os ajustes cardiovasculares originários dos músculos contraídos não são mediados pelo fuso muscular aferentes, mas preferencialmente por fibras aferentes pouco mielinizadas e não mielinizadas (IELLAMO, 2001).

Visto que o exercício é acompanhado pelas principais alterações cardiovasculares, incluindo uma taquicardia destacada, aumento no débito cardíaco e pressão arterial e atrial e redução da resistência periférica, isto poderia ser esperado que o mecanismo de regulação cardiovascular tão importante quanto o reflexo barorreceptor arterial, competiria como uma função significativa na mediação e modificação na resposta do exercício (BERNARDI et al., 1997).

Na realidade os mecanismos de controle cardiovasculares são muito mais complexos, volume de ejeção e volume diastólico final também contribuem em um sistema de feedback intrínseco.

1.5 Mudanças na VFC relacionadas com o treinamento de exercícios

Atletas altamente treinados possuem uma frequência cardíaca de repouso mais baixa do que grupo de controle de sedentários (FAGARD, 1992). Antecipação da atividade física inibe os impulsos do nervo vago e aumenta a descarga simpática (ROURE et al.,1998 e COLLET et al.,1999). As inibições combinadas das áreas do controle parassimpático e ativação das áreas do controle simpático na medula espinhal elucidam um aumento na frequência cardíaca e contratilidade miocárdica.

Tecnicamente, surge um problema para medição da frequência cardíaca durante o exercício, como a FC aumenta de acordo com a intensidade do exercício, portanto, não temos um equilíbrio (steady state), o qual é necessário para uma análise espectral.

Duas aproximações são usualmente propostas pela literatura para resolver este problema:

- (1) Medição do desempenho em um nível fixado de intensidade (PERINI et al.,1990).
- (2) Subtrair um fundo com tendência a diminuir a contribuição de um aumento contínuo na frequência cardíaca com o aumento da intensidade do exercício (ARAY et al., 1989).

O método seguinte é baseado no fato que a tendência linear (primeira ordem) representa os sinais mais amplos não estacionários da frequência cardíaca durante e após o exercício.

Normalmente este é também o único interessado em resolver os componentes espectrais na faixa onde as influências barorreflexas e respiratórias são os efetores dominantes da variação da frequência cardíaca (maiores que 0.03 Hz). Durante o exercício, algumas vezes uma tendência exponencial é subtraída.

1.6 Pentatlo Militar

Criado em 1946, pelo Capitão Henri Debrus, oficial francês, que teve a ideia de organizar uma competição desportiva reservada a militares onde pudessem por em prática o seu treino próprio.

O pentatlo militar é composto pelas seguintes provas: Tiro, natação utilitária com obstáculos, corta-mato ou corrida através do campo (cross country), lançamento de granadas e por uma corrida numa pista de obstáculos.

Há mais de cinquenta anos que esta disciplina é objecto de competição entre militares de diferentes nações, sob o auspício do Conselho Internacional do Desporto Militar (CISM).

Esta disciplina desportiva é praticada por quase todas as Forças Armadas mundiais.

O Pentatlo Militar e especificamente a prova de pista de obstáculos (PPM), que tem sido praticada nas Unidades Militares, com o objetivo de treinamento para o combate ou com finalidade desportiva, torna-se uma atividade física de alta intensidade, portanto, transformando-se em um agente estressor bastante relevante na função cardíaca.

Devido à inexistência de estudos verificados nas bases de dados da Medline, Pubmed e Lilacs relacionados especificamente para esse tipo de população percebemos a necessidade de se investigar a VFC e o comportamento do SNA, uma vez que a tal prática é desconhecida a sua influência nas atividades do coração.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o comportamento do sistema nervoso autônomo através da variabilidade da frequência cardíaca em alunos do Curso de Formação de Sargentos de Aeronáutica, competidores de Pentatlo Militar e alunos participantes de um programa de condicionamento físico.

2.2 Objetivos específicos

- Comparar as respostas autonômicas cardíacas entre os dois grupos de militares (atletas e indivíduos fisicamente condicionados);
- Implementar a Transformada Wavelet Contínua como ferramenta para análise da variabilidade da frequência cardíaca para possível diagnóstico de risco cardíaco nos praticantes da pista de obstáculos do Pentatlo Militar.

3 JUSTIFICATIVA

A pista de obstáculos do Pentatlo Militar é composta por um percurso de 500 metros com 20 obstáculos específicos conforme o **Anexo C**, ao transpô-la de maneira competitiva ou sob a forma de treinamento para o combate militar, se torna um exercício físico de alta intensidade aumentando assim as demandas do organismo e principalmente a função cardíaca.

O exercício físico, em si, é um estímulo que provoca importantes modificações no sistema cardiovascular e em seus mecanismos de ajustes autonômicos (GALLO JR et al.,1989; MITCHEL, 1990; ROWELL,1986; MC ARDLE et al., 1998). Portanto, através da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) poderá nos permitir uma análise não invasiva do controle neural da frequência cardíaca (FC), antes, durante e após a transposição da pista de obstáculos do Pentatlo Militar, tendo em vista que se trata de uma atividade pouco conhecida e que não encontramos estudos ao seu respeito, onde percebemos uma necessidade de investigação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Casuística

O estudo envolveu 24 indivíduos do sexo masculino, na faixa etária de 18 a 28 anos, considerados saudáveis que já haviam passado por um período de treinamento físico durante 6 meses e retornavam de um período de 2 meses de férias. O grupo dos atletas era composto por 12 alunos da Equipe de Pentatlo Militar da EEAR e o grupo dos condicionados por 12 alunos do CFS que executavam um programa de condicionamento físico. Ambos os grupos passaram por um período de treinamento de 18 semanas antes da coleta dos dados, sendo que o grupo de atletas seguia uma periodização de treinamento físico voltado para sua competição principal em Setembro de 2008 (MARESAER) onde no momento treinavam potência muscular e resistência anaeróbia, já o grupo de indivíduos condicionados se preparava para a avaliação de condicionamento físico de final de série do CFS, onde estavam treinando resistência muscular localizada (RML) e resistência aeróbia. O grupo dos indivíduos condicionados recebeu uma instrução das técnicas de abordagem dos obstáculos da pista de pentatlo militar. Todos os voluntários viviam sob regime de internato, onde obedeciam aos mesmos horários de refeições (mesmo cardápio), de aulas e de dormir e acordar.

4.2 Critérios de inclusão

Foram incluídos neste estudo, indivíduos com as seguintes características:

- Militares alunos do CFS, praticantes da modalidade de Pentatlo Militar;
- Idade entre 18 e 28 anos do sexo masculino;
- Indivíduos sadios e aprovados na inspeção de saúde exigida pelo CFS, realizado no Hospital da EEAR;
- Voluntários que concordaram em participar deste estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO B).

4.3 Critérios de exclusão

Foram adotados como critérios de exclusão os seguintes aspectos:

- Indivíduos fumantes;
- Indivíduos que tivessem ingerido bebida alcoólica nas últimas 48 horas antecedentes do experimento;
- Indivíduos que tivessem feito o uso de medicamentos, suplementos ou bebidas cardiopressoras ou cardioestimuladoras;
- Indivíduos com alguma lesão osteomuscular ou neurotendínea;
- Ausência de colaboração nos procedimentos a serem realizados;
- Indivíduos que se recusassem a participar da pesquisa.

4.4 Local da pesquisa

Este estudo foi uma pesquisa de campo, realizada na Pista de Obstáculos de Pentatlo Militar da Escola de Especialistas de Aeronáutica, em ambiente aberto.

4.5 Aspectos éticos do estudo

O presente protocolo de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade do Vale do Paraíba sob o número H377/CEP/2007 (ANEXO A).

Este estudo foi conduzido de acordo com a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Todos os voluntários foram previamente esclarecidos e orientados sobre os procedimentos a que seriam submetidos. No caso de aceitação plena assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

4.6 Materiais

- Notebook Aspire 4520 – ACER;
- Monitor cardíaco POLAR® S810i;
- Sensor wearlink POLAR®;
- Gel eletro condutor para ECG;
- Software Polar Precision-POLAR®;
- Software Matlab 6.1 da *Mathwork*®;
- Balança eletrônica com estadiômetro-FILIZOLA®;
- Compasso de dobras cutâneas LANGE - *Beta Technology Inc.*;
- Fita métrica TBW;
- Caneta dermatográfica;
- Esfigmomanômetro aneróide Duossonic®;
- Estetoscópio Duossonic®;
- Caneta perfuradora One Touch-*Johnson&Johson*®;
- Lancetas One Touch- *Johnson&Johson*®;
- Lactímetro Accutrend® Lactate-*Roche* ;
- Fitas para lactímetro BM Lactate- *Roche*;
- Álcool 70%;
- Gases;
- Luvas cirúrgicas;
- Cronômetro;
- Colchonetes.

4.7 Métodos

4.7.1 Anamnese

Um questionário foi aplicado para verificar as informações atualizadas que pudessem causar algum impedimento na realização do experimento. (ANEXO C)

4.7.2 Preparação para o teste

Os voluntários foram orientados para que não fizessem nenhum esforço físico, num período de 24 horas, afim de não causar alterações nos resultados nas condições de repouso e que também não fizessem o uso de estimulantes (bebidas cafeinadas, etc.).

4.7.3 Composição corporal

Foi aferida a massa corpórea e estatura em uma balança eletrônica FILIZOLA® com um estadiômetro acoplado. Em seguida foram aferidas as dobras cutâneas com a utilização de um compasso de dobras cutâneas LANGE® conforme a **Figura 1**, coma aplicação de três sítios (peito, abdome e coxa) e determinado o percentual de gordura estimado pela equação de Jacson& Pollock (1978) para homens.



Figura 1: Compasso de dobras cutâneas LANGE®.

Fonte: http://www2.ciashop.com.br/cpassos/product.asp?template_id=62&dept_id=510671067&pf_id=4526

4.8 Coleta dos dados

Os dados referentes à frequência cardíaca foram todos coletados no período da tarde (15h00min as) no horário destinado às aulas de Educação Física e treinamento das equipes do Corpo de Alunos do CFS.

As condições do tempo, como, temperatura ($23,889 \pm 3,179$ Gs??) e a umidade relativa do ar ($46,000 \pm 9,708$ %), foram fornecidas pelo Centro de Meteorologia da EEAR.

Na Pista de Obstáculos, local de realização do experimento, o voluntário foi orientado a deitar-se em um colchonete, já estando este com o sensor e o monitor cardíaco Polar S810i®, mostrado na **Figura 2**, devidamente ajustado, para realizar um repouso de dez minutos na posição decúbito dorsal.



Figura 2: Sensor WearLink® e Monitor Cardíaco Polar S810i® posicionado no tórax para captação do intervalo RR.

Posteriormente também foi aferida a sua pressão arterial com um aparelho aneróide Duossonic® conforme mostra a **Figura 3**.



Figura 3: Conjunto medidor de pressão arterial Dinassonic®.
Fonte: http://www2.ciashop.com.br/cpassos/product.asp?template_id=60&dept%5Fid=4343&pf%5Fid=2080

A concentração de lactato sanguíneo foi medida com um lactímetro Accutrend Lactate, conforme mostra a **Figura 4**, na condição de repouso, cujos procedimentos foram realizados por um enfermeiro designado pelo Hospital da EEAR.



Figura 4: Lactímetro Accutrend Lactate.
Fonte: <http://www.lactate.com/accutrend.html>

Prosseguindo o repouso, mais dez minutos foram utilizados para o registro dos sinais da frequência cardíaca no formato RR, onde também foi verificada a frequência respiratória nesta condição fisiológica.

Posteriormente o voluntário foi orientado a realizar um aquecimento dinâmico composto por deslocamentos com movimentos articulares e coordenação, numa intensidade controlada de forma que sua frequência cardíaca não ultrapassasse 60% de sua frequência cardíaca máxima (FCmax).

Então, foi iniciada a passagem na Pista de Obstáculos que tinha uma extensão de 500 metros com 20 obstáculos distintos conforme o **Anexo D** onde foi cronometrado o tempo de transposição de cada voluntário. Após seu término o voluntário foi orientado a caminhar por um minuto para restabelecer sua condição fisiológica ao nível de recuperação para que pudesse deitar para a aferição da pressão arterial e mensuração da concentração de lactato sanguíneo após a realização do exercício.

Na fase de recuperação, foram coletadas durante os dez minutos sucessivos ao término do exercício, a frequência cardíaca e a frequência respiratória. Em todas as fases, repouso,

aquecimento, exercício e recuperação a FC foi armazenada em formato RR no freqüencímetro cardíaco.

4.9 Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca

Os dados coletados através do monitor cardíaco *Polar S810i*® foram transmitidos via sensor infravermelho IRDA para um Laptop equipado com o software *Polar Precision Performance*® conforme é mostrado na **Figura 5**. Em seguida foi aplicado um filtro moderado no sinal e exportado no formato de arquivo de texto (TXT).

Posteriormente, os dados foram transferidos para o programa *Matlab 6.1*® para realização da Transformada Wavelet Contínua (TWC) a fim de se obter a evolução da potência do sinal em diferentes níveis (bandas de freqüências) de decomposição, a qual proporcionou o cálculo da evolução temporal dos índices do Sistema Nervoso Autônomo, ou seja, o cálculo da área de baixa freqüência (LF=Low Frequency, 0,04-0,15 Hz) e da alta freqüência (HF= High Frequency, 0,15-0,4 Hz), mostrado no fluxograma da **Figura 6**.



Figura 5: Transmissão do sinal do monitor *Polar S 810i* para o software *Polar Precision Performance*® via infravermelho.

Fonte: www.info.cardiozone.de/.../s810isciencemodell.

Assumimos que LF representa a área do sistema simpático e parassimpático e HF relaciona-se a área correspondente à atividade parassimpática. O balanço autonômico foi dado

pela razão entre a área simpática e parassimpática (razão LF/HF) (TASK FORCE, 1996). Foram consideradas ainda para este estudo que, razões maiores que 1 são representativas de simpaticotonia relativa e, razões menores que 1 de vagotonia relativa bem como razões iguais a 1 indicaram equilíbrio simpático-vagal.

A TWC foi calculada na plataforma *Matlab* 6.1® através do algoritmo “*analysevfc*” desenvolvido e adaptado pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento IP&D) da Universidade do Vale do Paraíba (Univap) o qual analisa as frequências pertencentes ao sistema e identifica nelas uma relação entre tempo e frequência.

Através do cálculo da TWC foram obtidos os espectrogramas. Os espectrogramas baseados em wavelets ou escalogramas podem ser obtidos tomando o módulo da TWC e elevando-o ao quadrado. Um dos resultados obtidos através das ondeletas é o gráfico GWS (*Global Wavelet Spectrum*), que é gerado através do cálculo da média de energias existentes em cada intervalo de frequência. Os valores de GWS foram utilizados para a realização do cálculo das áreas referentes ao sistema nervoso simpático e parassimpático de acordo com suas bandas de frequências.

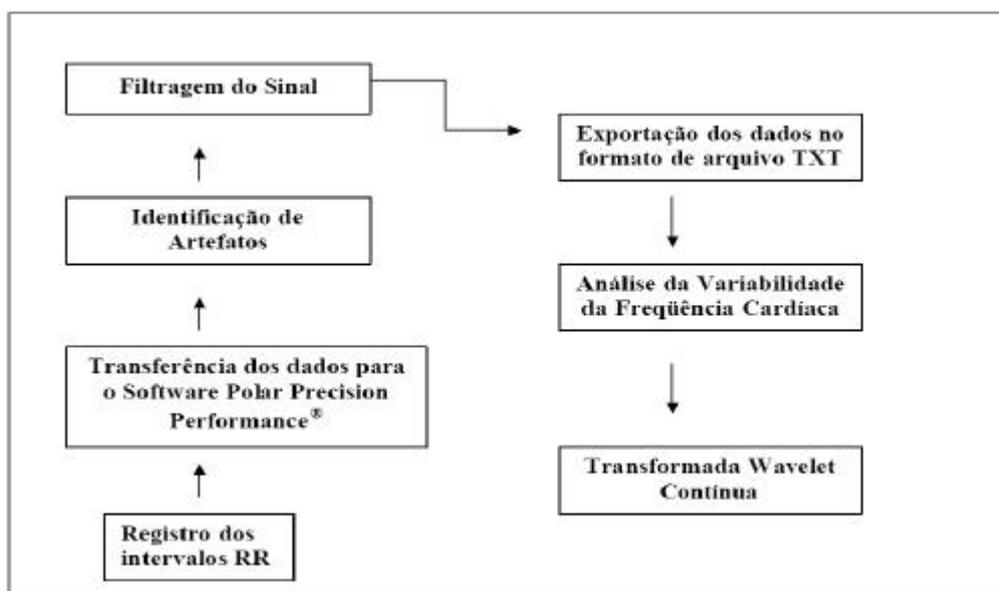


Figura 6: Algoritmo de análise dos dados através da Variabilidade da Frequência Cardíaca. Fonte: Fagundes (2007).

Para a análise da Variabilidade da frequência cardíaca (VFC) das diferentes fases, os dados foram analisados de acordo com o tempo de cada fase. Assim, a fase de repouso, com duração total de 10 minutos foi avaliada no período de 0 a 600 segundos (s), a fase de aquecimento (10 minutos) foi analisada no período de 600 a 1200 segundos a partir do fim do repouso, onde se iniciou a fase do exercício específico (PPM), cuja análise dependeu do tempo que o voluntário desenvolveu na pista de obstáculos, expressos em segundos.

Finalmente, foi realizada a análise da fase de recuperação (duração de 10 minutos), do momento do final do exercício até o final do tempo protocolado. O tempo total registrado deu-se pela soma do repouso (10 minutos), mais a soma do aquecimento (10 minutos), mais a soma do tempo de pista do voluntário e a soma da recuperação (10 minutos).

4.10 Análise estatística

Os dados foram expressos em média e desvio padrão calculados através do Minitab Statistical Software da MINITAB INC™, para a análise de distribuição normal das amostras foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para a análise de variância determinamos ($\alpha = 0.05$) e utilizamos o “Teste t de Students – não pareado”. Para a comparação intra-grupo dos dados antes e depois utilizamos Wilcoxon e comparações intergrupos Mann-Whitney através do software Graph Pad InStat e os gráficos através do Graph Pad Prism V.5, ambos da Graph Pad Software Inc.

5 RESULTADOS

Os resultados deste estudo estão expressos em média e desvio padrão, onde adotamos o intervalo de confiança de (* $p = 0.05$) para diferenças significativas, (** $p = 0.005$) para diferenças muito significativas e (***) $p = 0.0005$) para diferenças extremamente significativas.

5.1 Características das amostras

Podemos observar através da **Tabela 1** que os grupos não apresentam diferenças significativas quanto à sua idade e dados antropométricos quando comparado o grupo dos atletas com os condicionados, mas quanto à composição corporal encontramos uma diferença significativa no percentual de gordura quando comparado ambos os grupos. Já, comparando-se os dois grupos durante o exercício, encontramos uma diferença muito significativa quanto ao desempenho na pista de obstáculos de pentatlo militar pelo grupo de atletas comparado aos condicionados. Quanto a FC de pico não houve diferença estatística quando comparado os atletas com os condicionados. O percentual de esforço analisado pela média da FC no exercício ÷ FCmax estimada (Equação de Karvonen $220 \text{ bpm} - \text{idade}$) onde obtivemos ($p = 0.2128$), também não apresentaram diferenças significativas quando comparado os atletas aos condicionados.

Tabela 1: Características gerais das amostras.

Variáveis	Atletas (n=12)	Condicionados (n=12)
Idade	22 ± 3 (anos)	22 ± 3 (anos)
Peso	67 ± 5 (kg)	69,5 ± 5 (kg)
Altura	1,73 (m)	1,72 (m)
IMC	22,2 ± 1 (kg/m ²)	23,5 ± 2 (kg/m ²)
% de gordura	7,5 ± 2 (%)	10,5 ± 4 (%) *
Tempo de Pista	3:19 (min)	4:31 (min) **
FC Pico	193 ± 7 (bpm)	197 ± 9 (bpm)
% FC na Pista	90,5 ± 4 (%)	92,5 ± 4 (%)

Os dados estão expressos em média aritmética ± desvio padrão. Quando comparado o percentual de gordura dos atletas versus os condicionados obtivemos uma diferença estatística significativa com $p < 0,05$ e quando comparado o de tempo de transposição da pista encontramos uma diferença estatística muito significativa com $p < 0,005$.

5.2 Pressão arterial durante o repouso

A pressão arterial sistólica tanto quanto a diastólica dos atletas e dos condicionados aferidas durante o repouso na posição supina, se mantiveram nas condições normais, não havendo diferenças estatísticas significativas quando comparadas entre os grupos, conforme podemos observar na **Tabela 2** e na **Figura 7**.

Tabela 1: Análise da pressão arterial dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase de repouso.

Fase	Atletas (mmHg)	Condicionados (mmHg)
Pressão Sistólica Repouso	115 ± 5,2	110 ± 7,4
Pressão Diastólica Repouso	79,1 ± 8	76,6 ± 4,9

Os dados estão expressos em média aritmética ± desvio padrão.

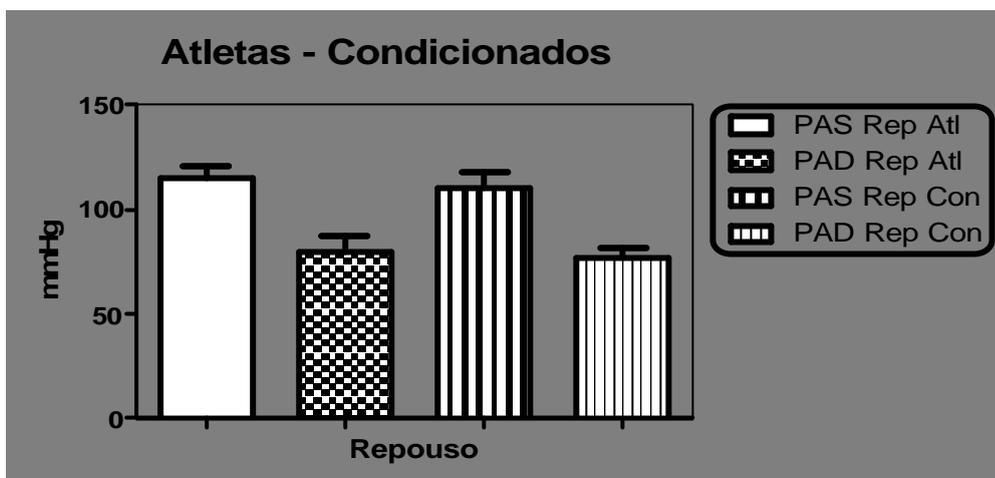


Figura 7: Análise da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) durante a fase de repouso (Rep). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. Quando comparada a PAS dos atletas versus a dos condicionados não houve diferença estatística com $p = 0,091$ e quando comparada a PAD também não encontramos diferença estatística com $p = 0,458$.

5.3 Lactato sanguíneo durante o repouso

O lactato sanguíneo durante a fase de repouso quando comparado os valores do grupo de atletas ao grupo de condicionados não apresentou diferença estatística conforme podemos observar na **Tabela 3** e na **Figura 8**.

Tabela 2: Análise do lactato sanguíneo dos atletas e dos indivíduos condicionados durante as fases de repouso.

Fases	Atletas (mmol.l^{-1})	Condicionados (mmol.l^{-1})
Repouso	$2,6 \pm 0,5$	$2,1 \pm 0,6$

Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão.

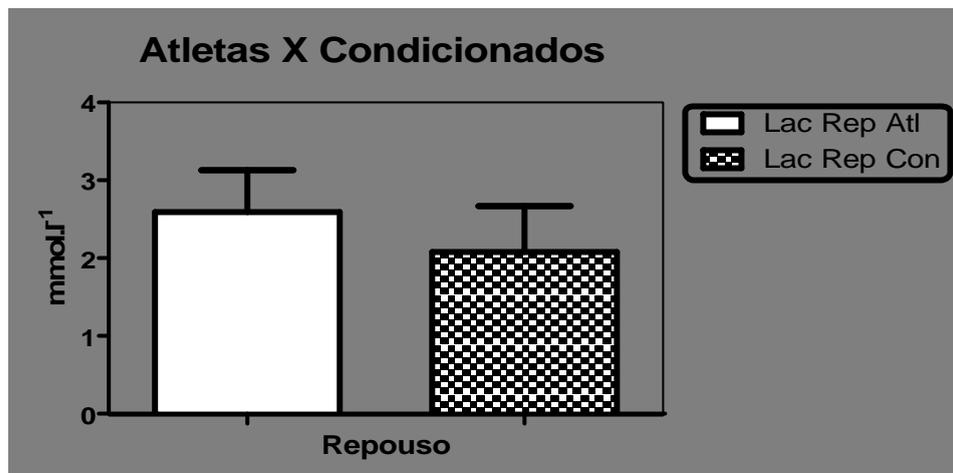


Figura 8: Análise da concentração do lactato sanguíneo (Lac) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) na fase de repouso (Rep). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. Quando comparado o lactato dos atletas versus dos condicionados não obtivemos diferença estatística com $p = 0,092$.

5.4 Frequência cardíaca de repouso

A FC de repouso apesar de apresentar-se um pouco mais elevada no grupo dos indivíduos condicionados, demonstrado na **Tabela 4**, a qual não apresentou diferença significativa obtendo-se um $p = 0.112$, representado pela **Figura 9**.

Tabela 3: Análise da frequência cardíaca dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase de repouso.

Fases	Atletas (bpm)	Condicionados (bpm)
Repouso	$62,8 \pm 7,5$	$67,3 \pm 6,2$

Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão.

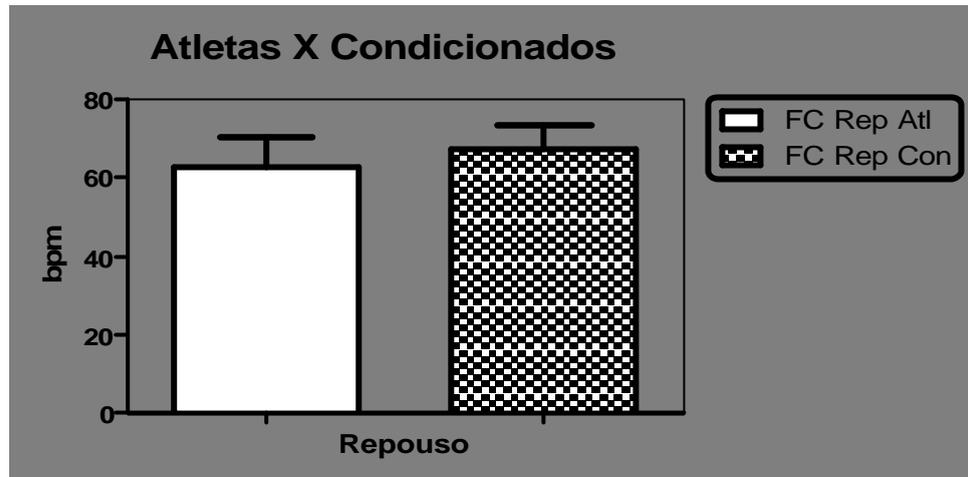


Figura 9: Análise da frequência cardíaca (FC) em dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) durante a fase de repouso (Rep). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. Quando comparada a FC dos atletas versus a dos condicionados não houve diferença estatística com $p = 0,112$.

5.5 Análise espectral da VFC durante a fase do repouso

Após a coleta dos sinais eletrocardiográficos pelo cardiofrequencímetro Polar S810i® os dados são convertidos pelo software *Polar Precision Performance*® e apresentado sob a forma de intervalos RR numa escala de tempo, como podemos observar nas **Figuras 10: (A)** o exemplo de um dos atletas e **(B)** um exemplo de um indivíduo do grupo dos condicionados.



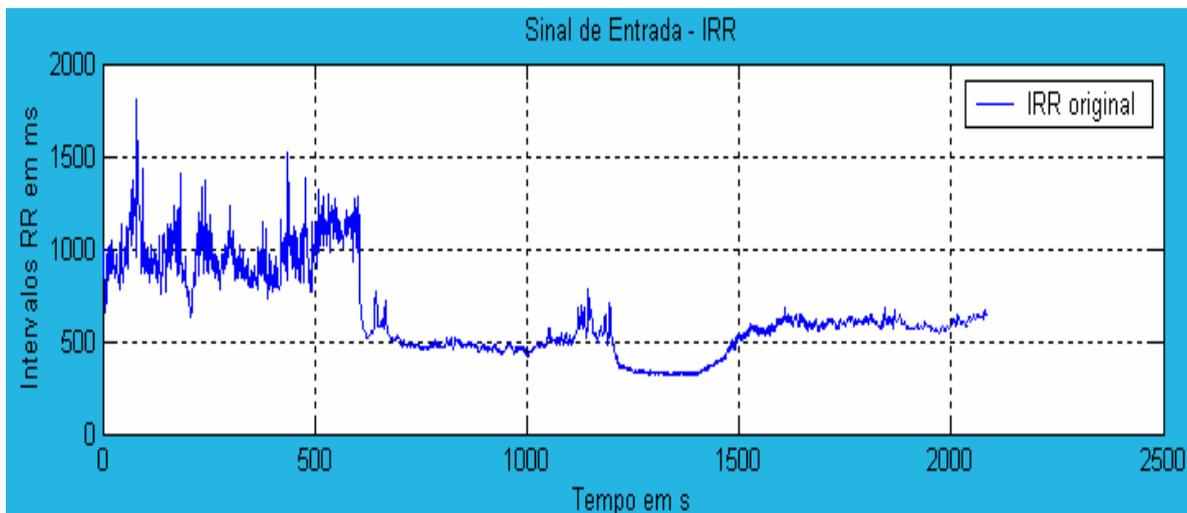
(A)



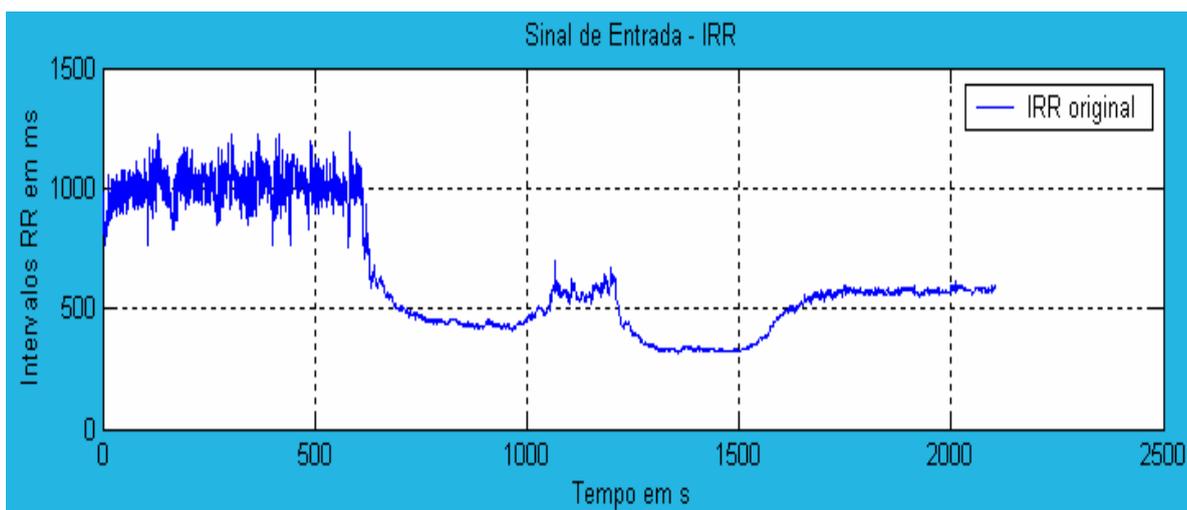
(B)

Figura 10: Gráfico da frequência cardíaca (A) de um atleta e (B) de um indivíduo condicionado durante as fases de repouso, aquecimento, exercício e recuperação. Obs.: A fase do repouso está representada pelos 10 minutos iniciais.

As **Figuras 11:** (A) e (B) apresentam o sinal em formato de RR, o qual é denominado de tacograma, de um atleta e de um indivíduo condicionado respectivamente, durante toda a fase de coleta (repouso, aquecimento, exercício e recuperação) analisada pelo software Matlab 6.1 onde foi dada a entrada do tempo em unidades de segundos para a análise da VFC nas suas fases distintas.



(A)

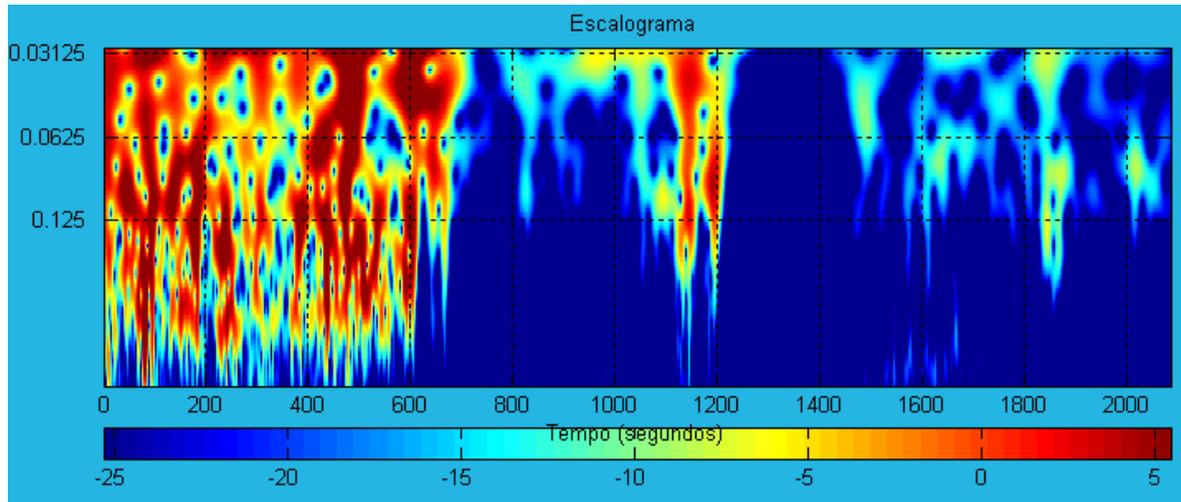


(B)

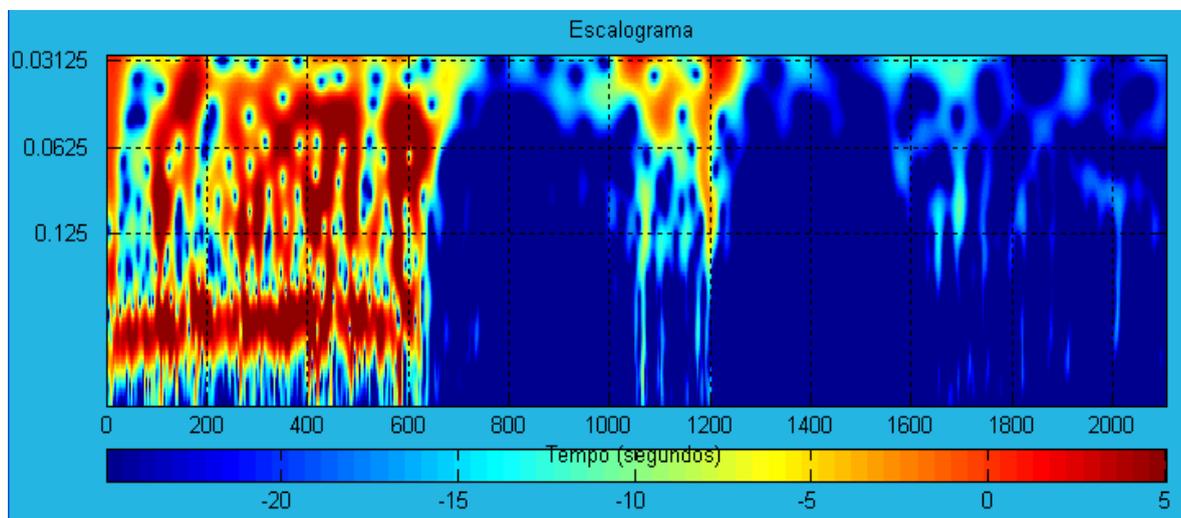
Figura 11: Tacograma representa a distribuição dos intervalos RR num determinado espaço de tempo (A) de um atleta e (B) de um indivíduo condicionado.

As **Figuras 12:** (A) e (B) apresentam um escalograma de um atleta e de um indivíduo condicionado respectivamente, durante todas as fases de coletas, onde foi utilizada a ferramenta do Wavelet do software Matlab 6.1, onde demonstra a maior concentração de energia (quanto mais avermelhado maior concentração e mais azulado menor concentração), conforme as faixas de frequências determinadas como banda de baixa frequência

(LF = 0.04~0.15 Hz) e alta frequência (HF = 0.15~0.4 Hz) segundo a TASK FORCE 1996, demonstrando na LF o predomínio simpático, na HF o predomínio parassimpático e na razão LF/HF o equilíbrio simpato-vagal.



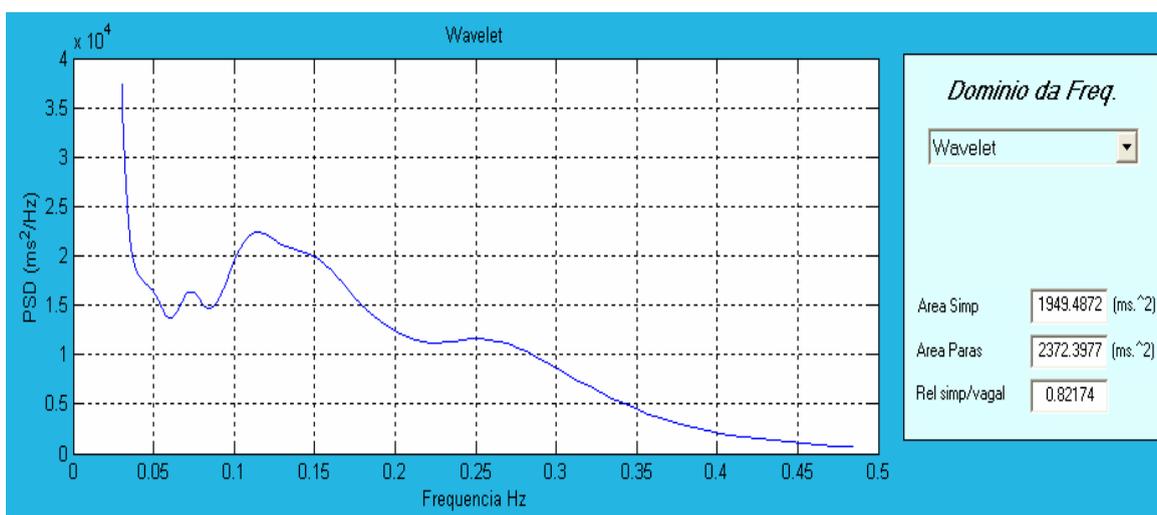
(A)



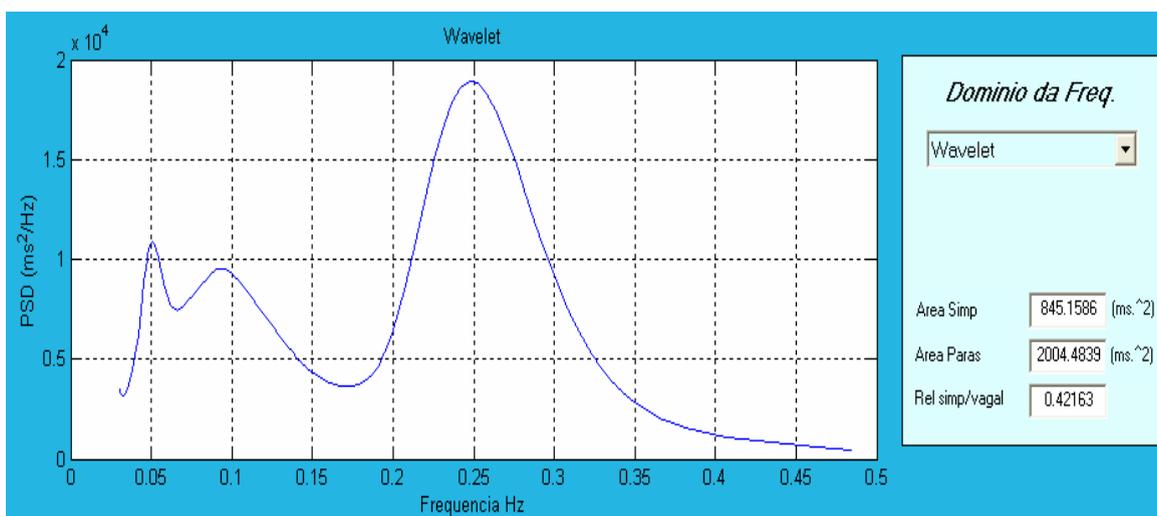
(B)

Figura 12: Escalograma representa a distribuição de energia nas respectivas bandas de frequências do sistema nervoso autônomo (A) de um atleta e (B) de um indivíduo condicionado.

As **Figuras 13: (A)** e **(B)** apresentam um espectrograma de um atleta e de um indivíduo condicionado respectivamente durante a fase de repouso, onde foi inserido o tempo de coleta desta fase (0~600 segundos), o qual demonstram as distribuições das potências espectrais ao longo de suas bandas de frequências LF e HF, onde podemos observar os predomínios na modulação do SNA dos ramos simpáticos ou parassimpáticos e/ou talvez um equilíbrio simpato-vagal.



(A)



(B)

Figura 13: Espectrograma representa a distribuição das potências espectrais (A) de um atleta e (B) de um indivíduo condicionado durante o repouso.

5.6 Análise da VFC durante o repouso

Os dados das áreas simpática (LF), parassimpática (HF) e a razão (LF/HF) estão expressos em ms^2 , conforme podemos observar na **Tabela 5**, onde não obtivemos diferenças significativas entre os componentes LF versus HF tanto dos atletas como dos condicionados na fase do repouso conforme a **Figura 14**, e entre os grupos conforme apresenta a **Figura 15**.

Tabela 4: Análise das áreas simpáticas (LF), parassimpática (HF) e a razão (LF/HF) dos atletas e dos indivíduos condicionados durante as fases de repouso.

Variáveis	Atletas	Condicionados
LF	1199,2 ± 658(ms^2)	1265,4 ± 683,9(ms^2)
HF	1405,4 ± 1206,5(ms^2)	1207,5 ± 1518,4(ms^2)
LF/HF	1,4 ± 1	1,8 ± 0,9

Os dados estão expressos em média aritmética ± desvio padrão.

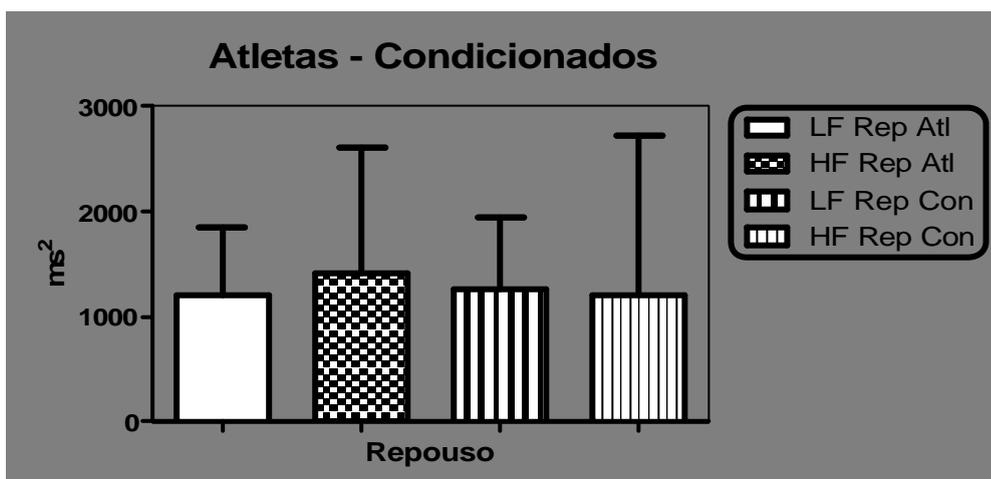


Figura 14: Análise das áreas simpáticas (LF) e parassimpáticas (HF) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) durante a fase do repouso (Rep) em ms^2 = milissegundo ao quadrado). Os dados estão expressos em média aritmética ± desvio padrão. Quando comparada a LF versus a HF dos atletas não encontramos diferença estatística com $p = 0,466$ e comparando a LF versus a HF dos condicionados também não obtivemos diferença estatística significativa com $p = 0,875$.

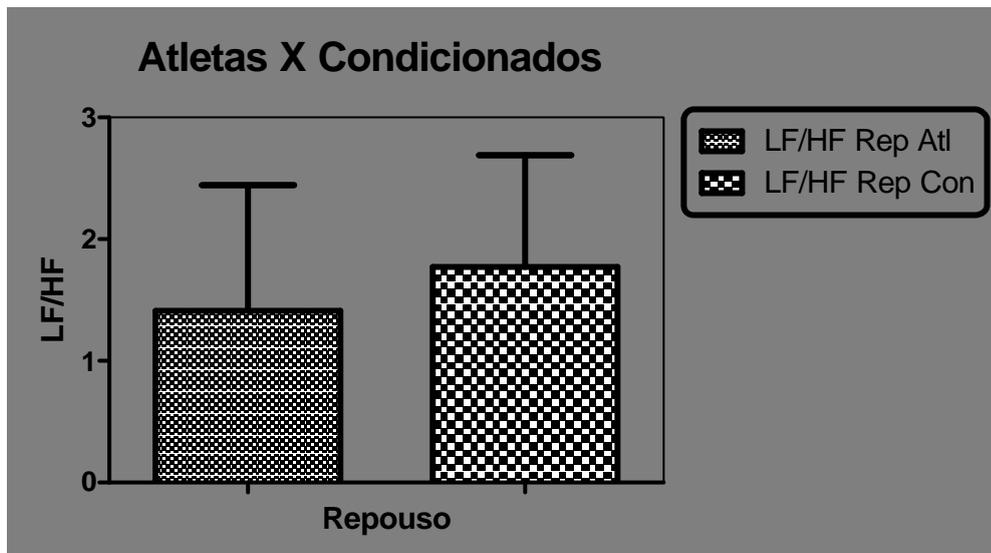


Figura 15: Análise da razão LF/HF dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) durante a fase do repouso (Rep). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. Quando comparado os atletas versus os condicionados não encontramos diferença estatística com $p = 0,285$.

5.7 Análise da FC durante o exercício

Na fase do exercício, as frequências cardíacas não apresentaram diferenças estatísticas significativas, sendo que comparando os atletas com os indivíduos condicionados conforme a **Figura 17**. Na **Tabela 6** podemos verificar os valores das FC e também compararmos através da

Tabela 5: Análise da frequência cardíaca dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase do exercício.

Fase	Atletas (bpm)	Condicionados (bpm)
Exercício	179,6 \pm 7,6	183,8 \pm 9,8

Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão (bpm = batimento por minuto).

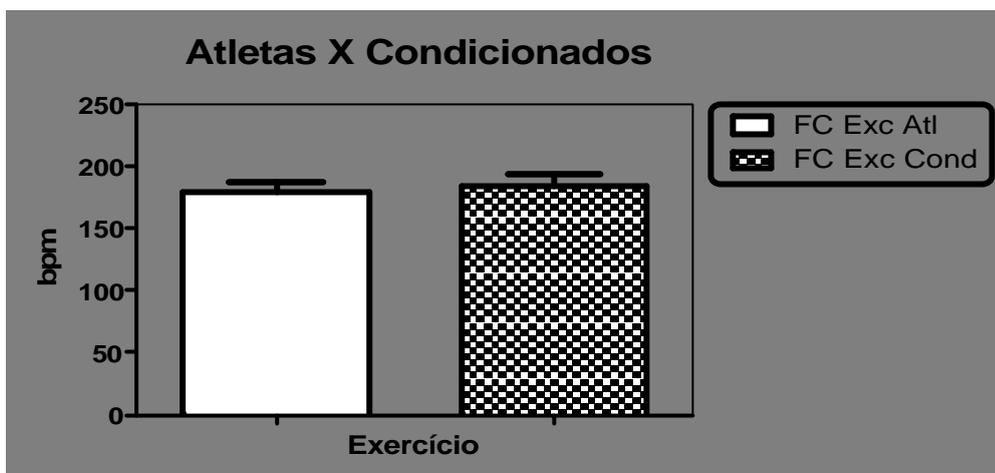
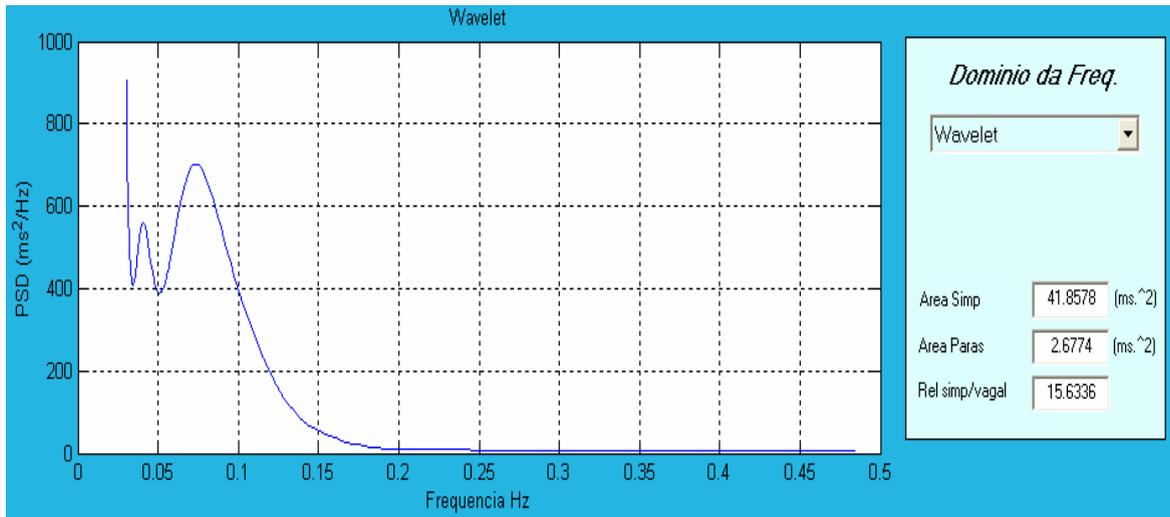


Figura 16: Análise da frequência cardíaca (FC) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) em bpm (batimento por minuto, durante a fase do exercício (Exc). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. Quando comparado os atletas versus os condicionados não encontramos diferença estatística com $p = 0,260$.

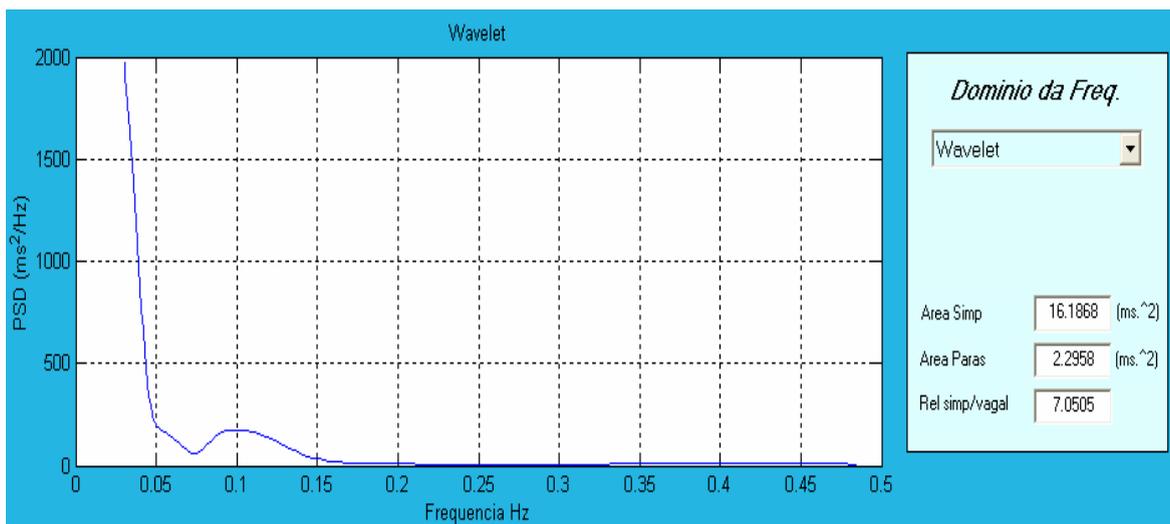
5.8 Análise espectral da VFC durante a fase do exercício

Os sinais no formato RR da fase do exercício dos atletas e dos indivíduos condicionados já foram apresentados na **Figuras 10 (A) e (B)** respectivamente, onde foram registradas todas as fases do experimento; assim como os tacogramas podem ser revistos nas **Figuras 11 (A) e (B)** e por fim os escalogramas também nas **Figuras 12 (A) e (B)**.

As **Figuras 17: (A) e (B)** apresentam um espectrograma de um atleta e de um indivíduo condicionado respectivamente durante a fase do exercício, onde foi inserido o tempo de coleta desta fase que se iniciou após o aquecimento até o término do exercício convertidos em unidades de segundos, os quais demonstram as distribuições das potências espectrais ao longo de suas bandas de frequências.



(A)



(B)

Figura 17: Espectrograma representa a distribuição das potências espectrais (A) de um atleta e (B) de um indivíduo condicionado durante o exercício.

5.9 Análise da VFC durante o exercício

Os dados das áreas simpática (LF), parassimpática (HF) e a razão (LF/HF) estão expressos em ms^2 , conforme podemos observar na **Tabela 7**, onde apenas obtivemos diferenças significativas no componente simpático (LF) apresentando um aumento muito significativo para os atletas, e para os condicionados um aumento significativo conforme apresenta a **Figura 18**. Comparando-se os grupos não houve diferença estatística significativa conforme a **Figura 19**.

Tabela 6: Análise das áreas simpáticas (LF), parassimpática (HF) e a razão (LF/HF) dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase do exercício.

Variáveis	Atletas	Condicionados
LF Exercício	$17,7 \pm 17,3^{**}$ (ms^2)	$5,5 \pm 4,3^*$ (ms^2)
HF Exercício	$5,6 \pm 9$ (ms^2)	$1,9 \pm 0,9$ (ms^2)
LF/HF Exercício	$4,4 \pm 4,1$	$3,2 \pm 2$

Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. (** $p < 0,005$) e (* $p < 0,05$).

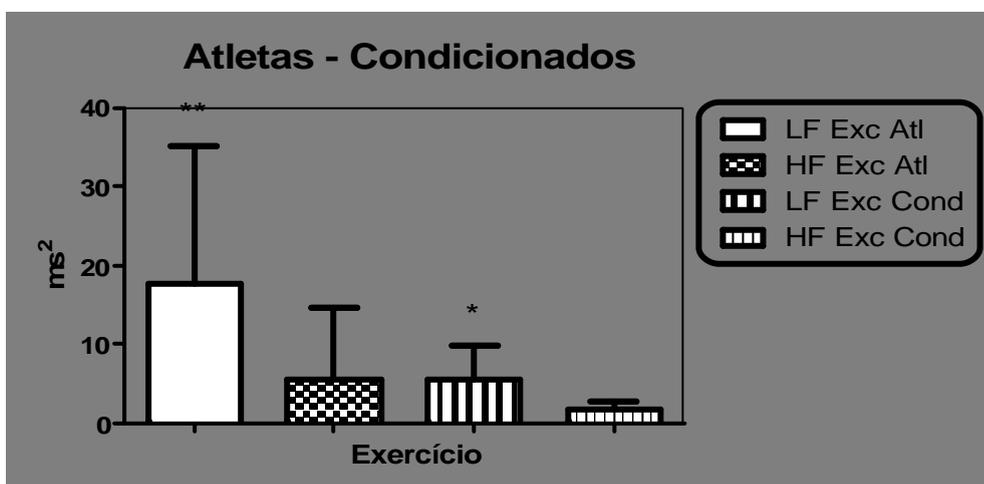


Figura 18: Análise da LF versus a HF dos atletas (Atl) e dos condicionados (Con) na fase do exercício (Exc). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. Quando comparado a LF versus a HF dos atletas encontramos uma diferença estatística muito significativa com $p = 0,001$, já comparando a LF versus a HF dos condicionados obtivemos uma diferença significativa com $p = 0,012$.

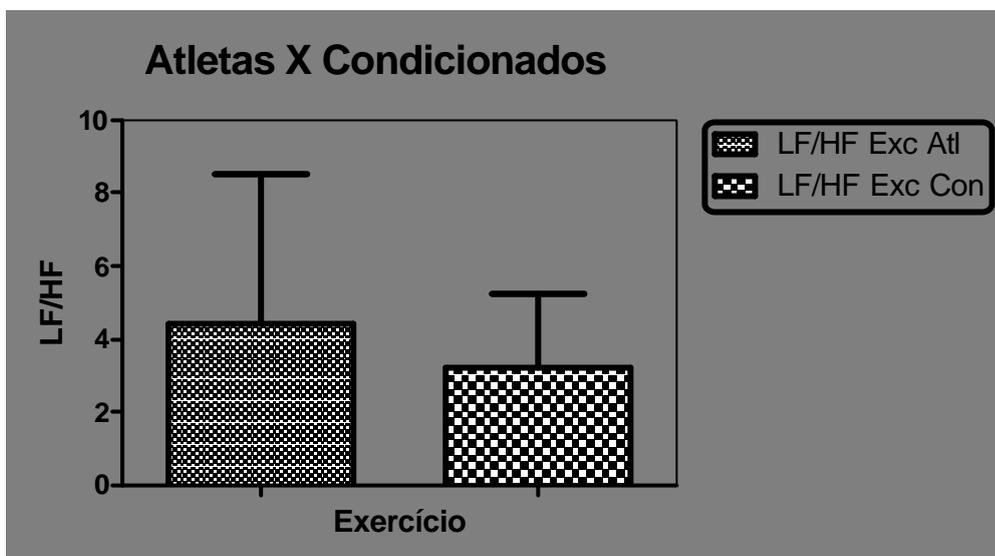


Figura 19: Análise da razão (LF/HF) dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase do exercício. Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. Quando comparada a LF/HF entre os grupos não apresentar am diferença estatística significativa com $p = 0,665$.

5.10 Pressão arterial durante a recuperação

A pressão arterial sistólica tanto quanto a diastólica durante a recuperação de ambos os grupos não apresentaram alterações importantes além daquelas esperadas decorrentes do exercício físico intenso comparado com o estado de repouso, porém, não havendo diferenças estatísticas significativas entre os grupos, conforme podemos observar na **Tabela 8** e na **Figura 20**.

Tabela 7: Análise da pressão arterial dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase de recuperação.

Fase	Atletas (mmHg)	Condicionados (mmHg)
Pres. Sist. Recuperação	160 \pm 6	153,3 \pm 14,3
Pres. Dias. Recuperação	64,16 \pm 10,8	60 \pm 9,5

Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão.

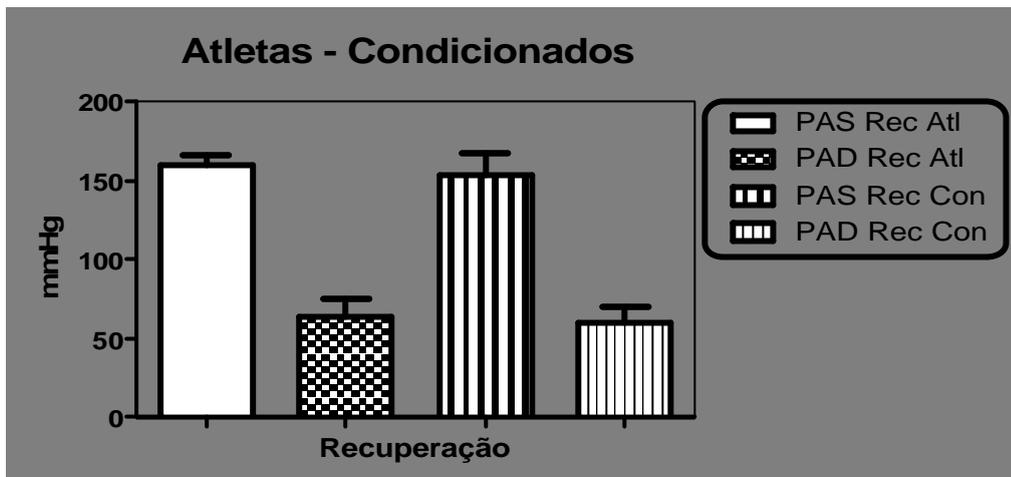


Figura 20: Análise da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) durante a fase de recuperação (Rec). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. Quando comparada a PAS dos atletas versus a dos condicionados não encontramos diferença estatística com $p = 0,164$ e quando comparada a PAD também não obtivemos diferença estatística com $p = 0,398$.

5.11 Lactato sanguíneo durante a recuperação

Comparando-se as concentrações de lactato sanguíneo entre as fases do repouso e da recuperação, ambos os grupos tiveram seus valores aumentados, sendo, muito significativo para os atletas ($p = 0,002$) e extremamente significativo para os condicionados ($p = 0,0005$) conforme a **Figura 21**.

Isso confirma o nível intenso que foi realizado o exercício, ou seja, altas concentrações em curto espaço de tempo, refletindo em uma grande sobrecarga cardiovascular, conforme podemos analisar na **Tabela 9**.

Tabela 8: Análise do lactato sanguíneo dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase de recuperação.

Fase	Atletas (mmol.l ⁻¹)	Condicionados (mmol.l ⁻¹)
Repouso	2,6 ± 0,5	2,1 ± 0,6
Recuperação	11,8 ± 2,7	13,8 ± 2,4

Os dados estão expressos em média aritmética ± desvio padrão.

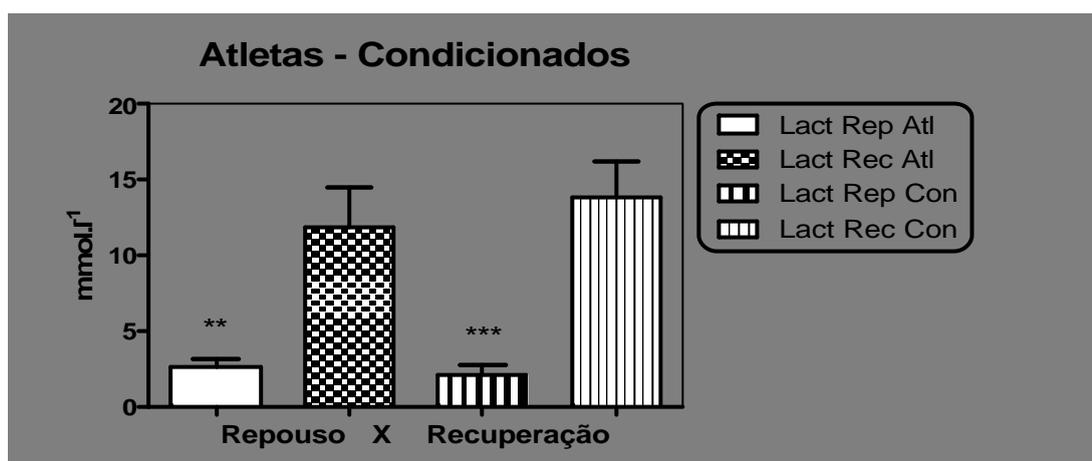


Figura 21: Análise da concentração (mmol.l⁻¹ = milimol por litro) do lactato (Lac) sanguíneo dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con), comparando-se a fase do repouso (Rep) com a recuperação (Rec). Os dados estão expressos em média aritmética ± desvio padrão. Quando comparado o repouso versus a recuperação dos atletas obtivemos (p < 0,005) e quando comparado o repouso versus a recuperação dos condicionados (***) p = 0,0005).**

5.12 Análise da FC durante a recuperação

Na fase da recuperação, as frequências cardíacas não apresentaram diferenças estatísticas significativas, sendo que comparando os atletas com os indivíduos condicionados. Na **Tabela 10** podemos verificar os valores de FC e também comparando entre as fases de cada grupo, que houve um aumento extremamente significativo na fase de recuperação comparado com o repouso para ambos os grupos, através da **Figura 22**.

Tabela 9: Análise da frequência cardíaca dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase de recuperação.

Fase	Atletas (bpm)	Condicionados (bpm)
Recuperação	120.2 ± 7.6	122.9 ± 7.6

Os dados estão expressos em média aritmética ± desvio padrão. Quando comparada a FC dos atletas versus os condicionados não houve diferença estatística significativa com $p = 0,312$.

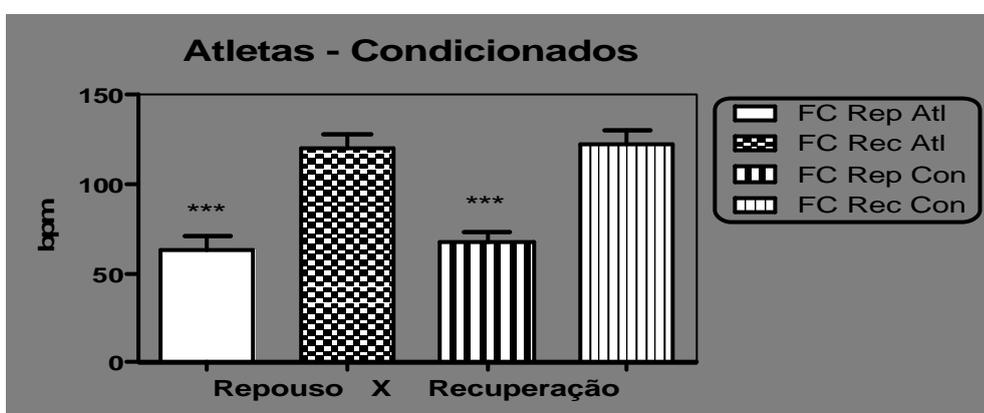


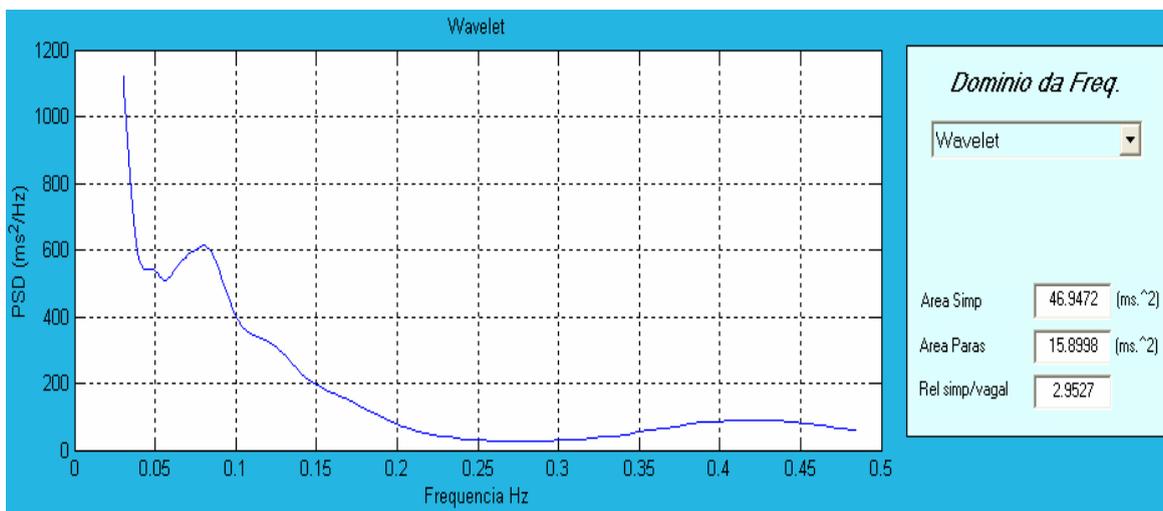
Figura 22: Análise da frequência cardíaca (FC) em batimentos por minuto (bpm) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con), comparando a fase do repouso (Rep) com a recuperação (Rec). Os dados estão expressos em média aritmética ± desvio padrão, apresentando uma diferença estatística extremamente significativa quando comparada a fase de repouso com a recuperação para ambos os grupos (*) $p = 0,0005$.**

5.13 Análise espectral da VFC durante a fase da recuperação

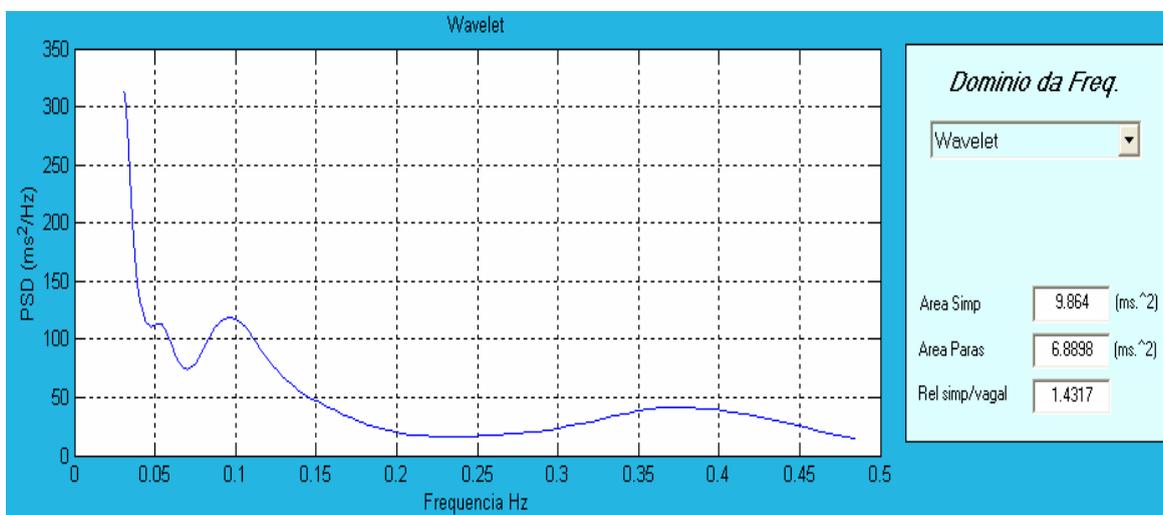
Os sinais no formato RR da fase do exercício dos atletas e dos indivíduos condicionados já foram apresentados nas **Figuras 10 (A) e (B)** respectivamente, onde foram registradas todas as fases do experimento; assim como os tacogramas podem ser revistos nas **Figuras 11 (A) e (B)** e por fim os escalogramas também nas **Figuras 12 (A) e (B)**.

As **Figuras 23: (A) e (B)** apresentam um espectrograma de um atleta e de um indivíduo condicionado respectivamente durante a fase da recuperação, onde foi inserido o

tempo (convertidos em unidades de segundos) de coleta desta fase, que se iniciou imediatamente após o exercício até o término da recuperação, o qual demonstra a distribuição da potência espectral ao longo de suas bandas de frequências.



(A)



(B)

Figura 23: Espectrograma representa a distribuição das potências espectrais (A) e (B) de um indivíduo condicionado durante a recuperação.

5.14 Análise da VFC durante a recuperação

Os dados das áreas simpática (LF), parassimpática (HF) e a razão (LF/HF) estão expressos em ms^2 , conforme podemos observar na **Tabela 11**, onde comparando-se os componentes durante a fase da recuperação obtivemos um aumento na LF para ambos os grupos, sendo, extremamente significativo para os atletas e muito significativo para os condicionados conforme apresenta a **Figura 24**. Comparando-se os a razão LF/HF entre os grupos não houve diferença estatística significativa conforme mostra a **Tabela 11**.

Tabela 10: Análise das áreas simpáticas (LF), parassimpática (HF) e a razão (LF/HF) dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase de recuperação.

Variáveis	Atletas	Condicionados
LF	21,5 ± 17,1 (ms^2)	11, ± 10,7 (ms^2)
HF	8,7 ± 11,9 (ms^2)	3,9 ± 3,5 (ms^2)
LF/HF	3,7 ± 1,8	4 ± 3,4

Os dados estão expressos em média aritmética ± desvio padrão (ms^2 = milissegundos ao quadrado). Quando comparada a LF/HF dos atletas versus os condicionados não houve diferença estatística significativa com $p = 0,707$.

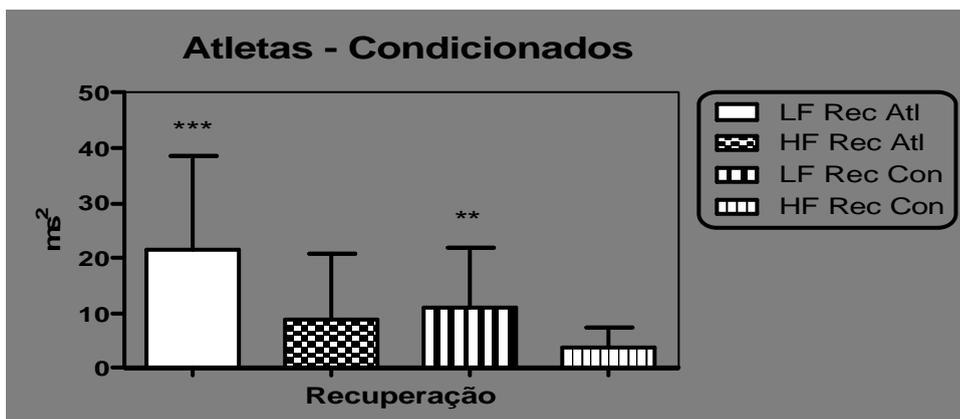


Figura 24: Análise espectral das áreas simpáticas (LF) e parassimpáticas (HF) dos atletas e dos indivíduos condicionados durante a fase da recuperação (Rec). Os dados estão expressos em média aritmética ± desvio padrão. Quando comparada a LF versus a HF dos atletas obtivemos uma diferença estatística extremamente significativa (*) $p = 0,0005$ e quando comparada a LF versus a HF dos condicionados apresentou uma diferença muito significativa (** $p = 0,005$).**

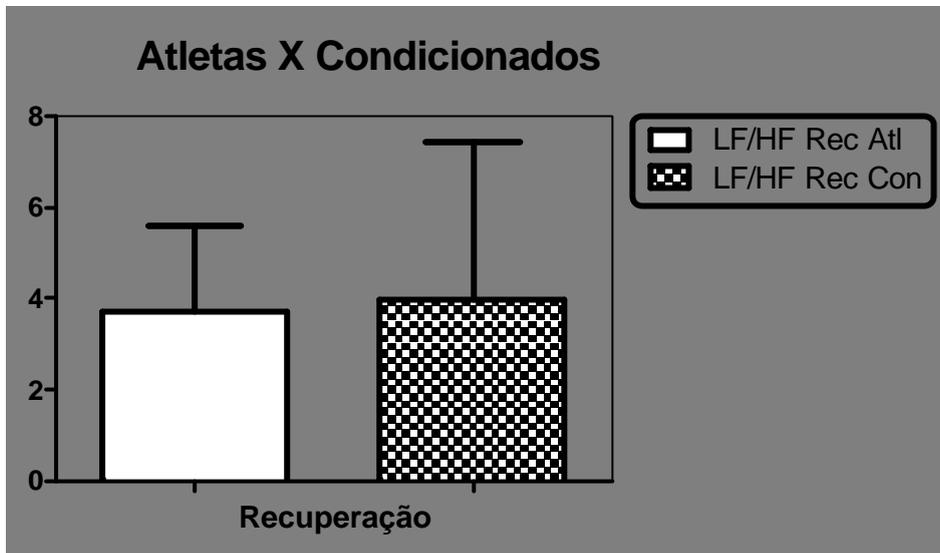


Figura 25: Análise da razão (LF/HF) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con) durante a fase de recuperação (Rec). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. Quando comparada a LF/HF entre os grupos não houve diferença estatística significativa com $p = 0,707$.

Analisando os componentes isoladamente em suas respectivas fases e as comparando-as, constatamos que a LF teve uma redução comparada com o repouso em ambos os grupos demonstrado na **Figura 26** pelo aumento extremamente significativo ($p = 0,0005$) deste componente.

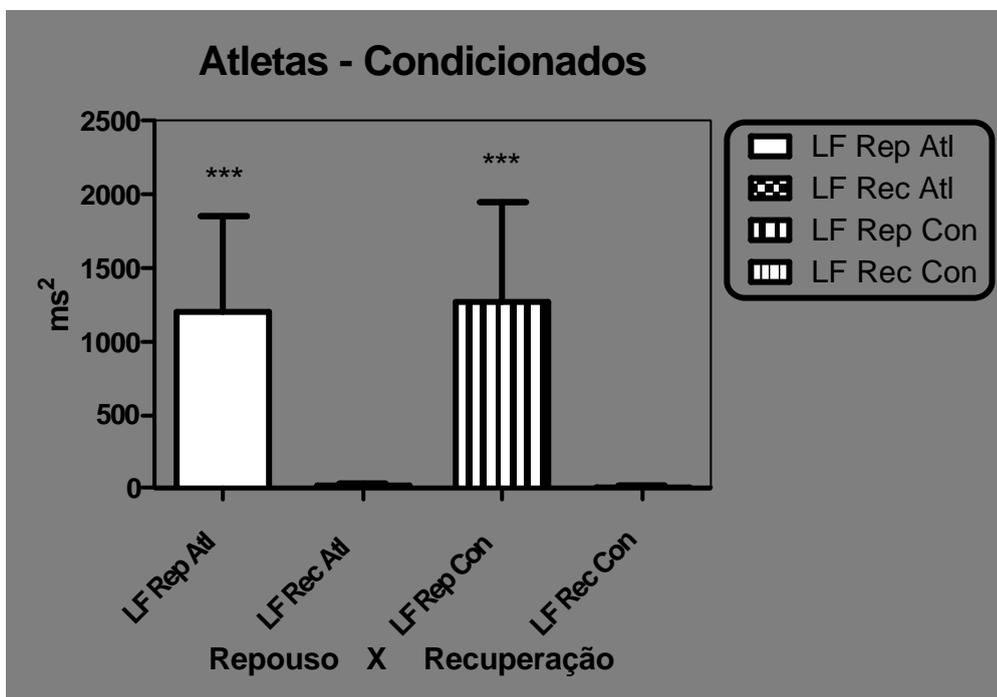


Figura 26: Análise espectral da área simpática (LF) dos atletas e dos indivíduos condicionados, comparando-se a fase de repouso versus a fase de recuperação. Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. Quando comparada a LF dos atletas e dos condicionados houve um aumento deste componente na fase do repouso extremamente significativo para ambos os grupos (***) $p = 0,0005$.

O componente HF teve o mesmo comportamento, apresentando um valor de repouso aumentado extremamente significativo em relação à recuperação, exibido na **Figura 27**.

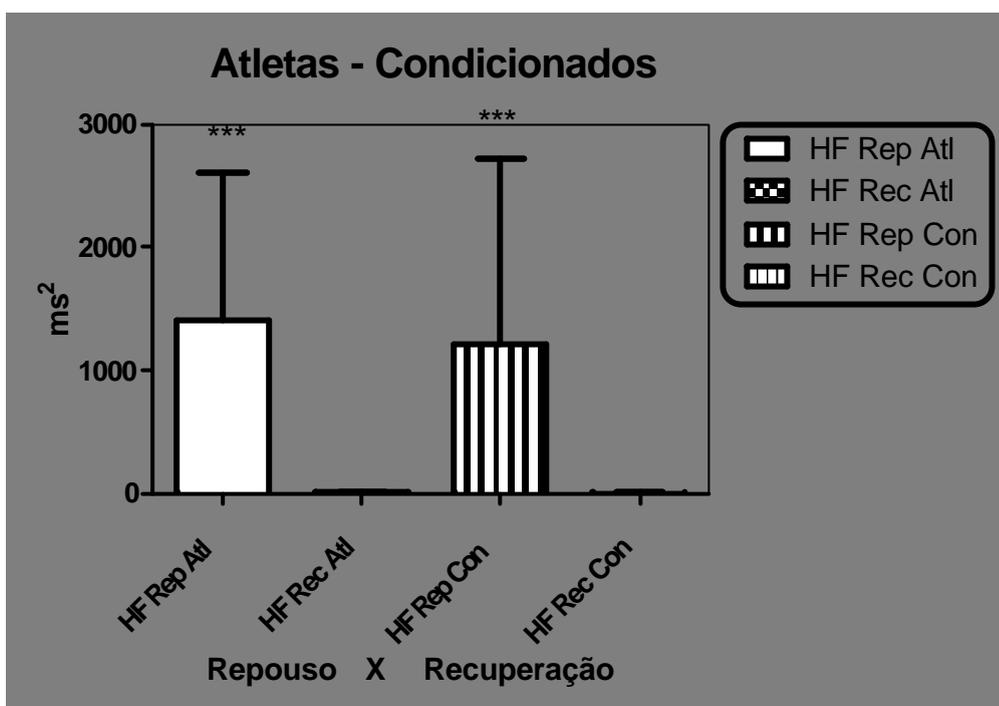


Figura 27: Análise da área parassimpática (HF) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con), comparando-se a fase de repouso (Rep) com a recuperação (Rec). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. Quando comparada a HF do repouso versus a recuperação obtivemos uma diferença estatística extremamente significativa deste componente para ambos os grupos (***) $p = 0,0005$.

Analisando a proporção simpatovagal da fase da recuperação dada pela LF/HF, comparada com os valores do repouso, encontramos um valor aumentado para a recuperação muito significativo para os atletas, ao passo que para os condicionados não houve diferença significativa, demonstrado na Figura 28.

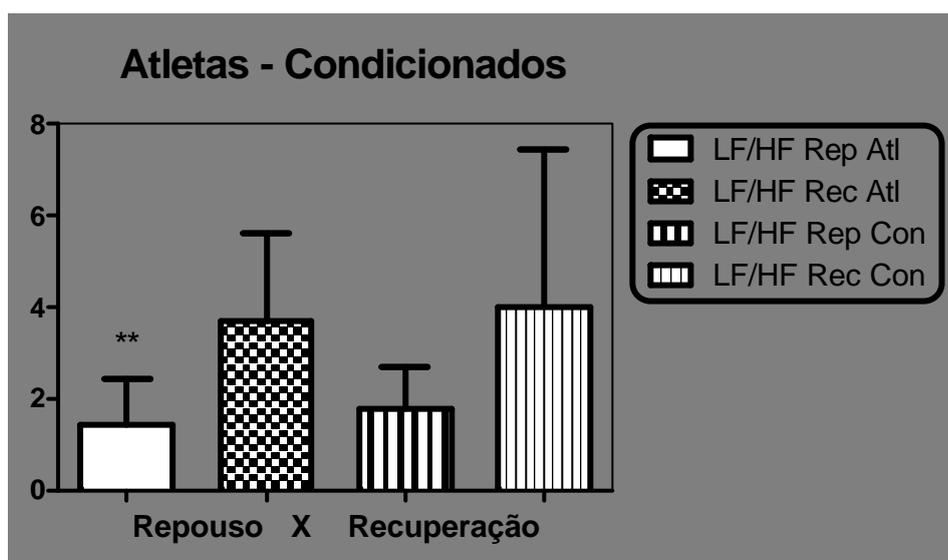


Figura 28: Análise da razão (LF/HF) dos atletas (Atl) e dos indivíduos condicionados (Con). Os dados estão expressos em média aritmética \pm desvio padrão. Quando comparado a razão LF/HF dos atletas da fase do repouso versus a recuperação obtivemos uma diferença estatística muito significativa (** $p < 0,005$) e quando comparada a LF/HF dos condicionados entre essas fases não apresentou diferença estatística significativa com $p = 0,06$.

5 DISCUSSÃO

O exercício físico, além de alterações metabólicas, provoca importantes alterações autonômicas que influenciam o funcionamento cardiovascular (GALLO JR et al., 1989; MITCHEL JH,1990; NEGRÃO et al.,1992). Em estudos realizados por Gallo Jr et al. (1989), foi observado que a taquicardia inicial no exercício depende, principalmente, de uma retirada vagal, enquanto o adicional de incremento na FC numa da carga absoluta depende de um incremento do sistema nervoso simpático.

A retirada vagal que controla o coração, no início do exercício, tem sido explicada pela irradiação cortical sobre a região bulbar (GALLO JR et al.,1989), enquanto a intensificação simpática no coração tem sido explicada pela ação de catecolaminas circulantes (ROWEL, 1986) e pela ação metabolorreflexa aferente iniciada na musculatura ativa (MITCHEL,1990; MIDDLEKAUFF et al., 1997). Todos esses mecanismos agem em sintonia para atender a demanda metabólica na musculatura esquelética ativa.

Na análise da FC e da VFC simultaneamente, demonstra existir uma relação inversa entre elas, isto é, a FC aumenta progressivamente até o pico do exercício diminuindo a VFC. Breuer et al. (1993) observaram, através da análise de componentes de baixa e alta frequência da análise espectral e da relação entre eles que, no início do exercício, o aumento da FC é vago-dependente, enquanto nas fases mais avançadas do exercício ele é simpático dependente.

Em nosso estudo, nas análises na fase do repouso pré-exercício, constatamos uma leve diferença na FC entre o grupo de atletas e dos condicionados, porém, sem apresentar uma diferença estatística significativa, embora fosse esperado que o grupo de condicionados tivesse uma FC menor no repouso devido ao treinamento aeróbio a que foi submetido, mas isso não ocorreu, talvez por conta do período de treinamento de 18 semanas ter sido curto, o suficiente para não causar adaptações intrínsecas no coração que pudessem levar a uma bradicardia maior em comparação aos atletas que realizaram treinamento predominantemente anaeróbico. Catai et al.(2002) também sugeriram que a bradicardia induzida pelo exercício pode ser consequência de uma adaptação intrínseca no nóculo sinusal.

A FC de repouso mais baixa pode ocorrer ainda em função de outros fatores decorrentes de um programa de treinamento físico (BONADUCE et al., 1998), entre eles a lei de Frank-Starling.

Geralmente, uma medida representativa da FC de repouso é obtida durante o período de sono ou logo após acordar (JEUKENDRUP et al., 1992), sendo que indivíduos saudáveis e não atletas, avaliados na posição supino, apresentam valores de FC de repouso numa faixa de 65 a 75 bpm (BROOKS, FAHEY, 1984; MELANSON, 2000). Outros estudos mostram que a FC de repouso e a FC submáxima são modificadas em resposta ao treinamento físico (KARVONEN et al., 1957; NAKAMURA et al., 2005; TULPPO et al., 2003), sendo que a redução pode ser creditada tanto às adaptações na regulação intrínseca de despolarização do miocárdio, quanto às adaptações na modulação autonômica cardíaca (YAMAMOTO et al., 2001). Sobre esse aspecto Yamamoto et al. (2001), durante um programa de treinamento aeróbio, verificaram, inicialmente, uma concomitante redução da FC de repouso e aumento dos índices de modulação parassimpática.

A pressão arterial se manteve em valores normais para a condição de repouso que antecede o exercício para ambos os grupos. Já o lactato sanguíneo apresentou um ligeiro aumento para os atletas na condição de repouso, porém, sem apresentar uma diferença estatística significativa quando comparado entre os grupos de atletas versus os condicionados. Apesar de ambos os grupos terem ficado sem executar nenhuma atividade física num intervalo de 24 horas antes da coleta dos dados, talvez essa diferença possa ser explicada por uma recuperação parcial por parte dos atletas em relação ao tipo de treinamento realizado anteriormente, ou seja, anaeróbico para os atletas e aeróbico para os condicionados.

A análise espectral foi empregada utilizando a Transformada de Wavelet Contínua para descrever o balanço simpátovagal durante o repouso, o exercício e a recuperação. Assumiu-se que o componente de alta frequência (HF) situada numa faixa de (0,15 – 0,40 Hz) descreve a influência parassimpática (EARNEST et al., 2004; TASK FORCE, 1996) e a razão LF/HF as alterações da contribuição simpática sobre o nódulo sinusal (ACHTEN, JEUKENDRUP, 2003; AUBERT et al., 2003; TASK FORCE, 1996) sendo a LF correspondente ao componente de baixa frequência (0,04 – 0,15 Hz). Malliani et al. (1991) considera que o componente LF

normalmente tem um centro de frequência de aproximadamente 0,1 Hz, entretanto o componente HF sincronizado com a respiração ocorre aproximadamente entre 0,25 Hz. A potência do componente LF é maior do que a HF na variabilidade dos intervalos RR quando a razão LF/HF normalmente é maior que 1 (LOMBARDI et al., 1987; PAGANI et al., 1988).

Em nosso estudo analisando o comportamento da modulação simpática representada pelo componente da LF durante a fase do repouso, pudemos observar que não houve uma diferença significativa em nossos resultados quando comparamos o grupo de atletas com os condicionados; notamos que os condicionados tiveram um valor pouco acima comparado com os atletas, em contrapartida observamos um valor maior de HF para os atletas e que também superou a LF deste grupo, porém, sem apresentar uma diferença estatística significativa na comparação destes dois componentes, demonstrando uma tendência parassimpática analisando os componentes isoladamente entre si. Já os condicionados apresentaram uma LF maior que a HF isoladamente, mas na comparação dos dois componentes não encontramos diferença estatística significativa, demonstrando assim uma tendência simpática. Entretanto, verificando a razão LF/HF dos atletas e dos condicionados, encontramos uma predominância da atividade simpática para ambos os grupos com uma intensidade maior para os condicionados.

O instrumento utilizado neste estudo (PPM), para avaliar o comportamento do SNA e a VFC durante e após o exercício, também exerce uma influência antecipada na FC de repouso, pois a transposição da pista de obstáculos contra o cronômetro se torna uma tarefa desafiadora, onde além do desempenho físico, uma boa concentração mental é exigida para a aplicação da técnica de abordagem aos obstáculos e cuidados para se evitar acidentes, portanto desencadeando um estresse emocional ativando o mecanismo de defesa arousal resumindo processos digestivos como resultado da ativação de receptores alfa e beta₂ por toda parte do trato gastrointestinal. Isto conduz para uma leve à moderada contração dos esfíncteres e pode contribuir para um desconforto intestinal aumentando a tensão emocional.

Outro aspecto do mecanismo de defesa arousal é que aumentada a atividade das fibras nervosas na medula adrenal aumenta a secreção de epinefrina na corrente sanguínea. Este aumento de epinefrina reforça a dilatação das arteríolas do músculo que se encherão de sangue preparando a musculatura para a ação. Essas circunstâncias de ajustes fisiológicos são

provavelmente responsáveis por um aumento significativo nas sensações subjetivas de tensão muscular (DELANEY; BRODIE, 2000).

Acreditamos que as influências do mecanismo de defesa arousal também possam ter contribuído para um aumento da frequência cardíaca antecipada ao exercício e uma ligeira redução da VFC em nosso estudo na fase do repouso.

Durante o exercício, nos primeiros segundos a FC é aumentada por inibição da atividade vagal, que não só aumenta a contratilidade dos átrios, mas também eleva a velocidade de condução da onda de despolarização dos ventrículos a partir do nódulo átrio-ventricular (CLAUSEN, 1977), independentemente do nível de intensidade do esforço (BAUM et al.,1992; ARAUJO, 1985) e do nível de condicionamento aeróbico de indivíduos saudáveis (ARAUJO et al.,1989; BORST, 1982). Entretanto, um indivíduo que não consiga elevar sua FC significativamente nessa fase inicial do exercício pode estar sinalizando deficiência da atividade vagal (NÓBREGA et al.,1990). Passada essa fase inicial, com o prosseguimento do exercício, a FC aumenta novamente pela exacerbação da estimulação adrenérgica no nódulo sinusal ou pelo aumento da concentração sanguínea de noradrenalina, distensão mecânica do átrio e, por conseguinte, do nódulo sinusal em função de maior retorno venoso, além do aumento da temperatura corporal e da acidez sanguínea (ARAUJO, 1986).

Durante o exercício o grupo de atletas desenvolveu uma FC média que representou 90.5 % da FC máxima estimada pela equação de Karvonen, enquanto o grupo de condicionados obteve 92.5 % da FCmax, que apesar de ser maior comparada com os atletas, não apresentou uma diferença estatística significativa.

Nakamura et al. (2005) em seus estudos com adultos jovens, encontraram uma redução da FC no exercício e relata que as respostas da FC ao treinamento aeróbico de apenas três semanas de duração podem ser explicadas por adaptações autonômicas, aliadas a modificações hemodinâmicas. Trabalhos têm mostrado que a menor taquicardia durante o exercício com esforço progressivo resulta da modificação no balanço autonômico cardíaco pós-treinamento, associada a uma menor retirada vagal e menor intensificação da atividade simpática (BRUM et al.,2004; MEDEIROS et al., 2004).

Fazendo-se a análise espectral da fase do exercício, obtivemos valores do componente LF comparado com HF, para o grupo de atletas e para os condicionados com uma diferença estatística muito significativa (** $p < 0,005$) para os atletas e significativa (* $p < 0,05$) para os condicionados.

Controverso é a interpretação do componente LF, o qual é considerado por alguns, ser o marcador da modulação simpática e por outros parâmetros que incluem as influências: simpática, vagal e barorreflexa (TASK FORCE, 1996; GRASSO et al., 1997; ECKBERG, 1997). Eckberg (1997) em um estudo de meta-análise da VFC, que a contribuição vagal nas flutuações dos intervalos RR pela LF é grande, e que não existe evidências convincentes que fundamentam que a potência espectral da LF nos intervalos RR esta relacionada quantitativamente ao ramo do nervo cardíaco simpático. Chiu et al. (2003) e Goldberg (1999) também sugeriram não haver evidências suficientes de que a LF represente a resposta simpática, principalmente de dados não lineares como ocorre durante o exercício físico.

Nós observamos uma significativa mudança na LF durante o exercício no grupo de atletas em relação aos condicionados.

Observando o resultado da HF em nosso estudo, o grupo de atletas apresentou um valor superior ao dos condicionados, onde estatisticamente não houve uma diferença significativa quando comparado este componente entre os grupos.

Warren et al., (1997) relataram que durante o exercício, o componente HF da VFC foi descoberto como um índice válido para a atividade do nervo cardíaco parassimpático, porque esta foi diminuída em resposta ao aumento da intensidade do exercício e atenuada pela inibição dos receptores colinérgicos.

Em nosso estudo comparando a LF com a HF do grupo de atletas na fase do exercício, encontramos uma diferença estatística muito significativa refletindo uma ativação do ramo simpático considerável. Já o grupo dos condicionados obteve uma diferença estatística significativa quando comparado estes dois componentes isoladamente na fase do exercício, demonstrando uma atuação simpática importante, o que poderia refletir em uma baixa aptidão física específica para o exercício avaliado.

Yamamoto et al., (1992) encontraram um aumento da LF com o aumento da intensidade do exercício em 6 voluntários masculinos saudáveis, avaliados em cicloergômetro mediante protocolo de carga em rampa até a exaustão.

Analisando a razão LF/HF durante o exercício, cujo equilíbrio simpátovagal é sugerido pela literatura com valor de “1” (TASK FORCE, 1996), em nosso estudo obteve para o grupo de atletas um valor aumentado quatro vezes e para os condicionados este valor aumentou três vezes, onde não encontramos diferença estatística quando comparada esta razão entre os dois grupos.

Warren et al. (1997) concluíram que a VFC é uma técnica não invasiva válida para avaliar a atividade parassimpática durante o exercício, mas sua validade como avaliadora da atividade simpática durante o exercício é equivocada, em estudo através da análise espectral para confirmar a retirada do controle parassimpático durante o exercício com cargas progressivas (25%, 50%, e 75% do VO₂ max), a densidade de potência espectral da banda HF decaiu significativamente com as cargas do exercício. Entretanto, a potência da LF também decaiu com a carga do exercício, sugerindo que a LF e a razão não são bons indicadores da modulação cardiovascular durante o exercício.

O lactato sanguíneo foi coletado e analisado imediatamente após o término do exercício e constatamos que os valores para os atletas comparados com os condicionados, e que apesar do valor para os condicionados ser maior, não houve uma diferença estatística entre os dois grupos.

Hautala et al. (2001) e Kiviniemi et al. (2006) sugeriram que maiores intensidades de esforço acarretariam respostas hemodinâmicas diferenciadas, possivelmente em virtude das concentrações séricas de lactato e de catecolaminas plasmáticas pós-exercício. Porém, existe consenso na literatura de que o aumento na produção de lactato durante o exercício ocorre devido à desproporção entre a velocidade da glicólise e a taxa de oxidação mitocondrial (RIBEIRO, 1995). Levando em consideração que as catecolaminas estimulam a glicólise e a glicogenólise, Richter et al. (1982) sugeriram que o aumento da atividade simpática foi um mecanismo primário gerador da aceleração da glicólise, aumentando assim o lactato sanguíneo durante um teste de esforço incremental.

Comparando os valores do lactato sanguíneo da fase de repouso dos atletas e dos condicionados versus os valores do pós-exercício, obtivemos um aumento no pós-exercício com uma diferença estatística extremamente significativa que poderia ser sustentado pela hipótese acima.

A aceleração cardíaca causada pelo exercício resulta da liberação da inibição parassimpática nos exercícios de baixa intensidade e da atuação de ambos, inibição parassimpática e ativação simpática nos exercícios de média e alta intensidade. A contribuição autonômica na desaceleração cardíaca não é bem definida.

Mediante os nossos achados na fase do exercício, ou seja, uma LF aumentada para os condicionados e muito mais ainda para os atletas, uma HF reduzida para ambos e uma razão bastante aumentada para ambos os grupos, concluímos que houve uma redução da VFC nos dois grupos nesta fase.

A recuperação passiva para exercícios dinâmicos é associada primeiramente com a cessação dos estímulos do exercício vindos do comando central do córtex cerebral, o qual é responsável pela rápida queda inicial da FC (CARTER et al., 1999). Mudanças mais nos estímulos metaborreceptores e barorreceptores acompanhados de eliminação de metabólitos e redução prolongada de catecolaminas e da temperatura corporal, são imaginados como outros fatores que contribuem para a recuperação da FC após a atividade física (CARTER et al., 1999; NISHIME et al. 2000; SAVIN et al., 1982). A diminuição da concentração de noradrenalina no pós- exercício é acompanhado da redução da FC, porém, há indícios que logo no início da recuperação a modulação vagal é prioritariamente responsável pela queda da FC (ARAUJO, 1989; PERINI et al., 1989).

Apesar de muitos estudos, ainda são divergentes quanto ao tempo necessário na fase de recuperação do exercício para a restauração total das funções autonômicas cardíacas aos níveis de repouso. O tempo despendido para o retorno da FC aos níveis de repouso depende da interação entre as funções autonômicas, do nível de condicionamento físico e também da intensidade do exercício. O mecanismo responsável por discrepâncias quanto ao tempo de recuperação da FC pós-exercício (leve, moderado ou intenso) não está bem esclarecido, mas considerando-se como os mais prováveis: a atividade vagal diminuída (MELANSON, 2000;

PERINI et al.,1989), atividade simpática exacerbada (FURLAN et al.,1993) ou, aumento da atividade de ambos os ramos do SNA, retomando o equilíbrio simpátovagal com uma leve predominância vagal (OIDA et al.,1997).

Nosso estudo apontou um resultado de FC na fase da recuperação para os atletas e para os condicionados mais reduzido em relação ao exercício e muito mais aumentado em relação à fase do repouso, entretanto, não havendo diferença estatística significativa quando comparado os grupos na fase da recuperação. Entretanto comparando-se a recuperação com o repouso, obtivemos uma diferença estatística extremamente significativa entre as duas fases em ambos os grupos.

Almeida e Araújo (2003) mencionaram que apesar dessa fase do exercício ter sido investigada intensamente naqueles últimos anos, os resultados ainda divergiam quanto ao tempo necessário para a total restauração aos níveis de repouso do SNA pós-exercício.

O declínio exponencial da FC pós-exercício é uma propriedade intrínseca da circulação independente intacta do controle autonômico (SAVIN et al.,1982). A FC decai rapidamente durante o 1º - 2º minuto após cessar o exercício e gradualmente posteriormente. Durante a recuperação de exercícios moderados e/ou intensos a FC permanece elevada acima dos níveis do pré- exercício por um período longo relativo, acima de 60 minutos (CARTER et al.,1999; TAKAHASHI et al. I, 2000; TAKAHASHI et al. II, 2000). A recuperação da FC pode levar de uma hora após exercício leve ou moderado (TERZIOTTI et al., 2001), quatro horas após exercício aeróbio de longa duração (HAUTALA et al., 2001), a até 24 horas após um exercício intenso ou máximo (FURLAN et al.,1993). Em nosso estudo onde a FC de recuperação foi registrada por um período de 10 minutos, obtivemos valores bem distantes aos encontrados na fase de repouso em ambos os grupos.

Com a interrupção do exercício, redução do comando central, ativação barorreflexa e outros mecanismos contribuem para o aumento na atividade parassimpática, causando um declínio na FC apesar da ativação simpática mantida (O' LEARY, 1993). Posteriormente, a retirada simpática após o exercício também foi observada (FORJAZ et al.,1998).

Mediante análise espectral da fase de recuperação, obtivemos para o componente LF um valor para os atletas que chegou a ser quase que o dobro dos condicionados, porém, sem apresentar diferença estatística significativa quando comparado entre os grupos, talvez por conta de um alto desvio padrão apresentado. Causou-nos surpresa observarmos a FC dos atletas que foi um pouco menor do que a dos condicionados apresentar uma LF bem mais aumentada em relação aos condicionados.

Javorka et al. (2002) sugeriram que durante a recuperação, a LF é predominantemente influenciada por mudanças diretamente da atividade parassimpática através da atividade cardíaca vagal causando flutuações na banda da LF e/ou indiretamente através de mudanças da sensibilidade barorreflexa.

Valores pressóricos foram obtidos imediatamente após o encerramento do exercício onde não apresentaram diferença estatística significativa quando comparado os atletas versus os condicionados. A pressão arterial ligeiramente aumentada nos atletas poderia justificar o aumento da LF dada pela menor sensibilidade barorreflexa.

A relação entre a HF e a modulação autonômica da VFC na fase de recuperação não é muito simples, entretanto, está bem estabelecido que a HF seja modulada essencialmente pelas flutuações do ramo parassimpático do SNA (AKSELROD et al., 1981; MARTINMÄKI et al., 2006).

Analisando o componente HF, onde obtivemos os valores para os atletas e para os condicionados, onde percebemos um aumento deste componente para os atletas, porém, sem apresentar uma diferença estatística significativa quando comparado entre os grupos na fase da recuperação.

Castie et al. (2006) estudou a VFC imediatamente após um exercício progressivo de 30 minutos (acima de 90% do $VO_2\text{max}$) e encontrou uma tendência de aumento da HF durante os primeiros 10 minutos de recuperação, embora não houvesse diferenças significativas quando comparado ao nível do exercício. Martinmäk e Rusko (2007) também encontraram um aumento na VFC durante os primeiros 10 minutos de recuperação após exercício de alta intensidade (61% do $VO_2\text{max}$) e baixa intensidade (29% do $VO_2\text{max}$). Entretanto, Kaikkonen

et al. (2007) investigaram a VFC imediatamente após exercícios de altas intensidades (80, 85, e 93% do $VO_2\text{max}$), mas não encontrou recuperação da HF em 5 minutos de análise na fase de recuperação.

No entanto, comparando a HF dos atletas na fase do repouso com a recuperação, encontramos uma diminuição desse componente estatisticamente extremamente significativa, e mesma comparação para os condicionados, uma diminuição estatística significativa.

Hautala et al. (2001) sugeriram que o esforço físico reduz a eficiência do miocárdio, aumentando a atividade simpática pós-exercício no intuito de manter o débito cardíaco e o fluxo sanguíneo normalizado, isso talvez explicaria os valores de HF inferiores aos valores de repouso, mesmo 10 minutos após a interrupção do esforço.

Javorka et al. (2002) observaram um aumento de todos os índices da VFC durante 30 minutos de recuperação na posição supina após exercício progressivo. Os índices da VFC aumentaram mais rapidamente durante a primeira metade da recuperação e mais lentamente posteriormente. Entretanto, pelo menos 30 minutos depois, todos os parâmetros da VFC permaneceram reduzidos comparados com o repouso em concordância com Takahashi et al. (2000), que também relatou uma HF reduzida após 10 minutos de recuperação na posição supina.

Analisando a razão LF/HF na fase de recuperação, notamos não haver diferença estatística significativa quando comparado os atletas versus os condicionados. Por outro lado, comparando este parâmetro da fase do repouso versus o da recuperação, encontramos um aumento da LF/HF na recuperação para os atletas com uma diferença muito significativa e para os condicionados também aumentada, porém, com uma diferença estatística significativa.

A razão LF/HF foi criada como uma medida do equilíbrio simpátovagal (TASK FORCE, 1996), valores acima de 1 nos indicam uma tendência de atuação simpática como apresentam os nossos resultados, porém insuficiente para indicarmos um menor tônus parassimpático com apenas 10 minutos de análise nesta fase.

Mediante os resultados da fase de recuperação, com um aumento da LF e da razão LF/HF, podemos constatar uma diminuição da VFC nesta fase para ambos os grupos.

7 CONCLUSÃO

Os grupos de atletas e de indivíduos condicionados apresentaram um aumento no componente da LF, redução na HF e maior proporção de LF na razão LF/HF nas fases do repouso, exercício e recuperação, portanto, refletindo em uma maior ativação simpática, o que podemos inferir em uma menor proteção vagal e um declínio da VFC sob a influência do exercício, aumentando o risco de ocorrências cardiovasculares.

As diferenças nos métodos de treinamento não exerceram grandes influências na modulação do SNA perante as respostas ao exercício da PPM.

A VFC através da transformada de Wavelet além de ser uma ferramenta não invasiva e acessível, mostrou ser útil para a avaliação das respostas autonômicas mediante o exercício na pista de obstáculos do Pentatlo Militar.

REFERÊNCIAS

ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. Heart rate monitoring: applications and limitations. **Sports med.**, v. 30, n. 7, p. 517-38, 2003.

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

ALMEIDA, M. B.; ARAÚJO, C. G. S. - Artigo de revisão: Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. **Rev Bras Med Esporte**, v. 9, p.104-112, 2003.

ALONSO, D. O.; FORJAZ, C. L. M.; REZENDE, L. O.; BRAGA, A. M. F. W.; BARRETO, A. C. P.; NEGRÃO, C. E.; RONDON, M. U. P. B. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante fases do exercício progressivo máximo. **Arq. bras. cardiol**, v. 71, p. 787-792, 1998.

ARAÚJO, C. G. S. Fast "on" and "off" heart rate transients at different bicycle exercise levels. **Int. j. sports med.**, v. 6, p. 68-73, 1985.

ARAÚJO, C. G. S. - Fisiologia do exercício. In: ARAÚJO W. B. (ed.). **Ergometria e cardiologia desportiva**. Rio de Janeiro: Medsi, 1986. p. 1-57.

ARAÚJO, C. G. S.; NÓBREGA, A. C. L.; CASTRO, C. L. B. Vagal activity: effect of age, sex and physical pattern. **Braz. j. med. biol. res.**, v. 22, p. 909-911, 1989.

ARAY, Y.; SAUL, J.P.; ALBRECHT P. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. **Am. j. physiol.**, v. 256, p. 132-141, 1989.

ASTRAND, P. O.; RODAHL, K. **Tratado de fisiologia do exercício**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987, p. 87 - 92.

AUBERT, A. E.; SEPS, B.; BECKERS, F. Heart rate Variability in athletes. **Sports med**, v.33, n.12, p. 889-919, 2003.

BAUM, K.; EBFELD, D.; LEYK, D.; STEGEMANN, J. Blood pressure and heart rate during rest-exercise and exercise-rest transitions. **Eur. J. appl. physiol**, v. 64, p. 134-138, 1992.

BERNARDI, L.; PASSINO, C.; ROBERGS, R. Acute and persistent effects of a 46-kilometer wilderness trail run at altitude; cardiovascular autonomic modulation and baroreflexes. **Cardiovascular res.**, v.34, n. 2, p. 273-280, 1997.

BIGGER, J. T.; FLEISS, J. L.; STAINMAN, R. C.; ROLNITZKY, L. M.; KLEIGER, R. E.; ROTTMAN, J. N. Frequency domain measures of heart period variability and mortality after myocardial infarction. **Circulation**, v. 85, p. 164-71, 1992.

BONADUCE, D.; PETRETTA, M.; CAVALLARO, V.; APICELLA, C.; IANNICIELLO, A.; ROMANO, M. Intensive training and cardiac autonomic control in high level athletes. **Med. sci. sports exerc.**, v. 30, p. 691-696, 1998.

BORST, C.; WIELING, W.; VAN BREDERODE, J. F. M.; HOND, A.; DE RIJK, L. G.; DUNNING, A. J. Mechanism of initial heart rate response to postural change. **Am. j. physiol.**, v. 243, p. 676-681, 1982.

BREUER, H. W. M.; SKYSCHALLY, A.; SCHULZ, R.; MARTIN, C.; WEHR, M.; HEUSCH, G. Heart rate variability and circulating catecholamine concentrations during steady state exercise in healthy volunteers. **Br. heart j.**, v. 70: p. 144-149, 1993.

BROOKS, G. A.; FAHEY, T. D. **Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its Applications**. New York: John Wiley and Sons 1984, p. 108-114.

BROOKS, G. A.; FAHEY, T. D.; WHITE, T. P. **Exercise physiology: human bioenergetics and applications**. 2nd ed. Mountain View (CA): Mayfield Publishing, 1995, p. 211-217.

BRUM, P. C.; FORJAZ, C. L. M.; TINUCCI, T.; NEGRÃO, C. E. - Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Rev. paul. educ. fís.**, São Paulo, v. 18, n. especial, p. 21-31, 2004.

CARTER, R.; WATENPAUGH, D. E.; WASMUND, W. L.; WASMUND, S. L.; SMITH, M. L. Muscle pump and central command during recovery from exercise in humans. **J. appl. physiol.** v.87: p. 1463-1469, 1999.

CASTIES, J. F.; MOTTET, D.; LE GALLAIS, D. Non-linear analysis of heart rate variability during heavy exercise and recovery in cyclists. **Int. j. sports. med.**, v. 27: p. 780-785, 2006.

CATALI, A. M.; CHACON-MIKAHIL, M. P.; MARTINELLI, F. S.; FORTI, V. A. M.; SILVA, E; GOLFETTI, R. Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-age healthy men. **Braz. j. med. biol. res.**, v. 35: p. 741-752, 2002.

CHIU, H. W.; WANG, T. H.; HUANG, L. C.; TSO, H. W.; KAO, T. The influence of mean heart rate on measures of heart rate variability as markers of autonomic function: a model study. **Med. eng. phys.**, Oxford, v. 25, p. 475-481, 2003.

CLAUSEN, J. P. Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man. **Physiol. rev.**, v. 57, n.4, p. 779-815, 1977.

COLLET, C.; ROURE, R.; DELHOMME G. Autonomic nervous system responses as performance indicators among volleyball players. **Eur. j. appl. physiol. occup. physiol.**, v. 80, p. 41-51, 1999.

DELANEY, J. P. A.; BRODIE, D. A. - Effects of short-term psychological stress on the time and frequency domains of heart rate variability. **Percept. mot. skills**, v. 91, p. 515-524, 2000.

EARNEST, C.P.; JURCA, R.; CHURCH, T.S.; CHICHARRO, J. L.; HOYOS, J.; LUCIA, A. Relation between physical exertion and heart rate variability characteristics in professional cyclists during Tour of Spain. **Br. j. sports med.**, London, v. 38, p. 568-575, 2004.

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

FAGARD, R. H. Impact of different sports and training on cardiac structure and function. **Cardiol. clin.**, v. 10, n. 2, p. 241-256, 1992.

FAGARD, R. H.; AUBERT, A. E; LYSSENS R. Noninvasive assessment of seasonal variations in cardiac structure and function in cyclists. **Circulation**, v. 67, n. 4, p. 896-901, 1983.

FAGARD, R. H.; AUBERT, A. E.; STAESSEN, J. Cardiac structure and function in cyclists and runners: comparative echocardiographic study. **Br. heart j.**, v. 52, n.2, p. 124-129, 1984.

FORJAZ, C. L. M.; MATSUDAIRA, Y.; RODRIGUES, F. B.; NUNES, N.; NEGRÃO, C. E. - Post-exercise changes in blood pressure, heart rate and rate pressure product at different exercise intensities in normotensive humans. **Braz. j. med. biol. res.**, v. 31, p. 1247-1255, 1998.

FURLAN, R.; PIAZZA, S.; DELL'ORTO, S.; GENTILE, E.; CERUTTI, S.; PAGANI, M.; MALIANI, A. Early and late effects of exercise and athletic training on neural mechanisms controlling heart rate. **Cardiovasc. Res.**, v. 27, p. 482-488, 1993.

GALLO JR, L.; MACIEL, B. C.; MARIN NETO, J. A.; MARTINS, L. E. B. Sympathetic and parasympathetic changes in heart rate control during dynamic exercise induced by endurance training in man. **Braz. j. med. biol. res.**, v. 22, p. 631-43, 1989.

GOLDBERG, J. J. Sympathovagal balance: how should we measure it? **Am. j. physiol, Heart circ. physiol.**, v. 276, p. 1273-1280, 1999.

GRASSO, R.; SCHENA, F.; GULLI, G.; CEVESE, A. Does low-frequency variability of heart period reflect a specific parasympathetic mechanism? **J. auton. nerv. syst.**, v. 63: p. 30-38, 1997.

HAINSWORTH, R. Physiology of the cardiac autonomic system In: MALIK, M. (ed.). **Clinical guide to cardiac autonomic tests**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998, p. 182-191.

HAUTALA, A.; TULPPO, M. P.; MÄKIKALLIO, T. H.; LAUKKANEN, R.; NISSILÄ, S.; HUIKURI, H. V. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. **Clin. Physiol.**, Oxford, v. 21, n. 2, p. 238-45, 2001.

HUSTON, T. P.; PUFFER, J. C.; RODNEY, W. M. The athletic heart syndrome. **N. engl. j. med.**, v.313, p. 24-32, 1985.

IELLAMO, F. Neural control of the cardiovascular system during exercise. **Ital. heart j.**, v. 2, n. 3, p. 200-212, 2001.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Practical assessment of body composition. **Phys. sportsmed.**, v. 13, n.5, p. 76-90, 1985.

JAMMES, Y.; CAQUELARD, F.; BADIÉ, M. Correlation between surface eletromyogram, oxygen uptake and blood lactate concentration during dynamic leg exercises. **Resp. physiol.**, v. 112, p. 167-174, 1998.

JAVORKA, M.; ZILA, I.; BALHAREK, T.; JAVORKA, K. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. **B Braz. j. med. biol. res.**, v. 35, p. 991-1000, 2002.

JEUKENDRUP, a.; HESSELINK, M. K. C.; SNYDER, A. C.; KUIPERS, H.; KEISER, H. A. - Physiological changes in male competitive cyclists after two weeks of intensified training. **Int. j. sports med.**, v. 13, p. 534-541, 1992.

KAIKKONEN, P.; RUSKO, H; MARTINMÄKI, K. Post-exercise heart rate variability of endurance athletes after different high-intensity exercises. **Scand. j. med. sci. sports.**, v. 290, p. 2582-2589, 2007.

KARVONEN, M. J.; KENTALA, E.; MUSTALA, O. The effects of training on heart rate: a longitudinal study. **Ann. med exp. biol. Fenn.**, v. 35, n. 3, p. 307-315, 1957.

KIVINIEMI, A. M.; HAUTALA, A. J.; MÄKIKALIO, T. M.; SEPPÄNEN, T.; HUIKURI, H. V.; TULPPO, M. P. Cardiac vagal outflow after aerobic training by analysis of high frequency oscillation of the R-R interval. **Eur. j. appl. physiol.**, Berlin, v.96, p. 686-692, 2006.

KLEIGER, R. E. et al. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. **Am. j. cardiol.**, v. 59, p.256-262, 1987.

LEVY, M. N.; MARTIN, P. J. Neural control of the heart. In: BERNE, R. M. (Ed.). **Handbook of physiology**. Bethesda (MD): American Physiological Society, p. 581-620, 1979.

LIMA, J. R. P.; KISS, M. A. P. Limiar da variabilidade da frequência cardíaca. **Rev. Bras. Ativ. fis. saúde**; v. 9, p. 29-38, 1999.

LOMBARDI, F.; SANDRONE, G.; PERNPRUNER, S.; SALA, R.; GARIMOLDI, M.; CERUTTI, S.; BASELLI, G.; PAGANI, M.; MALLIANI, A. Heart rate variability as no index of sympathovagal interaction after acute myocardial infarction. **Am. j. cardiol.**, v. 60, p. 1239-1245, 1987.

LONGO, A.; FERREIRA, D.; CORREIA, J. C. Variabilidade da frequência cardíaca. **Rev. Port. Cardiol.**, v.14, p. 241-262, 1995.

MAC ARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício, energia, nutrição e desempenho humano**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998, p. 95-98.

MACIEL, B. C. Autonomic control of heart rate during dynamic exercise in normal man. **Clin. sci. (Lond.)**, v. 71, p. 457-460, 1986.

MAHON, A. D.; CHEATHAN, C. C. Ventilatory threshold in children: a review. **Pediatr. exerc. sci.**, v.8, p. 251-258, 1996.

MARTINMÄKI, K; RUSKO, H. Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. **Eur. j. appl. physiol.**, v. 92, p. 508-517, 2007.

MARTINMÄKI, K; RUSKO, H.; KOOISTRA, L.; KETTUNEN, J.; SAALASTI, S. - Intra-individual validation of heart rate variability indexes to measure vagal effects on hearts. **Am. j. physiol.**, v. 290, p. 640-647, 2006.

MAZZEO, R. S.; MARSHALL, P. - Influence of plasma catecholamine on the lactate threshold during graded exercise. **J. appl. physiol.**, v. 67, p. 1319-1322, 1989.

MEDEIROS, A.; OLIVEIRA, E. M.; GIANOLLA, R.; CASARINA, D. E.; NEGRÃO, C. E.; BRUM, P. C. - Swimming training increases cardiac vagal activity and induces cardiac hypertrophy in rats. **Braz. j. med. biol. res.**, São Paulo, v.37, n. 12, p. 1909-1917, 2004.

MELANSON, E. L. Resting heart rate variability in men varying in habitual physical activity. **Med. sci. sports exerc.**, v. 32, n 11, p. 1894-1901, 2000.

MIDDLEKAUFF, H. R.; NGUYEN, A. H.; NEGRÃO, C.E. Impact of acute mental stress on sympathetic nerve activity and regional blood flow in advanced heart failure: implications for "triggering" adverse cardiac events. **Circulation**, v. 96, p. 1835-1842, 1997.

MITCHEL, J. H. Neural control of the circulation during exercise. **Med. sci. sports exerc.**, v. 22, p. 141-154, 1990.

NAKAMURA, F. Y.; AGUIAR, C. A.; FRONCHETTI, L.; AGUIAR, A. F.; LIMA, J. R. P. Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbio de curto prazo. **Motriz**, Rio Claro, v. 11, n.1, p. 01-09, 2005.

NAKAMURA, Y.; YAMAMOTO, Y.; MURAOKA, I. Autonomic control of heart rate during physical exercise and fractal dimension of heart rate variability. **J. appl. physiol.**, v. 74, p. 875-881, 1993.

NEGRÃO, C. E.; MOREIRA, E. D.; BRUM, P. C.; DENADAI, M. L.; KRIEGER, E. M. - Vagal and sympathetic control of heart rate during exercise by sedentary and exercise-trained rats. **Braz. j. med. biol. res.**, v. 25, p. 1045-1052, 1992.

NISHIME, E. O.; COLE, C. R.; BLACKSTONE, E. H.; PASHKOW, F. J.; LAUER, M. S. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred of exercise ECG. **J. am. med. assoc.**, v. 284, p. 1392- 1398, 2000.

NÓBREGA, A. C. L.; CASTRO, C. L. B.; ARAUJO, C. G. S. Relative roles of the sympathetic and parasympathetic systems in the 4-s exercise test. **Braz. j. med. biol. res.**, v.23, p. 1259-1262, 1990.

O'LEARY, D. Autonomic mechanism of muscle metaboreflex control of heart rate. **J. appl. physiol.**, v.74, p. 1748-1754, 1993.

O'SULLIVAN, S. E.; BELL, C. The effects of exercise and training on human cardiovascular reflex control. **J. auton. nerv. syst.**, v. 81, p. 16-24, 2000.

OIDA, E.; MORITANI, T.; YAMORI, I. Tone-entropy analysis on cardiac recovery after dynamic exercise. **J. appl. physiol.**, v. 82, p. 1794-1801, 1997.

ORIZIO, C.; PERINI, R.; COMANDE, A. - Plasma catecholamines and heart rate at the beginning of muscular exercise in man. **Eur J Appl Physiol**; v. 57, p. 644-651, 1988.

PAGANI, M.; MALFATTO, G.; PIERINI, S.; CASATI, R.; MASU, A. M.; POLI, M.; GUZZETTI, S.; LOMBARDI, F.; CERUTTI, S.; MALLIANI, A. Spectral analysis of heart rate variability in the assessment of autonomic diabetic neuropathy. **J. auton. nerv. syst.**, v. 23, p. 143-153, 1988.

PELLICCIA, A.; MARON, B. J.; CULASSO, F. Athlete's heart in women. **J. am. med. assoc.**, v. 276, p. 1048-1054, 1996.

PERINI, R.; ORIZIO, C.; BASELLI, G. The influence of exercise intensity on the power spectrum of heart rate variability. **Eur. j. appl. physiol. occup. physiol.**, v. 61, p. 143-148, 1990.

PERINI, R.; ORIZIO, C.; COMANDÈ, A.; CASTELLANO, M.; BESCHI, M.; VEICSTEINAS, A. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in men. **Eur. j. appl. physiol.**, v.58, p. 879-883, 1989.

PFITZINGER, P.; FREEDSON, P. Blood lactate responses to exercise in children: part 2. Lactate threshold. **Pediatr. exerc. sci.**, v. 9 p. 299-307, 1997.

PIÑA, I. L., et al. Exercise and heart failure: A statement from the American Heart Association Committee on exercise, rehabilitation, and prevention. **Circulation**, v.107, n.8, p.1210-1225, 2003.

PUMPRLA, J.; HOWORKA, K.; GROVES, D.; CHESTER, M.; NOLAN, J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. **Int. j. cardiol.**, v. 84, p. 1-14, 2002.

RIBEIRO, J. P. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício. Aspectos fisiológicos e metodológicos. **Arq. bras. cardiol.**, v. 64, p. 171-181, 1995.

RICHTER, E. A.; RUDERMAN, N. B.; GRAVAS, H.; BELUR, E. R.; GALBO, H. Muscle glycogenolysis during exercise: dual control by epinephrine and contractions **Am. j. physiol.**, v. 242, p. 25-32, 1982.

ROESKE, W. R.; O'ROURKE, R. A.; KLEIN, A. - Noninvasive determination of ventricular hypertrophy in professional athletes. **Circulation** v.53, p. 286-291, 1976.

ROST, R.; HOLLMAN, W. Athlete's heart: a review of its historical assessment and new aspects. **Int. j. sports med.**, v.4, p. 147-165, 1983.

ROURE, R.; COLLET, C.; DESCHAUMES-MOLINARO, C. - Autonomic nervous system response correlate with mental rehearsal in volleyball training. **Eur. j appl. physiol occup. physiol.**, v.78, n.2, p. 99-108, 1998.

ROWELL, L. B. **Human circulation: regulation during physical stress.** New York: Oxford University Press, p. 213-217, 1986.

ROY, A.; DOYON, M.; DUMESNIL, J. G. - Endurance vs strength training: comparison of cardiac structures using normal predicted values. **J. appl. physiol.**, v.64, p. 2552-2557, 1988.

SAVIN, W. M.; DAVIDSON, D. M.; HASKELL, W. L. Autonomic contribution to heart rate recovery from exercise in humans. **J. appl. physiol.**, v. 53, p. 1572-1575, 1982.

SEALS, D.R.; CHASE, P.B. Influence of physical training on heart rate variability and baroreflex circulatory control. **J. appl. physiol.**, v. 66, p. 1886-1895, 1989.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B. R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. **Can. j. appl. physiol.**, v. 28, p. 299-323, 2003.

TAKAHASHI, T.; OKADA, A.; HAYANO, J.; TAMURA, T.; MIYAMOTO, Y. Influence of duration of cool-down exercise on recovery of heart rate in humans. **Ther. res.**, v. 21, p. 48-53, 2000.

TAKAHASHI, T.; OKADA, A.; SAITOH, T.; HAYANO, J.; MIYAMOTO, Y. -Difference in human cardiovascular response between upright and supine recovery from upright cycle exercise. **Eur. j. appl. physiol.**, v. 81, p. 233-239, 2000.

TASK FORCE. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. **Eur. heart j.**, v. 17, n.3, p.354-81, 1996

TERZIOTTI, P.; SCHENA, F.; GULLI, G.; CEVESE, A. Post-exercise recovery of autonomic cardiovascular control: a study by spectrum and cross-spectrum analysis in humans. **Eur. j. appl. physiol.**, v. 84, p. 187-194, 2001.

TULLPO, M. P.; HAUTALA, A. J.; MÄKIKALLIO, T. H.; LAUKKANEN, R. T.; NISSILÄ, S.; HUGSON, R. L.; HUIKURI, H. V. Effects of aerobic training on heart rate dynamics in sedentary subjects. **J. appl. physiol.**, v. 95, p. 364-372, 2003.

TULLPO, M. P.; MÄKIKALLIO, T. H.; SAPÄNNEN, T.; LAUKKANEN, R. T.; HUIKURI, H. V. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **Am. j. physiol.**, v. 274, p. 424-429, 1998.

UUSITALO, A. L.; TAHVANAINEN, K. U.; UUSITALO, A. J. Non-invasive evaluation of sympathovagal balance in athletes by time and frequency domain analyses of heart rate and blood pressure variability. **Clin. physiol.**, v. 16, n. 6, p. 575-588, 1996.

VACHON, J. A.; BASSET, D. R. J.; CLARKE, S. Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. **J. sports sci.**, v. 16, p. 667-675, 1998.

WARREN, J. H.; JAFFE, R. S.; WRAA, C. E.; STEBBINS, C. L. Effect of autonomic blockade on power spectrum of heart rate variability during exercise. **Am. j. physiol.**, v. 273, p. 495-502, 1997.

YAMAMOTO, K.; MIYACHI, M.; SAITOH, T.; YOSHIOKA, A.; ONODERA, S. - Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. **Med. sci. sports exerc.**, v. 33, n 9, p. 1496-1502, 2001.

YAMAMOTO, Y.; HUGHSON, R. L.; NAKAMURA, Y. Autonomic nervous system responses to exercise in relation to ventilatory threshold. **Chest**, v. 101, p. 206-210, 1992.

YASBEK, P. J.; TUDA, C. R.; SABBAG, L. M. S.; ZARZANA, A. L.; BATTISTELLA, L. R. Ergoespirometria: tipos de equipamentos, aspectos metodológicos e variáveis úteis. **Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo**, v. 3, p. 682-694, 2001.

ZEMVA, A.; ROGEL, P. - Gender differences in athlete's heart: association with 24-h blood pressure a study of pairs in sport dancing. **Int. j. cardiol.**, v. 77, n 1, p. 49-54, 2001.

ANEXO A: Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA UNIVAP

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo n.º H377/CEP/2007, sobre *“Análise da variabilidade da frequência cardíaca e sistema nervoso autônomo em atletas de pentatlo militar na prova de pista de obstáculos”*, sob a responsabilidade da Prof. Dr. *Welington Ribeiro* está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo as Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, conforme Resolução n.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi **aprovado** por esta Comissão de Ética em Pesquisa.

Informamos que o pesquisador responsável por este Protocolo de Pesquisa deverá apresentar a este Comitê de Ética um relatório das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação.

São José dos Campos, 18 de dezembro de 2007.



PROFA. DRA. STELLA REGINA ZAMUNER

Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa
Universidade do Vale do Paraíba – Univap

ANEXO B: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE

Consentimento formal de participação no estudo intitulado: “Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca e Sistema Nervoso Autônomo em atletas de Pentatlo Militar na prova de Pista de Obstáculos”.

Eu, _____, portador do RG _____, voluntariamente aceito participar do estudo científico nos termos do projeto proposto pelo acadêmico Curso de Mestrado em Engenharia Biomédica da Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos-SP, Marco Aurélio do Sacramento, orientado pelo Prof. Dr. Wellington Ribeiro.

A pesquisa tem por finalidade analisar a variabilidade da frequência cardíaca, através de método não invasivo. Não haverá nenhum risco para a integridade física, mental ou moral do participante e os dados individualizados serão confidenciais. Os resultados coletados serão divulgados nos meios científicos.

As informações assim obtidas poderão ser usadas para fins estatísticos e/ou científicos sempre resguardando a privacidade de cada indivíduo. Acredito ter sido suficientemente esclarecido a respeito das informações que li ou foram lidas para mim, ficando claros os propósitos deste estudo, os procedimentos a serem realizados e as garantias de confidencialidade e esclarecimento permanentes. Além disso, ficou claro que minha participação é isenta de quaisquer despesas.

Assim aceito participar voluntariamente deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízos. Declaro que obtive de forma apropriada, livre e voluntária as informações e, assino o presente termo de consentimento livre e esclarecido para a participação neste estudo.

Guaratinguetá, _____ de Junho de 2008.

Participante

Pesquisador

Marco Aurélio do Sacramento

Orientador

Prof. Dr. Wellington Ribeiro

ANEXO C: ANAMINESE**ANAMINESE**

Nome: RG:

Sexo: Data Nasc.: / / Idade:

Peso: Kg Altura: m Tipo Sanguíneo:

Pressão Arterial: mmHg

Nível de Condicionamento: () Sedentário () Ativo () Atleta

Estresse: () Não () Pouco () Moderado () Muito

Fumante: () Não () Sim Número de cigarros/dia:

Ingere bebidas alcoólicas: () Não () Sim Frequência semanal:

Alergias: () Não () Sim Fator desencadeante:

Doenças anteriores:

Doenças familiares:

Cirurgias e internações:

Lesões recentes: () Muscular () Articular () Óssea

Local: Quando:

Medicação em uso:

Quantas refeições/dia:

Ingere líquido com frequência: () Não () Sim Volume/dia: Lt

Suplementos alimentares em uso:.....

Pratica algum tipo de atividade física: () Não () Sim

Qual:.....

Quantas vezes por semana: Duração da seção: min

Intensidade: () Alta () Média () Baixa

Possui Plano de Saúde: () Não () Sim Qual:.....

Em de emergência avisar: Telefone:

Observações:.....
.....
.....
.....
.....

ANEXO D: PISTA DE PENTATLO

Esta prova é efetuada numa pista de 500 metros. Ao longo do percurso terão que ser transpostos 20 obstáculos padronizados em menor tempo possível.

Segundo Manual de Campanha C20-20 do Exército Brasileiro (2002), obtivemos a ordem e descrição dos obstáculos.

1º Obstáculo - ESCADA DE CORDA

- A subida pode ser feita de duas formas: segurando os degraus ou as partes laterais;
- A transposição deve ser feita de duas maneiras:
 - a) girando; e
 - b) em “bandeira”.
- Para os iniciantes, o primeiro processo “girando” é o mais indicado até adquirir confiança. Consiste em segurar o primeiro ou segundo degrau com as palmas das mãos voltadas para frente e girar o corpo;
- Ao chocar-se com a escada, a qual cederá um pouco, esperar o tempo de retorno à frente, para soltar as mãos, caindo ao solo com as pernas ligeiramente flexionadas;
- Para os militares que já possuem alguma prática, a “bandeira” é a forma ideal devido ao ganho em tempo. Ao chegar ao topo do obstáculo, deitar-se sobre ele e segurar o primeiro ou o segundo degrau: após isso, jogar as pernas sobre o obstáculo, auxiliando o giro do tronco para frente e para cima com uma pressão da mão de encontro ao degrau. Conforme mostra a **Figura 29**.



Figura 29: Escada de Corda.

2º Obstáculo - VIGAS JUSTAPOSTAS

- A abordagem é feita com um dos pés sendo apoiado na primeira viga. Logo após, enquanto este mesmo pé desce até tocar o solo, as mãos buscam um apoio na segunda viga. Simultaneamente a esse movimento, acontece o apoio do dorso do outro pé sobre a primeira viga;
- Num segundo tempo, um impulso conjugado de pernas e braços lança o homem por cima da viga mais alta, devendo o mesmo cair com as pernas defasadas, em posição de partida. Conforme mostra a **Figura 30**.



Figura 30: Vigas Justapostas.

3º Obstáculo - CABOS PARALELOS

- A velocidade de abordagem deve ser controlada e os movimentos de braços e pernas ritmados;
- O tronco fica desequilibrado para frente. Os pés devem ser lançados lateralmente, não transpondo os cabos de frente. O movimento de braços é quase natural, como na corrida, levantando um pouco os cotovelos durante a transposição. Conforme mostra a **Figura 31**.



Figura 31: Cabos Paralelos.

4º Obstáculo - REDE DE RASTEJO

- A velocidade de abordagem deve ser acima da média, entrando sem hesitação sob a rede;
- Na posição de rastejo, um dos lados do corpo está sempre em contato com o solo (perna e pé); a outra perna toca o chão apenas com o pé; tronco ligeiramente erguido; um ombro à frente em diagonal à perna mais distendida; braços flexionados; mãos com as pontas dos dedos para frente e palmas para baixo; cabeça erguida o suficiente para não bater nos fios e olhando cerca de um metro à frente. Conforme mostra a **Figura 32**.



Figura 32: Rede de Rastejo.

5º Obstáculo - PASSAGEM DE VAU

- Há três maneiras de ultrapassagem:
 - a) apoiando nos cinco tocos;
 - b) apoiando em três tocos;
 - c) apoiando em dois tocos;
- A primeira hipótese é a mais indicada, pois apesar de imprimir menor velocidade ao atleta, acarreta um menor dispêndio de energia, além de um menor comprometimento da segurança. A direção de corrida é entre as duas colunas de tocos, jogando as pernas lateralmente e procurando saltar o menos possível;
- O corpo se mantém na vertical, cabeça erguida, braços abertos e oscilando a procura do equilíbrio;
- Nos casos em que forem utilizados três ou dois tocos, é indispensável prestar atenção nas últimas passadas antes de abordar o obstáculo, pois o pé contrário ao da impulsão é o que deve tocar o último toco, permitindo uma saída mais veloz do obstáculo. Conforme mostra a **Figura 33**.



Figura 33: Passagem de Vau.

6º Obstáculo - CERCA DE ASSALTO (RÚSTICA)

- A velocidade de abordagem do obstáculo deve ser moderada. O pé direito (esquerdo) toca a barra inferior e o joelho direito (esquerdo) é lançado flexionado sobre a viga mais alta, onde as duas mãos apóiam-se, facilitando a abordagem e a subida;
- Em seguida, deita-se sobre a barra superior fazendo a “bandeira”. Para isto, deve-se segurar com a mão esquerda (direita) a barra superior e com a direita (esquerda) a do meio,

jogando as pernas para cima e para frente. A queda deve ser feita na posição de corrida, evitando-se ao máximo o flexionamento do corpo. Conforme mostra a **Figura 34**.



Figura 34: Cerca de Assalto (Rústica).

7º Obstáculo - VIGA DE EQUILÍBRIO

- Neste obstáculo a segurança é mais importante que a velocidade. A abordagem precisa ser realizada em aceleração moderada, corpo na vertical com os pés voltados para o exterior, braços abertos e oscilantes procurando o equilíbrio.
- Nos últimos dois metros deve haver um aumento da velocidade, já que mesmo um pequeno desequilíbrio pode ser corrigido com um salto à frente, fora da linha de demarcação de falta. Conforme mostra a **Figura 35**.



Figura 35: Viga de Equilíbrio.

8º Obstáculo - RAMPA DE ESCALADA

- O obstáculo exige maior aceleração na abordagem. Na seqüência da corrida o militar dá um salto, tocando o obstáculo a cerca de um metro do solo e continua a escalada com passadas curtas e rápidas até o topo, procurando posicionar o tronco o mais verticalmente possível em relação à superfície da rampa, o que pode ser facilitado dirigindo o olhar para cima e lançando o tronco para trás. A corda é um recurso que pode ser utilizado ou não;
- Ao atingir a parte mais alta, procurar diminuir a queda, apoiando um dos braços, colocando uma das pernas para baixo e soltando o corpo. Conforme mostra a **Figura 36**.



Figura 36: Rampa de Escalada.

9º Obstáculo - VIGAS HORIZONTAIS

- A transposição deste obstáculo é fácil, devendo, portanto, ser feita em boa velocidade. Colocar uma das mãos e o pé contrário sobre a viga mais alta, com o corpo quase deitado sobre ela e o centro de gravidade o mais baixo possível. A outra mão permanece livre, equilibrando o corpo. Passar a outra perna flexionada entre o corpo e a barra e, neste instante, dar um impulso para frente, procurando cair embaixo da viga de menor altura, o que facilita erguer o corpo;
- Os movimentos seguintes são idênticos aos primeiros. Conforme mostram as **Figuras 37 e 38**.



Figura 37: Vigas Horizontais.



Figura 38: Vigas Horizontais.

10º Obstáculo - MESA IRLANDESA

- A velocidade de abordagem é bastante reduzida. O militar deve saltar procurando segurar com a mão esquerda (direita) a plataforma do lado posterior, levando o peito de encontro a ela. A mão direita (esquerda) deve estar na face anterior da plataforma. Este movimento inicial faz com que as pernas oscilem para frente; aproveitar o retorno e forçar o balanço para trás da perna direita (esquerda). A seguir, elevá-la e colocar o calcanhar sobre a mesa. Colocar neste momento o braço direito (esquerdo) sobre o esquerdo (direito) segurando o lado posterior da plataforma; passar a perna esquerda (direita) por baixo do corpo e impulsioná-lo para frente;
- Posição de queda deve ser caracterizada pela colocação de um pé à frente e outro atrás, igual a uma posição de partida, procurando flexionar o tronco o mínimo possível. Conforme mostra a **Figura 39**.



Figura 39: Mesa Irlandesa.

11º Obstáculo - BUEIRO E VIGAS JUSTAPOSTAS

- O obstáculo exige coragem e decisão. A aproximação deve ser feita com bastante aceleração, realizando uma última passada larga e, ao mesmo tempo em que flexiona o tronco, executar um mergulho em direção ao bueiro. O salto deve ser realizado com os braços estendidos, palmas das mãos voltadas para baixo, corpo ereto, pernas e pés unidos. A velocidade deve ser tal que, após o mergulho, o militar esteja com os quadris livres do outro lado do bueiro, facilitando o seu prosseguimento;
- Para ultrapassar a segunda parte do obstáculo, agir de maneira idêntica ao 9º obstáculo. Conforme mostram as **Figuras 40 e 41**.



Figura 40: Bueiro e Vigas Justapostas.



Figura 41: Bueiro e Vigas Justapostas.

12º Obstáculo - VIGAS EM DEGRAUS (PIANO)

- Decisão é fator importante na ultrapassagem deste obstáculo. O militar deve atingir uma velocidade suficiente para alcançar até a quarta viga, sem necessitar de usar muito a impulsão das pernas. O tronco deverá estar ligeiramente inclinado para frente e os braços sendo usados naturalmente, porém com impulsos enérgicos;
- A queda pode ser atenuada, colocando-se uma das mãos na última viga. Conforme mostra a **Figura 42**.



Figura 42: Vigas em Degraus (Piano).

13º Obstáculo - BANQUETA E FOSSO

- Obstáculo de fácil transposição, onde a velocidade deve ser moderada. O militar procura apenas preocupar-se com o salto, o qual será o mais próximo possível da saída do fosso, no lado oposto ao obstáculo. Deve ter o cuidado de evitar o choque na queda, para isso, deve agachar no topo, antes do salto. Conforme mostra a **Figura 43**.



Figura 43: Banqueta e Fosso.

14º Obstáculo - MURO DE ASSALTO

- Há necessidade de ser abordado com uma boa velocidade, usando a mão esquerda (direita) e o pé direito (esquerdo) sobre o muro, com o corpo quase deitado;
- A perna esquerda (direita) passa flexionada entre o obstáculo e o corpo, para continuar a corrida. Conforme mostra a **Figura 44**.



Figura 44: Muro de Assalto.

15º Obstáculo – FOSSO

- A abordagem deve ser feita com velocidade baixa. O salto deve ser amortecido na queda, com pequena flexão dos joelhos;
- Para sair, dar algumas passadas rápidas no interior do fosso e saltar tocando a parede com a sola do pé, cerca de 80 centímetros de altura, colocar os antebraços e mãos do lado de fora, forçando os ombros e o pescoço para frente. Dominada a parede do fosso, colocar uma das pernas no topo, forçando o tronco para fora. Conforme mostra a **Figura 45**.



Figura 45: Fosso.

16º Obstáculo - ESCADA VERTICAL

- Este obstáculo é semelhante ao primeiro, porém mais fácil, pois é fixo e é um metro mais baixo;
- A transposição não pode ser realizada utilizando a técnica do giro. Conforme mostra a **Figura 46**.



Figura 46: Escada Vertical.

17º Obstáculo - MURO DE ASSALTO

- A abordagem deve ser feita com boa velocidade, buscando atingir com a sola de um dos pés, cerca de 80 centímetros de altura no muro. Dominar, então, o muro com os dois antebraços. Usar uma das pernas para erguer o resto do corpo e passar, neste momento, para a parte de cima do obstáculo;
- A queda será com os pés defasados, procurando retomar a velocidade anterior, com um mínimo flexionamento do corpo. Conforme mostra a **Figura 47**.

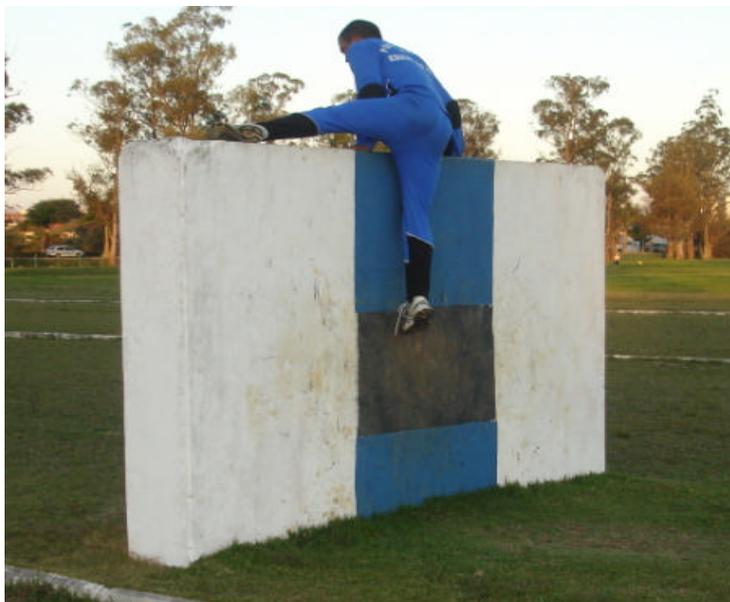


Figura 47: Muro de Assalto.

18º Obstáculo - TRAVES DE EQUILÍBRIO

- A velocidade de ataque deve ser moderada. É um dos obstáculos em que a segurança deve prevalecer sobre a rapidez;
- O corpo precisa permanecer ereto, braços abertos e pés para frente. A passada deve ser normal e a visada deve se dirigir para cerca de dois metros à frente. Nos três metros finais, o militar deve acelerar a cadência e retomar a passada da prova. Conforme mostra a **Figura 48**.



Figura 48: Traves de Equilíbrio.

19º Obstáculo – CHICANA

- O obstáculo permite uma boa velocidade antes e durante a ultrapassagem;
- O militar necessita segurar as barras em cada virada com os braços estendidos e com as duas mãos, polegares para cima, dando um forte puxão para facilitar a mudança de direção da corrida, que é de 180 graus. Conforme mostra a **Figura 49**.



Figura 49: Chicana.

20º Obstáculo - MUROS DE ASSALTO

- A técnica de ultrapassagem dos três muros é idêntica à do 14º obstáculo (muro de um metro);
- A mão esquerda (direita) e pé direito (esquerdo) sobre o muro; a perna esquerda (direita) passa flexionada entre os muros e o corpo do militar. Após isto, as últimas passadas devem ser em a alta velocidade, em direção à chegada. Conforme mostra a **Figura 50**.



Figura 50: Muros de Assalto.

PISTA DE PENTATLO MILITAR

A pista compreende 20 (vinte) obstáculos, em uma extensão de 500 metros, com intervalos mínimos de 5 (cinco) metros entre os obstáculos.

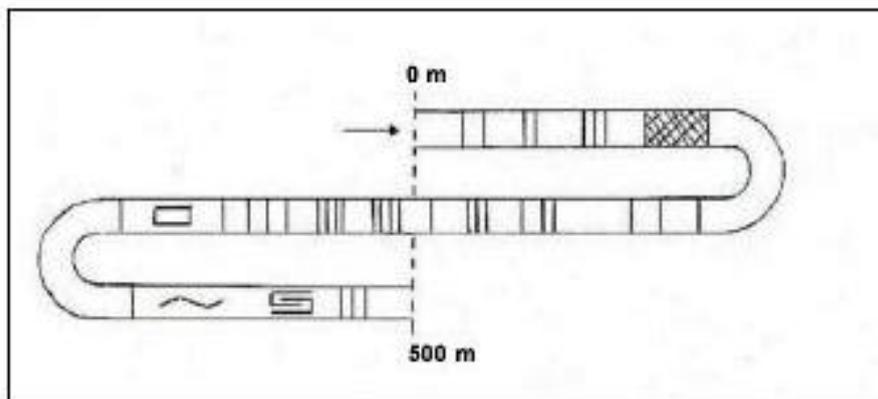


Fig H-1

H-1. OBSTÁCULO Nº 1: ESCADA DE CORDA:

Características:

- a. escada de corda fixada ao solo;
- b. altura: 5,0 m;
- c. número degraus: 11;
- d. largura dos degraus: 0,50 m;
- e. solo: afogado no local da queda;
- f. comprimento da caixa de areia: 4,0 m.

H-2. OBSTÁCULO Nº 2: VIGAS JUSTAPOSTAS

Características:

- a. altura da primeira viga: 0,95 m;
- b. altura da segunda viga: 1,35 m;
- c. distância entre as vigas (plano horizontal): 0,65 m.

H-3. OBSTÁCULO Nº 3: CABOS PARALELOS

Características:

- a. 5 (cinco) cabos lisos, pintados ou marcados para se tornarem bem visíveis e colocados a intervalos de 2,0 metros;

- b. os cabos devem estar paralelos ao solo, tendo elasticidade suficiente para diminuir os riscos de acidente;
- c. altura acima do solo: 0,55 m;
- d. diâmetro do cabo: mínimo de 7 mm.

H-4. OBSTÁCULO Nº 4: REDE DE RASTEJO

Características:

- a. comprimento da rede: 20,0 m;
- b. altura: 0,45 a 0,50 m;
- c. a superfície do solo sob a rede deverá ser macia (fofa).

H-5. OBSTÁCULO Nº 5: PASSAGEM DE VAU

Características:

- a. 5 (cinco) cilindros fixados ao solo;
- b. altura de cada cilindro: 0,15 m a 0,20 m;
- c. diâmetro de cada cilindro: 0,15 m a 0,20 m;
- d. comprimento do vau: 8,0 m;
- e. distância entre os cilindros: Conforme a figura.

H-6. OBSTÁCULO Nº 6: CERCA DE ASSALTO (CERCA RÚSTICA)

Características:

- a. 3 (três) barras cilíndricas horizontais fixas;
- b. altura da barra superior: 2,20 m;
- c. altura da barra intermediária: 1,50 m;
- d. altura da barra inferior: 0,70 m.

OBSERVAÇÃO: A altura das barras é medida do solo à parte de cima de cada uma delas.

H-7. OBSTÁCULO Nº 7: VIGA DE EQUÍLIBRIO

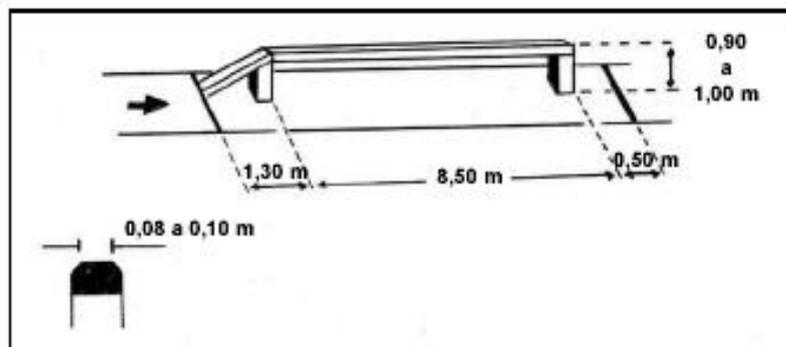


Fig H-8

Características:

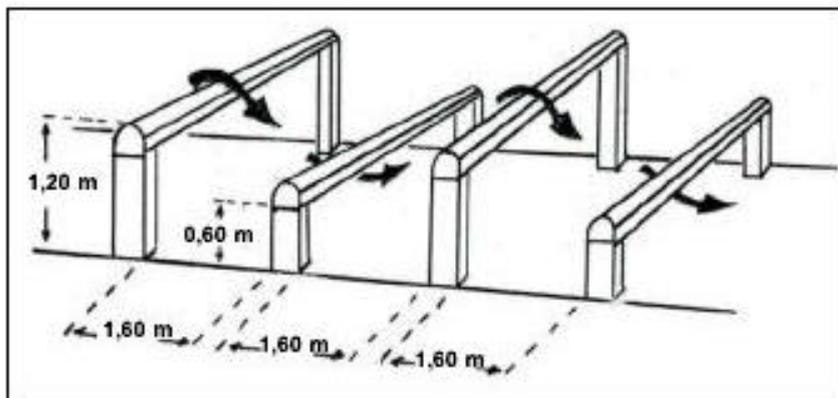
- obstáculo fixo composto de uma viga cilíndrica paralela ao solo e de uma viga cilíndrica inclinada, ambas com superfícies planas;
- altura (medida do solo à parte superior): 0,90 a 1,0 m;
- comprimento da viga paralela: 8,50 m;
- comprimento da projeção no solo da viga inclinada: 1,30 m;
- largura da viga de equilíbrio: 0,08 m a 0,10 m;
- os limites do obstáculo serão definidos por duas linhas: uma no início da viga inclinada e a outra a 0,50 m após o término da viga paralela.

H-8. OBSTÁCULO Nº 8: RAMPA DE ESCALADA COM CORDA

Características:

- comprimento da rampa: 3,50 m;
- altura: 3,0 m;
- comprimento da caixa de areia: 3,0 m;
- extensão da superfície superior: 0,20 a 0,40 m;
- corda fixada à parte superior do obstáculo, colocada sobre a rampa.

H-9. OBSTÁCULO N° 9: VIGAS HORIZONTAIS (MÁXIMO E MÍNIMO)



FigH-10

Características:

a. Altura das vigas:

- 1) 1ª e 3ª vigas: 1,20 m (medida do solo à parte superior).
- 2) 2ª e 4ª vigas: 0,60 m (medida do solo à parte inferior).

b. Distância horizontal entre as vigas: 1,60 m.

H-10. OBSTÁCULO N° 10: MESA IRLANDESA

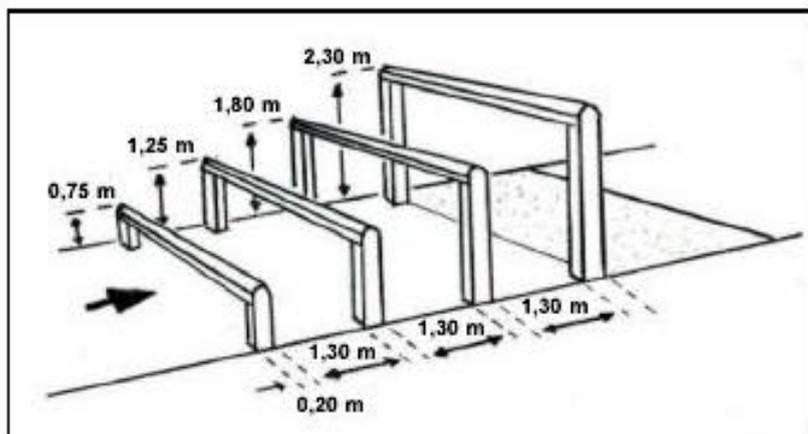
Características:

- a. altura: 2,0 m (Medida do solo à parte superior da mesa);
- b. largura da prancha: 0,40 a 0,50 m;
- c. espessura da prancha: 0,08 m (máximo).

H-11. OBSTÁCULO N° 11: BUEIRO E VIGAS JUSTAPOSTAS

Características:

- a. altura e largura do bueiro: 0,50 m;
- b. comprimento do bueiro: 1,0 a 1,20 m;
- c. altura da primeira viga: 1,20 m (medida do solo à parte superior);
- d. altura da segunda viga: 0,50 m (medida do solo à parte inferior);
- f. espaçamento entre cada uma das partes do obstáculo: 1,75 m.

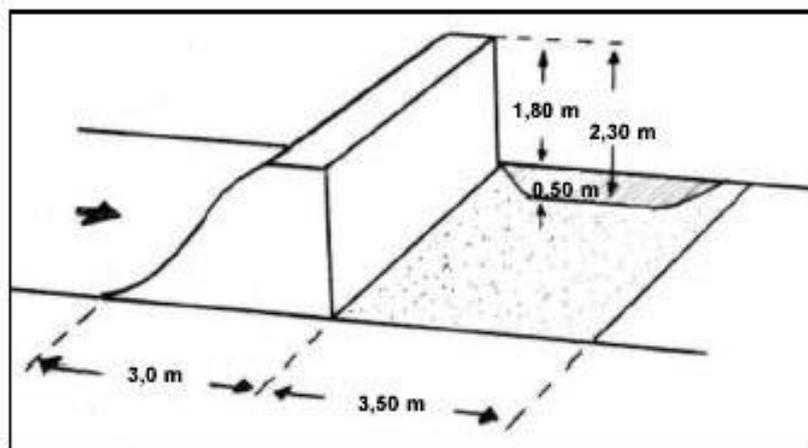
H-12. OBSTÁCULO Nº 12: VIGAS EM DEGRAUS

FigH-13

Características:

- a. quatro vigas horizontais;
- b. altura (medida do solo à parte superior de cada viga);
- c. primeira viga: 0,75 m;
- d. segunda viga: 1,25 m;
- e. terceira viga: 1,80 m;
- f. quarta viga: 2,30 m;
- g. distância entre as vigas (na horizontal): 1,30 m;
- h. comprimento da caixa de areia: 3,0 m a 4,0 m;
- i. largura dos degraus (superfície plana): 0,15 m (+ 5 cm);
- j. diâmetro das vigas (quando cilíndricas): 36 cm.

H-13. OBSTÁCULO Nº 13: BANQUETA E FOSSO

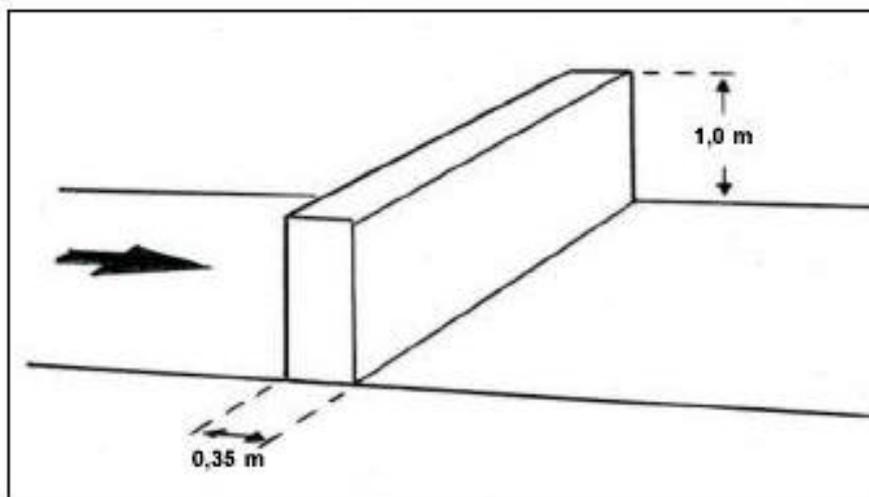


FigH-14

Características:

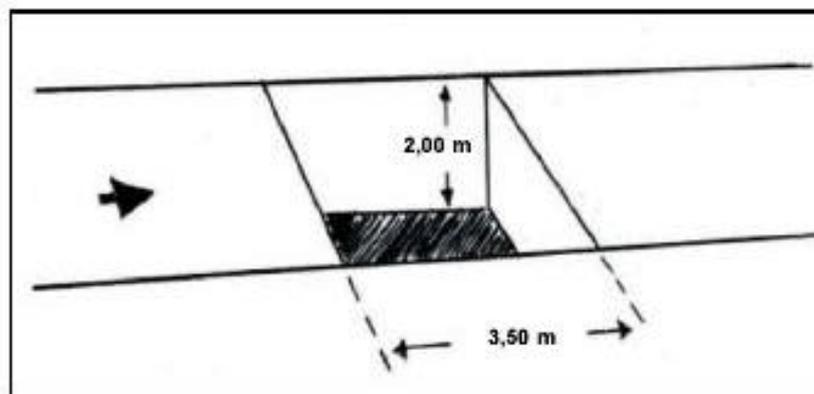
- a. altura da banqueta: 1,80 m;
- b. profundidade do fosso: 0,50 m (Medida de nível do solo ou nível de areia colocado no fosso);
- c. comprimento do fosso: 3,50 m;
- d. largura da banqueta na parte superior: 0,8 a 1,0 m;
- e. comprimento da base da rampa: 3,0 m.

H-14. OBSTÁCULO Nº 14: MURO DE ASSALTO



FigH-15

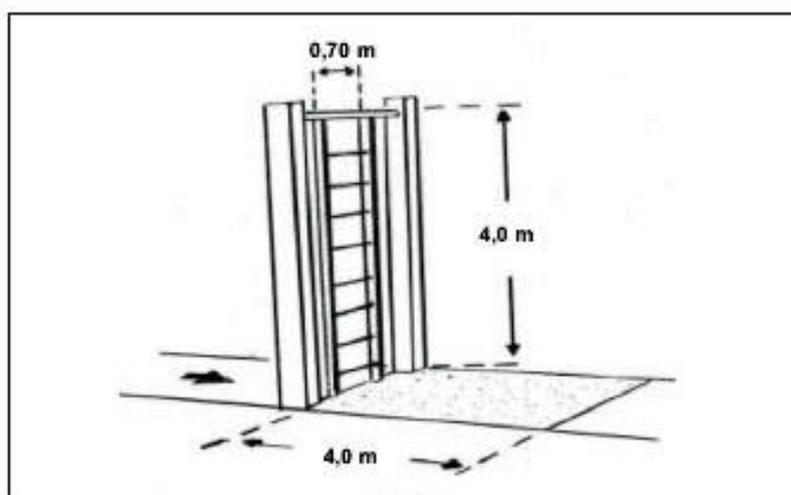
- Características: a. altura: 1,0 m; b. espessura: 0,35 m (máxima).

H-15. OBSTÁCULO Nº 15: FOSSO

FigH-16

Características:

- a. profundidade: 2,0 m;
- b. largura: 3,50 m;
- c. as paredes do fosso são verticais;
- d. o solo na saída do fosso deverá ser perfeitamente horizontal, sem saliências, para não permitir pontos de apoio que facilitem a escalada .

H-16. OBSTÁCULO Nº 16: ESCADA FIXA

FigH-17

Características:

- a. altura: 4,0 m;
- b. número de degraus: 8;

- c. largura interna da escada: 0,70 m;
- d. comprimento da caixa de areia: 4,0 m.

H-17. OBSTÁCULO Nº 17: MURO DE ASSALTO

Características:

- a. altura: 1,90 m;
- b. comprimento no topo: 0,35 (máximo).

H-18. OBSTÁCULO Nº 18: TRAVES DE EQUILÍBRIO

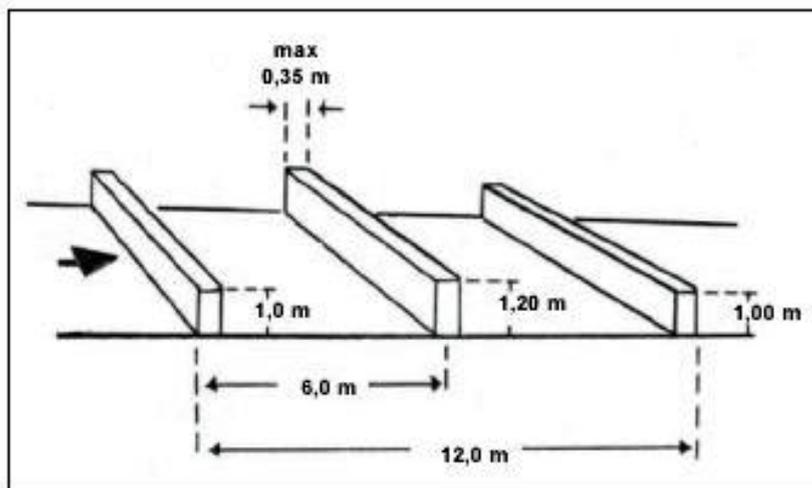
Características:

- a. três traves horizontais, colocadas em posição oblíqua uma às outras, fazendo um ângulo de 135°;
- b. comprimento de cada viga (medida do solo à parte superior): 5,0 m;
- c. altura: 0,50 m;
- d. largura do topo das vigas: 0,10 a 0,15 m;
- e. os limites do obstáculo serão definidos por duas linhas, uma no início da primeira parte da viga e a outra a 0,5 m após o término da última trave.

H-19. OBSTÁCULO Nº 19: CHICANA (LABIRINTO)

Características:

- a. comprimento: 8,0 m;
- b. altura: 0,80 m;
- c. distância a percorrer: 18 m.

H-20. OBSTÁCULO Nº 20: MUROS DE ASSALTOS SUCESSIVOS

FigH-21

Características:

- a. altura do primeiro e terceiro muro: 1,0 m;
- b. altura do segundo muro: 1,20 m;
- c. largura dos muros (máximo): 0,35 m;
- d. comprimento total (medido da parte anterior do 1º muro à parte posterior do 3º muro): 12,0 m;
- e. distância entre os muros (em relação ao centro do 2º muro): 6,0 m.