

Universidade Federal de Juiz de Fora  
Pós Graduação em Educação Física  
Mestrado em Educação Física

**Tatyana de Oliveira d'Agosto**

Modulação autonômica cardíaca: influência da aptidão aeróbia,  
nível de atividade física e idade.

Juiz de Fora  
2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

d'Agosto, Tatyana de Oliveira.

Modulação autonômica cardíaca: influência da aptidão aeróbia, nível de atividade física e idade / Tatyana de Oliveira d'Agosto. – 2010.  
76 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Educação Física)—Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

1. Educação física. 2. Esportes – Aspectos médicos. 3. Idade. I. Título.

CDU 796/799:616.8

## **Tatyana de Oliveira d'Agosto**

Modulação autonômica cardíaca: influência da aptidão aeróbia, nível de atividade física e idade.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, área de concentração: Aspectos Biodinâmicos do Movimento Humano, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação Física

Orientador: Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima

Juiz de Fora

2010

## DEDICATÓRIA

À minha família e ao Gustavo pelo apoio nos momentos difíceis e por estarem sempre ao meu lado me incentivando. Ao Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima por promover o meu crescimento pessoal e profissional com tanta alegria e dedicação.

## AGRADECIMENTOS

À Deus por iluminar o meu caminho e colocar pessoas tão especiais na minha vida.

Aos meus pais e irmão, que acreditam no meu potencial e sempre me incentivam.

Aos meus familiares e amigos por estarem torcendo pelo meu crescimento profissional.

Ao meu Gustavo, pelo seu carinho, amor, paciência e por me ajudar com palavras positivas desde o início dessa trajetória.

Aos professores da FAEFID, à professora Lilian da Silva Pinto pelos bons ensinamentos, por estarem sempre ajudando e dando o melhor em busca do conhecimento. Aos professores e alunos da Faculdade de Fisioterapia pelo apoio. Ao professor Fernando Marques de Almeida Oliveira pela contribuição nas análises e ajustes dos dados.

Ao secretário da Pós-Graduação, Roberto, por estar sempre pronto a ajudar com todo carinho e eficiência.

Aos colegas de mestrado, em especial ao Fábio Marques, pela colaboração, ajuda e por fazer me sentir mais próxima à Educação Física. À Débora Moreira e Luciana Duarte pelo incentivo, carinho e amizade.

Em especial, ao Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima, pelas horas de dedicação com tanta alegria, carinho e profissionalismo. Pelo dom de ensinar com tanta destreza aos alunos. Por não medir esforços para aprimorar os meus conhecimentos profissionais. Por ensinar que a humildade, simplicidade, calma e competência são peças fundamentais para toda vida. Muito obrigada!

## RESUMO

Modulação autonômica cardíaca: influência da aptidão aeróbia, nível de atividade física e idade.

O sistema nervoso autônomo (SNA) modula a frequência cardíaca (FC) em situações de repouso e dinâmicas. Em repouso a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é uma ferramenta não invasiva para avaliação do SNA. Em situação dinâmica, a transição repouso – exercício (Ton) e testes provocativos como manobra postural ativa (MPA) são capazes de modificar a atuação do SNA, possibilitando a avaliação da capacidade de adaptação do sistema. Fatores como aptidão aeróbia, nível de atividade física (NAF) e a idade podem influenciar diretamente a modulação autonômica cardíaca de repouso. Entretanto, em situações dinâmicas a influência desses fatores é pouco conhecida e contraditória. O objetivo do estudo foi identificar as associações da aptidão aeróbia, NAF e idade na modulação autonômica cardíaca em condições de repouso, no Ton e na postura ortostática após a MPA. No primeiro estudo, analisou-se a relação entre aptidão aeróbia e modulação autonômica cardíaca em 28 indivíduos jovens, com controle do NAF. Analisaram-se a FC e VFC na condição de repouso e, para análise do Ton, foram calculado índices de amplitude, delta de FC e RMSSD em janelas de 15 s. Não houve relação entre aptidão aeróbia e VFC em repouso (SDNN  $r = -0,22$ , pNN50  $r = -0,25$ , HF log (ms<sup>2</sup>)  $r = -0,31$ ;  $p > 0,05$ ). No Ton, foi observado que o grupo com maior nível de aptidão aeróbia apresentou maior amplitude (61,5 ± 14,6 bpm no grupo VO<sub>2</sub> alto e 46,2 ± 11,8 bpm no grupo VO<sub>2</sub> baixo;  $p < 0,05$ ) e delta de FC 60s (47,2 ± 11,7 bpm no grupo VO<sub>2</sub> alto e 36,4 ± 12,2 bpm no grupo VO<sub>2</sub> baixo;  $p < 0,05$ ). O segundo estudo avaliou a relação entre o NAF e modulação autonômica cardíaca em 26 homens jovens, com controle da aptidão aeróbia e NAF diferentes mensurado pelo escore bruto esportivo de Baecke. Analisaram-se a FC e VFC na condição repouso e, para análise do Ton, foram calculados índices de amplitude, delta de FC e RMSSD em janelas de 15 s. Não houve relação entre NAF e VFC em repouso (SDNN  $r = -0,32$ , pNN50  $r = -0,26$ , HF log(ms<sup>2</sup>)  $r = -0,37$ ;  $p > 0,05$ ) e no Ton (Aon  $r = -0,04$ , D60s  $r = -0,34$ ;  $p > 0,05$ ). O terceiro estudo analisou a influência da idade na MPA em 20 homens, divididos em dois grupos, sendo Grupo EV: indivíduos acima de 50 anos (n=10), Grupo JV: jovens (n=10). A VFC foi mensurada na posição supina (20 min) e após a MPA, sendo

analisados os últimos 5 minutos. Calculou-se VFC por meio de índices lineares e por índices não lineares de entropia. Grupo EV apresentou redução da VFC em repouso e menor capacidade de adaptação à MPA (RMMSD:  $62,8 \pm 20,7$  ms para  $33,8 \pm 8,3$  ms no JV após MPA e  $18,1 \pm 12,7$  para  $14,4 \pm 13,7$  ms no EV após MPA; HF log ( $\text{ms}^2$ ):  $7,2 \pm 0,8$  para  $5,9 \pm 0,7$   $\text{ms}^2$  no JV após MPA e  $4,7 \pm 1,1$  para  $3,6 \pm 1,3$   $\text{ms}^2$  no EV após MPA;  $p < 0,05$ ). O grupo EV não apresentou modificação significativa dos índices lineares como mecanismos de adaptação à MPA, sendo que a redução da entropia pode ser uma explicação para elevação da FC com MPA (correlação entre delta FC e delta entropia ApEn  $r = -0,48$  e SampEn  $r = -0,65$ ,  $p < 0,05$ ). Podemos perceber que aptidão aeróbia e nível de atividade física não influenciam a modulação autonômica cardíaca em repouso em indivíduos jovens com características homogêneas. Com relação a situações dinâmicas, somente a aptidão aeróbia foi capaz de influenciar o Ton. A idade influencia a resposta do SNA tanto no repouso quando após MPA, com mecanismos fisiológicos distintos para adaptação da postura ortostática. Além disso, índices não lineares forneceram informações adicionais da capacidade de adaptação do SNA com envelhecimento na MPA.

**Palavras - chave:** Sistema nervoso autônomo. Transiente inicial. Manobra postural ativa. Nível da atividade física. Nível de aptidão aeróbia. Idade.



## ABSTRACT

Cardiac autonomic modulation: influence of the aerobic fitness, physical activity level and age.

The autonomic nervous system (ANS) modulates heart rate (HR) at rest and dynamic situations. At rest the heart rate variability (HRV) is constitute noninvasive tool for evaluate of the ANS. In dynamic situations rest - exercise transient (Ton) and provocative tests as active postural maneuver (APM) are able to modify the SNA dynamics contributing to cardiovascular assessment. Factors such as aerobic fitness, physical activity level (PAL) and age may directly influence the cardiac autonomic modulation at rest. However, in dynamic situations the influence of these factors is poorly understood and contradictory. The study objective was to determine the associations of aerobic fitness, physical activity and aging with cardiac autonomic modulation at rest, in the Ton and the orthostatic posture. The first study examined the relationship between aerobic fitness and cardiac autonomic modulation in 28 young men, with control of the PAL. We analyzed the HR and HRV in resting condition and, for the analysis of the Ton, was calculated rates amplitude, delta HR and RMSSD 15 s. There was no relationship between aerobic fitness and HRV at rest ( $r = -0.22$  SDNN,  $pNN50 r = -0.25$ ,  $HF \ln (ms^2) r = -0.31$ ;  $p > 0,05$ ). In Ton, we found that the group with higher level of aerobic fitness had a higher amplitude ( $61.5 \pm 14.6$  bpm in group high  $VO_2$  and  $46.2 \pm 11.8$  bpm in group low  $VO_2$ ;  $p < 0,05$ ) and delta HR 60s ( $47.2 \pm 11.7$  bpm in group high  $VO_2$  and  $36.4 \pm 12.2$  bpm in group  $VO_2$  below;  $p < 0,05$ ). The second study evaluated the relationship between PAL and cardiac autonomic modulation in 26 young men, with control of aerobic fitness and physical activity levels measured at different raw of the Baecke score sports. We analyzed the HR and HRV in resting condition and for analysis of the Ton, were calculated rates of amplitude, delta HR and RMSSD for 15 s. There was no relation between PAL and HRV at rest ( $r = -0.32$  SDNN,  $pNN50 r = -0.26$ ,  $HF \ln (ms^2) r = -0.37$ ;  $p > 0,05$ ) and Ton (Aon  $r = -0.04$ , D60s  $r = -0.34$ ;  $p > 0,05$ ). The third study examined the influence of age on the APM on 20 men, divided into two groups, Group EV: individuals over 50 years ( $n = 10$ ), Group JV: young ( $n = 10$ ). HRV was measured in the supine position (20 min) and after the APM, and analyzed the last 5 minutes. HRV was calculated by linear indices and nonlinear indices of entropy. EV Group decreased HRV at rest and less adaptability to AMP (RMMSD:  $62.8 \pm 20.7$  ms

to  $33.8 \pm 8.3$  ms in the JV after AMP and  $18.1 \pm 12.7$  to  $14, 4 \pm 13.7$  ms in EV after AMP; HF In ( $\text{ms}^2$ ):  $7.2 \pm 0.8$  to  $5.9 \pm 0.7$   $\text{ms}^2$  in the JV after AMP and  $4.7 \pm 1.1$  to  $3.6 \pm 1.3$   $\text{ms}^2$  in EV after AMP;  $p < 0,05$ ). The EV group showed no significant change in the indices as linear mechanisms of adaptation to the AMP and the reduction of entropy may be an explanation for a rise in HR with AMP (correlation between delta HR and delta entropy ApEn  $r = -0.48$  and SampEn  $r = -0.65$ ;  $p < 0,05$ ). We can see that aerobic fitness and physical activity level did not influence the cardiac autonomic modulation at rest in young individuals with homogeneous characteristics. With respect to dynamic situations only aerobic fitness was able to influence the Ton. Age influences the response of ANS both at rest when after AMP, with distinct physiological mechanisms of adaptation to orthostatic posture. In addition, non-linear indices provided additional information the adaptability of the ANS with aging in the AMP.

**Key-words:** Autonomic nervous system, Initial transient, Active postural maneuver. Level of physical activity, Level of aerobic fitness, Age.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 Ton e componentes $Ton_R$ e $Ton_L$ .....	18
Gráfico 2 Exercício submáximo com carga no primeiro linear. Índices do $Ton_L$ .....	22
Gráfico 3 RMSSD15 nos primeiros três minutos de repouso (momento 1 ao 12) e três minutos de exercício (momento 13 ao 31).....	26
Gráfico 4 RMSSD15 nos primeiros três minutos de repouso (momento 1 ao 12) e três minutos de exercício (momento 13 ao 31).....	40
Gráfico 5 Frequência cardíaca e índices de VFC, calculados no domínio do tempo, nas posições supina e ortostática (MPA) para indivíduos jovens e acima de 50 anos.....	51
Gráfico 6 Índices de VFC, calculados no domínio da frequência, nas posições supina e ortostática (MPA) para indivíduos jovens e acima de 50 anos.....	52
Gráfico 7 Valores de entropia aproximada (ApEn) e amostral (SampEn), nas posições supina e ortostática (MPA), de indivíduos jovens e acima de 50 anos.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Dados antropométricos, valores pressóricos, nível de aptidão aeróbia e atividade física (Média $\pm$ Erro padrão).....	23
Tabela 2 Correlação entre o VO <sub>2</sub> max e índices de VFC no repouso e Ton.....	24
Tabela 3 Correlação entre os índices da VFC no repouso e Ton.....	24
Tabela 4 Freqüência cardíaca e índices da variabilidade da freqüência cardíaca em repouso no domínio do tempo e da freqüência dos grupos (Média $\pm$ Erro padrão).....	25
Tabela 5 Índices de freqüência cardíaca no Ton (Média $\pm$ Erro padrão).....	26
Tabela 6 Dados antropométricos, valores pressóricos, nível de aptidão aeróbia e atividade física (Média $\pm$ Erro padrão).....	38
Tabela 7 Correlação entre os índices da VFC no repouso e Ton e nível de atividade física.....	39
Tabela 8 Freqüência cardíaca e índices da variabilidade da freqüência cardíaca em repouso no domínio do tempo e da freqüência dos grupos (Média $\pm$ Erro padrão).....	39
Tabela 9 Índices do Ton (Média $\pm$ Erro padrão).....	41
Tabela 10 Idade, dados antropométricos e pressão arterial coletados na posição supina Média $\pm$ Erro Padrão/ (Mínimo - Máximo).....	50
Tabela 11 Deltas dos valores observados (posição ortostática supina).....	54
Tabela 12 Correlação de Pearson entre o delta de freqüência cardíaca e os deltas dos índices de variabilidade (posição ortostática - supina).....	54

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 DESENVOLVIMENTO</b> .....	15
2.1 OBJETIVOS.....	15
2.2 ESTUDO 1 Influência da aptidão aeróbia nos marcadores autonômicos de repouso e Ton.....	16
2.2.1 <b>Método</b> .....	19
2.2.2 <b>Resultados</b> .....	23
2.2.3 <b>Discussão</b> .....	27
2.2.3.1 Limitação.....	30
2.2.3.2 Implicação prática.....	30
2.3 ESTUDO 2 Influência do nível da atividade física nos marcadores autonômicos de repouso e Ton.....	31
2.3.1 <b>Método</b> .....	33
2.3.2 <b>Resultados</b> .....	38
2.3.3 <b>Discussão</b> .....	41
2.3.3.1 Limitações.....	44
2.3.3.2 Implicações Práticas.....	44
2.4 ESTUDO 3 Mudança postural ativa: resposta autonômica cardíaca no envelhecimento.....	45
2.4.1 <b>Método</b> .....	47
2.4.2 <b>Resultados</b> .....	50
2.4.3 <b>Discussão</b> .....	55
2.4.3.1 Limitação.....	58
2.4.3.2 Implicações Práticas.....	58
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	59
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	60
<b>ANEXOS</b> .....	74

## 1 INTRODUÇÃO

O coração tem suas funções moduladas pelo sistema nervoso autônomo (SNA), que promove respostas adaptativas às demandas periféricas (Hartikainen; Tahvarainen; Kuusela, 1998; Rosenwinkel; Bloomfield et al., 2001). Por meio da atividade nervosa simpática e parassimpática, a frequência cardíaca (FC) é modulada em diversas situações fisiológicas, como no repouso (Rosenwinkel e Bloomfield, 2001) e situações dinâmicas como testes provocativos, transição repouso exercício e exercício repouso. Ferramentas não-invasivas como a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) constituem um método fidedigno para avaliação simpato-vagal, tendo implicações de prognósticos e mortalidade cardiovascular (Task Force, 1996; Tsuji et al., 1996; Buch; Coote; Townend, 2002; Sztajzel, 2004). Inúmeros estudos analisam VFC em situação de repouso, no qual há equilíbrio simpato-vagal (Melanson; Freedson, 2001; Hautala et al., 2003; Kawaguchi et al., 2007). A modulação autonômica cardíaca também pode ser analisada em situações dinâmicas, que provocam perturbações no funcionamento do sistema cardiovascular com objetivo de verificar a capacidade de resposta do SNA. Normalmente, são utilizados procedimentos simples como: início abrupto de exercício para observar o transiente inicial da frequência cardíaca (Ton) (Araújo, 1985; Nóbrega; Castro; Araújo, 1990; Nóbrega et al., 1994; Almeida; Araújo, 2003; Araújo; Ricardo; Almeida, 2003), bem como interrupção abrupta do exercício para observar o transiente final da FC (Cole et al., 1999; Cole et al., 2000; Goldberger et al., 2006). Utilizam-se também manobras posturais, em que a mudança da posição supina para a ortostática provoca perturbações SNA como manobra postural passiva e ativa (MPA) (Lipsitz et al., 1990; Furlan et al., 2000; Laitinen et al., 2003; Martinelli et al., 2005; Grant et al., 2009).

A influência da aptidão aeróbia e do nível de atividade física (NAF) em repouso e até em situações dinâmicas como no Ton, ainda não está totalmente esclarecida. Algumas evidências apresentadas demonstram que indivíduos com maiores níveis de aptidão aeróbia, possuem maior atuação autonômica cardíaca evidenciada por maiores índices de VFC durante o repouso (Buchheit, Grinde; 2006; Hautala et al., 2003; Marocolo; Nadal; Barbosa, 2007; Kawaguchi et al., 2007), em contrapartida, resultados semelhantes não foram confirmados nos estudos de Byrne et al.(1996), Tulppo et al.(1998), Melanson et al. (2001); Grant et al.(2009). Na transição repouso exercício, no Ton, indivíduos com maiores níveis de aptidão

aeróbia, como no caso dos atletas, apresentaram respostas atenuadas da FC, possivelmente por um mecanismo de adaptação ao treinamento que promove perda da sensibilidade dos receptores periféricos (Miyamura et al., 1997; Sato et al., 2004). Entretanto, indivíduos cardiopatas também apresentam respostas atenuadas da FC no Ton, por diminuição da atuação vagal em repouso (Ricardo et al., 2005; Leeper et al., 2007). Os estudos que demonstram relação entre aptidão aeróbia e modulação autonômica cardíaca analisam indivíduos extremos, com altos níveis de  $VO_2$  max em comparação com indivíduos com baixos níveis de  $VO_2$  max ou que apresentam patologias cardiovasculares. Entretanto a relação entre  $VO_2$  max e VFC parece não ser linear (Hautala, Kiviniemi, Tulppo 2009). Grupos homogêneos com controle do nível de atividade física e apresentando somente alterações no nível de aptidão aeróbia determinados geneticamente, podem não apresentar modificações autonômicas em repouso. Quando submetidos ao exercício, a capacidade de adaptação pode ser melhor, demonstrando a influência da aptidão aeróbia em situações dinâmicas.

Com relação à influência do NAF no repouso e situações dinâmicas, alguns estudos demonstraram que indivíduos com maiores NAF comparados com indivíduos com baixos NAF, possuem maior atuação autonômica cardíaca evidenciada por maiores índices de VFC no repouso (Buchheit et al., 2004; Buchheit et al., 2005; Buchheit et al., 2007; Sandercock et al., 2008) e no transiente final, com melhora da FC de recuperação (Buchheit; Gindre, 2006; Guerra et al., 2009). Com relação ao Ton, há poucas evidências na literatura. Alguns estudos observaram que atletas com alto NAF apresentaram resposta atenuada da FC no Ton (Miyamura et al., 1997, Sato et al., 2004). Outros estudos em animais com arritmias relatam, que ao serem submetidos ao treinamento aeróbio, demonstraram melhora do comportamento da FC no Ton (Billman; Kukiekkka; 2006 e 2007). Na maioria dos estudos que analisam o NAF na VFC, seja em repouso ou no Ton, a influência da aptidão aeróbia inicial dos indivíduos não é analisada isoladamente. Como o  $VO_2$  max é influenciado tanto por fatores genéticos, quanto por ambientais (Bouchard et al, 1999), o estudo da modulação autonômica cardíaca controlando o  $VO_2$  max permite que se façam suposições quanto ao componente adquirido da modulação autonômica cardíaca.

Outra situação dinâmica à qual o organismo necessita adaptar-se é a manobra postural ativa (MPA). Consiste na mudança rápida da posição supina para

ortostática, caracterizada por maior ativação simpática e menor atividade vagal que persistem na postura ortostática para manutenção hemodinâmica (Paschoal et al., 2006). A MPA, além de ser um procedimento simples, é mais efetiva que a passiva para avaliação da resposta autonômica cardíaca. As manobras ativas exigem maior ativação do comando central e dos receptores periféricos (Nóbrega et al.; 1994). Ocorre contração da musculatura de membros inferiores o que desencadeia maiores valores de FC, a partir da condição de repouso até a permanência na posição bípede, Além disso, A MPA se assemelha às atividades da vida diária (Smitt et al., 1999; Paschoal et al., 2006). Sabe-se que o envelhecimento acarreta a diminuição da VFC de repouso (Jensen-Urstad, 1997; Craft; Schwartz, 1995; Kuo et al., 1999; Agelink, 2001; Migliaro et al., 2001; Laitinen et al., 2003; Stratton et al., 2003 Marães et al., 2004; Pachoal et al., 2006) e conseqüentemente menor capacidade de adaptação à teste provocativos (Kaplan et al., 1991; Laitinen et al., 2003; Pachoal et al., 2006). Entretanto, os mecanismos fisiológicos envolvidos ao adotar a postura ortostática, com o aumento da idade, ainda não estão totalmente esclarecidos. Paschoal et al. (2006) observaram que idosos apresentaram menores deltas de FC ao adotar a postura ortostática, sem modificações significativas dos índices lineares de VFC. Partindo desse ponto, pode se questionar como ocorre o aumento da FC em resposta a MPA em indivíduos com idade acima de 50 anos, se os índices lineares não apresentaram modificações significativas com a MPA. Uma hipótese é que índices não lineares que avaliam a complexidade do sistema e equilíbrio simpato-vagal possam esclarecer o mecanismo de adaptação ao envelhecimento ao adotar a postura ortostática.



## **2 DESENVOLVIMENTO**

O estudo atendeu as normas para a realização de pesquisas em seres humanos do Conselho Nacional de Saúde, Resolução 196/96, de 10/10/1996. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Federal de Juiz de Fora com o parecer de número de 1230.276.2007 (Anexo A). Para os estudos foram recrutados 48 sujeitos, escolhidos intencionalmente por conveniência. Todos os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo B) e se prontificaram a participar dos estudos. A fundamentação teórica, coleta e análise de dados foram realizadas no Laboratório de Avaliação Física localizado nas dependências do Centro de Atenção à Saúde- HU/ CAS da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Partindo da hipótese de que a VFC e FC no transiente inicial são marcadores da atividade autonômica cardíaca, influenciados por diversos fatores como aptidão aeróbia, nível de atividade física e idade. A presente dissertação foi elaborada a partir de três objetivos que foram desenvolvidos em três artigos apresentados a seguir.

### **2.1 OBJETIVOS**

Determinar as respectivas associações da aptidão aeróbia, nível de atividade física e idade com a modulação autonômica cardíaca por meio da análise da FC e VFC em condições de repouso, no Ton e na postura ortostática em indivíduos saudáveis.

## 2.2 ESTUDO 1 Influência da aptidão aeróbia nos marcadores autonômicos de repouso e Ton.

No início do exercício súbito, é observada modificação da frequência cardíaca (FC), conhecida como transiente inicial (Ton) (Araújo, 1985). A FC no Ton é marcador da atividade autonômica cardíaca durante o primeiro minuto do exercício, no qual se observam dois comportamentos fisiológicos distintos, conhecidos como transiente rápido (Ton<sub>R</sub>) e transiente lento (Ton<sub>L</sub>). Estudos realizados com bloqueadores farmacológicos concluíram que Ton<sub>R</sub> ocorre em torno dos 10 à 15 s, mediado pela retirada vagal (Fagraeus; Linnarsson, 1976; Araújo, 1985; Baum et al., 1991; Orizio et al., 1988, Nóbrega; Castro; Araújo, 1990; Nóbrega; Araújo, 1993; Nóbrega et al., 1994) determinada pelo comando central e por receptores sensitivos periféricos, tanto no exercício voluntário, quanto no movimento passivo (Nóbrega; Araújo, 1993, Sato et al., 2004; Vianna; Ricardo; Araújo, 2008), independente da carga do exercício (Araújo, 1985). O Ton<sub>L</sub>, ocorre no período de 15 à 120 s, é determinado pela atividade simpática que se sobrepõe à vagal (Falcone et al., 2005; Leeper et al., 2007; Mattioli; Araújo, 2009). O gráfico 1 demonstra o comportamento da FC no Ton e os componentes Ton<sub>R</sub> e Ton<sub>L</sub>. Métodos comumente utilizados para avaliação da função autonômica no Ton são conhecidos como: delta da FC (Falcone et al., 2005; Leeper et al., 2007), índice vagal cardíaco (Nóbrega; Castro; Araújo, 1990; Araújo; Ricardo; Almeida, 2003; Ricardo et al., 2005) e ajuste exponencial (Javorka et al., 2003).

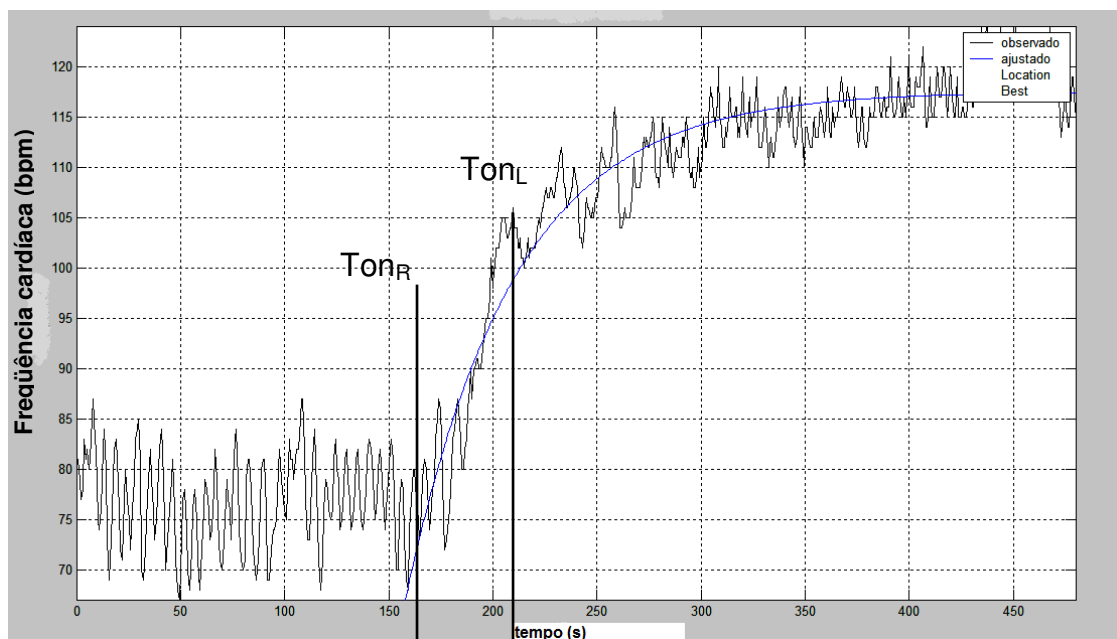
A relação entre atividade autonômica cardíaca e aptidão aeróbia não está totalmente esclarecida. Alguns estudos verificaram altos níveis de aptidão aeróbia e aumento da atividade vagal de repouso, em populações atletas ou após período de treinamento aeróbio (Hautala et al., 2003; Marocolo; Nadal; Barbosa, 2007; Kawaguchi et al., 2007). Associação positiva, também foi verificada em indivíduos ativos, de meia-idade, envolvendo amostra de sujeitos com VO<sub>2</sub> max excelente (Buchheit; Gindre 2006). Entretanto, o mesmo resultado não foi confirmado nos estudos de Byrne et al. (1996), Tulppo et al. (1998) em que indivíduos com diferentes capacidades aeróbias não apresentaram alterações significativas na VFC em repouso. Grant et al. (2009) estudaram indivíduos jovens que realizavam atividade física moderada e não observaram forte correlação entre os índices de VFC em repouso e VO<sub>2</sub> max. Melanson; Freedson (2001) também não observaram

correlação entre VFC de repouso e  $VO_2$  max em indivíduos jovens submetidos ao treinamento aeróbio.

Em situações dinâmicas, alguns estudos demonstram que indivíduos com melhores níveis de aptidão aeróbia apresentam maior atividade vagal durante o exercício, reforçando que a atividade vagal confere maior efeito protetor e menor risco de morte súbita (Schwartz; Billman; Stone, 1984; Vanoli et al. 1991; Hull et al., 1994). Tulppo et al. (1998) não observaram em repouso alteração da VFC em indivíduos com diferentes níveis de aptidão aeróbia, entretanto observaram que indivíduos com maiores valores de aptidão aeróbia apresentaram maiores valores da banda de alta frequência (HF) durante o exercício, quando comparados com indivíduos de aptidão aeróbia baixa. Com relação ao Ton, estudos em atletas observaram menores respostas da FC durante o início do exercício voluntário e passivo. Miyamura et al. (1997) verificaram respostas atenuadas da FC em corredores de endurance concluindo que fatores como tipo de fibra muscular, perda da sensibilidade dos mecanorreceptores e efeito do treinamento a longo prazo podem interferir no Ton. Sato et al. (2004) ao analisarem o comportamento hemodinâmico em atletas velocistas confirmaram que a perda da sensibilidade dos receptores e a maior atividade vagal oriunda do treinamento podem explicar essas respostas atenuadas. Ricardo et al. (2005) afirmaram que indivíduos com baixos níveis de  $VO_2$  max retratavam alteração no Ton, vislumbrada pela alteração do índice vagal cardíaco (IVC), durante o teste T4s e pela diminuição da atividade vagal de repouso. Esse comprometimento também é visualizado em indivíduos coronariopatas com repercussões diretas no sistema nervoso autônomo tanto no repouso quanto no Ton, o que demonstra associação entre indivíduos com aptidão aeróbia baixo e Ton (Ricardo et al., 2005; Leeper et al., 2007).

Observamos que vários estudos demonstraram relação entre aptidão aeróbia e modulação autonômica cardíaca em indivíduos com características extremas, com altos níveis de  $VO_2$  max em comparação com indivíduos com baixos níveis de  $VO_2$  max ou que apresentam patologias cardiovasculares. Entretanto, a relação entre  $VO_2$  max e VFC parece não ser linear (Hautala, Kiviniemi, Tulppo 2009). Grupos homogêneos, com controle do nível de atividade física e apresentando nível de aptidão aeróbia próximos à media populacional, podem não apresentar modificações autonômicas em repouso. Em indivíduos de aptidão aeróbia mais alta, quando submetidos ao exercício, a capacidade de adaptação pode ser melhor,

demonstrando a influência da aptidão aeróbia em situações dinâmicas. Diante do exposto o estudo tem objetivo de observar as respectivas associações da atividade autonômica cardíaca em repouso e no Ton em indivíduos com níveis de aptidão aeróbia próximos à média populacional, considerando, para população jovem, valor de 40 ml/kg/min (Balady, et al. 2000). E, também, testar a utilização do método proposto por Goldberger et al., 2006, que avalia a atividade vagal cardíaca no final do exercício por meio do índice RMSSD. O índice RMSSD, raiz média quadrática das diferenças sucessivas dos intervalos R-R, foi adaptado para avaliação dinâmica no início do exercício, optou-se pelo janelamento de 15 segundos mais adequado para observar o TON (Fagraeus; Linnarsson, 1976; Araújo, 1985; Baum et al., 1991; Orizio et al., 1988, Nóbrega; Castro; Araújo, 1990; Nóbrega; Araújo, 1993; Nóbrega et al., 1994). Algumas evidências apresentadas demonstram que indivíduos jovens, com nível de aptidão aeróbia próximos aos da média populacional, não apresentam modificações da VFC de repouso e que em situações dinâmicas como no exercício, é evidenciada melhor resposta em indivíduos com maiores níveis de  $VO_2$  max (Tulppo, 1998). Pretendeu-se testar a hipótese de que indivíduos com características homogêneas com controle do nível de atividade física, apresentando diferenças pequenas no nível de aptidão aeróbia, não apresentaram diferenças autonômicas cardíacas no repouso, sendo que no Ton apresentaram melhor capacidade de adaptação.



**Gráfico 1** – Ton e seus componentes rápido ( $Ton_R$ ) e lento ( $Ton_L$ )  
 Fonte: A autora

### 2.2.1 Método

Sujeitos: Vinte e oito indivíduos jovens, saudáveis, do gênero masculino, com idade de 18 a 29 anos foram selecionados para participar do estudo. Todos os participantes contemplavam os seguintes critérios de inclusão: Ausência de alterações do ritmo cardíaco, hipertensão arterial sistêmica, obesidade, tabagismo, história de doenças cardiovasculares e limitações osteomioarticulares. Não faziam uso de qualquer tipo de medicamento que pudesse interferir no SNA.

Todos os voluntários foram orientados a respeito de sua participação no estudo. Após concordarem em participar da pesquisa, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da instituição de execução da pesquisa (parecer no. 1230.276.2007).

Procedimento experimental: As coletas foram sempre realizadas no período de 7:00 às 12:00 h, para que as alterações relacionadas às variações circadianas da FC fossem minimizadas, em local sem ruídos, com temperatura ambiente em torno de 22 – 25°C, depois de uma refeição leve realizada, pelo menos, uma hora antes da coleta. Os voluntários foram orientados a não consumir bebidas que contivessem cafeína no dia da coleta e a não ingerir álcool e não realizar atividade física vigorosa 24 horas antes dos testes. Também foi solicitado que os voluntários dormissem um tempo mínimo de 7 horas na noite anterior aos registros. Os voluntários foram familiarizados com o protocolo que consistia em duas avaliações, teste cardiopulmonar máximo e teste submáximo.

Avaliação inicial: Após a anamnese inicial, em que eram aplicados os critérios de inclusão e exclusão, realizou-se a avaliação antropométrica, que consistiu na mensuração da massa corporal e da estatura. A partir das medidas de massa corporal e estatura, foi calculado o índice de massa corporal (IMC). As dobras cutâneas (peito, abdômen e coxa) foram mensuradas pelo adipômetro (Lange) para cálculo do percentual de gordura corporal (% GC) (Jackson; Pollock, 1978). A monitorização eletrocardiográfica foi utilizada com o objetivo de identificar alterações no ritmo cardíaco. Para isso, observou-se o traçado eletrocardiográfico na derivação MC5 no monitor de ECG (Miniscope II, Instramed). Foi aplicado o questionário de Baecke, na forma de entrevista individualizada, para mensurar o nível de atividade física. (Baecke; Burema; Frijters, 1982; Florindo; Latorre, 2003). O questionário permite a obtenção de escores do nível de atividade física habitual em três domínios: ocupacional, exercício físico/esporte, lazer/locomoção. O domínio

exercício físico/esporte foi expresso por seus valores brutos que consideram intensidade, duração e frequência. A intensidade da atividade foi baseada no Compêndio de Gasto Energético que contém estimativa dos dispêndios energéticos de diversas atividades e permite a classificação em leve, moderada ou intensa (Ainsworth et al., 1993). Quanto maior o escore alcançado no questionário, maior o nível de atividade física.

Teste cardiopulmonar máximo: Realizou-se o teste cardiopulmonar máximo (TCPM) em bicicleta ergométrica (ERGOFIT, Ergo 167 cycle), seguindo um protocolo incremental, sendo a potência inicial de 25 W e o incremento de 25 W/min, com manutenção de 50 a 60 rpm. A coleta e análise de gases expirados foi realizada continuamente, pelo analisador metabólico VO<sub>2</sub>OOO (MedGraphics, EUA) calibrado no modo automático antes de cada teste. O consumo de oxigênio e demais variáveis foram amostradas em intervalos de 20s. A partir do TCPM, identificou-se o VO<sub>2</sub> max para agrupamento dos voluntários. O TCPM foi considerado máximo quando se observavam as condições: nível de percepção de esforço 9-10 na escala de 10 pontos de Borg, quociente respiratório > 1,1, alcance de, pelo menos, 85% FC máxima prevista pela idade (Balady, 2002).

Teste submáximo: Dois dias após o TCPM, o voluntário permaneceu na posição supina por 15 min em respiração espontânea para o registro da FC por meio cardiofrequencímetro Polar modelo RS810i (Polar® Electro Ltd, Kempele, Finlândia). Após a coleta dos batimentos cardíacos, a pressão arterial (PA) foi mensurada pelo método auscultatório com um esfigmomanômetro de mercúrio (TAKAOKA). Após a coleta em supino, o voluntário foi orientado a realizar exercício em cicloergômetro com carga correspondente ao primeiro limiar ventilatório, detectado através do menor razão VE/VO<sub>2</sub> (Balady, 2002). Antes da execução o voluntário permaneceu sentado durante três minutos em repouso e após o comando do pesquisador realizou o exercício mantendo 60 rpm durante 10 minutos.

Análise da FC e VFC em repouso: A FC e VFC foram analisadas nos últimos 5 min do período de repouso, quando as variáveis já se encontram estabilizadas (Task Force, 1996; Agelink, 2001). Os dados registrados no cardiofrequencímetro foram transferidos para o computador por meio de interface com dispositivo infra-vermelho, utilizando o software Polar Precision Performance SW (Polar Filand). Os iRR (intervalos entre as ondas R do ECG originados da despolarização sinusal) foram processados pelo Software Kubios HRV versão 2.0. Optou-se pela utilização do filtro

de correção médio, pelo método de interpolação e análise visual dos dados para detecção de erros. Índices lineares de VFC foram calculados de acordo com as recomendações propostas pelo Task Force of the European Society and North American Society of Pacing and Eletrophysiology (1996). No domínio do tempo, foram calculados os seguintes índices: SDNN (desvio padrão dos iRR), RMSSD (raiz quadrada da média da diferença entre iRR consecutivos), pNN50 (porcentagem dos iRR nos quais as diferenças sucessivas entre eles são maiores do que 50 ms). O SDNN reflete a participação de todos os componentes rítmicos responsáveis pela VFC, relacionados à contribuição de ambas as alças do SNA sobre o nódulo sinusal, enquanto que a RMSSD e pNN50 refletem as oscilações em altas frequências, relacionadas à atuação vagal. Para a análise espectral, foi construído o espectro de potência do sinal de FC, por meio de algoritmo não-paramétrico baseado na transformada rápida de Fourier, após remoção de tendência (smooth prior) e reamostragem dos dados a 4 Hz usando splines cúbicas (Tarveinen; Ranta-Aho; Karjalainen, 2002). A partir do espectro de potência, foram calculados: o componente de baixa frequência em valores absolutos (LF; 0,04-0,15 Hz), relacionado aos mecanismos barorreflexos e indicador de predomínio simpático; o componente de alta frequência em valores absolutos (HF; 0,15-0,40 Hz), relacionado à atividade vagal e a razão LF/HF, que caracteriza o balanço simpato-vagal (Task Force, 1996).

Análise da FC e VFC no transiente inicial: Os iRR registrados durante todo o protocolo experimental foram registrados pelo cardiofrequencímetro Polar modelo S810i (Polar® Electro Ltd, Kempele, Finlândia). O Ton foi analisado durante o exercício submáximo. Para evitar a influência da mudança postural, os voluntários permaneceram sentados durante três minutos no cicloergômetro. Para análise do Ton, foi calculado o índice RMSSD, raiz quadrada da média da diferença entre iRR consecutivos, a cada intervalo de 15 s, durante os 6 primeiros minutos do registro (RMSSD15), por meio do software Matlab (Mathworks®, Massachussets, EUA) (Goldberger et al., 2006). Optou-se pelo janelamento de 15 s, devido a retirada vagal ocorrer de 10-15s, que corresponde ao Ton<sub>R</sub>. Após 15s até 60 e 180s, ocorre o Ton<sub>L</sub>, no qual a retirada vagal não ocorre de modo expressivo. O cálculo do índice RMSSD15 permite análise tanto do Ton<sub>R</sub> quanto do Ton<sub>L</sub>.

Para análise o Ton<sub>L</sub> foram utilizados índices que analisam o comportamento da FC após 15 s. Com isso, foi utilizados o valor de FC, deltas de FC e função

exponencial. Foram analisados os índices: FC30s, corresponde a FC obtida 30 s após o início do exercício e o D30s, diferença entre a FC obtida aos 30 s e a FC de repouso. FC 60s, corresponde a FC obtida no primeiro minuto após o início do exercício e D60s- diferença entre a FC obtida no primeiro minuto e a FC de repouso. A função exponencial, baseada na equação proposta por Javorka et al., 2003, ( $FC = FCo + Aon \{1 - \exp[-(time - ton)/T]\}$ ); onde FC= frequência cardíaca; FCo= frequência cardíaca inicial, ton = tempo do início do exercício, Aon = amplitude, T= constante de tempo. Essa função foi realizada pelo software Matlab (Mathworks®, Massachussets, EUA), nos quais os índices que correspondem ao Ton<sub>L</sub> foram amplitude (Aon) corresponde ao ganho da FC e a constante de tempo (T) tempo para atingir a FC corresponde ao exercício. O Gráfico 2 ilustra o delta de FC e função exponencial.

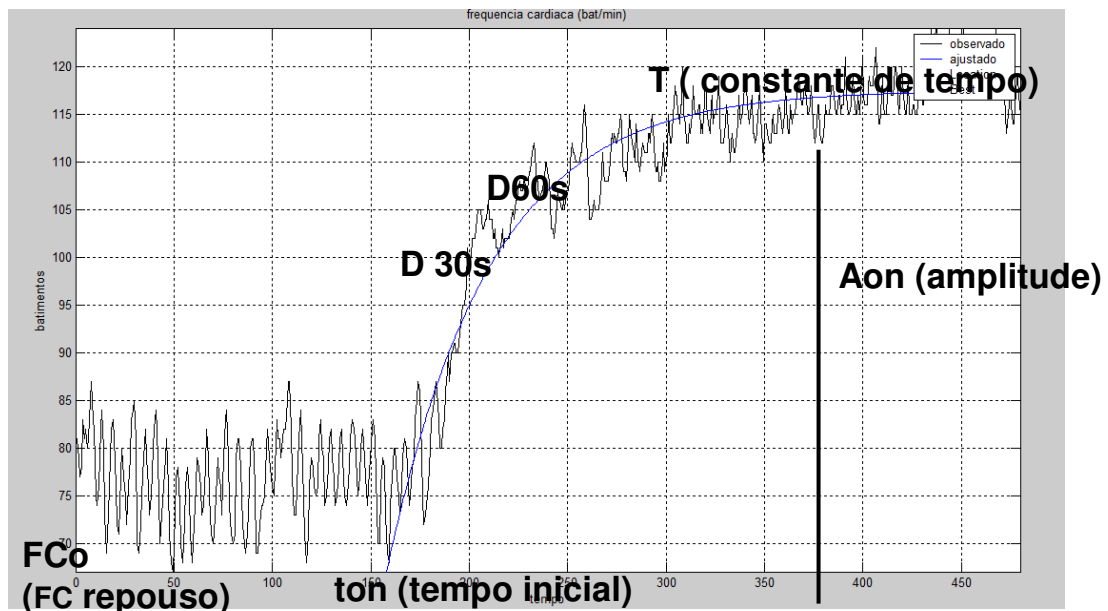


Gráfico 2 – Exercício submáximo com carga no primeiro limiar ventilatório. Índices do Ton<sub>L</sub>.

Fonte: A autora

#### Tratamento estatístico

Os resultados foram apresentados como média e erro padrão da média. A distribuição normal foi verificada pelo teste Shapiro – Wilk's. As variáveis LF e HF não apresentaram distribuição normal, sendo analisadas após a transformação logarítmica natural. Para testar as relações entre as variáveis, foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson entre VO<sub>2</sub> max e os índices de VFC em



repouso e índices do Ton. Após o cálculo da correlação, os indivíduos foram alocados em dois grupos de acordo com o nível de aptidão aeróbia ( $VO_2$  max) calculado por meio da mediana do grupo (mediana = 40,7 ml/kg/min), sendo delimitados grupo com  $VO_2$  alto com valores acima ou iguais a mediana e grupo com  $VO_2$  baixo, com valores abaixo. Para testar a significância das diferenças entre os grupos ( $VO_2$  alto e  $VO_2$  baixo), foi realizado o teste “t” de Student para amostras independentes ( $p < 0,05$ ). Para identificação de diferenças entre os valores de RMSSD15 dos dois grupos, foi utilizada análise de variância para medidas repetidas com dois fatores (tempo x grupo), seguida do teste post hoc de Tukey ( $p < 0,05$ ). Também calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson entre os índices de VFC em repouso e índices do Ton. As análises foram realizadas pelo software Statistica (versão 7.0).

## 2.2.2 Resultados

### Características da amostra

Os dados antropométricos, os valores pressóricos e os níveis de aptidão aeróbia e atividade física estão descritos na Tabela 1. Não houve diferenças significativas, entre os grupos, quanto à idade, massa corporal, estatura, IMC, % GC e valores pressóricos em repouso. O nível de atividade física e o valor bruto exercício físico/esporte foram semelhantes entre os grupos. Foi observada diferença significativa em relação às potências do exercício submáximo em valores absolutos entre os grupos ( $115 \pm 29,5$  W grupo  $VO_2$  alto,  $90 \pm 24$  W grupo  $VO_2$  baixo).

**Tabela 1** - Dados antropométricos, valores pressóricos, nível de aptidão aeróbia e atividade física (Média  $\pm$  Erro padrão da média)

Variáveis	$VO_2$ alto (n=15)	$VO_2$ baixo (n=13)
Massa corporal (kg)	72,9 $\pm$ 9,7	73,9 $\pm$ 9,4
Estatura (m)	1,7 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,1
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	23,0 $\pm$ 2,3	24,5 $\pm$ 2,0
Gordura (%)	11,0 $\pm$ 3,0	12,6 $\pm$ 3,8
Pressão arterial sistólica (mmHg)	115,0 $\pm$ 10,5	122,0 $\pm$ 11,9
Pressão arterial diastólica (mmHg)	73,0 $\pm$ 6,9	72,0 $\pm$ 9,8
$VO_2$ pico (ml/kg/min)	46,4 $\pm$ 5,3 *	35,5 $\pm$ 3,2
Potência do exercício submáximo (W)	115,0 $\pm$ 30,0 *	93,0 $\pm$ 24,0
$\Sigma$ Nível de atividade física	8,2 $\pm$ 1,3	8,2 $\pm$ 0,9
Valor bruto exercício físico/esporte	1,9 $\pm$ 2,2	2,8 $\pm$ 2,8

\* diferença significativa entre os grupos

Fonte : A autora

Relação entre aptidão aeróbia, índices de variabilidade da frequência cardíaca e índices do Ton.

Houve correlação positiva entre  $VO_2$  max e os índices do Ton, Aon e D60. Com relação aos índices de VFC de repouso não houve correlação estatisticamente significativa com  $VO_2$  max (Tabela 2). A Tabela 3 demonstra que não houve correlação entre os índices de VFC do repouso e índices do Ton.

**Tabela 2** - Correlação entre o  $VO_2$  max e índices do Ton e de VFC no repouso

Índices	r	Índices	r
FC (bpm)	-0,09	Amplitude – Aon	0,40*
SDNN (ms)	-0,29	Constante de tempo T(s)	-0,10
RMSSD (ms)	-0,22	FC 30s	0,18
pNN50 (%)	-0,25	FC 60s	0,34*
LF (log) ( $ms^2$ )	-0,23	D30s	0,23
HF(log) ( $ms^2$ )	-0,31	D60s	0,31*
Razão LF/HF	0,10		

\*- p (0,05)

Fonte : A autora

**Tabela 3** - Correlação entre os índices da VFC no repouso e os índices do Ton.

VFC em repouso	Índices no Ton					
	Aon	T	FC 30s	FC 60s	D30s	D60 s
FC (bpm)	-0,41*	0,08	0,34*	0,10	-0,67*	-0,69*
SDNN (ms)	-0,08	-0,05	0,06	0,00	0,28	0,19
RMSSD (ms)	-0,01	-0,05	0,07	0,04	0,43	0,33
pNN50 (%)	0,00	-0,03	-0,02	-0,03	0,43	0,33
LF (log) ( $ms^2$ )	-0,08	-0,04	0,02	-0,03	0,14	0,07
HF (log) ( $ms^2$ )	0,02	-0,01	0,06	0,03	0,36	0,27
Razão LF/HF	-0,07	-0,01	-0,12	-0,13	-0,34	-0,29

\*- p (<0,05)

Fonte : A autora

Influência do nível de aptidão aeróbia na modulação autonômica cardíaca em repouso.

A FC de repouso, os índices da VFC no domínio do tempo SDNN, RMSSD e pNN50 não foram significativamente diferentes entre os grupos. Para as medidas de VFC no domínio da frequência também, não houve diferença significativa (Tabela 4).

**Tabela 4** - Frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca em repouso no domínio do tempo e da frequência dos grupos (Média ± Erro padrão da média)

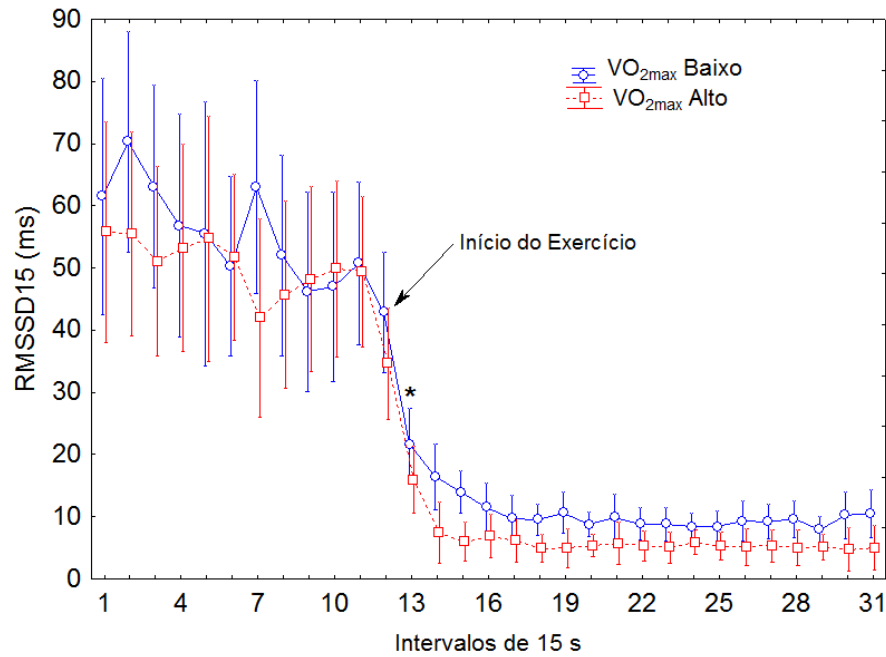
VFC em repouso	VO <sub>2</sub> alto (n=15)	VO <sub>2</sub> baixo (n=13)	p valor
FC (bpm)	64,3 ± 9,8	65,0±8,2	0,30
SDNN (ms)	50,3 ± 23,5	63,8 ± 27,6	0,17
RMSSD (ms)	52,2 ± 28,9	65,7 ± 32,7	0,26
pNN50 (%)	27,2 ± 19,7	35,6 ± 21,8	0,29
LF (log) (ms <sup>2</sup> )	7,0 ± 0,9	7,2 ± 0,9	0,53
HF (log) (ms <sup>2</sup> )	6,7 ± 0,9	7,1 ± 0,9	0,44
Razão LF/HF	1,51 ± 1,0	1,25 ± 0,6	0,45

\*- p (<0,05)

Fonte : A autora

Influência do nível de aptidão aeróbia na modulação autonômica cardíaca no Ton.

A Gráfico 3 ilustra o comportamento do índice RMSSD15 durante os primeiros 6 minutos do registro. Nos primeiros 15s de exercício (momento 12 para 13 no gráfico), pode – se notar redução significativa dos valores RMSSD15, o que sugere redução da atividade vagal. Dos 15s aos 60s do exercício (momento 13 ao 16 no gráfico) observa-se redução do RMSSD15, porém sem diferença significativa. Do 60s até os 180s (momento 16 ao 31 do gráfico) há estabilização do RMSSD15. Entretanto ambos os grupos demonstram comportamentos semelhantes em todos os momentos. Análise exponencial no Ton mostrou diferença estatisticamente significativa na amplitude (ganho), FC 60s e D 60s sendo que o grupo VO<sub>2</sub> alto apresentou maiores valores desses índices em comparação com o grupo VO<sub>2</sub> baixo ( Tabela 3).



\* Diferença em relação ao intervalo anterior ( $p < 0,05$ )

**Gráfico 3** - RMSSD15 nos primeiros três minutos de repouso (janelas 1 à 12) e três minutos de exercício (janelas 13 à 31).

Fonte: A autora

**Tabela 5** – Índices de frequência cardíaca no Ton (Média  $\pm$  Erro padrão da média)

Índices	VO <sub>2</sub> alto (n=15)	VO <sub>2</sub> baixo (n=13)
Constante tempo T(s)	42,0 $\pm$ 14,7	49,1 $\pm$ 23,2
Amplitude Aon	61,5 $\pm$ 14,6 *	46,3 $\pm$ 11,8
FC 30 s (bpm)	96,8 $\pm$ 7,8	91,4 $\pm$ 9,8
FC 60 s (bpm)	111,3 $\pm$ 8,7 *	101,5 $\pm$ 10,2
D30 s (bpm)	32,7 $\pm$ 9,2	26,4 $\pm$ 10,9
D60 s (bpm)	47,2 $\pm$ 11,7*	36,4 $\pm$ 12,2

\*  $p(<0,05)$

Fonte: A autora

### 2.2.3 Discussão

Esse estudo possibilitou testar a hipótese de que indivíduos com características homogêneas, com controle do nível de atividade física, apresentando diferenças pequenas no nível de aptidão aeróbia, não apresentariam diferenças autonômicas cardíacas no repouso, sendo que no Ton apresentariam melhor capacidade de adaptação. Os resultados demonstraram que não houve correlação entre aptidão aeróbia e VFC em repouso na população estudada. Entretanto, no Ton, há correlação entre aptidão aeróbia e índices de delta 60s, FC de 60s e amplitude. O grupo com maior nível de aptidão aeróbia apresentou maior valor de FC, delta de FC, e amplitude, índices do Ton<sub>L</sub>. Não houve correlação entre os índices de VFC de repouso e índices do Ton.

#### Influência do nível de aptidão aeróbia na modulação autonômica cardíaca em repouso.

O estudo demonstrou não houve correlação entre aptidão aeróbia e VFC de repouso. Alguns estudos verificaram relação significativa entre aptidão aeróbia e VFC (Hautala et al., 2003; Marocolo, Nadal e Barbosa, 2007; Buchheit e Gindre, 2006; Kawaguchi et al., 2007). Buchheit e Gindre (2006) observaram que a VFC no domínio do tempo e da frequência em repouso apresentou correlação positiva com o nível de aptidão aeróbia, independente da carga de treinamento. No entanto, Buchheit e Gindre (2006) analisaram indivíduos ativos de meia idade em dois grupos, sendo o grupo VO<sub>2</sub> max alto com valores acima do percentil 90 para a população estudada (Balady, 2002). Moreira et al. (2009) também observaram que a aptidão aeróbia inicial é determinante da VFC em jovens sedentários com níveis de aptidão aeróbia próximos à média populacional. O que merece destaque no estudo de Moreira et al. (2009), apesar do nível de VO<sub>2</sub> max ser semelhante ao do presente estudo, a característica da amostra pode ter interferido nos resultados, pois os indivíduos com nível de aptidão aeróbio alto apresentaram menores valores de porcentagem de gordura. Há relatos na literatura de relação inversa entre nível de obesidade e ganho de peso com a VFC (Byrne et al., 1996; Peterson et al., 1988). Entretanto, a falta de relação entre aptidão aeróbia e VFC foi demonstrada por alguns estudos (Tulppo et al., 1998; Byrne et al., 1996; Grant et al., 2009, Melanson e Freedson, 2001). Indivíduos com diferentes capacidades aeróbias pareados pela idade não demonstraram diferenças significativas entre os valores de VFC em repouso no estudo de Tulppo et al. (1998). Estudo de coorte transversal em

população saudável também não encontrou nenhuma relação significativa entre aptidão aeróbia e VFC mensurada em sujeitos nas posições supina, sentada e de pé (Byrne et al., 1996). Grant et al. (2009), demonstraram que não houve correlação entre os índices de VFC que representam a atividade vagal, como RMSSD, pNN50 e HF em unidade absolutas e  $VO_2$  max em população jovem praticante de atividade física moderada, corroborando nossos achados. Melanson e Freedson, (2001) também não observaram correlação entre  $VO_2$  max e VFC em indivíduos jovens.

As controvérsias dos resultados podem ser atribuídas ao fato de que o  $VO_2$  max e a VFC parecem não serem lineares ( Hautala, Kiviniemi, Tulppo 2009). Sendo que essa relação é presente quando são comparados indivíduos com características extremas como no caso atletas e sedentários, doentes e sadios. Quando analisamos indivíduos jovens com nível de aptidão aeróbia próximo ao da média populacional (40 ml/kg/min) (Balady, 2002), apresentando características homogêneas, não foi possível observar diferenças significativas na VFC. Outro fator que pode interferir nos resultados é o nível de atividade física. Em nosso estudo, os indivíduos apresentaram capacidades aeróbias diferentes, mas com mesmo nível de atividade física mensurado através do questionário de Baecke. A maioria dos estudos que observam correlação entre altos níveis de aptidão aeróbia e aumento da atividade vagal em repouso apresentam influência da carga de treinamento na VFC. Há estudos transversais ou longitudinais com sujeitos ativos ou atletas que apresentam agregada ao alto valor de  $VO_2$  max, alta carga de treinamento (Melanson; Freedson, 2001; Hautala et al., 2003; Tulppo et al., 2003; Kawaguchi et al., 2007; Marocolo; Nadal; Barbosa, 2007).

#### Influência do nível de aptidão aeróbia no Ton

Os resultados demonstraram que o  $Ton_R$  foi semelhante entre os grupos, já no  $Ton_L$  o grupo com maior nível de aptidão apresentou maior valor de FC. Nesse estudo, a retirada vagal foi mensurada pelo do índice RMSSD15. Podemos observar que nos primeiros 15s do exercício há retirada vagal significativa. Já dos 15s aos 60s a redução desse índice continua, mas de maneira não significativa, sugerindo que nesse momento pode ser que atividade simpática sobreponha a vagal. Com essa estratégia, foi possível discriminar o componente rápido e lento do Ton (Fagraeus; Linnarsson, 1976; Araújo, 1985; Baum et al., 1991; Orizio et al., 1988, Nóbrega; Castro; Araújo, 1990; Nóbrega; Araújo, 1993; Nóbrega et al., 1994; Falcone et al., 2005; Leeper et al., 2007; Mattioli; Araújo, 2009). A utilização do

RMSSD15 foi proposta inicialmente para avaliação do transiente final do exercício, para avaliação dinâmica da reativação vagal em indivíduos saudáveis e até mesmo em pacientes com doença arterial coronariana (Goldberger et al., 2006). A utilização desse índice foi adaptada para o Ton, em que ocorre mudança súbita da atividade vagal. Nossos resultados sugerem a utilização do RMSSD15 no início do exercício como uma ferramenta não-invasiva da avaliação dinâmica do Ton, pois permite que se façam suposições a respeito da atividade vagal, sendo assim pode ser utilizado para avaliação complementar em grupos mais heterogêneos e até mesmo em indivíduos cardiopatas, pois esses apresentam diferenças mais acentuadas na atividade vagal em repouso.

Araújo (1985) analisou a influência da carga e aptidão aeróbia de indivíduos jovens e concluiu que as alterações rápidas da FC não sofrem influências dessas variáveis, de maneira semelhante ao encontrado no presente estudo. Nos primeiros 15s de exercício, as respostas autonômicas cardíacas, observadas pelo índice RMSSD15, não apresentaram diferenças significativas, pois a aptidão aeróbia e a carga não promoveram repercussões na atividade autonômica. No Ton<sub>L</sub> os resultados demonstraram que indivíduos com maiores níveis de aptidão aeróbia apresentaram maiores valores de FC e maiores deltas de FC, nesse momento observa a influência da carga na resposta da FC. Pode ser notado também que o VO<sub>2</sub> max correlaciona-se positivamente com os índices do Ton como Aon e FC 60 s. Os indivíduos com nível de aptidão aeróbia alto realizaram o exercício com cargas absolutas maiores do que o grupo com nível de aptidão aeróbia baixa. Como se sabe, no primeiro minuto do exercício há o aumento da atividade simpática que está relacionada diretamente com a carga de trabalho (Orizio et al., 1988; Rosenwinkel; Bloomfield et al., 2001; Almeida; Araújo, 2003). Leeper et al.(2007) observaram que deltas elevados de FC no primeiro minuto estavam associados ao melhor prognóstico de mortalidade em todos sujeitos e o subgrupo pacientes com doença arterial coronariana. Mattioli; Araújo (2009) também complementaram essa discussão evidenciando que indivíduos com maiores deltas de FC apresentam maior índice vagal cardíaco, isso é explicado não só pela retirada vagal, mas também pela magnitude da resposta adrenérgica ao exercício.

As análises de correlação revelaram que os índices de VFC de repouso não apresentam correlação com os índices do Ton, como também observado no estudo

de Javorka et al. (2003), o que sugere que esses índices avaliam aspectos diferentes da atividade autonômica cardíaca.

A maioria dos estudos que verificaram diferenças no Ton analisaram indivíduos cardiopatas (Falcone et al., 2005) ou com nível de aptidão abaixo da média populacional (Ricardo et al., 2005) demonstrando que a redução da atividade vagal de repouso e no Ton apresentam maior risco de mortalidade. Estudos transversais com sujeitos sedentários e atletas, observaram menores respostas da FC durante o Ton podendo ser explicadas pelos fatores como tipo de fibra muscular, perda da sensibilidade dos mecanorreceptores e efeito do treinamento à longo prazo que podem interferir no início do exercício (Miyamura et al., 1997; Sato et al., 2004). Contudo, nosso estudo possibilitou observar que não há relação entre aptidão aeróbia e VFC em indivíduos jovens em situações de repouso, mas ao realizar o exercício submáximo os indivíduos com maiores níveis de aptidão aeróbia apresentaram melhor capacidade de adaptação.

#### 2.2.3.1 Limitação do estudo

Com relação à intensidade do exercício, o estudo optou pela avaliação autonômica no exercício submáximo com carga relativa ao primeiro limiar ventilatório. Sabe-se que o  $Ton_R$  não sofre interferência da carga (Araújo, 1985). No  $Ton_L$ , a carga interfere no resultado, mesmo utilizando cargas relativas semelhantes, no primeiro limiar ventilatório, as cargas absolutas foram diferentes de acordo com o nível de aptidão aeróbia, demonstrando sua influência na resposta da FC (Orizio et al., 1988; Rosenwinkel; Bloomfield, 2001; Almeida; Araújo, 2003).

#### 2.2.3.2 Implicação prática

O presente estudo propôs analisar o Ton por meio do índice RMSSD, raiz quadrada da média da diferença entre iRR consecutivos, o qual apresenta relação com a atividade vagal cardíaca. Ao analisar o início do exercício, podemos perceber a fase rápida e lenta do exercício, mediada por ramos diferentes, vagal e simpático respectivamente. A análise do RMSSD em intervalos de tempo de 15 s, permite que se façam suposições sobre o controle autonômico no Ton. Controle do nível de atividade física, favorece o controle dos componentes adquiridos que podem influenciar no SNA.



### 2.3. ESTUDO 2 Influência do nível da atividade física nos marcadores autonômicos de repouso e Ton.

Há fortes evidências de que a prática da atividade física reduz a mortalidade e a incidência de eventos cardiovasculares, pelo aumento da atividade vagal cardíaca e redução da atividade simpática, o que permite maior estabilidade e equilíbrio simpato-vagal (Task Force, 1996; Tsuji et al., 1996; Rosenwinkel; Bloomfield et al., 2001; Buch; Coote; Townend 2002; Sztajzel, 2004). Ferramentas não-invasivas são utilizadas para avaliar a atuação autonômica e os efeitos do treinamento físico no sistema cardiovascular. Em repouso, análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) constitui um método fidedigno, com poder de prognóstico de risco de doenças cardiovasculares e mortalidade (Task Force, 1996; Tsuji et al., 1996, Buch; Coote; Townend, 2002). Em situações dinâmicas, utilizam-se índices que analisam a atividade autonômica cardíaca durante a transição repouso-exercício, como índice vagal cardíaco (IVC) (Araújo, Nóbrega, Castro, 1990; Araújo, Ricardo, Almeida, 2003; Ricardo et al. 2005), a frequência cardíaca no início do exercício (Falcone et al., 2005; Leeper et al., 2007) e frequência cardíaca de recuperação pós-exercício (FCR) (Cole et al., 1999; Cole et al., 2002). Assim, a baixa VFC, alta FCR e baixo IVC são associadas ao prejuízo da atividade vagal cardíaca e relacionadas à mortalidade cardiovascular (Cole et al., 1999; Cole et al., 2002; Falcone et al., 2005; Ricardo et al., 2005).

Estudos prévios têm sugerido que a atividade autonômica cardíaca é influenciada por diversos fatores como idade (Tsuji et al., 1996; Kuo et al., 1999), condição clínica (Buch; Coote; Townend, 2002), gordura corporal (Byrne et al., 1996), aptidão aeróbia e treinamento físico (Melanson; Freedson, 2001; Hautala et al., 2003; Tulppo et al., 2003; Buchheit; Gindre, 2006). Entretanto, há controvérsias na literatura sobre o efeito do nível de atividade física (NAF) na VFC de repouso. Buchheit et al., (2004); Buchheit et al. (2005) evidenciaram a correlação positiva entre VFC em repouso e NAF. Podemos perceber que esses estudos analisaram população de meia-idade ou idosos que já apresentavam diminuição da atividade vagal de repouso e que realizam atividade física por período de pelo menos 10 anos. Sandercock et al., (2008) avaliaram jovens homens e mulheres e observaram diferenças na modulação autonômica cardíaca em indivíduos com maiores níveis de atividade física. Já no estudo de Buchheit et al., (2007) indivíduos adolescentes que

realizavam atividade física com intensidade acima de 4 METs não houve diferença no controle autonômico cardíaco. Entretanto, outros estudos não obtiveram resultados positivos com NAF e VFC de repouso (Melanson, 2000; Buchheit; Gindre, 2006; Moreira et al., 2009).

As respostas hemodinâmicas no início do exercício (Ton) são marcadores da atividade autonômica cardíaca durante o primeiro minuto do exercício. A elevação súbita da FC em resposta ao exercício é mediada por dois mecanismos fisiológicos distintos. Nos primeiros 10 a 15 segundos, conhecidos como transiente rápido (Ton<sub>R</sub>), é mediada pela retirada vagal, dos 15 aos 60 segundos do exercício, transiente lento (Ton<sub>L</sub>), a atividade simpática se sobrepõem à vagal. Fatores como tipo do exercício (Nóbrega; Araújo, 1993), treinamento (Miyamura et al., 1997; Sato et al., 2004), diferentes condições musculares (Hotta, et al 2006), idade (Sato et al., 2000; Ishida et al., 2000) e condições clínicas (Ricardo et al., 2005; Falcone et al., 2005; Leeper et al., 2007) influenciam diretamente a resposta do Ton. Já se sabe que o Ton<sub>R</sub> não sofre influência da carga do exercício (Araújo, 1985) e nem do VO<sub>2</sub> max (Araújo, 1985; Ricardo et al., 2005), mas indivíduos cardiopatas apresentam valores atenuados do Ton<sub>R</sub> (Ricardo et al., 2005). O Ton<sub>L</sub>, também sofre modificações em relação as patologias cardiovasculares (Falcone et al., 2005; Leeper et al., 2007). Entretanto, são poucos os estudos que verificam o efeito do NAF no Ton. Alguns estudos analisaram o Ton em indivíduos com alto nível de treinamento, verificando resposta atenuada da FC em comparação aos seus pares sedentários, sendo que a perda da sensibilidade dos receptores devido ao treinamento à longo prazo e a maior atividade vagal podem explicar essas respostas (Miyamura et al., 1997, Sato et al., 2004). Outros estudos analisam a resposta ao treinamento no Ton em animais como arritmias ventriculares, demonstrando que aumento exagerado da FC no Ton é minimizado com treinamento aeróbio, ocasionando aumento dos índices relacionados atividade vagal e atenuação na resposta da FC no Ton (Billman; Kukielka, 2006; Billman; Kukielka, 2007).

Já que os estudos sobre a influência do NAF na VFC de repouso reportam resultados controversos e analisam indivíduos com NAF distintos e sem o controle da aptidão aeróbia. Sendo que, em situações dinâmicas, há poucas evidências a respeito da influência do NAF no Ton, observando somente em populações atletas ou com patologias cardiovasculares. O objetivo do estudo foi verificar a influência do NAF nos marcadores autonômicos em situação de repouso e no Ton, em indivíduos

jovens e saudáveis com aptidão aeróbia semelhante, próxima à média populacional. Algumas evidências apresentadas demonstram que indivíduos adolescentes e jovens que realizam atividade física de intensidade moderada e com nível de atividade física baixo e moderado não apresentam modificações na modulação autonômica cardíaca de repouso (Melanson, 2000; Buchheit et al., 2007; Moreira et al., 2009). Já no Ton, indivíduos com maiores níveis de treinamento, como no caso dos atletas, apresentam respostas atenuadas (Miyamura et al., 1997, Sato et al., 2004), sendo que em jovens saudáveis é pouco elucidada o comportamento no Ton. Hipotetiza-se que indivíduos jovens, saudáveis, o nível de atividade física não interfira na modulação autonômica cardíaca de repouso, podendo apresentar alguma modificação no Ton.

### **2.3.1 Método**

Sujeitos: Participaram do estudo indivíduos jovens, saudáveis, do gênero masculino, com idade de 18 a 29 anos, ativos ou sedentários. A participação exigia os seguintes critérios de inclusão: índice de massa corporal (IMC) menor do que 30 kg/m<sup>2</sup> (não obesos); não-fumantes; normotensos; não utilização de medicamentos que afetem a função cardíaca; ausência de alterações no ritmo cardíaco na monitorização eletrocardiográfica de repouso e ausência de história de doenças cardiovasculares. O voluntário deveria apresentar o mesmo nível de atividade física por pelo menos três meses, seja sedentário ou ativo. Adotaram-se como critérios de exclusão: limitações osteomioarticulares, atletas de alto rendimento, valor bruto atividade física e esporte do questionário de Baecke maior do que 14 e indivíduos que tinham hábito regular de andar de bicicleta ou aqueles que realizavam frequentemente aulas em cicloergômetros em academias de ginástica. Todos os voluntários foram, primeiramente, esclarecidos e orientados a respeito de sua participação no estudo. Após concordarem em participar da pesquisa, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da instituição de execução da pesquisa (parecer no. 1230.276.2007).

Procedimento experimental - As coletas foram sempre realizadas no período de 7:00 às 12:00 h, para que as alterações relacionadas às variações circadianas da FC fossem minimizadas, em local sem ruídos, com temperatura ambiente em torno de 22 – 25°C, depois de uma refeição leve realizada pelo menos uma hora antes da

coleta. Os voluntários foram orientados a não consumir bebidas que contivessem cafeína no dia da coleta e a não ingerir álcool e não realizar atividade física vigorosa 24 horas antes dos testes. Também foi solicitado que os voluntários dormissem um tempo mínimo de 7 horas na noite anterior aos registros. Os voluntários foram familiarizados com o protocolo que consistia em duas avaliações, teste cardiopulmonar máximo e teste submáximo.

Avaliação inicial: Após a anamnese inicial, em que eram aplicados os critérios de inclusão e exclusão, realizou-se a avaliação antropométrica, que se consistiu na mensuração da massa corporal e da estatura. A partir das medidas de massa corporal e estatura, foi calculado do índice de massa corporal (IMC). As dobras cutâneas (peito, abdômen e coxa) foram mensuradas pelo adipômetro (Lange) para cálculo do percentual de gordura corporal (% GC) (Jackson; Pollock, 1978). A monitorização eletrocardiográfica foi utilizada com o objetivo de identificar alterações no ritmo cardíaco. Para isso, observou-se o traçado eletrocardiográfico na derivação MC5 no monitor de ECG (Miniscope II, Instramed). Foi aplicado o questionário de Baecke para mensurar o nível de atividade física da amostra (Baecke; Burema; Frijters, 1982; Florindo; Latorre, 2003). A informação obtida com a aplicação do questionário, na forma de entrevista individualizada, permite a obtenção de escores do nível de atividade física habitual em três domínios, sendo eles: ocupacional, exercício físico/esporte, lazer/locomoção. O domínio exercício físico/esporte foi expresso por seus valores brutos que consideram intensidade, duração (horas/semana) e frequência (meses/ano) da atividade (Buchheit; Gindre, 2006). A intensidade da atividade foi baseada no Compêndio de Gasto Energético que contém estimativa dos dispêndios energéticos de diversas atividades e permite a classificação em leve, moderada ou intensa (Ainsworth et al., 1993).

Teste cardiopulmonar máximo: Realizou-se o teste cardiopulmonar máximo (TCPM) em bicicleta ergométrica (ERGOFIT, Ergo 167 cycle), seguindo um protocolo incremental, sendo a potência inicial de 25 W e o incremento de 25 W/min, com manutenção de 50 a 60 RPM. A coleta e análise de gases expirados foi realizada continuamente, pelo analisador metabólico VO<sub>2</sub>000 (MedGraphics, EUA) calibrado no modo automático antes de cada teste. O consumo de oxigênio e demais variáveis foram amostradas em intervalos de 20 s. A partir do TCPM identificou-se o VO<sub>2</sub> max. O TCPM foi considerado máximo quando se observavam as condições: nível de percepção de esforço 9-10 na escala de 10 pontos de Borg,

quociente respiratório  $> 1,1$ , alcance de, pelo menos, 85% FC máxima prevista pela idade (Balady, 2002).

Teste submáximo: Dois dias após o TCPM, foi realizada a coleta dos batimentos cardíacos, no qual o voluntário permaneceu na posição supina por 15 minutos em respiração espontânea para o registro da FC por meio cardiofrequencímetro Polar modelo RS810i (Polar® Electro Ltd, Kempele, Finlândia). Após a coleta dos batimentos cardíacos a pressão arterial (PA) foi mensurada pelo método auscultatório com um esfigmomanômetro de mercúrio (TAKAOKA). Após a coleta em supino, o voluntário foi orientado a realizar exercício em bicicleta ergométrica com carga correspondente ao primeiro limiar ventilatório, detectado através do menor razão  $VE/VO_2$  (Balady, 2002). Antes da execução o voluntário permaneceu sentado durante três minutos em repouso e após o comando do pesquisador realizou o exercício mantendo 60 rpm durante 10 minutos.

Designação dos grupos experimentais: Participaram da coleta 28 indivíduos de acordo com os critérios de inclusão estabelecidos. Após a realização de teste cardiopulmonar máximo em cicloergômetro (TCP), limitou-se  $VO_2$  max, próximo à média populacional de indivíduos jovens (Balady, 2002) foram incluídos no estudo os indivíduos que apresentaram valores de  $VO_2$  max inferiores a 52 ml/kg/min (percentil 95) e superiores a 25 ml/kg/min (percentil 5), para que fosse possível formar um grupo homogêneo quanto ao nível de aptidão aeróbia. Portanto, a amostra final foi constituída por 26 indivíduos. Após minimizar o efeito da aptidão aeróbia, os voluntários foram divididos de acordo com a pontuação domínio exercício físico/esporte que foi expresso por seus valores brutos que consideram intensidade, duração e frequência. A intensidade da atividade foi baseada no Compêndio de Gasto Energético que contém estimativa dos dispêndios energéticos de diversas atividades e permite a classificação em leve, moderada ou intensa (Ainsworth et al., 1993). O grupo sedentário (SE) apresentou valor igual a zero que corresponde a não realização de nenhuma atividade física sistematizada por período de tempo estipulado de no mínimo três meses. O grupo ativo (AT) apresentou valores acima de um no domínio exercício físico/esporte que corresponde à realização de atividade física sistematizada por período de tempo estipulado de acima de seis meses (Buchheit; Gindre, 2006).

Análise da FC e VFC em repouso: A FC e VFC foram analisadas nos últimos 5 min do período de repouso, quando as variáveis já se encontram estabilizadas (Task Force, 1996; Agelink, 2001). Os dados registrados no cardiófrenqüencímetro foram transferidos para o computador por meio de interface com dispositivo infra-vermelho, utilizando o software Polar Precision Performance SW (Polar Filand). Os iRR (intervalos entre as ondas R do ECG originados da despolarização sinusal) foram processados pelo Software Kubios HRV versão 2.0. Optou-se pela utilização do filtro de correção médio, pelo método de interpolação e análise visual dos dados para detecção de erros. Índices lineares de VFC foram calculados de acordo com as recomendações propostas pelo Task Force of the European Society and North American Society of Pacing and Eletrophysiology (1996). No domínio do tempo, foram calculados os seguintes índices: SDNN (desvio padrão dos iRR), RMSSD (raiz quadrada da média da diferença entre iRR consecutivos), pNN50 (porcentagem dos iRR nos quais as diferenças sucessivas entre eles são maiores do que 50 ms). O SDNN reflete a participação de todos os componentes rítmicos responsáveis pela VFC, relacionados à contribuição de ambas as alças do SNA sobre o nódulo sinusal, enquanto que a RMSSD e pNN50 refletem as oscilações em altas frequências, relacionadas à atuação vagal. Para a análise espectral, foi construído o espectro de potência do sinal de FC, por meio de algoritmo não-paramétrico baseado na transformada rápida de Fourier, após remoção de tendência (smooth prior) e reamostragem dos dados a 4 Hz usando splines cúbicas (Tarveinen; Ranta-Aho; Karjalainen, 2002). A partir do espectro de potência, foram calculados: o componente de baixa freqüência em valores absolutos (LF; 0,04-0,15 Hz), relacionado aos mecanismos barorreflexos e indicador de predomínio simpático; o componente de alta freqüência em valores absolutos (HF; 0,15-0,40 Hz), relacionado à atividade vagal e a razão LF/HF, que caracteriza o balanço simpato-vagal (Task Force, 1996).

Análise da FC e VFC no transiente inicial: Os iRR registrados durante todo o protocolo experimental foram registrados pelo cardiófrenqüencímetro Polar modelo S810i (Polar® Electro Ltd, Kempele, Finlândia). O Ton foi analisado durante o exercício submáximo. Para evitar a influência da mudança postural, os voluntários permaneceram sentados durante três minutos no cicloergômetro. Para analisar do Ton, foi calculado o índice RMSSD, raiz quadrada da média da diferença entre iRR consecutivos, a cada intervalo de 15 s, durante os 6 primeiros minutos do registro

(RMSSD15), por meio do software Matlab (Mathworks ®, Massachussets, EUA) (Goldberger et al., 2006). Optou-se pelo janelamento de 15 s, devido a retirada vagal ocorrer de 10-15s, que corresponde ao Ton<sub>R</sub>. Após 15s até 60 e 180s ocorre o Ton<sub>L</sub>, no qual a retirada vagal não ocorre de modo expressivo. O cálculo do índice RMSSD15 permite análise tanto do Ton<sub>R</sub> quanto do Ton<sub>L</sub>.

Para análise o Ton<sub>L</sub> foram utilizados índices que analisam o comportamento da FC após 15 segundos. Com isso, foi utilizados o valor de FC, deltas de FC e função exponencial. Foram analisados os índices: FC30s, corresponde a FC obtida 30 s após o início do exercício e o D30s, diferença entre a FC obtida aos 30 s e a FC de repouso. FC 60s, corresponde a FC obtida no primeiro minuto após o início do exercício e D60s- diferença entre a FC obtida no primeiro minuto e a FC de repouso. A função exponencial, baseada na equação proposta por Javorka et al., 2003, ( $FC = FCo + Aon \{1 - \exp[-(time - ton)/T]\}$ ); onde FC= frequência cardíaca; FCo= frequência cardíaca inicial, ton = tempo do início do exercício, Aon = amplitude, T= constante de tempo. Essa função foi realizada pelo software Matlab (Mathworks ®, Massachussets, EUA), nos quais os índices que correspondem ao Ton<sub>L</sub> foram amplitude (Aon) corresponde ao ganho da FC e a constante de tempo (T) tempo para atingir a FC corresponde ao exercício. O gráfico 2 ilustra o delta de FC e função exponencial.

#### Tratamento estatístico

Os resultados foram apresentados como média e erro padrão da média. A distribuição normal foi verificada pelo teste Shapiro Wilk. As variáveis LF e HF não apresentaram distribuição normal, sendo analisadas após a transformação logarítmica natural. Calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson entre nível de atividade física regular e os índices de VFC em repouso e índices do Ton. Após o calculo de correlação, a amostra foi dividida em dois grupos, sedentário e ativo, de acordo com questionário de Baecke. Foi realizado teste “t” de Student para grupos independentes (SE e AT) ( $p < 0,05$ ). Para testar os valores de RMSSD15, foi utilizada análise de variância para medidas repetidas com dois fatores tempo e grupos, em seguida do teste post hoc de Tukey ( $p < 0,05$ ). As análises foram realizadas pelo software Statistica (versão 7.0).

### 2.3.2 Resultados

#### Características da amostra

Os dados antropométricos, os valores pressóricos e os níveis de aptidão aeróbia e atividade física regular estão descritos na Tabela 6. Não houve diferenças significativas, entre os grupos, quanto ao peso, altura, IMC, % G, valores pressóricos em repouso. O  $VO_2$  max foi semelhante entre os grupos, não havendo influência da aptidão aeróbia nessa amostra. A carga do exercício submáximo foi semelhante entre os grupos. O nível de atividade física regular expresso pelo valor bruto exercício físico/esporte foram diferentes entre os grupos.

**Tabela 6** - Dados antropométricos, valores pressóricos, nível de aptidão aeróbia e nível de atividade física regular (Média  $\pm$  Erro padrão da média)

<b>Variáveis</b>	<b>Ativo (n=16)</b>	<b>Sedentário (n=10)</b>
Massa corporal (kg)	74,3 $\pm$ 8,6	70,9 $\pm$ 8,5
Estatura (m)	1,74 $\pm$ 0,1	1,75 $\pm$ 0,1
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	24,4 $\pm$ 1,9	23,3 $\pm$ 2,2
Gordura (%)	12,0 $\pm$ 3,8	11,4 $\pm$ 3,0
Pressão arterial sistólica (mmHg)	118,0 $\pm$ 13,0	118,0 $\pm$ 10,0
Pressão arterial diastólica (mmHg)	71,0 $\pm$ 9,0	74,0 $\pm$ 7,0
$VO_2$ max (ml/kg/min)	41,6 $\pm$ 6,5	40,7 $\pm$ 7,9
Potência do exercício submáximo (W)	106,0 $\pm$ 29,0	100,0 $\pm$ 29,0
Valor bruto exercício físico/esporte	3,8 $\pm$ 2,2*	0

*p (<0,05)*

*Fonte : A autora*

#### Relação entre nível de atividade física, índices de variabilidade da frequência cardíaca e índices do Ton

A Tabela 7 mostra que não houve correlação significativa entre NAF e os índices da VFC de repouso e índices do Ton.



**Tabela 7** - Correlação entre os índices da VFC no repouso e Ton e nível de atividade física avaliado pelo Questionário de Baecke.

Variáveis	Escore Esportivo Bruto
FC (bpm)	0,02
SDNN (ms)	-0,32
RMSS (ms)	-0,29
pNN50 (%)	-0,26
LF (log)(ms <sup>2</sup> )	-0,37
HF (log)(ms <sup>2</sup> )	-0,37
Razão LF/HF	-0,05
Amplitude –Aon	-0,04
Constante de tempo T (s)	0,29
FC 30 s	-0,39
FC 60 s	-0,37
D 30s	-0,39
D 60 s	-0,34

\*  $p < 0,05$

Fonte : A autora

Influência do nível de atividade física na modulação autonômica cardíaca em repouso

A FC de repouso foi semelhante entre os grupos. Os índices da VFC no domínio do tempo SDNN, RMSSD e pNN50 não foram significativamente diferentes entre os grupos. No domínio da frequência, não houve diferença estatisticamente significativa (Tabela 8).

**Tabela 8** - Frequência cardíaca e índices da variabilidade da frequência cardíaca em repouso no domínio do tempo e da frequência dos grupos (Média ± Erro padrão da média)

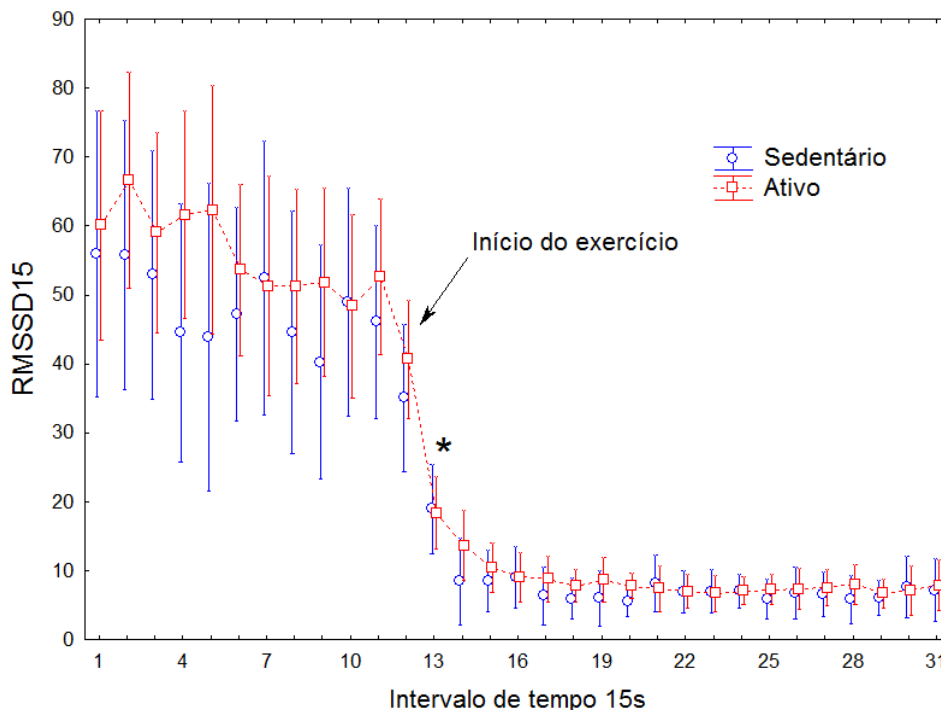
VFC em repouso	Ativo (n=16)	Sedentário (n=10)	p
FC (bpm)	63,2 ± 8,9	66,4 ± 10,6	0,4
SDNN (ms)	53,5 ± 24,3	61,3 ± 28,8	0,4
RMSSD (ms)	56,6 ± 30,2	61,3 ± 33,5	0,7
pNN50 (%)	31,5 ± 22,0	30,4 ± 19,8	0,8
LF (log) (ms <sup>2</sup> )	7,0 ± 0,9	7,3 ± 0,9	0,3
HF (log) (ms <sup>2</sup> )	6,8 ± 0,9	7,0 ± 0,8	0,8
Razão LF/HF	1,3 ± 0,8	1,5 ± 1,0	0,5

\*  $p < 0,05$

Fonte : A autora

Influência do nível de atividade física na modulação autonômica cardíaca no Ton

A Gráfico 4 ilustra o comportamento do índice RMSSD15 durante os primeiros 6 minutos do registro. Nos primeiros 15s de exercício (momento 12 para 13 no gráfico), pode-se notar redução significativa dos valores RMSSD15, o que sugere redução da atividade vagal. Dos 15s aos 60s do exercício (momento 13 ao 16 no gráfico) observa-se redução do RMSSD15, porém não apresenta diferença significativa. Do 60s até os 180s (momento 16 ao 31 do gráfico) há estabilização do RMSSD15. Entretanto ambos os grupos demonstram comportamentos semelhantes em todos os momentos. Indivíduos ativos e sedentários apresentaram características similares durante o ajuste exponencial, evidenciado pelos valores semelhantes nos índices de amplitude e constante de tempo (T) (Tabela 9).



\*- Diferença significativa em relação ao intervalo anterior ( $p < 0,05$ )

**Gráfico 4** - RMSSD15 nos primeiros três minutos de repouso (momento 1 a 12) e três minutos de exercício (momento 13 a 31).

Fonte : A autora

**Tabela 9** – Índices do Ton (Média ± Erro padrão da média)

Índices do Ton	Ativos (n=16)	Sedentários (n=10)	p
Constante de tempo T(s)	47,5 ± 21,3	42,0 ± 15,4	0,47
Amplitude – Aon	55,1 ± 15,3	53,5 ± 15,9	0,79
FC 30 s (bpm)	92,5 ± 10,1	97,0 ± 6,5	0,20
FC 60 s (bpm)	104,8 ± 11,6	109,5 ± 8,2	0,26
D 30 s (bpm)	29,2 ± 10,6	30,6 ± 10,5	0,72
D 60 s (bpm)	41,5 ± 12,4	43,1 ± 14,3	0,76

\* p (&lt;0,05)

Fonte: A autora

### 2.3.3 Discussão

O estudo sugere que o NAF não apresenta influência nos marcadores autonômicos cardíacos de repouso e Ton de indivíduos jovens saudáveis com nível de aptidão aeróbia semelhante próxima à média populacional. Nosso estudo possibilitou analisar se a prática de atividade física regular é capaz de promover adaptações autonômicas cardíacas em jovens saudáveis, sendo utilizado um modelo de estudo que minimiza a influência do fator aptidão aeróbia através do agrupamento dos indivíduos com VO<sub>2</sub> max semelhante e próximo à média populacional.

#### Influência do nível de atividade física na modulação autonômica cardíaca em repouso

Nesse estudo não foram encontradas relações significativas entre NAF e VFC em repouso. Esse fato sugere que o NAF baixa e moderado não interfere na modulação autonômica cardíaca em repouso de jovens saudáveis com nível de aptidão aeróbia semelhantes, sendo o valor médio do VO<sub>2</sub> max da amostra foi 41,0 ± 6,3 ml/kg/min. Alguns estudos evidenciaram relação positiva entre VFC em repouso e NAF (Buchheit et al., 2004; Buchheit et al., 2005; Buchheit et al., 2007; Sandercock et al., 2008). Buchheit et al.,(2004), analisaram indivíduos jovens, divididos em três grupos de acordo com o escore esportivo de Baecke: grupo sedentário com pontuação <4, grupo moderado com pontuação entre 6 e 10 e grupo intenso com pontuação >15. Os resultados demonstraram que indivíduos que realizam atividade física de moderada intensidade apresentam maiores valores de VFC que os

sedentários e até mesmo que os atletas. Resultados semelhantes foram verificados em indivíduos de meia-idade que realizavam treinamento de intensidade moderada (Buchheit et al., 2005). Entretanto em indivíduos pré-adolescentes que realizavam atividade física moderada, ao contrário dos que realizavam atividade moderada a intensa, não foi possível observar alterações da VFC de repouso (Buchheit et al., 2007). Outros estudos não obtiveram resultados positivos em relação NAF e VFC de repouso (Melanson, 2000; Buchheit; Gindre, 2006; Moreira et al., 2009). Buchheit; Gindre (2006), avaliaram o efeito do NAF por meio do questionário de Baecke analisando o escore esportivo, após o ajuste da idade,  $VO_2\text{max}$  e IMC observaram que não há relação entre o NAF e a VFC, concluindo que o efeito positivo do treinamento aeróbio deve ser atribuído mais ao incremento da aptidão aeróbia do que ao aumento da quantidade de exercício físico em si. Melanson (2000) e Moreira et al.(2009); apresentaram resultados semelhantes aos do presente estudo sugerindo que o NAF baixo e moderado não promovem modificações autonômicas.

As controvérsias dos resultados podem ser atribuídas à diferença na característica da amostra. No presente estudo, os indivíduos ativos apresentaram pontuação no escore esportivo de Baecke de  $3,8 \pm 2,2$ , valor inferior aos apresentados nos estudos de Buchheit et al.(2004), Buchheit et al.(2005) e Sandercock et al.(2008). Outros fatores que podem interferir na resposta autonômica merecem destaque como: a variação interindividual da resposta ao treinamento, nível de aptidão aeróbia e intensidade, duração e carga do exercício físico. Hautala et al.(2004), Hautala; Kiviniemi; Tulppo (2009), observaram que características autonômicas iniciais influenciam a resposta ao treinamento em homens sedentários, sendo um fator preditor independente. Indivíduos que apresentaram menores valores basais do HF, determinados geneticamente, apresentaram piores respostas ao treinamento e da VFC. Diversos estudos observam que a influência genética é capaz de provocar variações interindividuais de 13 a 23% na FC e na VFC (Singh et al.,1999, Kupper et al., 2004) e que aptidão aeróbia é influenciada geneticamente. Encontram-se maiores valores de VFC em indivíduos com maiores níveis de  $VO_2\text{max}$  (Bouchard et al., 1999). Diante disso, faz-se necessário o controle do nível de aptidão aeróbia para não influenciar os resultados. Devemos lembrar que o programa de treinamento realizado por esses indivíduos pode ter sido insuficiente para promover alterações no controle autonômico cardíaco, visto que, indivíduos jovens saudáveis ao serem submetidos a treinamento aeróbio controlado de 70-80%

da FC max apresentaram benefícios no controle autonômico com aumento da atividade vagal (Melanson; Freedson, 2001; Hautala et al., 2003, Tulppo et al., 2003).

#### Influência do NAF no Ton

Nesse estudo, a retirada vagal foi mensurada pelo do índice RMSSD15. O índice RMSSD é utilizado como marcador da atividade vagal em repouso (Task Force, 1996). Foi proposto por Goldberger et al.(2006), para avaliação dinâmica da reativação vagal no final do exercício. A utilização desse índice foi adaptada para o Ton, em que ocorre retirada vagal, analisando a mudança do comportamento vagal por meio de intervalos de tempo de 15 s. Sendo assim, observamos que nos primeiros 15s do exercício, há retirada vagal significativa. Já dos 15s aos 30s a redução desse índice continua, mas de maneira não significativa, sugerindo que nesse momento a atividade simpática sobreponha vagal. Com essa estratégia, foi possível discriminar o componente rápido e lento do Ton (Fagraeus; Linnarsson, 1976; Araújo, 1985; Baum et al., 1991; Orizio et al., 1988, Nóbrega; Castro; Araújo, 1990; Nóbrega; Araújo, 1993; Nóbrega et al., 1994; Falcone et al., 2005; Leeper et al., 2007; Mattioli; Araújo, 2009).

O estudo em questão observou que NAF baixo e moderado não promovem modificações na dinâmica do exercício visualizada pela resposta semelhante no Ton. Sato et al.(2004), observaram em atletas que as mudanças relativas da FC no Ton durante o exercício voluntário eram semelhantes quando comparados aos sedentários, porém ao realizarem o mesmo exercício de maneira passiva o efeito do treinamento de longa duração repercutia em resposta atenuada da FC. Hotta et al.(2007) e Vinna et al.(2008), ao analisarem as respostas da FC no Ton em membros dominantes e não dominantes, verificaram que, durante o exercício voluntário, a resposta da FC no Ton era semelhante. Sendo assim nem atividade de vida diária durante longos períodos, treinamento de longa duração e atividade física de baixa e moderada intensidade, são capazes de promover repercussões autonômicas identificáveis no Ton

Outros estudos que analisam a resposta dinâmica do FC e VFC em testes funcionais, como manobra postural ativa, não observaram a influência do NAF na modulação autonômica cardíaca (Martinelli et al., 2005; Moreira et al., 2009). Alguns estudos que apresentaram melhores respostas realizaram treinamento físico ou

avaliaram indivíduos atletas (Hedelin; Bjerle; Henriksson-Larsén, 2001; Lee; Wood; Welsch, 2003).

#### 2.3.3.1 Limitações

O presente estudo baseou-se na utilização de um questionário validado para população brasileira, para mensurar o NAF, o questionário de Baecke. Esse questionário apresenta algumas limitações, sendo necessários dispositivos que avaliam de maneira precisa a intensidade do exercício, como acelerômetro.

#### 2.3.3.2 Implicações Práticas

Diante dos nossos achados podemos orientar aos indivíduos jovens com baixa VFC determinados geneticamente ou que realizam atividade física de intensidade baixa a moderada, a treinar com mais frequência e realizar programas de treinamento sistematizados de alta intensidade, pois apresentam resultados favoráveis para melhora da VFC (Rennie et al., 2003; Melanson; Freedson, 2001; Hautala et al., 2003; Tulppo et al., 2003). Sugerimos que a análise do Ton por meio do RMSSD15 permite que se façam suposições a respeito da atividade vagal, que é cardioprotetora, sendo assim pode ser utilizado para avaliação complementar em diferentes populações.

#### 2.4 ESTUDO 3 Mudança postural ativa: resposta autonômica cardíaca no envelhecimento.

O coração tem suas funções moduladas pelo sistema nervoso autônomo (SNA), para que possa atender prontamente às variações das necessidades metabólicas e teciduais do organismo (Hartikainen; Tahvanainen; Kuusela, 1998; Rosenwinkel; Bloomfield et al., 2001). A modulação autonômica cardíaca, por meio dos ramos simpático e vagal, influencia de forma direta e diferencial a despolarização do nódulo sinusal, provocando oscilações do ritmo cardíaco. Desta forma, a análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em repouso é uma ferramenta acessível e não-invasiva para avaliação da integridade da função neurocardíaca (Task Force, 1996). A VFC é comumente avaliada a partir de índices lineares calculados no domínio do tempo ou da frequência. Entretanto, os fenômenos que envolvem as flutuações da FC são de características não lineares. Por isso, para investigar o comportamento dinâmico da FC tem sido desenvolvidos índices baseados em análises não-lineares (Tulppo et al., 2001; Pikkujamsa et al., 2001; Beckers et al., 2006; Porta et al., 2007). Dentre tais índices, podem ser citados os que expressam valores relativos à entropia aproximada (ApEn) e amostral (SampEn). A ApEn quantifica a complexidade e regularidade do sinal, sendo que valores elevados deste índice indicam maior irregularidade e complexidade do sistema (Tulppo et al., 2001; Pikkujamsa et al., 2001; Beckers et al., 2006; Porta et al., 2007). A SampEn é similar a ApEn, porém introduz correções nos cálculos, com o objetivo de reduzir possíveis tendências dos dados amostrais (Porta et al., 2007). Estudos recentes tem sugerido que determinados índices, obtidos por métodos não-lineares, exibem maior poder prognóstico em comparação os tradicionais índices de VFC. Em particular, a diminuição do comportamento não-linear da VFC está associada à patologia cardiovascular (Godoy; Takakura; Correa, 2006).

Além da análise da VFC em repouso, a avaliação da modulação autonômica cardíaca também é realizada a partir de testes provocativos. Esta categoria de testes utiliza procedimentos que provocam perturbações no funcionamento do sistema cardiovascular com objetivo de verificar a capacidade de resposta do SNA. Normalmente, são utilizados procedimentos simples como: início abrupto de exercício para observar o transiente inicial da frequência cardíaca (Araújo, 1985;

Nóbrega; Castro; Araújo, 1990; Nóbrega et al. 1993, Araújo; Ricardo; Almeida, 2003), bem como interrupção abrupta do exercício para observar o transiente final da FC (Cole et al., 1999; Cole et al., 2000; Goldberger et al., 2006). Utilizam-se também manobras posturais, em que a mudança da posição supina para a ortostática provoca perturbações hemodinâmicas que devem ser corrigidas pela ação do SNA. Adaptações autonômicas cardíacas agudas, caracterizadas por maior ativação simpática e menor atividade vagal (Furlan et al., 2000; Martinelli et al., 2005; Grant et al., 2009), foram observadas por meio da análise de variáveis hemodinâmicas, bioquímicas e neurofisiológicas, em resposta a manobras posturais, tanto ativas (MPA) quanto passivas (MPP) (Lipsitz et al., 1990; Laitinen et al., 2003; Martinelli et al., 2005; Grant et al., 2009). Entretanto, acredita-se que a MPA, além de ser um procedimento simples, seja mais efetiva que a passiva para avaliação da resposta autonômica cardíaca. As manobras ativas exigem uma maior ativação do comando central e dos receptores periféricos (Nóbrega et al.; 1993). Considerando-se que, além da estimulação reflexa que provoca sobre os barorreceptores, envolve a contração dos músculos dos membros inferiores, o que contribuiu para o desencadeamento de maiores valores de FC, a partir da condição de repouso até a permanência na posição bípede (Smitt et al., 1999; Paschoal et al., 2006).

O processo fisiológico de envelhecimento causa redução da VFC, relacionada à diminuição da atuação vagal sobre o nódulo sinusal (Jensen-Urstad, 1997; Craft; Schwartz, 1995; Semrád; Fiser; Honziková, 1998; Kuo et al., 1999; Agelink, 2001; Migliaro et al., 2001; Laitinen et al., 2003; Stratton et al., 2003; Marães et al., 2004; Pachoal et al., 2006) . Como se sabe, a estimulação vagal desempenha efeito cardioprotetor, o que correlaciona o fator idade com o aumento nos índices de morbimortalidade por diversas causas, tais como: doença arterial coronariana, hipertensão arterial sistêmica, obesidade e o desenvolvimento de arritmias letais (Reis et al., 1998; La Rovere et al., 2001). O envelhecimento promove diversas modificações da função autonômica cardíaca já conhecidas em condições de repouso (Gregoire et al., 1996; Semrád; Fiser; Honziková, 1998; Wang et al., 2000; Beckers; Verheyden; Aubert, 2006 ). Entretanto a capacidade de adaptação e de resposta a testes provocativos ainda não são totalmente conhecidas, os índices não lineares podem fornecer informações adicionais sobre a flexibilidade do sistema (Beckers; Verheyden; Aubert, 2006). Beckers; Verheyden; Aubert (2006),



demonstram a redução ApEn em indivíduos acima de 40 anos em condição de repouso, já em situações dinâmicas é observada a redução da complexidade após a MPP tanto em indivíduos jovens quanto nos idosos (Kaplan et al., 1991). Neste contexto, a MPA pode possibilitar a avaliação da resposta dinâmica do sistema cardiovascular, cujo comprometimento pode estar relacionado a maiores índices de hipotensão postural no idoso (Laitinen et al., 2003) e episódios de quedas, causa importante de mortalidade e morbidade nessa população (Masaki et al., 1998). Pachoal et al.(2006), estudaram índices lineares de VFC após MPA, comparando valores obtidos na posição supina e ortostática de indivíduos de 20 a 60 anos e sugeriram que a MPA pode ter aplicação prática no estudo do controle autonômico cardíaco.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi testar a hipótese de que a MPA – teste autonômico provocativo simples e acessível - é capaz de provocar alterações na atuação do SNA sobre o sistema cardiovascular, observáveis nos índices de VFC, tanto nos índices calculados nos domínios do tempo e da frequência, quanto nos índices de complexidade que possam servir de ferramenta para a identificação da perda de eficiência das respostas autonômicas devido ao envelhecimento.

#### **2.4.1 Método**

Sujeitos: Participaram do estudo vinte voluntários do gênero masculino, sedentários, e que não realizavam nenhum tipo de atividade física sistematizada há, pelo menos, seis meses. Os voluntários foram divididos em dois grupos: o grupo jovem (JV), constituído de 10 sujeitos ( $22,7 \pm 2,1$  anos) e o grupo envelhecimento (EV), constituído de 10 sujeitos com idade superior a 50 anos ( $55 \pm 9,7$  anos). A participação exigiu os seguintes critérios de inclusão: índice de massa corporal (IMC) menor do que  $30 \text{ kg/m}^2$  (não-obesos); não-fumantes; normotensos; não utilização de medicamentos que pudessem interferir na modulação autonômica cardíaca; ausência de alterações de relevância clínica no ritmo cardíaco durante monitorização eletrocardiográfica de repouso e ausência de história de doenças cardiovasculares. Todos os voluntários foram, primeiramente, esclarecidos e orientados a respeito de sua participação no estudo. Após concordarem em participar da pesquisa, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O

estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da instituição de execução da pesquisa (parecer no. 1230.276.2007).

Procedimento Experimental: Todos os voluntários foram orientados a não consumir bebidas que contivessem cafeína no dia da coleta e a não ingerir álcool e não realizar atividade física vigorosa nas 24 horas antes do experimento. Também foi solicitado que os voluntários dormissem um tempo mínimo de 7 horas na noite anterior aos registros.

Avaliação inicial: Após a anamnese inicial, em que eram aplicados os critérios de inclusão e exclusão, realizou-se a avaliação antropométrica, que se consistiu na mensuração da massa corporal e da estatura. A partir das medidas de massa corporal e estatura, foi calculado o índice de massa corporal (IMC). A monitorização eletrocardiográfica foi utilizada com o objetivo de identificar alterações no ritmo cardíaco. Para isso, observou-se o traçado eletrocardiográfico na derivação MC5, utilizando-se um monitor de ECG de um canal (Miniscope II, Instramed).

Coleta de dados na posição supina: As coletas foram sempre realizadas no período de 7:00 às 12:00 h, para que as alterações relacionadas às variações circadianas da FC fossem minimizadas, em local sem ruídos, com temperatura ambiente em torno de 22 – 25<sup>o</sup>.C, depois de uma refeição leve realizada pelo menos uma hora antes da coleta. A FC foi registrada pelo cardiofrequencímetro Polar, modelo RS810i. O registro dos batimentos cardíacos ocorreu na posição supina por 20 min, em respiração espontânea. Após a coleta dos batimentos cardíacos foi mensurada a pressão arterial (PA) pelo método auscultatório, com um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio (TAKAOKA).

Coleta de dados na postura ortostática: Após a coleta em repouso, foi realizada a coleta dos batimentos cardíacos na postura ortostática. O indivíduo foi orientado a ficar de pé mantendo a postura ereta por 10 minutos, sem apoio, em respiração espontânea. A MPA foi realizada após as medidas de repouso na maca, após treinamento prévio, de forma orientada e padronizada em três tempos: rolamento para decúbito lateral com semi-flexão das pernas, postura sentada e adoção de postura ereta.

Análise da FC e VFC: A FC e VFC foram analisadas nos últimos 5 minutos do período de repouso e da MPA, quando as variáveis já se encontram estabilizadas. (Task Force, 1996; Agelink, 2001; Martinelli et al., 2005). Os dados registrados no cardiofrequencímetro foram transferidos para o computador por meio de interface

com dispositivo infra-vermelho, utilizando o software Polar Precision Performance SW (Polar Filand). Os iRR (intervalos entre as ondas R do ECG originados da despolarização sinusal) foram processados pelo Software Kubios HRV versão 2.0. Optou-se pela utilização do filtro de correção médio, pelo método de interpolação e análise visual dos dados para detecção de erros.

Análise índices lineares: Índices lineares de VFC foram calculados de acordo com as recomendações propostas pelo Task Force of the European Society and North American Society of Pacing and Eletrophysiology (1996). No domínio do tempo, foram calculados os seguintes índices: SDNN (desvio padrão dos iRR), RMSSD (raiz quadrada da média da diferença entre iRR consecutivos), pNN50 (porcentagem dos iRR nos quais as diferenças sucessivas entre eles são maiores do que 50 ms). O SDNN reflete a participação de todos os componentes rítmicos responsáveis pela VFC, relacionados à contribuição de ambas as alças do SNA sobre o nóculo sinusal, enquanto que a RMSSD e pNN50 refletem as oscilações em altas frequências, relacionadas à atuação vagal. Para a análise espectral, foi construído o espectro de potência do sinal de FC, por meio de algoritmo não-paramétrico baseado na transformada rápida de Fourier, após remoção de tendência (smooth prior) e reamostragem dos dados a 4 Hz usando splines cúbicas (Tarveinen; Ranta-Aho; Karjalainen, 2002). A partir do espectro de potência, foram calculados: o componente de baixa frequência em valores absolutos (LF; 0,04-0,15 Hz), relacionado aos mecanismos barorreflexos e indicador de predomínio simpático; o componente de alta frequência em valores absolutos (HF; 0,15-0,40 Hz), relacionado à atividade vagal e a razão LF/HF, que caracteriza o balanço simpato-vagal (Task Force, 1996).

Análise não linear: Índices não lineares de VFC foram calculados de acordo com as recomendações propostas pelo guia do Kubios HRV, versão 2.0 e de acordo com o estudo de Tulppo et al.(2001), para o cálculo da ApEn e SampEn as variáveis foram fixadas como  $m=2$  e  $r= 20\%$ . ApEn é uma medida que quantifica a regularidade ou previsibilidade em dados de séries temporais. Baixos valores ApEn indicam uma maior regularidade (menos complexo) do sinal, maior valores indicam maior irregularidade (maior complexidade). A SampEn é similar a ApEn, porém introduz correções nos cálculos, com o objetivo de reduzir possíveis tendências dos dados amostrais.

### Tratamento Estatístico

Os resultados estão apresentados como média e erro padrão. A distribuição normal foi verificada pelo teste Shapiro Wilk. As variáveis LF e HF não apresentaram distribuição normal, sendo analisadas após a transformação logarítmica natural. Para testar a significância das diferenças entre os grupos (JV e EV) e entre as posições (supina e ortostática), foi utilizada a análise de variância dois fatores, seguida do teste de Tuckey ( $p < 0,05$ ). Foram também calculados os deltas, diferenças, dos valores obtidos na posição ortostática e supina. A diferença dos deltas entre os grupos foi testada pelo teste “t” de Student para grupos independentes ( $p < 0,05$ ). Calculou-se, também o coeficiente de correlação de Pearson entre o delta de FC e os deltas dos índices de VFC, e entre idade e índices de VFC ( $p < 0,05$ ). As análises foram realizadas por meio do software Statistica (versão 7.0).

### 2.4.2 Resultados

A caracterização dos grupos está descrita na Tabela 10. Não houve diferença estatisticamente significativas com relação às características antropométricas e pressão arterial sistólica exceto com relação à pressão arterial diastólica do grupo JV ( $87 \pm 14$  e  $75 \pm 5,9$  mmHg) foram significativamente menores ( $p < 0,05$ ), quando comparados aos do grupo EV.

**Tabela 10** – Idade, dados antropométricos e pressão arterial coletados na posição supina Média  $\pm$  Erro Padrão da média (Mínimo – Máximo).

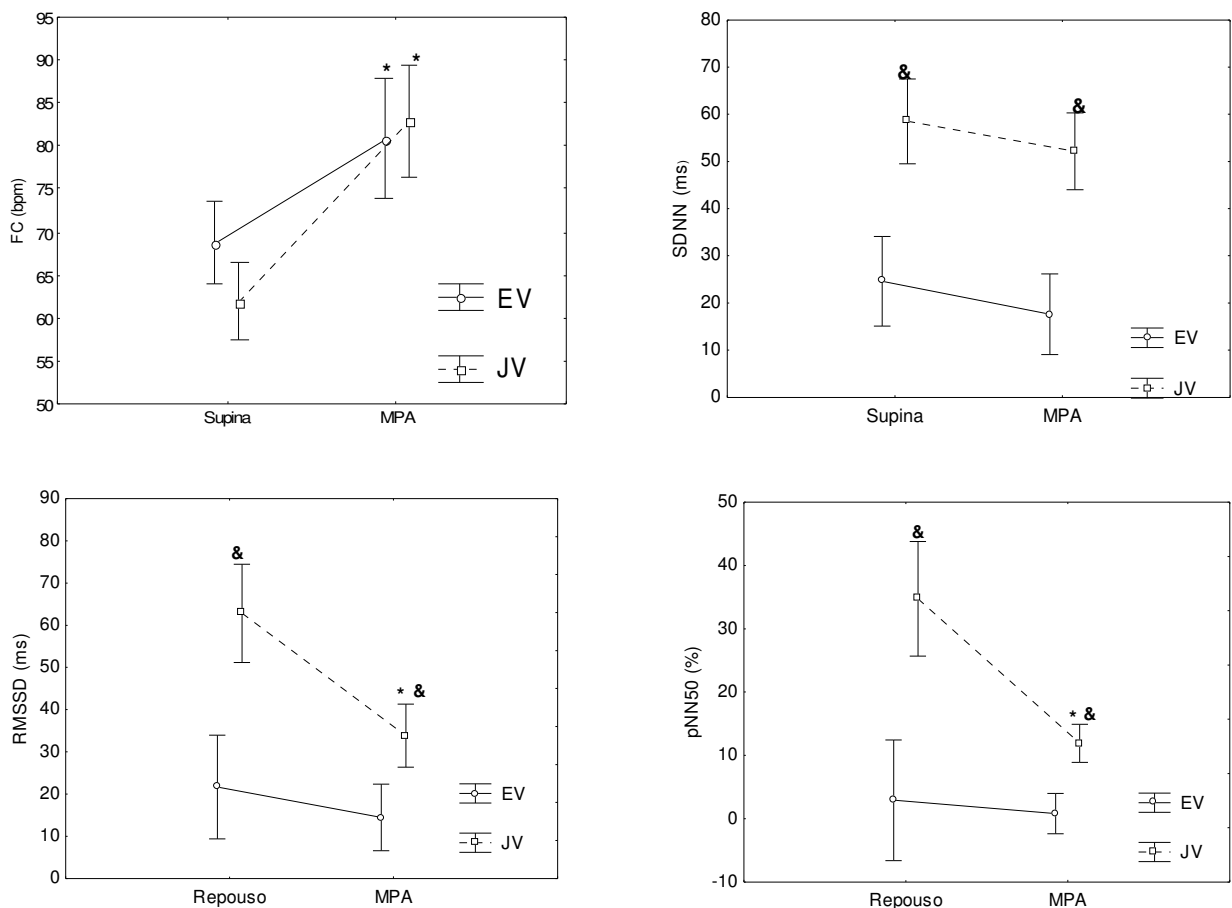
	Grupo	
	EV	JV
Idade (anos)	55,0 $\pm$ 9,7 (51-79)*	22,7 $\pm$ 2,1 (21-27)
Massa corporal (kg)	76,5 $\pm$ 8,4 ( 59,8-91,0)	74,9 $\pm$ 5,3 (66,3-83,5)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	28,4 $\pm$ 2,2 (24,0-30,0)	24,2 $\pm$ 2,1 (19,0-26,0)
Pressão arterial sistólica (mmHg)	133,0 $\pm$ 26,0 (160-110)	118,0 $\pm$ 5,5 (130-112)
Pressão arterial diastólica (mmHg)	87,0 $\pm$ 14,0 (72-110)*	75,0 $\pm$ 5,9 (68-88)

\*  $p < 0,05$

Fonte : A autora

Variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo.

A FC dos dois grupos se elevou significativamente na MPA (61±6,9 para 82,9±9,8 bpm no grupo JV e de 69 ± 6,5 para 81,7±10,3 bpm no grupo EV), sem diferença significativa entre os grupos. O índice SDNN não diminuiu significativamente em resposta à MPA, nos dois grupos. Os valores do grupo JV (58,5±16,2 e 52,6±13,9 ms) foram significativamente maiores que do grupo EV (24,6 ± 9,5 e 17,6±9,8 ms) nas duas posições. Os índices vagais RMSSD e pNN50 do grupo JV foram significativamente maiores em comparação ao grupo EV nas duas posições e apenas o grupo JV apresentou redução significativa desses índices na MPA (RMSSD: 62,8±20,7 ms para 33,8±8,3 ms no JV e 18,1 ± 12,7 para 14,4±13,7 ms no EV; pNN50: 34,7±17,9 para 11,9±6,0 % no JV e 0,8 ± 5,3 % para 0,8±1,5 no EV), conforme mostra a Gráfico 5.

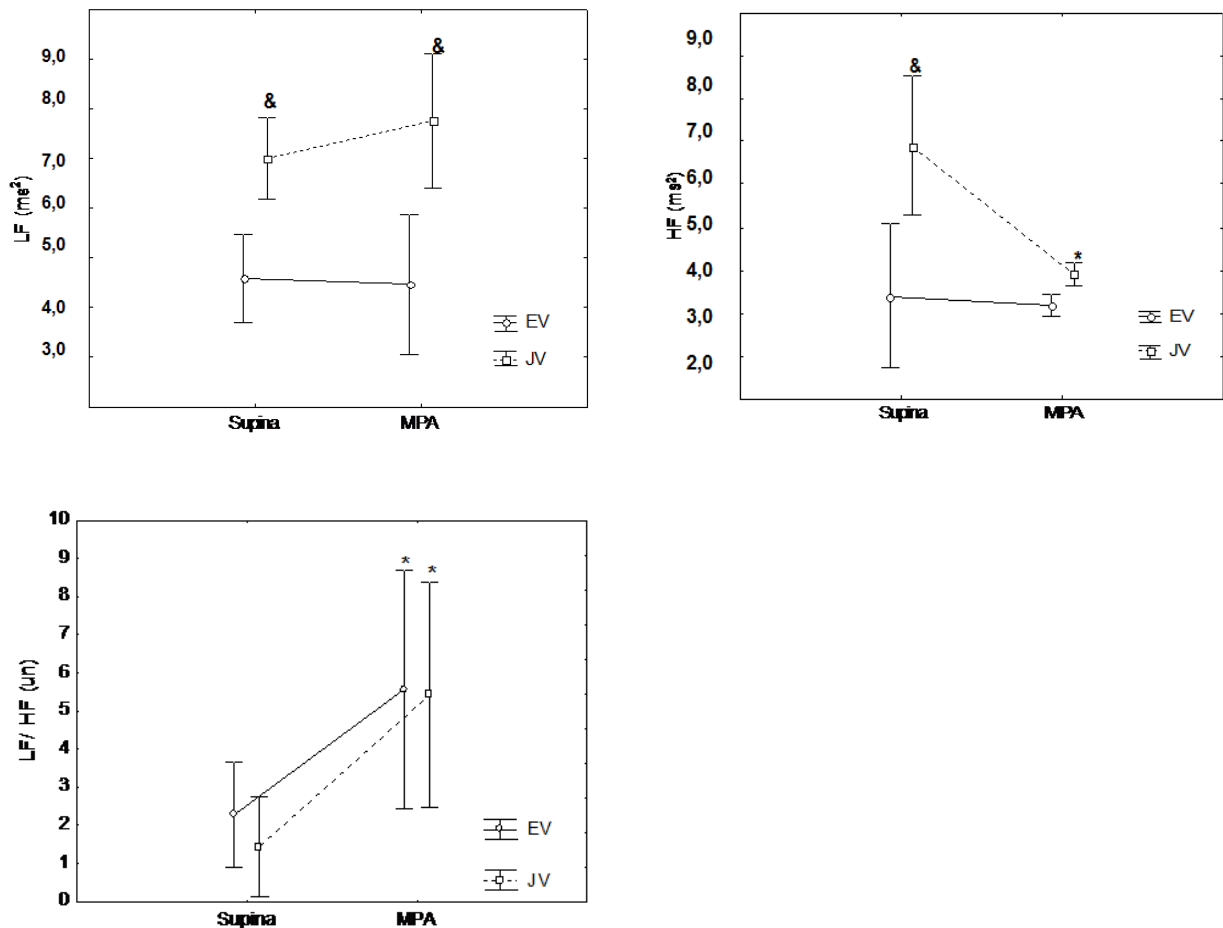


\* Diferença intra-grupo ( $p < 0,05$ ); & Diferença inter-grupos ( $p < 0,05$ ) Fonte: A Autora

**Gráfico 5** – Frequência cardíaca e índices de VFC, calculados no domínio do tempo, nas posições supina e ortostática (MPA) para indivíduos jovens e acima de 50 anos.

### Variabilidade da frequência cardíaca no domínio da frequência

Nenhum dos dois grupos apresentou aumento significativo da banda espectral LF em resposta a MPA. O grupo JV apresentou valores significativamente maiores da banda espectral LF (log) ( $7,1 \pm 0,7$  para  $7,3 \pm 0,6 \text{ ms}^2$ ) que o EV ( $5,2 \pm 1,0$  para  $5,0 \pm 0,9 \text{ ms}^2$ ) nas duas posições. Quanto à banda espectral HF (log), os valores do grupo JV eram significativamente maiores na posição supina, se reduziram significativamente na MPA ( $7,2 \pm 0,8$  para  $5,9 \pm 0,7 \text{ ms}^2$  no JV e  $4,7 \pm 1,1$  para  $3,6 \pm 1,3 \text{ ms}^2$  no EV). A razão LF/HF dos dois grupos foi semelhante nas duas posições e se elevou significativamente na MPA ( $1,4 \pm 1,9$  para  $5,4 \pm 4,2$  no JV e  $1,3 \pm 1,9$  para  $5,5 \pm 4,6$  no EV), conforme mostrado no Gráfico 6.



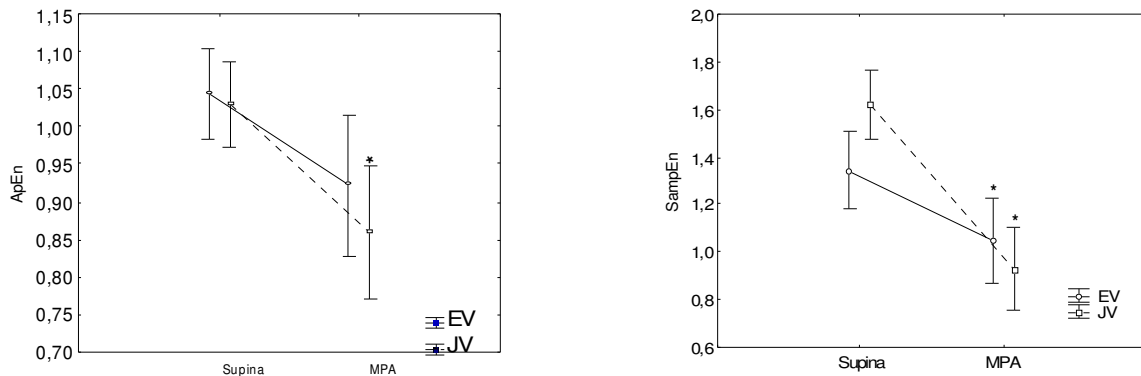
\* Diferença intra-grupo ( $p < 0,05$ ); & Diferença inter-grupos ( $p < 0,05$ )

**Gráfico 6** – Índices de VFC, calculados no domínio da frequência, nas posições supina e ortostática (MPA) para indivíduos jovens e acima de 50 anos.

Fonte: A Autora

### Entropia.

Não houve diferença significativa entre os valores de entropia dos dois grupos. A SampEn dos dois grupos diminuiu significativamente em resposta à MPA ( $1,62 \pm 0,23$  na posição supina e  $0,93 \pm 0,25$  após MPA no grupo JV e  $1,34 \pm 0,22$  na posição supina e  $1,04 \pm 0,27$  após MPA no grupo EV), enquanto que a ApEn reduziu-se significativamente apenas no grupo JV ( $1,03 \pm 0,08$  na posição supina e  $0,86 \pm 0,13$  após MPA no grupo JV e  $1,04 \pm 0,09$  na posição supina e  $0,92 \pm 0,14$  após MPA no grupo EV), conforme ilustrado no Gráfico 7.



\* Diferença intra-grupo ( $p < 0,05$ ); & Diferença inter-grupos ( $p < 0,05$ )

**Gráfico 7** – Valores de entropia aproximada (ApEn) e amostral (SampEn), nas posições supina e ortostática (MPA), de indivíduos jovens e acima de 50 anos.

Fonte: A autora

### Deltas posição ortostática-supina e correlações.

A Tabela 11 apresenta os deltas posição ortostática - supina. Houve diferença entre os grupos com relação à FC e os índices vagais no domínio do tempo (RMSSD, pNN50%) e no domínio da frequência (HF). Quanto aos valores de entropia, observou-se diferença significativa no delta SampEn. Os coeficientes de correlação entre os valores do delta de FC e os valores dos deltas dos índices de VFC (Tabela 12) indicam associação entre o aumento da FC e redução dos índices vagais, calculados no domínio do tempo, e da entropia. Os coeficientes de correlação entre os valores dos índices de VFC e idade demonstram que na posição supina houve associação entre os índices de FC, pNN50%, HF e ApEn. Na posição

ortostática foi observado correlação entre idade e índices de FC, pNN50%, LF e ApnEn e SampEn (Tabela 13).

Tabela 11 – Deltas dos valores observados (posição ortostática - supina)

Delta	EV		JV	
	Média	EPM	Média	EPM
FC (bpm)	12,0*	7,0	21,0	6,7
SDNN (ms)	-7,0	6,4	-6,4	18,3
RMSSD (ms)	-7,2*	4,2	-29,0	19,3
pNN50%	-2,1*	4,2	-22,8	16,5
LF log(ms <sup>2</sup> )	-1,5	0,7	-1,3	0,8
HF log (ms <sup>2</sup> )	-0,7*	1,1	0,2	0,6
LF/HF	3,3	4,8	4,0	4,0
SampEn	-0,3*	0,4	-0,7	0,2
ApEn	-0,1	0,2	-0,2	0,1

Fonte : A autora \* ( p< 0,05)

**Tabela 12** – Correlação de Pearson entre o delta de frequência cardíaca e os deltas dos índices de variabilidade (posição ortostática - supina)

Domínio do Tempo		Domínio da Frequência		Entropia	
Índice	r	Índice	r	Índice	r
SDNN	-0,28	HF	-0,41	SampEn	-0,65*
RMSSD	-0,53*	LF	0,05	ApEn	-0,48*
pNN50%	-0,47*				

Fonte: A autora \* (p< 0,05)



### 2.4.3 Discussão

Neste estudo aplicou-se a MPA para testar a capacidade desse procedimento de provocar respostas autonômicas cardíacas identificáveis nos índices de VFC, a partir das quais fosse possível avaliar as perdas autonômicas cardíacas decorrentes do envelhecimento. Os principais resultados foram: 1) A MPA foi eficiente em provocar respostas autonômicas cardíacas identificáveis por índices de VFC; 2) A capacidade de adaptação à MPA é distinta com o aumento da idade; e 3) A SampEn, dentre índices estudados, foi o que se correlacionou mais fortemente com o aumento da FC na MPA, explicando o mecanismo de adaptação em indivíduos acima de 50 anos.

#### Eficiência da Manobra Postural Ortostática

A MPA provocou aumento significativo da FC nos dois grupos, que correspondeu a 13% de elevação no grupo EV e 36% no JV. Tal incremento da FC indica que a tarefa de se manter na posição ortostática provoca aumento da atividade cardiovascular de magnitude suficiente para justificar sua utilização como teste provocativo do SNA, visto que houve modificação da atividade vagal no grupo JV e alteração da complexidade pela análise da SampEn em ambos os grupos. As respostas autonômicas cardíacas encontradas apresentam forte correlação com o aumento da FC, visto que a MPA foi capaz de reduzir a complexidade do sistema e proporcionar incremento da FC como mecanismo de adaptação do sistema para adotar a posição ortostática. Entretanto, os deltas de FC encontrados no presente estudo são menores que os reportados por Paschoal et al.(2006), num estudo em que foram alcançados valores de FC mais altos na MPA, o que resultou em deltas de 63 % para os jovens e 32 % para os indivíduos de meia-idade. Em nosso estudo, a FC foi coletada nos 5 minutos finais da permanência de 10 min na postura ortostática, quando esta variável já estava estabilizada. No estudo citado, a FC foi registrada justamente na transição para a postura ortostática. Neste momento, ocorre um pico de FC agudo e transitório, mediado por mecanismos barorreflexos, para compensar a queda da PA provocada pela mudança postural (Paschoal et al., 2006). Além disso, deve-se ressaltar ainda que, no nosso estudo os sujeitos permaneciam deitados na maca e a partir daí assumiam a posição ortostática; no estudo de Paschoal et al.(2006), os sujeitos permaneciam em colchonete no chão, de onde se levantavam à posição ortostática, fazendo, desta maneira, maior esforço

na transição postural. O registro da FC no pico e o maior esforço físico na transição postural podem explicar os menores deltas encontrados em nosso estudo.

Ficou evidente que a MPA provoca perturbação no sistema cardiovascular suficiente para identificar a ação do SNA. Entretanto, considerando a discrepância dos valores dos deltas de FC encontrados neste estudo e no realizado por Paschoal et al.(2006), para que a MPA seja usada como ferramenta clínica, devem ser padronizados a posição supina inicial, o período de análise da FC e dos índices de VFC e o tempo de permanência na posição ortostática. Assumindo esta orientação como premissa, sugere-se que, para a posição supina inicial, o paciente seja deitado na maca, que exige menor esforço físico na transição para a posição ortostática. A maca também facilita o trabalho do profissional que aplica o teste. Sugere-se, também, que a análise da FC e da VFC seja feita após a transição postural, quando os valores já estiverem estabilizados. Com é necessário um registro de 5 min (Task Force, 1996), o tempo de permanência na posição ortostática deveria ser de 5 min mais o tempo necessário para a estabilização da FC. Talvez o tempo de 10 min, utilizado neste estudo, possa ser reduzido.

#### Adaptações autonômicas cardíacas a posição ortostática

Neste estudo, buscou-se identificar as respostas autonômicas cardíacas por meio da análise de índices de VFC que caracterizassem perdas devidas ao envelhecimento. Considerando- se que neste estudo o grupo JV foi utilizado como controle do grupo EV, observou-se menor atenuação vagal em resposta a MPA, identificada pela discreta alteração dos índices RMSSD e pNN50 e da banda espectral HF nos indivíduos com idade acima de 50 anos.

Os indivíduos acima de 50 anos apresentaram menores valores de VFC em repouso, caracterizados, sobretudo, por menores valores nos índices que retratam a atividade vagal (RMSSD, pNN50 e HF). Tal fato demonstra uma tendência natural à diminuição progressiva dos marcadores vagais, relacionadas com o processo de envelhecimento (Jensen-Urstad, 1997; Craft; Schwartz, 1995; Semrád; Fiser; Honzиковá, 1998; Kuo et al., 1999; Agelink, 2001; Migliaro et al., 2001; Laitinen et al., 2003; Stratton et al., 2003 Marães et al., 2004; Pachcoal et al., 2006). Pode-se inferir que, embora a maioria dos indivíduos participantes do grupo EV não seja idosa, a amostra estudada já mostra sinais de perda da eficiência que poderiam estar relacionados ao risco de hipotensão postural (Lipsitiz et al., 1990; Paschoal et al., 2006). Outros autores têm observado que com aumento da idade após a MPP e

MPA, não há modificação significativa dos índices de VFC que representam a atividade vagal, tais como: RMSS, pNN50 e banda espectral HF (Lipsitz et al., 1990; Yo et al., 1994; Laitinen et al., 2004; Paschoal et al., 2006). Nos indivíduos acima de 50 anos, os índices de VFC já estavam reduzidos na posição supina, o que, provavelmente, limitou adicional redução da atividade vagal quando foi adotada a posição ortostática. Nossos resultados confirmam claramente que as respostas autonômicas cardíacas estão atenuadas com o aumento da idade não só em repouso, mas também após a MPA de acordo com os achados de outros estudos que realizaram a MPP (Lipsitz et al., 1990; Yo et al., 1994; Laitinen et al., 2004;). Podemos perceber que a resposta à mudança postural ocorre por mecanismos fisiológicos distintos com aumento da idade. Indivíduos jovens apresentam desativação vagal como principal mecanismo de adaptação. Em contraste, indivíduos acima de 50 anos, como apresentam redução vagal em repouso a redução adicional com MPA fica limitada pelo fator idade (Laitinen et al., 2004). Podemos inferir que os tradicionais lineares não foram capazes de explicar o mecanismo de adaptação nesse grupo. Já a complexidade, mensurada pela SampEn, a qual avalia indiretamente o equilíbrio simpato-vagal, demonstra que a ativação simpática e desativação vagal induz a redução da complexidade ao adotar a postura ortostática, sendo assim a análise dos índices não-lineares demonstrou ser superior para avaliação dinâmica do SNA com o envelhecimento.

Neste estudo, não foram observadas evidências de aumento da banda espectral LF, tanto nos jovens quanto nos indivíduos acima de 50 anos. Apesar do LF ser utilizado, em muitos estudos, como um identificador de atividade simpática, ele reflete também atividade vagal. As medidas de VFC são mais representativas da atividade vagal sobre o nódulo sinusal e tem menor poder de discriminação em relação à atividade simpática (Task Force, 1996). Apesar de não ter sido encontrado aumento da banda espectral LF, observou-se aumento da razão LF/HF, o que indica mudança no balanço simpato-vagal, o qual é confirmado pela redução da complexidade. Podemos observar que durante a MPA houve aumento da atividade simpática e redução da atividade vagal repercutindo na redução da complexidade. Laitinen et al.(2003) sugerem que, como o mecanismo autonômico é deficiente com o avanço da idade, para a manutenção da postura ortostática os mecanismos vasoativos, o aumento da resistência vascular e a atividade simpática exerceriam um papel importante na regulação do funcionamento do sistema cardiovascular.

### Redução da complexidade na posição ortostática

No presente estudo, observou-se redução da complexidade da FC, identificada pela SampEn, nos dois grupos, porém de menor magnitude nos indivíduos acima de 50 anos. Além disso, dentre os índices de variabilidade estudados, a SampEn foi a que apresentou maior correlação com o delta de FC, sugerindo associação entre redução da complexidade e aumento da FC. Alguns estudos demonstram redução da ApEn com o aumento da idade. Beckers; Verheyden; Aubert (2006), por meio de registro de longa duração verificaram que indivíduos acima de 40 apresentavam menores valores de ApEn quando comparado ao grupo jovem. Kaplan et al.(1991) por meio de registro de curta duração também verificaram redução dos valores de ApEn em indivíduos idosos (idade 62-90 anos). No presente estudo apesar de não observamos diferenças estatisticamente significativas entre o grupos com relação à ApEn, talvez o tamanho da amostra limitou essa análise (Beckers; Verheyden; Aubert, 2006). Com relação à MPA podemos observar que a redução da complexidade, visualizadas pelos índices ApEn e SampEn é devido a modificação simpato - vagal, devido a retirada vagal e aumento da atividade simpática. Porta et al. (2007) observaram redução da ApEn e da SampEn em jovens após a MPP enquanto Tulppo et al.(2005) não observaram modificações desses índices, segundo estes autores, tal achado pode ser explicado pelas formas de cálculos utilizadas (Porta et al., 2007). A ApEn está fortemente relacionada com os índices que descrevem a modulação vagal cardíaca, justificando sua redução significativa em função da MPA (Beckers; Verheyden; Aubert, 2006).

#### 2.4.3.1 Limitação

Não houve mensuração dos níveis pressóricos após a MPA, o que poderia proporcionar maiores inferências sobre o controle pressórico e risco de hipotensão ao adotar a postura ortostática.

#### 2.4.3.2 Implicações Práticas

Devido à semelhança dos resultados observados nesse estudo com os que utilizaram a MPP, fica evidente que a MPA, uma manobra simples e de fácil execução, pode ser utilizada na prática clínica para avaliação complementar do SNA e das mudanças autonômicas cardíacas decorrentes do processo fisiológico de envelhecimento. Para que isto ocorra, é necessário que seja padronizado o protocolo da MPA e que sejam feitos estudos com grupos diversificados para que se estabeleçam os valores de referência dos deltas de FC.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos perceber que aptidão aeróbia e nível de atividade física não influenciam a modulação autonômica cardíaca em repouso na amostra estudada. Como foram observados indivíduos jovens com características homogêneas, com controle do nível de atividade física, permanecendo somente diferenças na aptidão aeróbia, a relação entre VFC e  $VO_2$  max não foi linear. Possivelmente essa relação exista somente em grupos heterogêneos com grandes diferenças na aptidão aeróbia. Em relação ao nível de atividade física regular, a amostra apresentou valor baixo em comparação aos outros estudos. Podendo assim entender que a prática de atividade física de nível de intensidade regular baixo não promove modificações na atuação autonômica cardíaca.

Em situação dinâmica, no Ton, foi possível observar a influência da aptidão aeróbia na melhora da capacidade de adaptação ao exercício em indivíduos jovens com níveis de aptidão aeróbia ligeiramente acima da média populacional. Entretanto, o NAF não foi capaz de promover alterações no Ton. Possivelmente, o nível de atividade física regular baixo em indivíduos jovens não é suficiente para provocar modificações na dinâmica cardiovascular. Outra situação dinâmica é a MPA, mesmo analisando ao final de 5 minutos na postura ortostática, visualizamos que as alterações autonômicas persistem ocasionados pelo aumento da FC, redução dos índices relacionados à atividade vagal e redução da complexidade. Demonstrando que a MPA além de envolver a contração dos músculos dos membros inferiores, promove ação do comando central e dos receptores periféricos, gerando perturbação do SNA para atender a demanda da postura ortostática. A idade influencia na resposta do SNA com mecanismos fisiológicos distintos para adaptação da postura ortostática. Além disso, índices não lineares forneceram informações adicionais da capacidade de adaptação do SNA com envelhecimento na MPA. A MPA, procedimento simples e acessível, pode ser utilizada na prática clínica como avaliação complementar do SNA.

## REFERÊNCIAS

AGELINK, M.W. Standardized tests of heart rate variability: normal ranges obtained from 309 healthy humans, and effects of age, gender and heart rate. **Clinical Autonomic Research**, Heidelberg, v. 11, n. 2, p. 99-108, apr. 2001.

AINSWORTH, B.E., et al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. **Medicine Science Sports Exercise**, Baltimore, v.25, n.1, p. 71-80, jan.1993.

ALMEIDA, M.B.; ARAÚJO, C. G. S. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. **Revista Brasileira Medicina e Esporte**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 104-112, mar/abr. 2003.

ARAÚJO, C.G. Fast on and off heart transients at different bicycle exercise levels. **Journal of Sports Medicine**, Turkey, v 6, p. 68-73, 1985.

ARAÚJO, C.G.S.; RICARDO, D. R.; ALMEIDA, M. B. Fidedignidade intra e interdias do teste de exercício de quatro segundos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 9, n. 5, p. 293–298, set./ out. 2003.

BAECKE, A. H.; BUREMA, J.; FRIJTERS, E. R. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**. Houston, v. 36, n. 1, p. 936-942, nov. 1982.

BALADY, G.J., et al. Testes de aptidão física e sua interpretação. In: American College of Sports Medicine Guidelines for exercise testing and prescription. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, ed 6, 2000. p. 39-59.

Baum, K., et al. Blood pressure and heart rate during rest-exercise and exercise-rest transitions. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Heidelberg, v. 64, n. 2, p. 134-138, march. 1992.

BECKERS, F.; VERHEYDEN, B.; AUBERT, A.E. Aging and nonlinear heart rate control in a healthy population. **American Journal Physiology Heart Circulation Physiology**, Heidelberg, v.290, p. 2560–2570, dec. 2006.

BILLMAN G.E; KUKIELKA M. Effect of exercise training on heart rate variability and susceptibility to sudden cardiac death: protection is not due to enhanced cardiac vagal regulation. **Journal of Applied Physiology**, United States, v. 100, p. 896–906, set. 2006.

BILLMAN G.E.; KUKIELKA M. Effect of endurance exercise training on heart rate onset and heart rate recovery responses to submaximal exercise in animals susceptible to ventricular fibrillation. **Journal of Applied Physiology**, United States, v 102, p. 231-240 , set.2007.

BOUCHARD, C.,et al. Familial aggregation of VO<sub>2</sub> max response to exercise training: results from the HERITAGE Family Study. **Journal of Applied Physiology**, United States, v. 87, p. 1003-1008, set.1999.

BOUTCHER, S.H.; STEIN, P. Association between heart rate variability and training response in sedentary middle-aged men. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Heidelberg, v. 70, p. 75-80, march.1995.

BUCH, A. N.; COOTE, J. H.; TOWNEND, J.N. Mortality, cardiac vagal control and physical training--what's the link? **Experimental Physiology**, Great Britan, v.87, n.4, p.423-435. jul. 2002.

BUCHHEIT M., et al. Habitual physical activity, physical fitness and heart rate variability in preadolescents. **Journal of Sports Medicine**, Turkey, v.28, n.3, p.204-210, mar, 2007.

BUCHHEIT M., et al. Heart rate variability and intensity of habitual physical activity in middle-aged persons. **Medicine Science Sports Exercise**, Baltimore, v.37, n.9, p.1530-1534, sep, 2005.

BUCHHEIT, M.; GINDRE, C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. **American Journal Physiology Heart and Circulation Physiology**, Heidelberg, v.291, n.1, p.H451-458, jul. 2006.

BUCHHEIT, M., et al. Heart Rate Variability in Sportive Elderly: Relationship with Daily Physical Activity. **Medicine Science Sports Exercise**, Baltimore, v. 36, n. 4, p. 601-605, abril. 2004.

BUCHHEIT, M., et al. Effects of increased training load on vagal related indexes of heart rate variability: a novel sleep approach. **American Journal Physiology Heart and Circulation Physiology**, Heidelberg. v. 287, p. H2813- H2818, aug. 2004.

BYRNE, E.A., et al. Role of aerobic capacity and body mass index in the age-associated decline in heart rate variability. **Journal of Applied Physiology**, United States, v. 81, n. 2, p. 743-750, aug.1996.

CATAI, A. M., et al. Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and



middle-aged healthy men. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, São Paulo, v.35, n.6, p.741-752, jun. 2002.

COLE, C. R., et al. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. **New England Journal Medicine**, England , v.341, n.18, p.1351-1357, oct. 1999.

COLE, C. R., et al. Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. **Annals of Internal Medicine**. v.132, n.7, p.552-555, apr. 2000.

CRAFT, N.; SCHWARTZ, J.B. Effects of age on intrinsic heart rate variability, and AV conduction in healthy humans. **American Journal Physiology Heart Circulation Physiology**, Heidelberg, v. 268, n. 37, p.1441-1452, apr.1995.

FAGRAEUS, L.; LINNARSSON, D. Autonomic origin of heart rate fluctuations at the onset of muscular exercise. **Journal of Applied Physiology**, United States, v.40, n.5, p. 679-682, may. 1976.

FALCONE, C., et al. Rapid Heart Rate Increase at Onset of Exercise Predicts Adverse Cardiac Events in Patients With Coronary Artery Disease. **Circulation**, Dallas, v. 112, p.1959-1964, set. 2005.

FLORINDO, A.A; LATORRE, M.R.D.O. Validation and reliability of the Baecke questionnaire for the evaluation of habitual physical activity in adult men. **Revista Brasileira Medicina e Esporte**, São Paulo, v. 9, n 3, p. 129-135, mai/jun. 2003.

FURLAN, R., et al. Oscillatory patterns in sympathetic neural discharge and cardiovascular variables during orthostatic stimulus. **Circulation**, Dallas, v. 101, n. 29, p. 886-892, set. 2000.

GODOY, M.E.; TAKAKURA, I.T.; CORREA, P.R. Relevância da análise do comportamento dinâmico não linear (Teoria do Caos) como elemento prognóstico de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. **Arquivos Ciência Saúde**. v.12, n.4, p:167-171, out/dez, 2005.

GOLDBERGER, J. J., et al. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. **American Journal Physiology Heart Circulation Physiology**, Heidelberg, v.290, n.6, p.H2446-2452, jun, 2006.

GRANT, C.C., et al. Relationship between exercise capacity and heart rate variability: Supine and in response to an orthostatic stressor. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical**, Netherlands, v.151, p. 186–188, aug. 2009.

GREGOIRE, J., et al. Heart rate variability at rest and exercise: influence of age, gender, and physical training. **Canadian Journal of Applied Physiology**, United States, v. 21, n.6, p.455-470, dec. 1996.

GUERRA, Z.F., et al. Modulação autonômica cardíaca no repouso e na recuperação após esforço físico máximo de jovens saudáveis com diferentes níveis e tipos de atividade física. 2009. 58 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Faculdade de Educação Física, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

HARTIKAINEN J.E.K.; TAHVANAINEN K.; KUUSELA T.A. Short term measurement of heart rate variability. In: Malik, M. **Clinical guide to cardiac autonomic tests**. Kluwer Academic: London, p. 149-176, 1998.

HAUTALA, A.J.; KIVINIEMI, A.; TULPPO, M.P. Individual responses to aerobic exercise: The role of autonomic nervous system. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, United States, v. 33, p. 107–115, fev.2009.

HAUTALA, A.J., et al. Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. **American Journal Physiology Heart Circulation Physiology**, Heidelberg, v. 19, n.285, p. 1747-1752, jun. 2003.

HEDELIN, R.; BJERLE, P.; HENRIKSSON-LARSÉN, K. Heart rate variability in athletes: relationship with central and peripheral performance. **Medicine Science Sports Exercise**, Baltimore, v. 33, n. 8, p.1394-1398, aug.2001.

HOTTA, N., et al. Ventilatory and circulatory responses at the onset of exercise after eccentric exercise. **European Journal of Applied Physiology**, Germany, v. 97, p. 598-606, jun. 2006.

HULL, S. J., et al. Exercise training confers anticipatory protection from sudden death during acute myocardial ischemia. **Circulation**, Dallas, v.89, p. 548–552, nov. 1994.

ISHIDA, K., et al. Initial ventilatory and circulatory responses to dynamic exercise are slowed in the elderly. **Journal of Applied Physiology**, United States, v89, p. 1771-1777, jun. 2000.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, v. 40, p 497-504, 1978.

JAVORKA, M. I., et al. On- and off-responses of heart rate to exercise - relations to heart rate variability. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, England, v.23, n.1, p.1-8, jan, 2003.

JENSEN-URSTAD, K., et al. Heart rate variability in healthy subjects is related to age and gender. **Acta Physiologica Scandinavica**, England, v.160, p. 235-241, jul.1997.

KAPLAN, D.T., et al. Aging and the complexity of cardiovascular dynamics. **Biophysical Society**, United States, v.59, p. 945-949, april. 1991.

KAWAGUCHI, L.Y.A., et al. Caracterização da variabilidade da frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 13, n. 4, p. 207-212, jul/ ago. 2007.

KUO, T.B.J., et al. Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate. **American Journal Physiology Heart Circulation Physiology**, Heidelberg, v. 277, n.6, p. 2233-2239, dec. 1999.

KUPPER, N.H.M., et al. Heritability of Ambulatory Heart rate variability. **Circulation**, Dallas, v. 110; p. 2792-2796, jun. 2004.

LA ROVERE, M.T., et al. Baroreflex Sensitivity and Heart Rate Variability in the Identification of Patients at Risk for Life-Threatening Arrhythmias. Implications for Clinical Trials. **Circulation**, Dallas, v. 103, p.2072-2077, jan. 2001.

LAITINEN, T., et al. Age dependency of cardiovascular autonomic responses to head-up tilt in healthy subjects. **Journal of Applied Physiology**, United States, v.96, n. 6, p.2333–2340, fev.2004.

LEE, C.M.; WOOD, R. H.; WELSCH, M.A. Influence of short-term endurance exercise training on heart rate variability. **Medicine Science Sports Exercise**, Baltimore, v. 35, n. 6, p. 961-969, jun.2003.

LEEPER, M.D., et al. Prognostic Value of Heart Rate Increase at Onset of Exercise Testing. **Circulation**, Dallas, v.115, p.468-474, jan. 2007.

LIPSITZ, L.A., et al. Spectral characteristics of heart rate variability before and during postural tilt: relations to aging and risk of syncope. **Circulation**, Dallas, v.81, n.6, p. 1803-1810, fev.1990.

MARÃES, V.R.S.F., et al. Modulação do sistema nervoso autonômico na resposta da frequência cardíaca em repouso e à manobra de Valsalva com o incremento da idade. **Revista brasileira fisioterapia**, São Paulo, v.8, n.2, p. 97-103, maio/aug. 2004.

MAROCO, M.; NADAL, J.; BARBOSA, P.R. The effect of an aerobic training program on the electrical remodeling of the heart: high-frequency components of the signal-averaged electrocardiogram are predictors of the maximal aerobic power. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, São Paulo, v. 40, n.2, p.199-208, nov.2007.

MARTINELLI, F.S., et al. Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head-up tilt. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, São Paulo, v, 38, p. 639-647, jan. 2005.

MASAKI, K.H., et al. Orthostatic Hypotension Predicts Mortality in Elderly Men The Honolulu Heart Program. **Circulation**, Dallas, v. 98; p. 2290-2295, aug. 1998.

MATIOLLI, G.M; ARAÚJO, C.G.S. Association between initial and final transient heart rate responses in exercise testing. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v. 93, n. 2, p.133-138, nov. 2009.

MELANSON, E.L. Resting heart rate variability in men varying in habitual physical activity. **Medicine Science Sports Exercise**, Baltimore, v. 32, n. 11, p. 1894-1901, nov. 2000.

MELANSON, E.L.; FREEDSON, P.S. The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Heidelberg, v.85, p. 442-449, aug. 2001.

MIGLIARO, E. R., et al. Relative influence of age, resting heart rate and sedentary life style in short-term analysis of heart rate variability. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, São Paulo, v.34, n.4, p.493-500, fev. 2001.

MIYAMURA, M., et al. Ventilatory response at the onset of voluntary exercise and passive movement in endurance runners. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Heidelberg, v.76, p. 221-229, march.1997.

MOREIRA, D.M. Efeito do nível de atividade física e aptidão aeróbia na modulação autonômica cardíaca: estudo da variabilidade da frequência cardíaca em supino e na postura ortostática em jovens saudáveis. 2009. 58 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Faculdade de Educação Física, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

NÓBREGA, A.C. L; ARAÚJO,C.G.S. Heart rate transient at the onset of active and passive dynamic exercise. **Medicine Science Sports Exercercise**, Baltimore, v. 25, n.1, p37-41, jul. 1993.

NÓBREGA, A.C.L.; CASTRO, C.L.B.; ARAÚJO, C.G.S. Relative roles of sympathetic and parasympathetic system in the exercise test. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, São Paulo, v.23, p. 1259-1262, aug.1990.

NÓBREGA, A.C.L., et al. Heart rate and blood pressure responses at onset of dynamic exercise: effect of Valsalva manoeuvre. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology** , Heidelberg, v.68, p.336-340, jan. 1994.

ORIZIO C., et al. Plasma catecholamines and heart rate at the beginning of muscular exercise in man. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Heidelberg, v.57, p.644 –651, may.1988.

PASCHOAL, M.A., et al. Variabilidade da frequência cardíaca em diferentes faixas etárias. **Revista Brasileira de Fisioterapia**; São Carlos. v 10, n. 4, p.413-419, out/dez 2006.

PETERSON, H.R., et al. Body fat and the activity of the autonomic nervous system. **New England Journal Medicine**, England, v. 318, p. 1077-1083, april. 1988.

PIKKUJAMSA, S.M., et al. Determinants and interindividual variation of R-R interval dynamics in healthy middle-aged subjects. **American Journal Physiology Heart Circulation Physiology**, Heidelberg, v.280, p.1400-1406, oct. 2001.

PORTA, A., et al. Progressive decrease of heart period variability entropy-based complexity during graded head-up tilt. **Journal of Applied Physiology**, United States, v.103, p.1143–1149, jun. 2007.

REIS, A.F., et al. Disfunção parassimpática, variabilidade da frequência cardíaca e estimulação colinérgica após infarto agudo do miocárdio. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 70, n. 3, p.193-199, mar.1998.

RENNIE, K.L., et al. Effects of moderate and vigorous physical activity on heart rate variability in a British study of civil servants. **American Journal of Epidemiology**, United States, v.158, n 2, p. 135-142, jan. 2003.

RICARDO, D.R., et al. Transients: influence of gender, aerobic initial and final exercise heart rate fitness, and clinical status. **Chest**, United States, v. 127;n.1, p. 318-327, jan. 2005.

ROSENWINKEL, E. T.; BLOOMFIELD, D. M. , et al. Exercise and autonomic function in health and cardiovascular disease. **Clinical Cardiology**, United States, v.19, n.3, p.369-387, Aug. 2001.

SATO, K., et al. Ventilatory and circulatory responses at the onset of voluntary exercise and passive movement in sprinters. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology** , Heidelberg, n.92, p.196-203, march. 2004.



SATO, Y., et al. Ventilatory and circulatory responses at the onset of ventilatory exercise and passive movement children. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Heidelberg, v.83, p. 516-523, jun. 2000.

SANDERCOCK, G.R.H., et al. The relationships between self-assessed habitual physical activity and non-invasive measures of cardiac autonomic modulation in young healthy volunteers. **Journal Sports Science**, Turkey, v. 26, n.11, p.1171-1177, set. 2008.

SCHWARTZ, P. J.; BILLMAN, G. E.; STONE, H. L. Autonomic mechanisms in ventricular fibrillation induced by myocardial ischemia during exercise in dogs with healed myocardial infarction. An experimental preparation for sudden cardiac death. **Circulation**, Dallas, v. 69, p. 780–785, dec.1984.

SEMRÁD, B.; FISER, B.; HONZIKOVÁ, N. Ageing and cardiac autonomic status. In: Malik, M. Clinical guide to cardiac autonomic tests. London: Kluwer Academic Publishers. p. 285-300. 1998.

SINGH, J.P., et al. Heritability of heart rate variability. The Framingham Heart study. **Circulation**, Dallas, v.99, p. 2251-2254, fev.1999.

SMITT, A.A.J., et al. Pathophysiological basis of orthostatic hypotension in autonomic failure. **Journal of Physiology**, United States, v.519, n.1, p. 1-10, jun.1999.

STRATTON, J.R., et al. Effects of aging on cardiovascular responses to parasympathetic withdrawal. **Journal of American College of Cardiology**, United States, v. 41, n. 11, p. 2077-2083, jun. 2003.

SZTAJZEL, J. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. **Swiss Medicine Weekly**, Switzerland, v.134, p.514-522, 2004.

TARVEINEN, M.P.; RANTA-AHO, P.O.; KARJALAINEN, P.A. "An advanced detrending method with application to HRV analysis" *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, v. 49, n. 2, p. 172-175, 2002.

Task Force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology, Heart rate variability-standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. **European Heart Journal**, England, v. 93, n. 5, p.1043-1065, oct. 1996.

TSUJI, H., M. G., et al. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events: the Framingham heart study. **Circulation**, Dallas, v.94, p. 2850–2855, may. 1996.

TULPPO, M. P.; MAKIKALLIO, T. H., et al. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **American Journal Physiology Heart Circulation Physiology**, Heidelberg, v.274, n.2, p.H424-429, feb, 1998.

TULPPO, M.P., et al. Effects of exercise and passive head-up tilt on fractal and complexity properties of heart rate dynamics. **American Journal Physiology Heart Circulation Physiology**, Heidelberg, v. 280, p. 1081-1087, set. 2001.

VANOLI, E., et al. Vagal stimulation and prevention of sudden death in conscious dogs with a healed myocardial infarction. **Circulation Research**, Dallas, v.68, p. 1471–1481, fev.1991.

VINNA, L.C.; RICARDO, D.R.; ARAÚJO, C.G.S. Training-related changes in the R-R interval at the onset of passive movements in humans. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, São Paulo, v 41, n.9, p. 825-832, set. 2008.

WANG, S.Y., et al. Age dependency of heart rate variability, blood pressure variability and baroflex sensitivity. **Space Medicine Medical Engineering**, China, v. 13, n.5, p. 318-422, 2000.

YO, Y., et al. Effects of age and hypertension on autonomic nervous regulation during passive head-up tilt. **Hypertension**, United States, v. 23, Suppl I, p: 82–86, jan. 1994.

## ANEXOS

## Anexo A – Parecer do comitê de ética e pesquisa



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
PRO-REITORIA DE PESQUISA  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP UFJF  
36036900- JUIZ DE FORA - MG - BRASIL

## Parecer nº 348/2007

**Protocolo CEP-UFJF:** 1230.276..2007 **FR:** 154563 **CAAE:** 0210.0.180.000-07

**Projeto de Pesquisa:** Efeito do nível de atividade física e da aptidão aeróbia na modulação autonômica cardíaca: Estudo da cinética e da variabilidade da frequência cardíaca em repouso, durante o exercício dinâmico e na recuperação

**Versão do Protocolo e Data:** 2ª versão – Dezembro/2007

**Pesquisador Responsável:** Débora do Nascimento Moreira

**Pesquisadores Participantes:** Jorge perrou de Lima, Jonas Almeida neves Martins, Zaqueline Guerra

**Instituição:** UFJF

**Sumário/comentários do protocolo:**

**Justificativa(s)** - O CEP analisou o Protocolo 1230.276..2007, Grupo III e considerou que: Este é um estudo justificado pelos autores pela natureza de que nas últimas décadas, numerosos estudos têm demonstrado relação significativa entre a modulação do sistema nervoso autônomo (SNA) e a mortalidade cardiovascular, particularmente em pacientes com infarto agudo do miocárdio e insuficiência cardíaca. Disfunções no balanço autonômico associadas ao aumento do tônus simpático e redução do vagal têm uma forte implicação na patofisiologia das arritmias e morte cardíaca súbita, e que o exercício físico regular parece reduzir a mortalidade e a incidência de eventos adversos decorrentes de doença arterial coronariana.

**Objetivo(s)** Estudar a modulação autonômica cardíaca no repouso, em diferentes intensidades de exercício dinâmico e na recuperação, em indivíduos saudáveis com diferentes níveis de atividade física e aptidão aeróbia.

**Metodologia:** Os voluntários selecionados responderão a um questionário de nível de atividade física e serão submetidos a coleta de dados em repouso e a três testes físicos na esteira ergométrica (Imbramed Millenium Super ATL). As coletas de dados do protocolo experimental serão realizadas no mesmo período do dia, no Laboratório de Avaliação Física do Centro de Atenção à Saúde-Hospital Universitário (CAS-HU). Os voluntários serão orientados a não fumar, não consumir alimentos e bebidas que contenham cafeína e álcool e a não realizar atividade física um dia antes da coleta de dados. O protocolo experimental será desenvolvido em 3 fases, sendo que cada fase será realizada em um mesmo dia, com intervalo de 24 a 72 horas. Para a caracterização da amostra, será feita análise descritiva (média e desvio padrão) e para comparar a VFC e a cinética da FC entre os grupos (nível de atividade física e aptidão aeróbia) será utilizada análise de variância com dois fatores, seguida do teste post hoc de Tukey, com nível de significância de  $P < 0,05$ .

**Revisão e referências bibliográficas:** Os pontos escolhidos favorecem a interpretação dos métodos a serem utilizados e dos possíveis resultados a serem alcançados.

**Características da população:** Serão recrutados 60 voluntários sadios, jovens (23 a 35 anos), do sexo masculino que serão submetidos, inicialmente, a avaliação fisioterapêutica constituída de anamnese, exame físico e monitorização eletrocardiográfica de repouso com as 12 derivações padrão na posição supina, para investigação de anormalidades no ritmo cardíaco.

**Crêterios de participação:** Após a avaliação inicial, serão selecionados os indivíduos que atenderem aos critérios seguintes critérios: Valor do índice de massa corporal (IMC) na faixa de 18,5-24,9 kg/m<sup>2</sup>, considerado normal pela Organização Mundial de Saúde (1987); Não-fumantes; Normotensos; Não utilizar medicamentos que afetem a função cardíaca e o SNA; Ausência de alterações no ritmo cardíaco no ECG de repouso; Ausência de história de doenças cardiovasculares; Indivíduos estratificados como baixo risco para doenças cardiovasculares (Homens < 45 e mulheres < 55 anos assintomáticos que apresentem apenas um fator de risco) que não necessitam de supervisão médica para a realização de Testes de esforço de acordo com orientação do ACSM (American College of Sports Medicine, 2000). E serão excluídos desta pesquisa os indivíduos com Apresentação de algias e ou limitações osteomioarticulares; Apresentação de sinais e patologias cardiovasculares, bem como risco para a execução dos testes físicos propostos na pesquisa.

**Cronograma:** Encontra-se de acordo com o proposto. A coleta de dados esta prevista para dezembro/2007. E já se tem a autorização institucional para tal. A previsão de finalização da pesquisa é maio de 2008. É apresentado documento de concordância e autorização pelo dirigente do HU/UFJF consentindo o desenvolvimento do estudo na Instituição. Há uma descrição de orçamento financeiro demonstrando que os recursos (descritos no projeto) serão de responsabilidade do pesquisador.

**Identificação dos riscos e desconfortos possíveis:** Risco mínimo. Pode ocorrer desconforto físico como sensação de cansaço.

**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido** –TCLE apresenta uma linguagem clara e adequada para a compreensão do sujeito. Apresenta descrição dos procedimentos.

**Qualificação do(a) pesquisador(a):** É compatível com o projeto de pesquisa.

Salientamos que o pesquisador deverá encaminhar a este comitê o relatório final da pesquisa.

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFJF, de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 196/96, manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa proposto.

**Situação:** Projeto Aprovado  
Juiz de Fora, 18 de Dezembro de 2007

*Prof. Dra. Luciana Andrea Salvo*  
Coordenadora – CEP/UFJF

*Prof.ª Cynthia P. Schmitz Corrêa*  
Vice - Coordenadora  
CEP - UFJF

RECEBI

DATA: \_\_\_/\_\_\_/2007

ASS: \_\_\_\_\_

## Anexo B – Termo de consentimento livre e esclarecido

- NOME DO SERVIÇO DO PESQUISADOR: LABORATÓRIO DE AVALIAÇÃO FÍSICA – CAS/HU

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: DÉBORA DO NASCIMENTO MOREIRA

ENDEREÇO: RUA GUAÇUÍ, 530/401 SÃO MATEUS

CEP: 36025-190 – JUIZ DE FORA – MG

FONE: (32) 3215-5582/9199-7471

E-MAIL: DEBORANMJF@SUPERIG.COM.BR

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O Sr. (a) está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa *Efeito do nível de atividade física e da aptidão aeróbia na modulação autonômica cardíaca: Estudo da Variabilidade da frequência cardíaca em repouso, durante o exercício dinâmico e na recuperação.*

Neste estudo pretendemos avaliar o comportamento da frequência cardíaca em repouso, durante o exercício e no período de recuperação em voluntários saudáveis com diferentes níveis de atividade e capacidade física. Esse estudo irá auxiliar na compreensão dos métodos de avaliação do comportamento da frequência cardíaca em várias condições fisiológicas, contribuindo para a utilização na prática clínica dos profissionais de saúde de uma forma segura e efetiva.

- Para este estudo adotaremos os seguintes procedimentos: Mensuração da frequência cardíaca e sua variabilidade em repouso; durante três testes físicos, sendo um máximo e dois submáximos e no período de recuperação dos testes. Sendo que essa mensuração será feita de forma não invasiva e segura. Antes da execução dos testes físicos será realizada uma avaliação clínica e um eletrocardiograma (ECG) de repouso a fim de identificar problemas cardíacos, sendo incluído na pesquisa apenas os voluntários que não apresentem risco cardiovascular. O teste máximo atinge níveis de exaustão física com o objetivo de mensurar a capacidade física máxima. Nesse procedimento, o voluntário pode sentir desconforto físico, como sensação de cansaço. No entanto, há um baixo risco inerente à realização desse teste e no Centro de Atenção à Saúde – Hospital Universitário existe estrutura adequada para realização com segurança do mesmo.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido (a) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador

*O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo.*

*Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.*

*O (A) Sr (a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo.*

*Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, no Centro LOCAL DO ESTUDO e a outra será fornecida a você.*

*Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de Identidade \_\_\_\_\_ fui informado (a) dos objetivos do estudo Efeito do nível de atividade física e da aptidão aeróbia na modulação autonômica cardíaca: Estudo da Variabilidade da frequência cardíaca em repouso, durante o exercício dinâmico e na recuperação, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.*

*Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.*

*Juiz de Fora, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 200 .*

---

<i>Nome</i>	<i>Assinatura participante</i>	<i>Data</i>
-------------	--------------------------------	-------------

---

<i>Nome</i>	<i>Assinatura pesquisador</i>	<i>Data</i>
-------------	-------------------------------	-------------

---

<i>Nome</i>	<i>Assinatura testemunha</i>	<i>Data</i>
-------------	------------------------------	-------------

*Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o*

*CEP- COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA/UFJF*

*CAMPUS UNIVERSITÁRIO DA UFJF*

*PRÓ-REITORIA DE PESQUISA*

*CEP 36036.900*

*FONE:32 3229 3788*

## Anexo C – Ficha de avaliação

**Ficha de Avaliação Fisioterapêutica Aplicada à Cardiologia**

## 1 - Dados de Identificação

ID = \_\_\_\_\_

Data da avaliação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

/Ap \_\_\_\_\_ Bairro: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_

Grau de escolaridade: \_\_\_\_\_

Sexo: ( ) M ( ) F

Estado Civil: \_\_\_\_\_ Data de nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Ocupação atual: \_\_\_\_\_

Médico Cardiologista responsável: \_\_\_\_\_

## 2 – Doença Cardiovascular:

Tem doença cardiovascular já diagnosticada? ( ) Sim ( ) Não

Diagnóstico: \_\_\_\_\_

## 3 - Fatores de Risco Presentes

a) Tabagismo: ( ) Sim ( ) Não ( ) ex-fumante.

Há quanto tempo parou? \_\_\_\_\_

Quantos cigarros: \_\_\_\_ / dia

Fuma há quanto tempo: \_\_\_\_\_

b) Diabetes: ( ) Sim ( ) Não

( ) Insulino-dependente ( ) Não insulino-dependente

Há quanto tempo foi diagnosticada? \_\_\_\_\_

Exames laboratoriais (colocar a data do exame: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_)

Glicose: \_\_\_\_\_

c) Sedentarismo

- Pratica algum tipo de atividade física regular? ( ) Sim ( ) Não

- Qual é o tempo total (meses) no qual você apresenta esse mesmo nível de atividade física, seja ativo ou sedentário?

( ) Menos de 6 meses ( ) Mais de 6 meses

Tempo total: \_\_\_\_\_

Obs: \_\_\_\_\_

-Qual o tipo de exercício físico você realiza?

( ) Caminhada ( ) Bicicleta ( ) Natação ( ) Treino de levantamento de peso

Outros: \_\_\_\_\_

Intensidade: Duração: Freqüência:

- Apresenta (ou apresentou) algum sintoma durante a atividade física? ( ) Sim ( ) Não

Qual?

d) Tem dislipidemia? ( ) Sim ( ) Não

Exame:( \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_)

Triglicérides: \_\_\_\_\_ mg/dl

Fração de colesterol total: \_\_\_\_\_ mg/dl

VLDL: \_\_\_\_\_ mg/dl

LDL: \_\_\_\_\_ mg/dl

HDL: \_\_\_\_\_ mg/dl

CT: \_\_\_\_\_ mg/dl

e) Hipertensão arterial

Tem hipertensão arterial diagnosticada? ( ) Sim ( ) Não ( ) não sabe

Há quanto tempo foi diagnosticada? \_\_\_\_\_

f) Estresse

Você se considera uma pessoa “estressada”? ( ) Sim ( ) Não

Com qual freqüência o estresse prejudica sua vida diária?

( ) Sempre ( ) Às vezes ( ) Nunca

g) Hereditariedade

Apresenta antecedentes familiares de doença cardiovascular? ( ) Sim ( ) Não

Tipo:

Grau de parentesco (paterno ou materno):

4 – Sinais e Sintomas

a) Tem dor no peito (precordialgia): ( ) Sim ( ) Não

b) Lipotímia: ( ) Sim ( ) Não

c) Síncope: ( ) Sim ( ) Não

d) Palpitação: ( ) Sim ( ) Não

e) Dispnéia: ( ) Sim ( ) Não

f) Apresenta algum distúrbio do sono? ( ) Sim ( ) Não



Obs (Início, frequência, intensidade e duração dos sintomas):

---

#### 5 - Tratamento

a) Faz uso de medicamentos? ( ) Sim ( ) Não

Quais os medicamentos que você usa? (incluir todos, inclusive os que não estão relacionados ao tratamento de alterações cardiovasculares e ou de fatores de risco)

Medicamento Concentração

Frequência de uso

Há quanto tempo

#### 6 – Outros Comprometimentos

a) Apresenta outras doenças (Sistema respiratório, Sistema gastrointestinal, Sistema renal)?

Descrever.

b) Foi submetido a alguma cirurgia e ou internação hospitalar? (investigar sobre o tipo de cirurgia e quando ela foi realizada, e ou, quando e durante quanto tempo ocorreu a internação hospitalar)

c) Sistema ósteo-mio-articular:

Sente dores musculares? ( ) Sim ( ) Não Onde?

Já sofreu fraturas? ( ) Sim ( ) Não Onde?

Há presença de placas, pinos, parafusos, próteses no corpo? ( ) Sim ( ) Não

Onde?

#### 7 - História Psicossocial

a) Você consome bebida alcoólica? ( ) Sim ( ) Não

Qual a frequência? \_\_\_\_\_

c) Toma café?( ) Sim ( ) Não Há quanto tempo? \_\_\_\_\_

Qual a quantidade diária? \_\_\_\_\_

#### 8- Exames clínicos

ECG de repouso (Supino)

Ritmo Sinusal ( ) Sim ( ) Não

Ritmo regular ( ) Sim ( ) Não

DI: \_\_\_\_\_ DII: \_\_\_\_\_ DIII: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ AVR: \_\_\_\_\_ AVF: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ AVL: \_\_\_\_\_ V1: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ V2: \_\_\_\_\_ V3: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ V4: \_\_\_\_\_ V5: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ V6: \_\_\_\_\_

Qualidade do traçado: ( ) Boa ( ) Ruim

Considerações: \_\_\_\_\_

9- Avaliação antropométrica

Peso: \_\_\_\_\_ Kg

Altura: \_\_\_\_\_ cm

IMC (Kg/m<sup>2</sup>): \_\_\_\_\_

Dobras cutâneas

Tórax: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ mm

Abdominal: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ mm

Coxa: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ mm

10- Exame físico

- Dor /Localização: \_\_\_\_\_

- ADM diminuída /Articulação: \_\_\_\_\_

- Encurtamento muscular /Musculatura: \_\_\_\_\_

## Anexo D – Questionário de Baecke

## QUESTIONÁRIO DE ATIVIDADE FÍSICA HABITUAL

Por favor, circule a resposta apropriada para cada questão:

Nos últimos 12 meses:

- |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 1) Qual tem sido sua principal ocupação?  | 1 | 3 | 5 |   |   |
| <input style="width: 400px; height: 20px;" type="text"/>  |   |   |   |   |   |
| 2) No trabalho eu sento:<br>nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / sempre   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3) No trabalho eu fico em pé:<br>nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / sempre  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4) No trabalho eu ando:<br>nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / sempre  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5) No trabalho eu carrego carga pesada:<br>nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / sempre  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6) Após o trabalho eu estou cansado:<br>muito freqüentemente / freqüentemente / algumas vezes / raramente / nunca   | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 7) No trabalho eu sudo:<br>muito freqüentemente / freqüentemente / algumas vezes / raramente / nunca  | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 8) Em comparação com outros da minha idade eu penso que meu trabalho é fisicamente:<br>muito mais pesado/ mais pesado / tão pesado quanto / mais leve / muito mais leve | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

9)	<p>Você pratica ou praticou esporte ou exercício físico nos últimos 12 meses: sim / não</p> <p>Qual esporte ou exercício físico você pratica ou praticou mais frequentemente?</p> <input type="text"/>	1	3	5				
	<p>– quantas horas por semana?</p> <input type="text"/>	<1	1<2	2<3	3-4	>4		
	<p>– quantos meses por ano?</p> <input type="text"/>	<1	1-3	4-6	7-9	>9		
	<p>Se você faz um vez segundo esporte ou exercício físico, qual o tipo?:</p> <input type="text"/>	1	3	5				
	<p>– quantas horas por semana?</p> <input type="text"/>	<1	1<2	2<3	3-4	>4		
	<p>– quantos meses por ano?</p> <input type="text"/>	<1	1-3	4-6	7-9	>9		
10)	<p>Em comparação com outros da minha idade eu penso que minha atividade física durante as horas de lazer é: muito maior / maior / a mesma / menor / muito menor</p>	5	4	3	2	1		
11)	<p>Durante as horas de lazer eu sou: muito frequentemente / frequentemente / algumas vezes / raramente / nunca</p>	5	4	3	2	1		
12)	<p>Durante as horas de lazer eu pratico esporte ou exercício físico: nunca / raramente / algumas vezes / frequentemente / muito frequentemente</p>	1	2	3	4	5		
13)	<p>Durante as horas de lazer eu vejo televisão: nunca / raramente / algumas vezes / frequentemente / muito frequentemente</p>	1	2	3	4	5		
14)	<p>Durante as horas de lazer eu ando: nunca / raramente / algumas vezes / frequentemente / muito frequentemente</p>	1	2	3	4	5		
15)	<p>Durante as horas de lazer eu ando de bicicleta:</p> <input type="text"/>	1	2	3	4	5		
16)	<p>Durante quantos minutos por dia você anda a pé ou de bicicleta indo e voltando do trabalho, escola ou compras?</p> <p>&lt;5 / 5-15 / 16-30 / 31-45 / &gt;45</p>		1	2	3	4	5	
	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Total em minutos</td> <td style="width: 100px; height: 20px;"></td> </tr> </table>	Total em minutos						
Total em minutos								

### Fórmulas para cálculo dos escores do questionário Baecke de AFH

<b>ATIVIDADES FÍSICAS OCUPACIONAIS (AFO)</b>	
	$\text{Escore de AFO} = \frac{\text{questão1} + \text{questão2} + \text{questão3} + \text{questão4} + \text{questão5} + \text{questão6} + \text{questão7} + \text{questão8}}{8}$
Cálculo da primeira questão referente ao tipo de ocupação:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Intensidade (tipo de ocupação)=1 para profissões com gasto energético leve ou 3 para profissões com gasto energético moderado ou 5 para profissões com gasto energético vigoroso (<b>determinado pela resposta do tipo de ocupação: o gasto energético da profissão deve ser conferido no compêndio de atividades físicas de Ainsworth</b>)</li> </ul>	
<b>EXERCÍCIOS FÍSICOS NO LAZER (EFL)</b>	
Cálculo da questão 9 referente a prática de esportes/exercícios físicos:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensidade (tipo de modalidade)=0,76 para modalidades com gasto energético leve ou 1,26 para modalidades com gasto energético moderado ou 1,76 para modalidades com gasto energético vigoroso (<b>determinado pela resposta do tipo de modalidade: o gasto energético da modalidade deve ser conferido no compêndio de atividades físicas de Ainsworth</b>)</li> <li>• Tempo (horas por semana)=0,5 para menos de uma hora por semana ou 1,5 entre maior que uma hora e menor que duas horas por semana ou 2,5 para maior que duas horas e menor que três horas por semana ou 3,5 para maior que três e até quatro horas por semana ou 4,5 para maior que quatro horas por semana (<b>determinado pela resposta das horas por semana de prática</b>)</li> <li>• Proporção (meses por ano)=0,04 para menor que um mês ou 0,17 entre um a três meses ou 0,42 entre quatro a seis meses ou 0,67 entre sete a nove meses ou 0,92 para maior que nove meses (<b>determinado pela resposta dos meses por ano de prática</b>)</li> </ul> <p style="text-align: center;">◆ Para o cálculo desta questão, os valores devem ser multiplicados e somados:</p> <p style="text-align: center;">[Modalidade 1=(Intensidade*Tempo*Proporção)+Modalidade 2=(Intensidade*Tempo*Proporção)]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Após o resultado deste cálculo, para o valor final da questão 9, deverá ser estipulado um escore de 0 a 5 de acordo com os critérios especificados abaixo:</li> </ul> <p style="text-align: center;">[0 (sem exercício físico)=1/ entre 0,01 até &lt;4=2/ entre 4 até &lt;8=3/ entre 8 até &lt;12=4/≥12,00=5]</p> <p style="text-align: center;">Os escores das questões dois a quatro serão obtidos de acordo com as respostas das escalas de Likert</p> <p style="text-align: center;">O escore final de EFL deverá ser obtido de acordo com a fórmula especificada abaixo:</p>	
	$\text{Escore de EFL} = \frac{\text{questão9} + \text{questão10} + \text{questão11} + \text{questão12}}{4}$
<b>ATIVIDADES FÍSICAS DE LAZER E LOCOMOÇÃO (ALL)</b>	
Os escores das questões cinco a oito serão obtidos de acordo com as respostas das escalas de Likert	
O escore final de ALL deverá ser obtido de acordo com a fórmula especificada abaixo:	
	$\text{Escore de ALL} = \frac{(6 - \text{questão13}) + \text{questão14} + \text{questão15} + \text{questão16}}{4}$
<b>Escore total de atividade física (ET)= AFO+EFL+ALL</b>	

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)