



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Ercole da Cruz Rubini

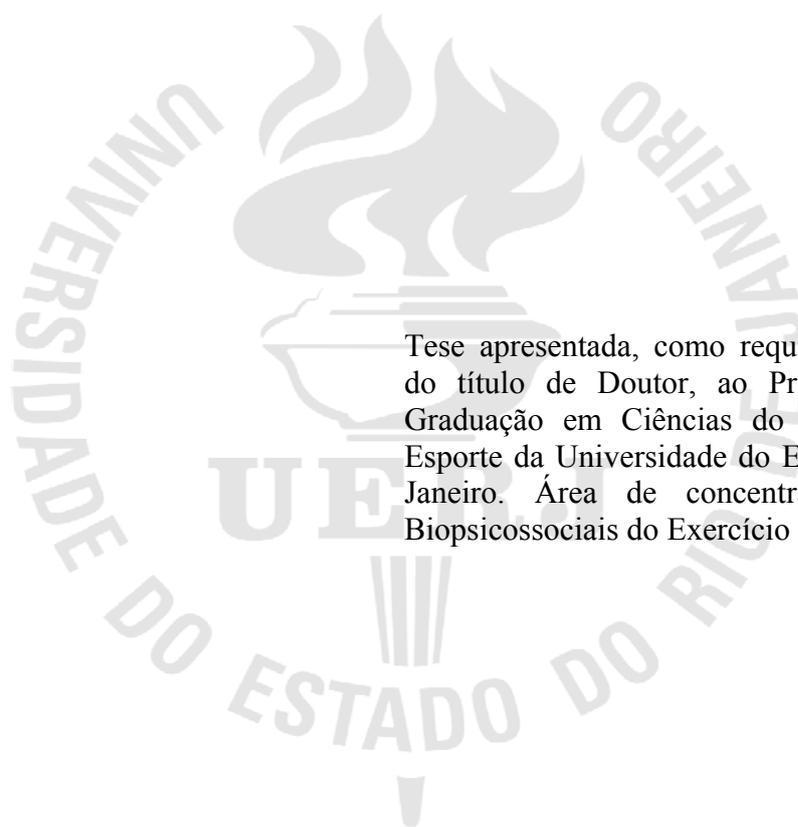
**Exercícios de alongamento e respostas cardiovasculares**

Rio de Janeiro

2017

Ercole da Cruz Rubini

**Exercícios de alongamento e respostas cardiovasculares**



Tese apresentada, como requisito à obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico

Orientador: Prof. Dr. Elirez Bezerra da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso Veras Farinatti

Rio de Janeiro

2017

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

R896 Rubini, Ercole da Cruz.  
Exercícios de alongamento e respostas cardiovasculares /  
Ercole da Cruz Rubini. – 2017.  
79 f. : il.

Orientador: Elirez Bezerra da Silva.  
Coorientador: Paulo de Tarso Veras Farinatti.  
Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Exercícios físicos – Aspectos fisiológicos - Teses. 2.  
Frequência cardíaca – Teses. 3. Pressão arterial – Teses. 4.  
Exercícios de alongamento – Teses. 5. Sistema nervoso autônomo –  
Teses. I. Silva, Elirez Bezerra da. II. Farinatti, Paulo de Tarso  
Veras. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de  
Educação Física e Desportos. IV. Título.

CDU 612.766.1:612.176

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Ercole da Cruz Rubini

### **Exercícios de alongamento e respostas cardiovasculares**

Tese apresentada, como requisito à obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Aprovada em 20 de setembro de 2017.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Elirez Bezerra da Silva (Orientador)  
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

---

Prof. Dr. Paulo de Tarso Veras Farinatti (Coorientador)  
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

---

Prof. Dr. Ricardo Brandão de Oliveira  
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

---

Prof. Dr. Júlio Guilherme Silva  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Luis Eduardo Viveiros de Castro  
Confederação Brasileira de Atletismo

Rio de Janeiro

2017

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho  
aos meus amigos  
que acompanharam e acompanham  
a minha luta e sabem  
a importância que este trabalho representa.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço ao meu orientador e amigo, Prof. Dr. Elirez Bezerra da Silva, e ao meu co-orientador e amigo Prof. Dr. Paulo de Tarso Veras Farinatti por abrirem as portas dos seus laboratórios, pela confiança depositada, paciência e ensinamentos transmitidos.

Aos meus pais, POR TUDO.

À minha companheira, Luciana, pelo apoio, incentivo e por sempre acreditar em mim.

Aos amigos que participaram como sujeitos do meu estudo e em nenhum momento hesitaram em colaborar.

Aos amigos, companheiros de doutorado.

Aos Professores Dr. Ricardo Brandão de Oliveira, Júlio Guilherme Silva e Luis Eduardo Viveiros de Castro pelos excelentes e minuciosos comentários sobre os estudos.

Ao Prof. Dr. Wallace Monteiro pela FORÇA.

A Universidade Estácio de Sá, pelo apoio financeiro.

Finalmente, aos amigos do grupo de pesquisa GPCES e LABSAU, pela convivência, paciência e conhecimentos compartilhados. Este trabalho tem um pouco de cada um de vocês.

## RESUMO

RUBINI, Ercole da Cruz. *Exercícios de alongamento e respostas cardiovasculares*. 2017. 79 f. Tese (Doutorado em Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Esta tese, composta por três estudos, teve por objetivos (1) verificar o efeito agudo de exercícios de alongamento sobre a pressão arterial de sujeitos saudáveis e discutir os possíveis mecanismos fisiológicos subjacentes a estas respostas; (2) o efeito do alongamento muscular sobre a variabilidade de frequência cardíaca (VFC), bem como discutir os possíveis mecanismos envolvidos nessas respostas; (3) verificar o efeito do nível de flexibilidade e do volume de exercícios de alongamento sobre a VFC. No primeiro estudo foram metanalisados 254 e 86 participantes saudáveis que executaram alongamentos de facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) e estático, respectivamente. No segundo estudo foi feita uma revisão sistemática de 231 estudos, dos quais foram selecionados 4 estudos. No terceiro estudo foi feito um experimento comparando quatro grupos: pouca flexibilidade e baixo volume de alongamento ( $n = 12$ ), pouca flexibilidade e alto volume de alongamento ( $n = 13$ ), muita flexibilidade e baixo volume de alongamento ( $n = 12$ ) e muita flexibilidade e alto volume de alongamento ( $n = 13$ ). Os resultados obtidos na metanálise mostraram que a execução dos alongamentos FNP aumentaram a pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial diastólica (PAD) com diferenças de média e intervalo de confiança de 12,26 (9,48-15,04) e 6,67 (-1,90-15,23) e  $P < 0,00001$  e  $P < 0,00001$  respectivamente e o alongamento estático não foi capaz de produzir aumentos significativos de PAS e PAD, com diferenças de média e intervalo de confiança de 7,62 (5,74-9,50) e 0,62 (-0,52-1,77) e  $P = 0,13$  e  $P = 0,28$  respectivamente. Na revisão sistemática os resultados existentes sobre exercícios de alongamento e VFC são poucos e contraditórios, apontando para uma hipótese do nível de flexibilidade e volume de exercícios de alongamento poderem causar diferenças na VFC. No estudo experimental, os resultados mostraram que independentemente do nível de flexibilidade, realizar uma sessão de alongamentos musculares com baixo ou alto volume já é capaz de produzir efeitos significativos na VFC. Sendo assim, concluiu-se que a execução de alongamentos FNP causa o aumento significativo da PAS e da PAD e o alongamento estático não gera aumentos significativos na PAS e na PAD, que apesar dos poucos e contraditórios estudos existentes baseado nos estudos da revisão, parece que o nível de flexibilidade dos indivíduos e o volume do estímulo podem influenciar diretamente na VFC e após a realização do estudo experimental, que os exercícios de alongamento estático passivo são capazes de modificar significativamente a VFC. Sendo que, o nível de flexibilidade e o volume de exercícios não são capazes de influenciar nessas respostas.

Palavras-chave: Flexibilidade. Exercícios físicos. Pressão arterial. Variabilidade da frequência cardíaca. Sistema nervoso autônomo.

## ABSTRACT

RUBINI, Ercole da Cruz. *Stretching exercises and cardiovascular responses*. 2017. 79 f. Tese (Doutorado em Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

This dissertation was composed of three studies, aimed to (1) verify the acute effect of stretching exercises on the blood pressure of healthy subjects and discuss the possible physiologic mechanisms underlying these responses; (2) the effect of muscle stretching on heart rate variability (HRV), as well as discussing the possible mechanisms involved in these responses; (3) to verify the effect of the level of flexibility and the volume of stretching exercises on the HRV. In the first study, 254 and 86 healthy participants who performed proprioceptive neuromuscular (PNF) and static stretching stretches, respectively. In the second study a systematic review of 231 studies was carried out, of which 4 studies were selected. In the third study, an experiment was performed comparing four groups: low flexibility and low elongation volume (n = 12), low flexibility and high elongation volume (n = 13), great flexibility and low elongation volume A lot of flexibility and a high volume of stretching (n = 13). The results obtained in the meta-analysis showed that the performance of the PNF stretches increased systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) with differences in mean and confidence interval differences of 12.26 (9.48-15.04) and 6.67 (-1.90-15.23) and  $P < 0.00001$  and  $P < 0.00001$  respectively and static elongation was not able to produce significant increases in SBP and DBP, with differences in mean and confidence interval of 7.62 (5.74-9.50) and 0.62 (-0.52-1.77) and  $P = 0.13$  and  $P = 0.28$  respectively. In the systematic review the existing results on stretching exercises and HRV are few and contradictory, pointing to a hypothesis of the level of flexibility and volume of stretching exercises that may cause differences in HRV. In the experimental study, the results showed that regardless of the level of flexibility, performing a session of muscle stretching with low or high volume is already capable of producing significant effects on HRV. Therefore, it was concluded that the execution of PNF stretches causes a significant increase of SBP and DBP and static stretching does not generate significant increases in SBP and DBP, which despite the few contradictory studies based on the review studies, seems that the level of flexibility of the individuals and the volume of the stimulus can directly influence the HRV and after the experimental study, that the passive static stretching exercises are able to modify the HRV significantly. Given that, the level of flexibility and the volume of exercises are not able to influence these responses.

Keywords: Flexibility. Physical exercises. Blood pressure. Heart rate variability. Autonomic nervous system

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>1 ESTUDO 1 - EFEITO DO ALONGAMENTO MUSCULAR SOBRE A PRESSÃO ARTERIAL: META-ANÁLISE</b> .....	12
<b>2 ESTUDO 2 - EFEITO DO ALONGAMENTO MUSCULAR SOBRE A VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA: REVISÃO SISTEMÁTICA</b> .....	35
<b>3 ESTUDO 3 - EFEITO DO ALONGAMENTO MUSCULAR SOBRE A VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA: REVISÃO SISTEMÁTICA</b> .....	54
<b>CONCLUSÃO</b> .....	79

## INTRODUÇÃO

Exercícios de alongamento muscular, que utilizam as técnicas balística, estática ou de facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP), são utilizados para desenvolver a flexibilidade, que pode ser definida como a amplitude máxima de movimentos fisiológicos possíveis em uma ou mais articulações, sendo influenciada por músculos, tendões, cápsulas articulares, ligamentos, ossos e pele, consistindo em capacidade motora reconhecidamente relacionada à aptidão física para a saúde <sup>1</sup>. De fato, manter níveis adequados de amplitude de movimento parece ser importante para a manutenção da autonomia para as atividades cotidianas, economia de movimentos, prevenção de acometimentos do aparelho locomotor e preservação da boa função muscular de forma geral <sup>2</sup>.

Nas últimas décadas, muitas questões relacionadas aos possíveis efeitos dos exercícios de alongamento foram esclarecidas, tais como seu real papel na prevenção de lesões, diminuição de dores musculares ou melhora do desempenho esportivo <sup>1</sup>. Na literatura encontram-se metanálises com vários estudos que investigaram o efeito dos exercícios aeróbios de baixa<sup>3-5</sup>, alta intensidade<sup>6-7</sup> e de força muscular<sup>5</sup> sobre as respostas cardiovasculares. No entanto, poucos estudos originais investigaram os possíveis efeitos dos alongamentos musculares sobre as respostas cardiovasculares <sup>8-18</sup> e nenhuma revisão sistemática sobre esse tema foi publicada, seja ela quantitativa ou qualitativa.

Existem evidências de que o alongamento muscular é capaz de ativar mecanorreceptores do grupo III e IV que enviam impulsos nervosos aferentes ao SNC produzindo respostas cardiovasculares significativas<sup>1,14,19-25</sup>. A ativação dos mecanorreceptores pelos exercícios de alongamento muscular promove uma resposta típica desencadeando uma diminuição da atividade parassimpática e um aumento da atividade simpática, levando a um aumento da frequência cardíaca e / ou da pressão arterial<sup>26-27</sup>.

Essas informações são muito relevantes, para se pesquisar os possíveis benefícios para a saúde cardiovascular que poderiam advir dos exercícios de alongamento, particularmente considerando-se a sua facilidade de execução que não exige grandes espaços ou investimentos em equipamentos.

Desse modo, a presente tese de doutoramento foi organizada em três estudos independentes, mas gravitando em torno do mesmo eixo temático – EXERCÍCIOS DE ALONGAMENTO E RESPOSTAS CARDIOVASCULARES:

- 1) Efeito agudo do alongamento muscular sobre a pressão arterial: meta-análise
- 2) Efeito do alongamento muscular sobre a variabilidade da frequência cardíaca: revisão sistemática
- 3) Efeito do nível de flexibilidade e do volume de exercícios de alongamento sobre a variabilidade da frequência cardíaca: experimento controlado randomizado

No primeiro estudo realizou-se uma metanálise cujo objetivo foi determinar os potenciais efeitos agudos de exercícios de alongamento muscular sobre a pressão arterial sistólica e diastólica em indivíduos saudáveis e, de forma secundária, analisar potenciais mecanismos subjacentes de tais respostas; O segundo estudo consistiu em uma revisão sistemática para investigar o efeito agudo do alongamento muscular sobre a variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Esta revisão possibilitou levantar a hipótese que o nível de flexibilidade e/ou volume de exercícios de alongamento poderiam causar efeitos sobre a VFC; Finalmente, para testar tal hipótese, o terceiro estudo foi um experimento a fim de verificar o efeito do nível de flexibilidade e do volume de exercícios de alongamento muscular sobre a VFC.

### **Referências**

1. Rubini EC. Treinamento de flexibilidade: da teoria à prática. Ed. Sprint: Rio de Janeiro, 2010.
2. Rubini EC, Farinatti PTV, Silva EB. Aplicação clínica do alongamento muscular: breve revisão. Revista HUPE 2013; 12(4): 13-7.
3. Gandhi S, Chen S, Hong L, Sun K, Gong E, Li C, Yan LL, Schwalm JD. Effect of mobile health interventions on the secondary prevention of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *Can J Cardiol.* 2017; 33(2): 219-31.
4. Boyne P, Welge J, Kissela B, Dunning K. Factors Influencing the Efficacy of Aerobic Exercise for Improving Fitness and Walking Capacity After Stroke: A Meta-Analysis With Meta-Regression. *Arch Phys Med Rehabil.* 2017; 98(3): 81-595.
5. Marzolini S, Oh PI, Brooks D. Effect of combined aerobic and resistance training versus aerobic training alone in individuals with coronary artery disease: a meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol.* 2012; 19(1): 81-94.
6. Batacan RB Jr, Duncan MJ, Dalbo VJ, Tucker PS, Fenning AS. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med.* 2017; 51(6):494-503.

7. Aguilera Eguía R, Vergara Miranda C, Quezada Donoso R, Sepúlveda Silva M, Coccio N, Cortés P, Delarze C, Flores C. High-intensity interval exercise therapy to reduce cardiovascular risk factors in people with the metabolic syndrome: systematic review with meta-analysis. *Nutr Hosp.* 2015; 32(6): 2460-71.
8. Holt LE, Pelham TW, Campagna PD. Hemodynamics during a machine-aided flexibility protocol. *Can J Applied Physiol.* 1995; 20 (4): 407-16.
9. Cornelius WL, Jensen RL, Odell ME. Effects of PNF stretching phases on acute arterial blood pressure. *Can J Applied Physiol.* 1995; 20: 222-9.
10. Baum K, Selle K, Leyk D, Essfeld D. Comparison of blood pressure and heart rate responses to isometric exercise and passive muscle stretch in humans. *Eur J Applied Physiol.* 1995; 70: 240-5.
11. Gladwell VF, Coote JH. Heart rate at the onset of muscle contraction and during passive muscle stretch in humans: a role for mechanoreceptors. *J Physiol.* 2002; 540: 1095-102.
12. Tokizawa K, Mizuno M, Nakamura Y, Muraoka I. Passive triceps surae stretch inhibits vasoconstriction in the nonexercised limb during posthandgrip muscle ischemia. *J Applied Physiol.* 2004; 97: 1681–5.
13. Gültekin Z, Kin-isler A, Sürenkök Ö. Hemodynamic and lactic acid responses to proprioceptive neuromuscular facilitation exercise. *J Sports Sci Med.* 2006; 5: 375-80.
14. Cui J, Blaha C, Moradkhan R, Gray KS, Sinoway LI. Muscle sympathetic nerve activity responses to dynamic passive muscle stretch in humans. *J Physiol.* 2006; 576 (2): 625–34.
15. Farinatti PT, Brandão C, Soares PP, Duarte AF. Acute effects of stretching exercise on the heart rate variability in subjects with lower flexibility levels. *J Strength Cond Res.* 2011; 25 (6): 1579-85.
16. Farinatti PT, Soares PP, Monteiro WD, Duarte AF, Castro LA. Cardiovascular responses to passive static flexibility exercises are influenced by the stretched muscle mass and valsalva maneuver. *Clinics.* 2011; 66 (3): 459-64.
17. Costa e Silva G, Di Masi F, Paixão A, Melibeu Bentes C, de Sá, M, Miranda, H, Simão R, Novaes J. Effects of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching and Static Stretching on Cardiovascular Responses. *J E P online.* 2013;16 (1): 117-25.

18. Mueck-Weymann M, Janshoff G, Mueck H. Stretching increases heart rate variability in healthy athletes complaining about limited muscular flexibility. *Clin Auton Res.* 2004; 14: 15-8.
19. Gladwell VF, Fletcher J, Patel N, et al. The influence of small fibre muscle mechanoreceptors on the cardiac vagus in humans. *J Physiol.* 2005; 567(2): 713-21.
20. Hayes SG, Kindig AE, Kaufman MP. Comparison between the effect of static contraction and tendon stretch on the discharge of group III and IV muscle afferents. *J Appl Physiol.* (1985). 2005; 99(5): 1891–6.
21. Adreani CM, Hill JM, Kaufman MP. Responses of group III and IV muscle afferents to dynamic exercise. *J Appl Physiol.* 1997; 82(6): 1811–7.
22. Drew RC, Bell MP, White MJ. Modulation of spontaneous baroreflex control of heart rate and indexes of vagal tone by passive calf muscle stretch during graded metaboreflex activation in humans. *J Appl Physiol.* 2008; 104(3): 716–23.
23. McCloskey DI, Mitchell JH. Reflex cardiovascular and respiratory responses originating in exercising muscle. *J Physiol.* 1972; 224(1): 173–86.
24. Mitchell JH, Kaufman MP, Iwamoto GA. The exercise pressor reflex: its cardiovascular effects, afferent mechanisms, and central pathways. *Annu Rev Physiol.* 1983; 45: 229–42.
25. Kruse NT, Silette CR, Scheuermann BW. Influence of passive stretch on muscle blood flow, oxygenation and central cardiovascular responses in healthy young males. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2016; 310(9): H1210–21.
26. Stebbins CL, Brown B, Levin D, et al. Reflex effect of skeletal muscle mechanoreceptor stimulation on the cardiovascular system. *J Appl Physiol* (1985). 1988; 65(4): 1539–47.
27. Wilson LB, Wall PT, Pawelczyk JA, et al. Cardiorespiratory and phrenic nerve responses to graded muscle stretch in anesthetized cats. *Respir Physiol.* 1994; 98(3): 251–66.

# 1 ESTUDO 1 - EFEITO AGUDO DO ALONGAMENTO MUSCULAR SOBRE A PRESSÃO ARTERIAL: META-ANÁLISE

## 1. Introdução

Exercícios destinados à desenvolver a flexibilidade são tradicionalmente recomendados como parte essencial de programas de treinamento físico para esportes ou promoção da saúde <sup>1-3</sup>. Independentemente de alguns questionamentos em relação à dose-resposta ideal dessa modalidade de exercício, evidências recentes esclarecem sobre a sugerida atuação dos alongamentos musculares na prevenção de lesões <sup>4-9</sup>, diminuição da dor muscular <sup>10-15</sup>, ou melhor desempenho de diferentes tarefas motoras <sup>16</sup>.

Sempre foi bem aceito que indivíduos mal condicionados – como é tipicamente o caso de idosos ou cardiopatas – podem realizar exercícios de alongamento de forma segura, beneficiando-se de uma melhor função muscular <sup>17</sup>. Todavia, pouco se sabe sobre a influência de sessões de treinamento da flexibilidade (ou, no jargão habitualmente utilizado, *sessões de alongamento*) sobre algumas variáveis fisiológicas diretamente relacionadas à saúde, como por exemplo as respostas hemodinâmicas. Por outro lado, algumas pesquisas sugeriram que aumentos na frequência cardíaca e pressão arterial durante os exercícios de alongamento podem ser importantes para melhorar a função autonômica ou até no controle da pressão arterial e, em alguns casos em que os indivíduos tenham alguma disfunção cardiovascular prévia, representariam sobrecarga cardiovascular significativa e não negligenciável em termos de segurança cardiovascular <sup>18-28</sup>.

Um melhor conhecimento sobre o impacto hemodinâmico de exercícios de alongamento pode ajudar a aperfeiçoar a segurança de programas de treinamento para manutenção ou melhoria da flexibilidade e determinar os potenciais efeitos agudos de exercícios sobre a pressão arterial. Contudo, os estudos originais realizados sobre o tema apresentam diferenças em relação a alguns aspectos metodológicos, tais como tipo de alongamento utilizado e tamanho da massa muscular envolvida. Portanto, o objetivo do presente foi estudo verificar o efeito agudo de exercícios de alongamento sobre a pressão arterial sistólica e diastólica de pessoas saudáveis e discutir os possíveis moderadores subjacentes a estas respostas.

## 2. Método

### **2.1. Critérios de elegibilidade e inclusão dos estudos**

Esta metanálise foi redigida de acordo com as recomendações PRISMA <sup>29</sup>. Somente estudos experimentais que aplicaram exercícios de alongamento a curto prazo como intervenção e que avaliaram as respostas de pressão arterial em seres humanos saudáveis foram incluídos na revisão. Não houve restrição de idade ou sexo e todas as técnicas de alongamento utilizadas foram aceitas.

### **2.2. Estratégia de busca**

A busca de artigos publicados até junho de 2016 foi realizada nas seguintes bases de dados eletrônicas: National Library of Medicine (MEDLINE), Latin American and Caribbean Center on Health Sciences Information (LILACS), Physiotherapy Evidence Database (PEDro), ISI (Web of Knowledge), Scopus e Scientific Electronic Library Online (SciELO). Em cada banco de dados uma combinação de posições foi aplicada. A pesquisa usou descritores como "alongamento", "flexibilidade" e "pressão arterial", adequadamente combinados entre si. Sinônimos para estes descritores foram combinados após a identificação nos "Descritores em Ciências da Saúde" (DeCS) e "Medical Subject Headings" (MeSH). Listas de referência de artigos e livros pertinentes também foram utilizadas para identificar estudos com potencial para a inclusão. As palavras foram combinadas utilizando-se os operadores booleanos OR e AND.

### **2.3. Critérios para avaliação da qualidade metodológica dos estudos**

A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada pela escala PEDro (<http://www.pedro.org.au/>) <sup>30</sup>, que se baseia na lista Delphi <sup>31</sup>. A qualidade dos estudos incluídos foi avaliada de forma independente por dois pesquisadores com experiência na utilização da Escala e as divergências foram decididas por um terceiro pesquisador (Tabela 1).

A escala PEDro inclui os 11 seguintes critérios: (1) Os critérios de elegibilidade foram especificados; (2) Os participantes foram distribuídos aleatoriamente em grupos; (3) A alocação foi cegada; (4) Os grupos foram semelhantes no início do estudo; (5) Os participantes eram cegos; (6) Os avaliadores que administravam os testes foram cegados; (7) Os avaliadores que mediram os resultados eram cegos; (8) As medidas de resultados importantes foram obtidos a partir de mais do que 85% dos participantes; (9) Os dados foram analisados por intenção de tratar; (10) Os resultados das comparações entre grupos foram descritos para pelo menos um resultado chave; (11) O estudo apresenta medidas de precisão ou de variabilidade. A pontuação total é determinada pela contagem do número de critérios

que estão satisfeitos, exceto o item 1, que é mantida para caracterizar a lista Delphi, sendo o escore máximo de 10. Se um estudo não especifica claramente que o critério foi cumprido não recebe a pontuação. No entanto, independentemente da avaliação obtida todos os estudos foram considerados nesta metanálise.

#### **2.4. Extração dos dados comuns aos estudos**

Dos estudos incluídos nesta metanálise, foram extraídos pelo primeiro autor, o tamanho da amostra, a técnica de alongamento utilizada, os valores em média e desvio-padrão das pressões arteriais sistólica e diastólica.

#### **2.5. Análise de viés**

Para avaliação do risco de viés foi utilizada a ferramenta da colaboração Cochrane<sup>32</sup>. No entanto, essa ferramenta foi adaptada para poder avaliar adequadamente os estudos experimentais selecionados considerando que o cegamento de avaliadores e participantes nesse tipo de estudo é impossível. Por essa razão, o avaliador optou por considerar como incerto esses itens. O viés de publicação foi avaliado pelo gráfico de funil. A avaliação foi realizada por um avaliador independente (MI).

#### **2.6. Análise dos dados**

A metanálise foi realizada utilizando-se o programa Review Manager (versão 5.3., The Nordic Cochrane centre, The Cochrane Collaboration, 2014). Considerou-se a PAS e PAD como variáveis contínuas, método estatístico da variância inversa, modelo de efeito fixo ou aleatório, conforme o  $I^2$  obtido, medida do efeito por diferença de média, IC95% para os estudos e para a metanálise, com os estudos ordenados por peso. Em todas as análises, o nível crítico de significância foi estabelecido em  $P \leq 0,05$ .

### 3. Resultados

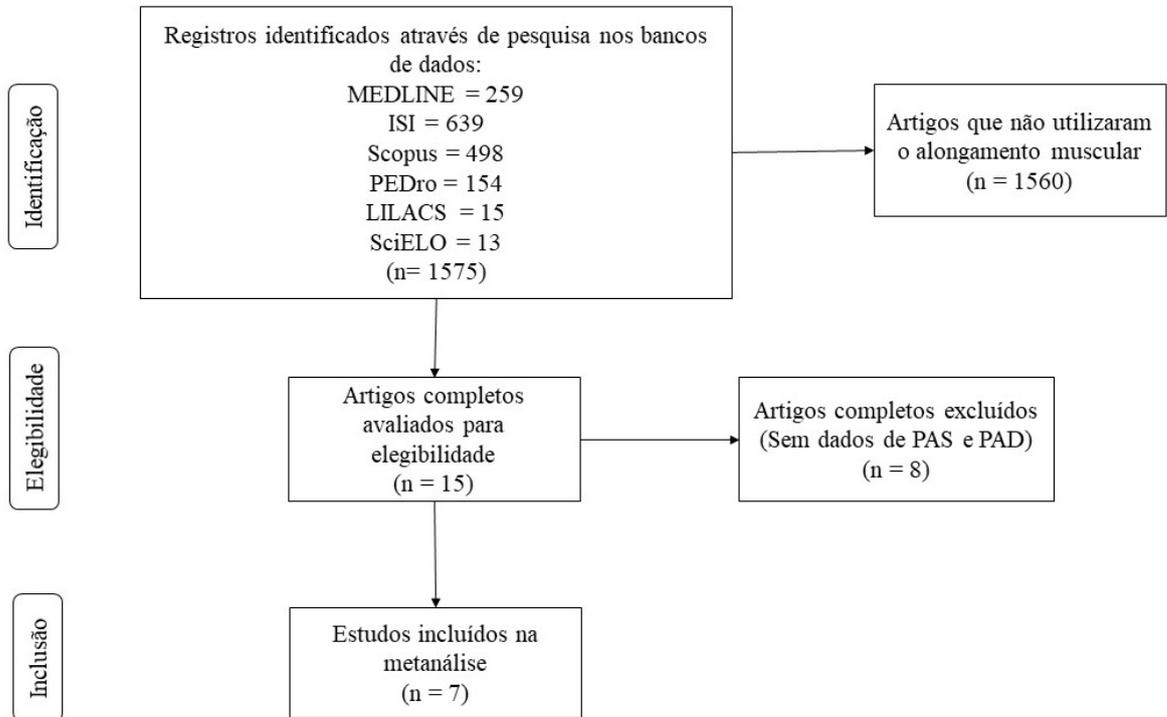


Figura 1. Diagrama de fluxo dos estudos selecionados para a metanálise

Tabela 1 - Qualidade metodológica, avaliada pela Escala PEDro, dos estudos incluídos na metanálise

Estudos (autores)	CRITÉRIOS DA ESCALA PEDro											Escore Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Kruse <i>et al.</i> <sup>20</sup>	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	4/10
Cornelius <i>et al.</i> <sup>18</sup>	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	4/10
Gültekin <i>et al.</i> <sup>22</sup>	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	4/10
Farinatti <i>et al.</i> <sup>25</sup>	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	5/10
Cui <i>et al.</i> <sup>23</sup>	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	5/10
Holt <i>et al.</i> <sup>17</sup>	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6/10
Costa e Silva <i>et al.</i> <sup>26</sup>	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6/10

Os números da coluna correspondem aos critérios avaliados na escala PEDro. Cada critério vale 0 ou 1 ponto, se não atendido ou atendido, respectivamente. O escore total é determinado pela soma de pontos obtidos com a exceção do item 1. + indica que o critério foi claramente satisfeito, - indica que o critério não foi atendido ou não está claro.

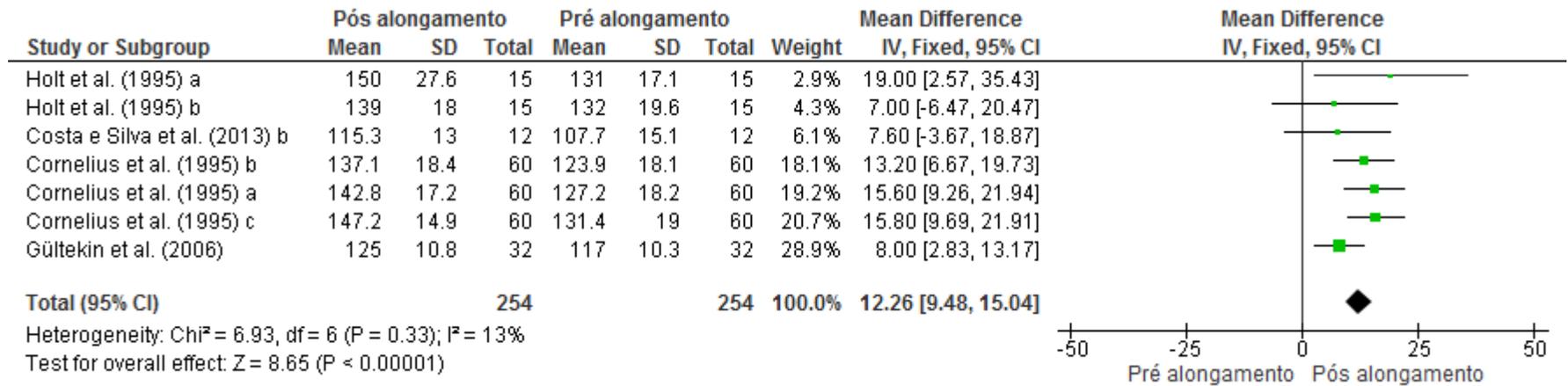


Figura 2a - Meta-análise do efeito dos alongamentos com facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) sobre a pressão arterial sistólica.

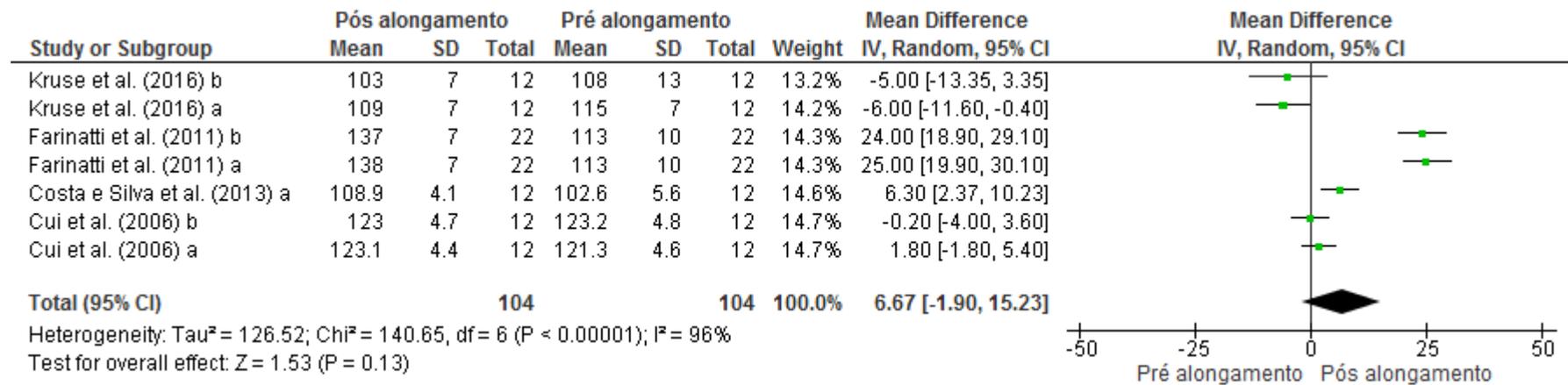


Figura 2b - Meta-análise do efeito dos alongamentos estático sobre a pressão arterial sistólica.

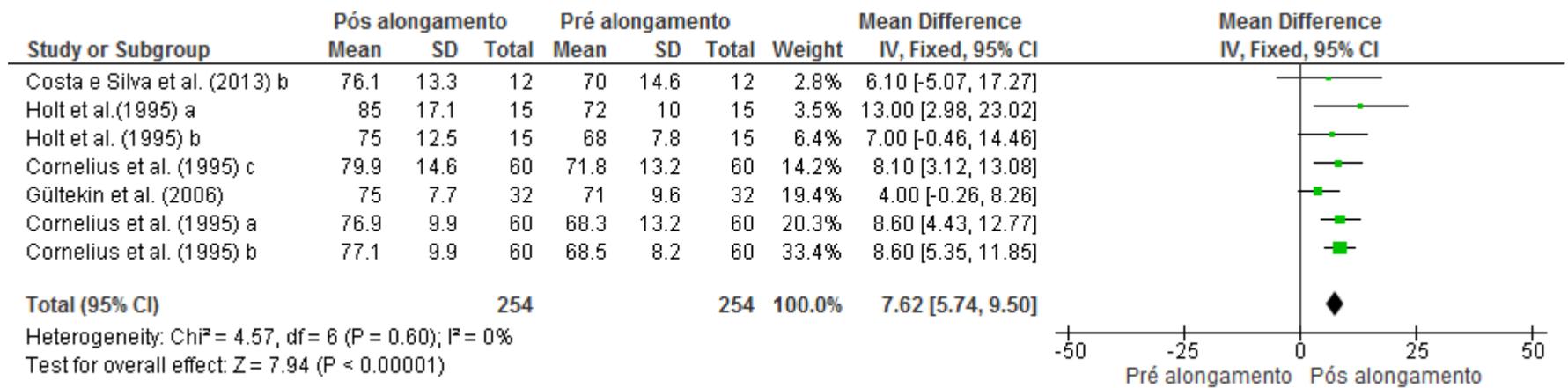


Figura 2c - Meta-análise do efeito dos alongamentos com facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) sobre a pressão arterial diastólica.

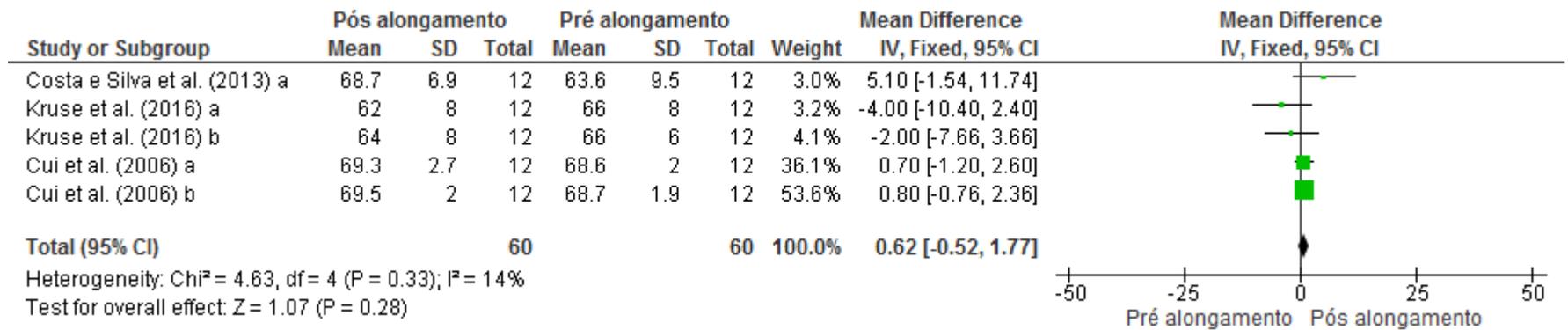


Figura 2d - Meta-análise do efeito dos alongamentos estáticos sobre a pressão arterial diastólica (Foram excluídos os estudos de Farinatti *et al.* (2011) por não terem mensurado a PAD).

Tabela 2a - Estudos que verificaram o efeito agudo do alongamento com facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) sobre a pressão arterial (mmHg)

Estudo (autores)	Amostra	PAS (mmHg)		PAD (mmHg)	
		Pré x±dp	Pós x±dp	Pré x±dp	Pós x±dp
Holt <i>et al.</i> <sup>(18)</sup>	15	131±17,1	150±27,6	72±10,0	85±17,1
	15	132±19,6	139±18,0	68±7,8	75±12,5
Cornelius <i>et al.</i> <sup>(19)</sup>	a-60	127,2±18,2	142,8±17,2	68,3±13,2	76,9±9,9
	b-60	123,9±18,1	137,1±18,4	68,5±8,2	77,1±9,9
	c-60	131,4±19,0	147,2±14,9	71,8±13,2	79,9±14,6
Gültekin <i>et al.</i> <sup>(23)</sup>	32	117,0±10,3	125,0±10,8	71,0±9,6	75,0±7,7
Costa e Silva <i>et al.</i> <sup>(27)</sup>	12	107,71 ± 15,1	115,29 ± 13,0	70,00 ± 14,5	76,14 ± 13,3
<b>Média das médias</b>	<b>254 (n total)</b>	<b>124,3</b>	<b>136,6</b>	<b>69,9</b>	<b>77,9</b>
<b>Erro padrão das médias</b>		<b>9,1</b>	<b>12,4</b>	<b>1,7</b>	<b>3,6</b>

X= media; DP = desvio padrão; PAS- pressão arterial sistólica; PAD- pressão arterial diastólica; 1- um pré- alongamento passivo 5 s. dos extensores de quadril (antagonista), seguido por uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM) de 6 s. dos extensores de quadril (precedida por uma 4 s. gradual aumentar ao máximo), e, finalmente, 5 s. de alongamento passivo do antagonista; 2- realizada um pré- alongamento passivo de 5 s. do antagonista, uma subsequente CIVM de 6 s. dos extensores de quadril (precedida por um aumento gradual 4 s. ao máximo), seguido por 6 s. de contração submáxima concêntrica do agonista assistida ligeiramente pelo parceiro orientando a perna, terminando com outro trecho 5 s. passiva do antagonista; 3- seguiu os mesmos procedimentos do grupo 2, exceto que nenhuma contração isométrica foi realizada entre o primeiro alongamento passivo e a contração concêntrica dos flexores do quadril.

Tabela 2b - Estudos que verificaram efeito agudo do alongamento estático sobre a pressão arterial (mmHg)

Estudo (autores)	Amostra	PAS (mmHg)		PAD (mmHg)	
		Pré x±dp	Pós x±dp	Pré x±dp	Pós x±dp
Costa e Silva <i>et al.</i> <sup>(27)</sup>	12	102,6 ± 5,6	108,9 ± 4,1	63,6 ± 9,5	68,7 ± 6,9
Farinatti <i>et al.</i> <sup>(26)</sup>	22	113 ± 10,0	138 ± 7,0	NM	NM
	22	113 ± 10,0	134 ± 7,0	NM	NM
Kruse <i>et al.</i> <sup>(21)</sup>	12 (CAS)	115 ± 7,0	109 ± 7,0	66,0 ± 8,0	62,0 ± 8,0
	12 (LIS)	108 ± 13,0	103 ± 7,0	66,0 ± 6,0	64,0 ± 8,0
	12 (CTS)	110 ± 8,0	105 ± 10,0	67,0 ± 7,0	61,0 ± 9,0
Cui <i>et al.</i> <sup>(24)</sup>	12 (RE)	121,3 ± 4,6	123,1 ± 4,4	68,6 ± 2,0	69,3 ± 2,7
	12 (RC)	123,2 ± 4,8	123 ± 4,7	68,7 ± 1,9	69,5 ± 2,0
<b>Média das médias</b>	<b>116 (n total)</b>	<b>113,3</b>	<b>118</b>	<b>66,7</b>	<b>65,8</b>
<b>Erro padrão das médias</b>		<b>6,3</b>	<b>12,6</b>	<b>1,9</b>	<b>3,9</b>

X= média; DP = desvio padrão; PAS- pressão arterial sistólica; PAD- pressão arterial diastólica; RE- respiração espontânea; RC- respiração controlada; NM- não mediu.

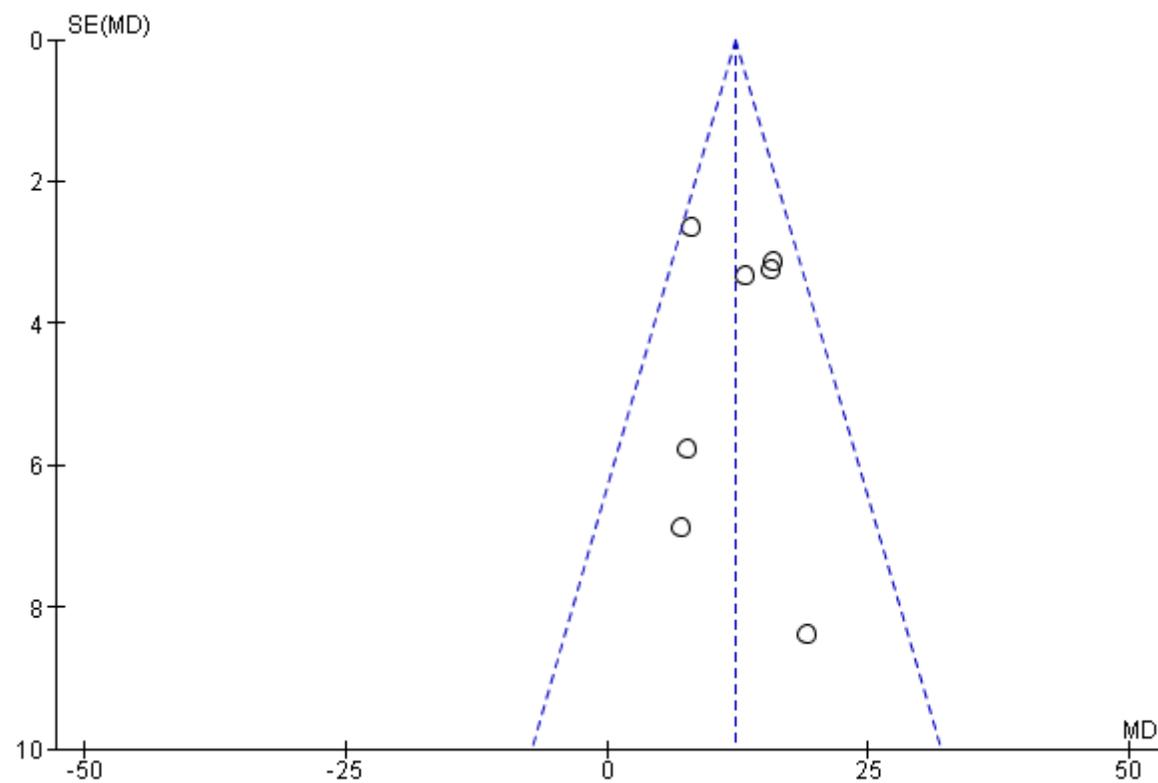


Figura 3a - Gráfico de funil dos estudos de alongamento de facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) sobre a pressão arterial sistólica, considerando o erro padrão e a diferença de médias.

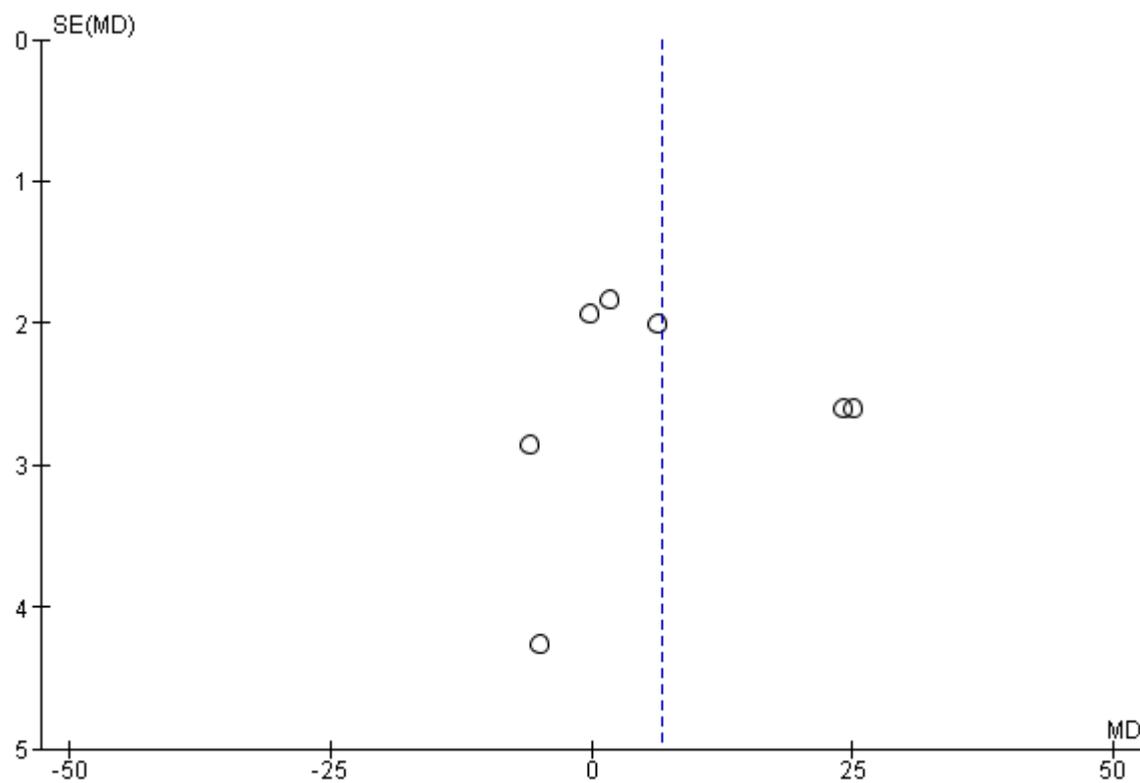


Figura 3b - Gráfico de funil dos estudos de alongamento estático sobre a pressão arterial sistólica, considerando o erro padrão e a diferença de médias.

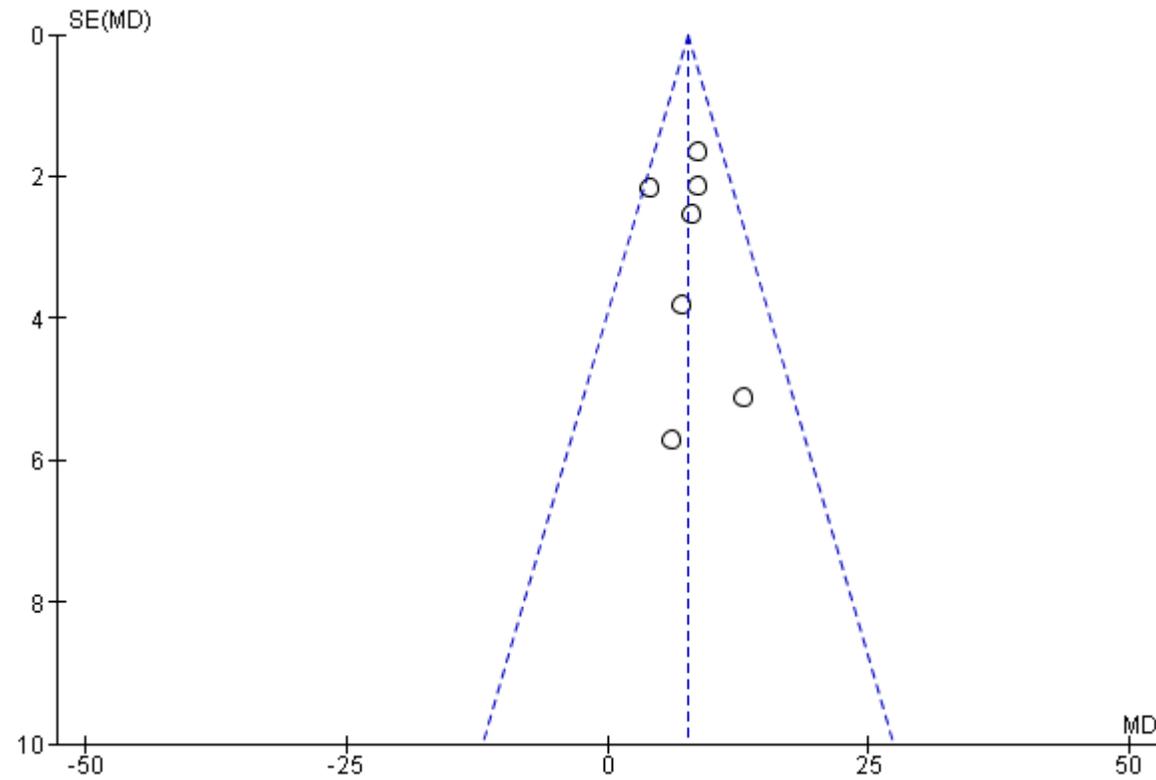


Figura 3c - Gráfico de funil dos estudos de alongamento de facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) sobre a pressão arterial diastólica, considerando o erro padrão e a diferença de médias.

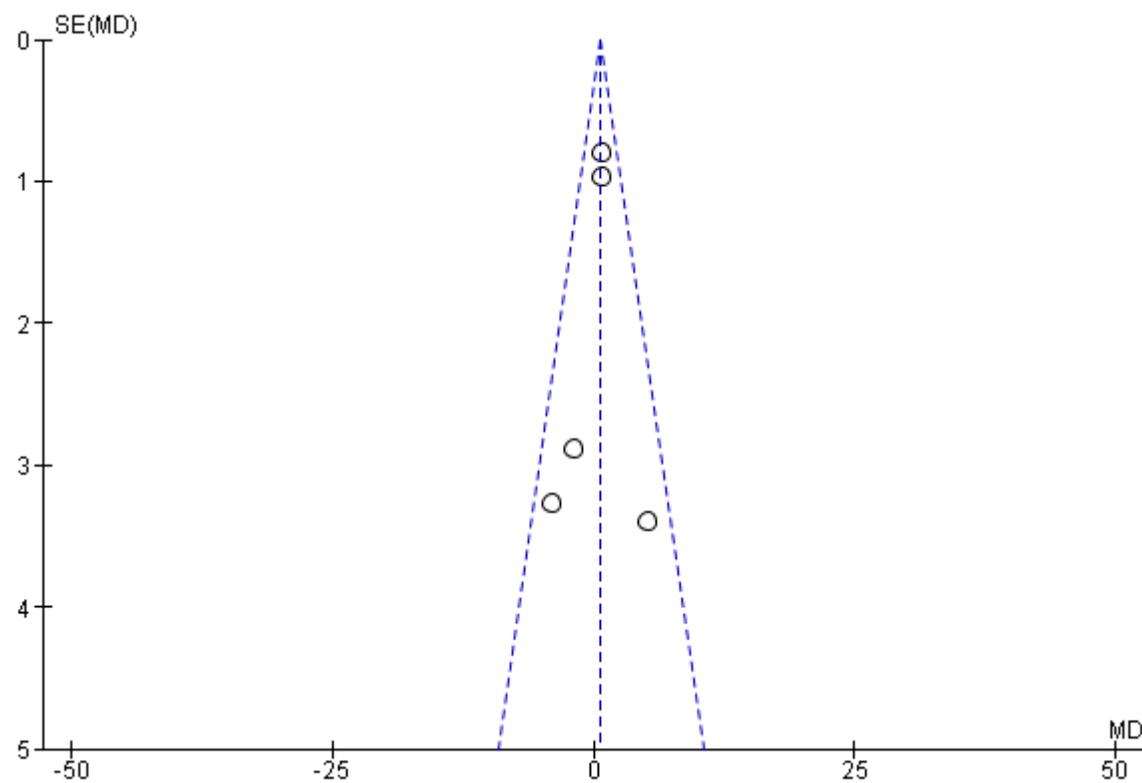


Figura 3d - Gráfico de funil dos estudos de alongamento estático sobre a pressão arterial diastólica, considerando o erro padrão e a diferença de médias.

Quadro 1 – Risco de viés, avaliado pela ferramenta Cochrane para ECR, com adaptação para os critérios de cegamento

AUTOR	TIPO	RANDOMIZAÇÃO	CEGAMENTO PARTICIPANTES/ PROFISSIONAIS (d)	CEGAMENTO AVALIADORES (d)	DESFECHOS INCOMPLETOS	RELATO SELETIVO DE DESFECHO	OUTRAS FONTES DE VIÉS	RISCO DE VIÉS
Cornelius <i>et al.</i> (1995)	GP	Incerto (a)	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	INCERTO
Cui <i>et al.</i> (2006)	MR	Incerto (b)	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	INCERTO
Farinatti <i>et al.</i> (2011)	MR	Incerto (b)	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	INCERTO
Kruse <i>et al.</i> (2016)	CO	Alto <sup>(e)</sup>	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	ALTO
Gueltekin <i>et al.</i> (2006)	MR	Alto	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	ALTO
Holt <i>et al.</i> (1995)	MR	Incerto (b)	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	INCERTO
Silva <i>et al.</i> (2013)	CO	Baixo (c)	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	INCERTO

(a)Randomização para alocação de participantes em grupos diferentes; (b)Randomização para ordem das intervenções para apenas um grupo; (c)Randomização para estudo *cross-over*; (d) Para esses tipos de estudos, o cegamento não consegue ser aplicado. Por isso, o autor da metanálise julgou o viés incerto; (e)O autor não randomiza para a primeira intervenção.

MR = Estudos de grupo único com medidas repetidas

GP = Estudos de dois ou mais grupos

CO = Estudos crossover

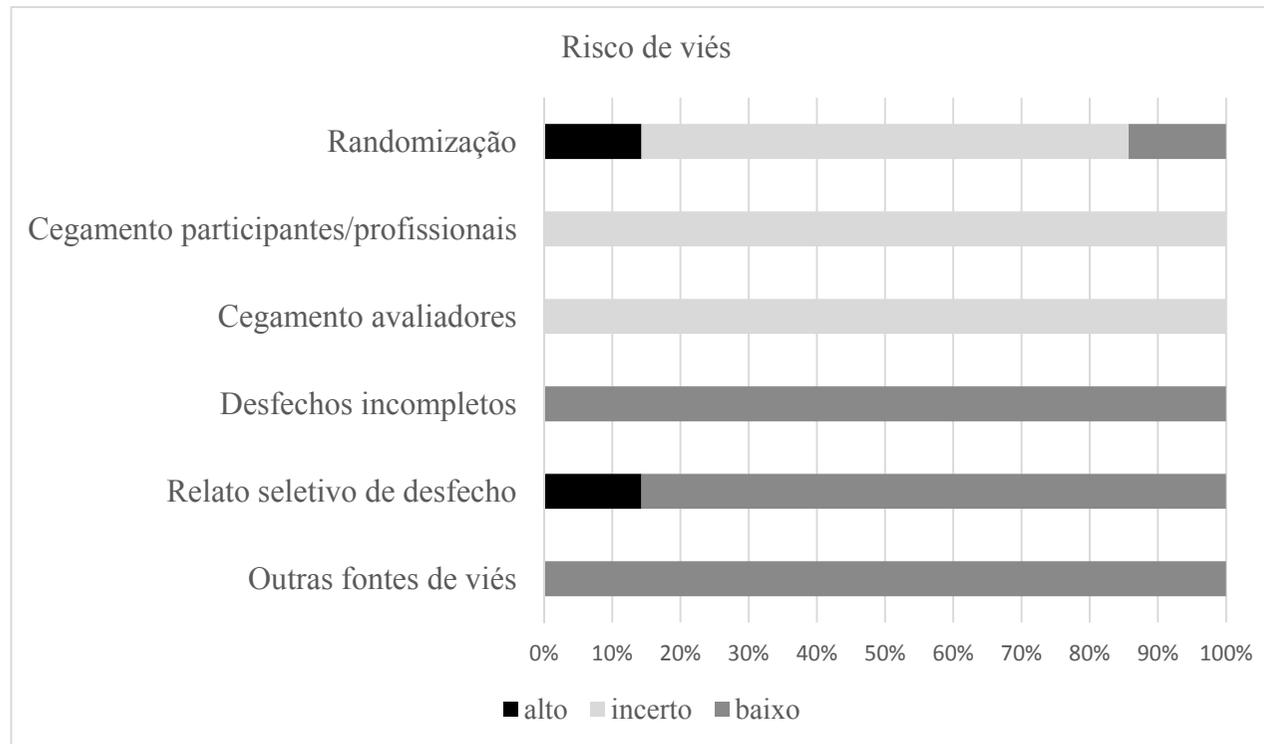


Figura 4 - Análise do risco de viés dos estudos.

#### 4. Discussão

A presente metanálise teve como objetivo analisar estudos experimentais que investigaram o efeito do alongamento sobre a pressão arterial, bem como discutir os possíveis mecanismos subjacentes a estas respostas.

As Figuras 2a e 2c mostraram que a realização de alongamentos FNP causou o aumento significativo das PAS e PAD, com diferenças de média e intervalo de confiança de 12,26 (9,48-15,04) e 6,67 (-1,90-15,23) e  $P < 0,00001$  e  $P < 0,00001$  respectivamente. No entanto, as Figuras 2b e 2d mostraram que o alongamento estático não foi capaz de produzir aumentos significativos de PAS e PAD, com diferenças de média e intervalo de confiança de 7,62 (5,74-9,50) e 0,62 (-0,52-1,77) e  $P = 0,13$  e  $P = 0,28$  respectivamente.

Ao analisar cuidadosamente os dados médios das Tabelas 2a pode-se observar que os aumentos na PAS e PAD talvez possam não ter um significado clínico importante. Após a realização de alongamentos FNP a PAS de 254 participantes aumentou de  $124,3 \pm 9,1$  mmHg para  $136,6 \pm 12,4$  mmHg e a PAD aumentou de  $69,9 \pm 1,7$  mmHg para  $77,9 \pm 3,6$  mmHg. Entretanto, se consideramos que a pressão arterial apresenta uma distribuição normal e o erro padrão das médias obtidos após os alongamentos foram de 12,4 mmHg e 3,6 mmHg, respectivamente, tem-se  $136,6 + 1,96 \times 12,4$  mmHg = 160,9 mmHg e  $77,9 + 1,96 \times 3,6$  mmHg = 85 mmHg, ou seja, 2,5% das pessoas que executaram alongamentos FNP tiveram as PAS e PAD igual ou maior do que 160,9 mmHg e 85 mmHg, respectivamente.

Considerando que todos os estudos analisados na presente revisão foram realizados com indivíduos aparentemente saudáveis e sem idade avançada, é razoável acreditar que estas respostas devem ser mais intensas em indivíduos cardiopatas ou idosos, e que essa questão merece ser mais e melhor investigada. Importante também considerar que se, apenas um único sujeito tiver respostas pressóricas aumentadas pelos exercícios de alongamento isso por si só já justifica a relevância de aprofundar essas investigações sobre o tema.

Diferentes mecanismos podem estar na origem de alterações na pressão arterial sanguínea, devido ao exercício de alongamento. As atividades neurais aferentes mediadas por receptores musculares são transmitidas através das fibras nervosas do grupo III e IV<sup>34</sup>. Esses impulsos aferentes alcançam as áreas encefálicas de controle cardiovascular quase que simultaneamente ao comando central de impulsos neurais<sup>35,36</sup>. As fibras aferentes do grupo III também são ativadas por contração estática, embora isto ocorra em menor grau. Há uma população específica de fibras de grupo III, que são ativados apenas por alongamento muscular ou apenas por contração estática, mas também existem algumas fibras do mesmo

grupo que são ativadas por ambos os estímulos<sup>34</sup>. Os impulsos nervosos relacionados com a atividade metabólica do músculo são transmitidas principalmente por fibras do grupo IV, atingindo a área de controle cardiovascular em apenas alguns segundos<sup>37,38</sup>. Alguns autores propõem que o aumento da pressão arterial ocorre independentemente da ativação metabólica<sup>26</sup> ou dos reflexos barorreceptores<sup>22</sup>, embora a sensibilidade das fibras grupo III é potencializada pela presença de produtos metabólicos resultantes da contração muscular<sup>39,40</sup>. As fibras do grupo III são muito mais sensíveis a estímulos mecânicos gerados a partir de alongamento passivo do que as fibras grupo IV<sup>40</sup>, uma vez que este tipo de exercício parece não provocar significativas alterações metabólicas nas fibras musculares<sup>41</sup>. Tais fatos corroboram com os achados desse estudo em que apenas os alongamentos FNP, que intercalam contrações voluntárias com períodos de alongamento passivo, foram capazes de produzir aumentos significativos na PAS e PAD.

A qualidade dos estudos incluídos na metanálise variou de 4 a 6, ou seja, fraco a moderado. Muitas vezes, os estudos não especificaram claramente que o critério foi cumprido, e, conseqüentemente, o estudo foi avaliado como não atendendo ao critério. Vale a pena ressaltar que todos os estudos não conseguiram satisfazer os quatro critérios metodológicos seguintes: cegamento na distribuição dos sujeitos ou das sequências de medidas repetidas no estudo, participação dos sujeitos no estudo de forma cega, cegamento de todos os procedimentos e cegamento de todos os avaliadores (ou seja, critérios 3, 5, 6 e 7, respectivamente da Escala PEDro). Dos sete estudos incluídos, quatro apresentaram escores que variaram de 5 a 6 pontos (Tabela 1). Ao utilizar a escala PEDro em estudos que envolvam exercícios físicos fica muito difícil atender os critérios que exigem cegamento (3, 5, 6 e 7) e isso foi verificado nesta metanálise pois nenhum dos sete estudos relacionados atenderam a esses critérios podendo este fato ser uma limitação da utilização da referida escala.

As Figuras 3a, 3c e 3d demonstram que não há grande viés de publicação pois o gráfico apresenta a forma de um funil. Apenas na Figura 3b dos estudos de alongamento estático sobre a pressão arterial sistólica não se observa essa característica e fica demonstrado um viés de publicação. Mas, ao se considerar que uma das principais características da metanálise é sistematicamente selecionar os estudos de melhor qualidade metodológica, após realizar uma busca específica para o objeto de estudo e generalista quanto às fontes de informações, tal característica sempre criará condições para o surgimento de viés de publicação, porque os estudos selecionados apresentarão maiores diferenças de médias e maior quantidade de participantes, e quanto maior a quantidade de participantes, menor será o

erro-padrão da diferença (Figuras 3a, 3b, 3c e 3d). Em outras palavras, o atendimento à característica de melhor qualidade metodológica dos estudos de uma metanálise criará condições para o surgimento do viés de publicação.

O viés incerto encontrado nos estudos (Quadro 1) está muito relacionado com o resultado da escala PEDro encontrado. Os desenhos com medidas repetidas com ou sem cruzamento, cuja intervenção seja o exercício físico, impossibilita o cegamento das atividades dos participantes, de quem aplica a intervenção e de quem faz a avaliação (Figura 4).

O pequeno número de artigos encontrados, o baixo escore obtido na avaliação metodológica realizada pela escala PEDro, e o viés incerto dos estudos são limitações que devem ser consideradas.

## **5. Conclusão**

A execução de alongamentos FNP causa o aumento significativo da PAS e PAD, enquanto o alongamento estático não. Para populações especiais, tais como, hipertensos e cardíacos, tal aumento pode não ser interessante para a saúde desta população, principalmente se o alongamento realizado for o FNP. É razoável acreditar que estas respostas pressóricas devem ser mais intensas em indivíduos cardiopatas ou idosos, e que essa questão merece ser mais e melhor investigada. Contudo, é prudente considerar estes resultados como parciais em virtude das limitações apresentadas, das quais destaca-se os pouco estudos encontrados. Isso sinaliza para a necessidade de realização de mais estudos experimentais sobre alongamentos e respostas pressóricas.

## **6. Conflito de interesses**

Todos os pesquisadores envolvidos na execução desta metanálise declararam não haver qualquer tipo de conflito de interesses.

## **7. Referências**

- 1-American College of Sports Medicine. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. Position Stand. Med Sci Sports Exerc. 1998; 30(6): 975-91.
- 2-American College of Sports Medicine. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. Position Stand. Med Sci Sports Exerc. 2011; 43(7): 1334-59.

- 3-Rubini EC. Treinamento de flexibilidade: da teoria à prática. Ed. Sprint: Rio de Janeiro, 2010.
- 4-Herbert RD, Gabriel M. Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *BMJ*. 2002; 325(7362): 468-70.
- 5-Young WB, Behm DG. Should static stretching be used during warm-up for strength and power activities? *Strength Cond J*. 2002; 24(6): 33-7.
- 6-Weldon SM, Hill RH. The efficacy of stretching for prevention of exercise related injury: a systematic review of the literature. *Man Ther*. 2003; 8(3): 141-50.
- 7-Thacker SB, Gilchrist J, Stroup DF, *et al*. The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Med Sci Sports Exerc*. 2004; 36(3): 371-8.
- 8-Pope RP, Herbert RD, Kirwan JD. Effects of ankle dorsiflexion range and pre-exercise calf muscle stretching on injury risk in army recruits. *Aust J Phys*. 1998; 44: 165-77.
- 9-Pope RP, Herbert RD, Kirwan JD, Graham BJ. A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Med Sci Sports Exerc*. 2000; 32(2): 271-7.
- 10- McGlynn GH, Laughlin NT, Rowe V. Effect of electromyographic feedback and static stretching on artificially induced muscle soreness. *Am J Phys Med*. 1979; 58: 139-48.
- 11- Buroker KC, Schwane JA. Does postexercise static stretching alleviate delayed muscle soreness? *Physician Sportsmedicine*. 1989; 17: 65-83.
- 12- High DM, Howley ET, Franks BD. The effects of static stretching and warm-up on prevention of delayed-onset muscle soreness. *Res Q Exerc Sport*. 1989; 60: 357-61.
- 13- Smith LL, Brunetz MH, Chenier TC, *et al*. The effects of static and ballistic stretching on delayed onset muscle soreness and creatine kinase. *Res Q Exerc Sport*. 1993; 64(1): 103-7.
- 14- Wessel J, Wan A. Effect of stretching on the intensity of delayed-onset muscle soreness. *Clin J Sports Med*. 1994; 4: 83-7.
- 15- Johansson PH, Lindström L, Sundelim G, Lindström B. The effects of preexercise stretching on muscular soreness, tenderness and force loss following heavy eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports*. 1999; 9(4): 219-25.
- 16- Rubini EC, Costa ALL, Gomes PSC. Effects of stretching on strength performance. *Sports Med*. 2007; 37(3): 213-24.
- 17- Haskell WL, Lee I, Pate LL, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, *et al*. Physical Activity and Public Health. Updated Recommendation for Adults From the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007; 116(9): 1081-93.

- 18- Holt LE, Pelham TW, Campagna PD. Hemodynamics during a machine-aided flexibility protocol. *Can J Applied Physiol.* 1995; 20(4): 407-16.
- 19- Cornelius WL, Jensen RL, Odell ME. Effects of PNF stretching phases on acute arterial blood pressure. *Can J Applied Physiol.* 1995; 20: 222-9.
- 20- Baum K, Selle K, Leyk D, Essfeld D. Comparison of blood pressure and heart rate responses to isometric exercise and passive muscle stretch in humans. *Eur J Applied Physiol.* 1995; 70: 240-5.
- 21- Kruse NT, Silette CR, Scheuermann BW. Influence of passive stretch on muscle blood flow, oxygenation and central cardiovascular responses in healthy young males. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2016; 310: H1210-H21.
- 22- Tokizawa K, Mizuno M, Nakamura Y, Muraoka I. Passive triceps surae stretch inhibits vasoconstriction in the nonexercised limb during posthandgrip muscle ischemia. *J Applied Physiol.* 2004; 97: 1681–5.
- 23- Gültekin Z, Kin-isler A, Sürenkök Ö. Hemodynamic and lactic acid responses to proprioceptive neuromuscular facilitation exercise. *J Sports Sci Med.* 2006; 5: 375-80.
- 24- Cui J, Blaha C, Moradkhan R, Gray KS, Sinoway LI. Muscle sympathetic nerve activity responses to dynamic passive muscle stretch in humans. *J Physiol.* 2006; 576(2): 625–34.
- 25- Farinatti PT, Brandão C, Soares PP, Duarte AF. Acute effects of stretching exercise on the heart rate variability in subjects with lower flexibility levels. *J Strength Cond Res.* 2011; 25(6): 1579-85.
- 26- Farinatti PT, Soares PP, Monteiro WD, Duarte AF, Castro LA. Cardiovascular responses to passive static flexibility exercises are influenced by the stretched muscle mass and valsalva maneuver. *Clinics.* 2011; 66(3): 459-64.
- 27- Costa e Silva G, Di Masi F, Paixão A, Melibeu Bentes C, de Sá, M, Miranda, H, Simão R, Novaes J. Effects of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching and Static Stretching on Cardiovascular Responses. *JEP online.* 2013;16(1): 117-25.
- 28- Mueck-Weymann M, Janshoff G, Mueck H. Stretching increases heart rate variability in healthy athletes complaining about limited muscular flexibility. *Clin Auton Res.* 2004; 14: 15-8.
- 29- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Plos Med.* 2009; 6(7): 1-6.
- 30- Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther.* 2003; 83: 713-21.

- 31- Verhagen AP, de Vet HCW, de Bie RA, *et al.* The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. *J Clinical Epidemiology*. 1998; 51: 1235–41.
- 32- Higgins JPT, Altman DG. Chapter 8: Assessing risk of bias in included studies. In: Higgins JPT, Green S, editors. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. The Cochrane Collaboration; 2011.
- 33- Poole DC, Musch TK, and Kindig CA. In vivo microvascular structural and functional consequences of muscle length changes. *Am J Physiol*. 272: H2107-H2114, 1997.
- 34- Hayes SG, Kindig AE, Kaufman MP. Comparison between the effect of static contraction and tendon stretch on the discharge of group III and IV muscle afferents. *J Applied Physiol*. 2005; 99: 1891-6.
- 35- Rowell LB, O’Leary DS. Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. *J Applied Physiol*. 1990; 69: 407-18.
- 36- Ichinose M, Saito M, Kondo N, *et al.* Baroreflex and muscle metaboreflex: control of muscle sympathetic nerve activity. *Med Sci Sports Exerc*. 2008; 40(12): 2037-45.
- 37- Williamson JW, Nóbrega AC, Winchester PK, *et al.* Instantaneous heart rate increase with dynamic exercise: central command and muscle-heart reflex contributions. *J Applied Physiol*. 1995; 78(4): 1273-9.
- 38- O’Leary DS. Heart rate control during exercise by baroreceptors and skeletal muscle afferents. *Med Sci Sports Exerc*. 1996; 28(2): 210-7.
- 39- Rotto DM, Shultz HD, Longhurst JC, *et al.* Sensitization of group III muscle afferents to static contraction by products of arachidonic acid metabolism. *J Applied Physiol*. 1990; 68: 861-7.
- 40- Sinoway LI, Hill JM, Pickar JG, *et al.* Effects of contraction and lactic acid on the discharge of group III muscle afferents in cats. *J Neurophysiol*. 1993; 69: 1053-9.
- 41- Stebbins CL, Brown B, Levin D, *et al.* Reflex effect of skeletal muscle mechanoreceptor stimulation on the cardiovascular system. *J Applied Physiol*. 1988; 65: 1539-47.

## 2 ESTUDO 2 - EFEITO DO ALONGAMENTO MUSCULAR SOBRE A VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA: REVISÃO SISTEMÁTICA

### 1. Introdução

Uma vez que mesmo indivíduos com diminuição da capacidade aeróbica e força muscular são capazes de realizar exercícios de alongamento, esta modalidade de exercícios é frequentemente incluída em programas para melhorar a função muscular de sedentários, particularmente em sessões de reabilitação<sup>1</sup>. Nesse sentido, o papel do treinamento de flexibilidade para prevenir lesões<sup>2-7</sup>, reduzir a dor muscular<sup>8-13</sup>, ou aumentar o desempenho motor foi sugerido e esclarecido<sup>14</sup>.

Por outro lado, há pouca informação disponível sobre a influência do alongamento sobre o controle cardiovascular. Esta limitação provavelmente se relaciona com o fato de que as demandas cardiorrespiratórias nos exercícios de alongamento são geralmente pequenas, portanto, impondo um estresse cardiovascular menor. No entanto, pesquisas anteriores indicam que as rotinas de alongamento podem induzir mudanças hemodinâmicas substanciais, como na frequência cardíaca ou na pressão arterial<sup>15,16</sup>. Tais respostas são mediadas pela variação aguda no controle autonômico<sup>17-20</sup>, que pode persistir após uma única sessão de treinamento<sup>21-23</sup> e talvez leve a adaptações crônicas<sup>24</sup>. Dada a associação da função autonômica com o controle da pressão arterial<sup>17-20</sup> e o risco cardiovascular geral<sup>25</sup>, uma melhor compreensão de como diferentes modalidades de treinamento podem influenciar sua atividade é um tópico relevante.

Considerando os fatos descritos acima, os estudos sobre os efeitos do alongamento na função autonômica são valiosos em termos de prescrição de exercícios. A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é uma medida não invasiva que fornece informações sobre a atividade simpática e vagal<sup>26</sup>. A reativação parasimpática eficiente após o exercício<sup>27,28</sup> e a baixa atividade simpática em repouso<sup>25</sup> associam-se a menor risco de doença cardiovascular e a VFC é reconhecida por refletir adequadamente esses marcadores<sup>25,29</sup>. Por isso, tem sido amplamente aplicada em pesquisas que investigam a regulação autonômica durante e após o exercício físico<sup>30-32</sup>.

Avaliações sistemáticas permitem coletar e analisar criticamente vários estudos de pesquisa, fornecendo resumos da literatura atual relevantes para uma questão de pesquisa. Esta visão abrangente fornece evidências para orientar os profissionais. Dada a falta de

informação integrada sobre achados relevantes sobre a influência de exercícios de alongamento muscular sobre o controle autonômico, a presente revisão sistemática objetivou investigar os efeitos do alongamento agudo e crônico sobre a VFC.

## **2. Método**

Foi adotada a última diretriz PRISMA para a redação desta revisão sistemática<sup>33</sup>. A revisão foi registrada (Número CRD42017070803) no PROSPERO, the International Prospective Register of Systematic Reviews.

### **2.1. Critérios de inclusão**

Foram incluídos ensaios clínicos envolvendo seres humanos de qualquer sexo ou idade que tivessem investigado o efeito do alongamento muscular sobre a VFC.

### **2.2. Estratégia de busca dos estudos**

National Library of Medicine (MEDLINE), Latin American and Caribbean Center on Health Sciences Information (LILACS), Physiotherapy Evidence Database (PEDro), ISI Web of Knowledge, Scopus e Scientific Electronic Library Online (SciELO), foram pesquisados para localizar estudos relevantes, sem limites de data até abril de 2017. Os termos de pesquisa relacionados ao "alongamento muscular" e "variabilidade da frequência cardíaca" foram identificados nas bases de dados “Descritores em Ciências da Saúde” (DeCS) e “Medical Subject Headings” (MeSH) e foram usados para localizar os estudos. Os estudos potenciais foram selecionados para inclusão por três métodos: 1) apenas título; 2) título e resumo; e 3) revisão de texto completo. Estudos publicados em qualquer idioma foram elegíveis para inclusão, mas todos os estudos qualificados foram da língua inglesa. As palavras foram combinadas utilizando-se os operadores booleanos OR e AND.

### **2.3. Critérios de avaliação da qualidade metodológica dos estudos**

Após a inclusão dos estudos, a avaliação de sua qualidade metodológica foi feita utilizando-se a escala PEDro ([www.pedro.fhs.usyd.edu.au](http://www.pedro.fhs.usyd.edu.au))<sup>34</sup>. A pontuação foi realizada por dois avaliadores independentes e cegos (MI e FM). Os desentendimentos foram decididos por um terceiro pesquisador (FD). A escala PEDro contém 11 critérios considerados na pontuação de um artigo, porém o primeiro critério é mantido apenas para caracterização da lista de Delphi. Dessa forma, a escala PEDro fornece um escore de 10 pontos. Os critérios são: 1)

Especificação dos critérios de elegibilidade; 2) Distribuição aleatória dos sujeitos para os grupos; 3) Distribuição cega dos sujeitos; 4) Homogeneidade dos grupos quanto à variável resposta inicial; 5) Participação cega dos sujeitos; 6) Tratamento cego; 7) Avaliação cega; 8) Mortalidade experimental de até 15%; 9) Execução integral do tratamento proposto; 10) Comparação inter-grupos; 11) Resultados em média, desvio padrão e nível de significância. Uma vez satisfeito o critério, admite-se um ponto, caso contrário, nenhum ponto.

#### **2.4. Extração dos dados comuns aos estudos**

A informação relevante foi extraída dos estudos incluídos pelo primeiro autor. Em resumo, as variáveis incluíram: 1) amostra, 2) intervenção, 3) instrumento de medição da VFC, 4) resultado da VFC.

#### **2.5. Análise de viés**

A análise de viés foi realizada por um avaliador independente (MI), de acordo com os critérios da ferramenta de Colaboração Cochrane para avaliação do risco de viés de ensaios clínicos randomizados<sup>36</sup>.

### **3.Resultados**

A Figura 1 detalha a estratégia de busca, rastreamento de estudos potencialmente qualificados (k), seleção de ensaios incluídos e razões para a exclusão do estudo. Dos estudos potencialmente relevantes (k = 286), 11 foram submetidos a análise completa do artigo, mas apenas quatro preencheram os critérios de inclusão. Três ensaios referiram-se a intervenções agudas<sup>21-23</sup>, enquanto apenas um foi crônico<sup>24</sup>.

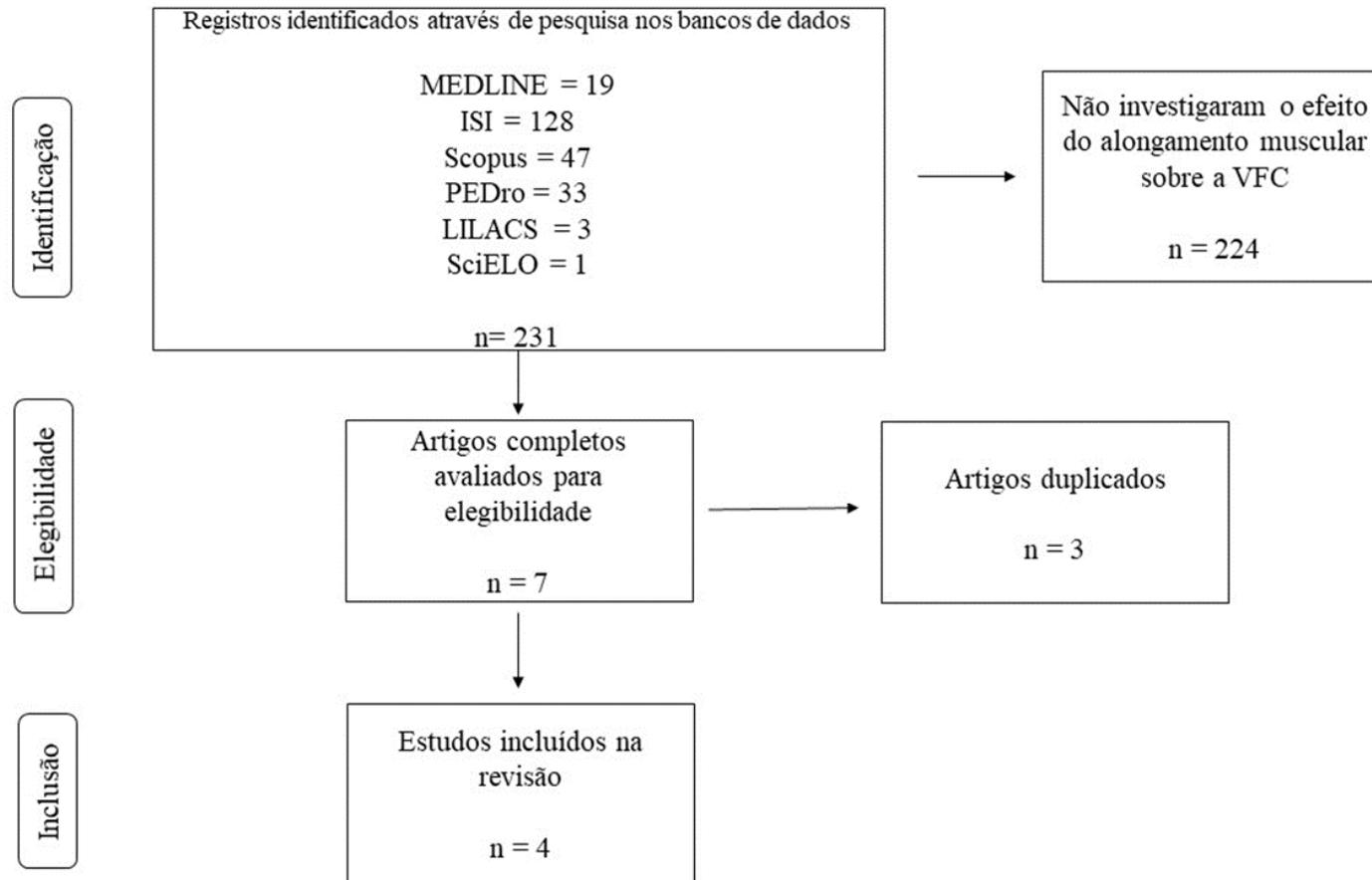


Figura 1. Diagrama de fluxo dos estudos selecionados

A Tabela 1 apresenta dados de qualidade metodológica dos estudos incluídos, enquanto a Tabela 2 resume suas características. Somente os itens 1, 8, 9 e 11 foram atendidos por todos os estudos e, em geral, a qualidade metodológica foi classificada como fraca.

Tabela 1 - Qualidade metodológica, avaliada pela Escala PEDro, dos estudos incluídos na revisão sistemática

Estudos (autores)	CRITÉRIOS DA ESCALA PEDro											Escore Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Logan e Yeo	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	3/10
Mueck <i>et al.</i>	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	3/10
Farinatti <i>et al.</i>	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	3/10
Costa e Silva <i>et al.</i>	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6/10

Os números das colunas correspondem aos critérios avaliados na escala PEDro. Cada critério vale 0 ou 1 ponto, se não atendido ou atendido, respectivamente. O escore total é determinado pela soma de pontos obtidos com a exceção do critério 1. + indica que o critério foi claramente satisfeito; - indica que o critério não foi atendido ou não está claro.

Tabela 2 – Características das amostras, exercícios de alongamentos executados e medição da VFC

Autor Ano	Amostra	Intervenção	Instrumento de medição da VFC	Tempo de medição da VFC
Mueck <i>et al.</i> 2004	15 homens atletas “bodybuilding”	15 min de alongamento estático ativo dos “grandes grupamentos musculares” durante 28 dias	Frequencímetro	Mediu durante 25 min continuamente pegando repouso, exercícios e após os exercícios no 1º. e no 28º. Dia
Farinatti <i>et al.</i> 2011	10 homens saudáveis com pouca flexibilidade	3 séries de 3 exercícios de alongamento estático passivo de tronco com 30 s de intervalo entre as séries e 1 min de intervalo entre os exercícios	Frequencímetro	Mediu por 30 min antes, durante e depois dos exercícios e utilizou apenas os 10 min finais
Logan e Yeo, 2016	15 mulheres grávidas	20 minutos de alongamentos estático ativo “movimentos corporais superiores e inferiores”	ECG	10 min após posição de semi Fowler mediu por 10 min e após os exercícios de along. repetiu o procedimento
Costa e Silva <i>et al.</i> 2016	8 homens ativos que treinavam flexibilidade	2 séries de 30 s de alongamento estático passivo do peitoral com 40 s de intervalo entre as séries	Frequencímetro	Mediu 10 min após o período de repouso e 10 min após as situações experimentais

VFC- variabilidade da frequência cardíaca; ECG- eletrocardiograma.

As Tabelas 3a e 3b detalham os resultados de estudos crônicos e agudos, respectivamente. O único estudo crônico<sup>24</sup> relatou aumento da raiz média quadrática das sucessivas diferenças (RMSSD) e dos números de pares de intervalos que diferem mais que 50 ms (PNN50), e diminuição de LF / HF em repouso após 28 dias de alongamento estático realizado por indivíduos com pouca flexibilidade. Os resultados de estudos agudos foram variados, ou apresentaram aumento da atividade parassimpática e diminuição da atividade simpática<sup>21</sup> ou apenas o aumento da atividade parassimpática<sup>22</sup>. O Quadro 1 apresenta o risco de viés, conforme determinado pela ferramenta Cochrane. Em consonância da má qualidade metodológica, o risco geral de viés foi alto. As respostas autonômicas durante os exercícios de alongamento foram avaliadas pelo estudo crônico<sup>24</sup> e um dos estudos agudos<sup>21</sup>, ambos relatando aumento significativo da atividade simpática com a diminuição concomitante da atividade parassimpática.

Tabela 3a – Resultados da variabilidade da frequência cardíaca do estudo crônico

Autor	Resultados			
Ano				
Mueck <i>et al.</i> 2004	RMSSD (ms)	1º. DIA (repouso)	28º. DIA (repouso)	P<0,001
		25,2 ± 10,4	62,4 ± 26,9	
		1º. DIA (durante along.)	28º. DIA (durante along.)	P=0,003
		15,1 ± 7,8	28,7 ± 14,0	
	PNN50 (%)	1º. DIA (repouso)	28º. DIA (repouso)	P<0,001
		3,2 ± 3,1	17,3 ± 7,8	
		1º. DIA (durante along.)	28º. DIA (durante along.)	P=0,002
		1,1 ± 0,9	4,2 ± 3,2	
	LF/HF	1º. DIA (repouso)	28º. DIA (repouso)	P<0,02
8,01 ± 5,19		3,44 ± 3,53		
	1º. DIA (durante along.)	28º. DIA (durante along.)	P<0,02	
	10,69 ± 6,01	7,32 ± 3,76		

RMSSD- Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo de tempo; PNN50- Representa a porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms; LF- baixa frequência; HF-alta frequência.

Tabela 3b – Resultados da variabilidade da frequência cardíaca dos estudos agudos

Autor Ano		Resultados		
		Pré	Durante	Pós
Farinatti <i>et al.</i> 2011	SDNN (ms)	63,7 ± 17,2	82,2 ± 23,4 (P=0,001 †)	74,2 ± 27,3 (P=0,002 †)
	RMSSD (ms)	49,0 ± 14,3	42,3 ± 13,2 (P=0,003 †)	55,3 ± 15,4 (P=0,001 †)
	PNN50 (%)	12,6 ± 9,0	7,9 ± 5,0 (P=0,005 †)	13,6 ± 6,7 (P=0,005 ¶)
Logan e Yeo 2016	SDNN (ms)	32,95 ± 14,62	nm	40,35 ± 21,69 (P=0,042 †)
	RMSSD (ms)	23,73 ± 16,74	nm	35,41 ± 36,635 (P=0,041 †)
	HF	62,94 ± 13,16	nm	58,99 ± 16,63 (P=0,349 †)
	LF	37,06 ± 13,16	nm	41,02 ± 16,63 (P=0,349 †)
	LF/HF	0,66 ± 0,35	nm	0,88 ± 0,59 (P=0,138 †)
Costa e Silva <i>et al.</i> 2016			Alongamento	Controle
	RMSSD (ms)		37,4 ± 22,2	50,3 ± 28,4 (P>0,05 † †)
	PNN50 (%)		9,4 ± 6,8	10,6 ± 8 (P>0,05 † †)
	LF		22,4 ± 13,1	24,2 ± 11,9 (P>0,05 † †)
	HF		10,6 ± 8	10,3 ± 8,9 (P>0,05 † †)

† – diferença significativa em relação ao valor pré; ¶ – diferença significativa em relação ao exercício; † † – diferença em relação ao grupo experimental, nm- não mediu.

O Quadro 1 apresenta o risco de viés, conforme determinado pela ferramenta Cochrane. Em consonância com a baixa qualidade metodológica, o risco geral de viés foi alto.

Quadro 1 – Risco de viés dos estudos, avaliado pela ferramenta Cochrane para ECR, com adaptação para os critérios de cegamento

AUTOR	TIPO	RANDOMIZAÇÃO	CEGAMENTO PARTICIPANTES/ PROFISSIONAIS (d)	CEGAMENTO AVALIADORES (d)	DESFECHOS INCOMPLETOS	RELATO SELETIVO DE DESFECHO	OUTRAS FONTES DE VIÉS	RISCO DE VIÉS
Farinatti <i>et al.</i> (2011)	MR	Alto	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	ALTO
Logan e Yeo (2016)	MR	Alto	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	ALTO
Costa e Silva <i>et al.</i> (2016)	CO	Baixo (c)	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	INCERTO
Mueck <i>et al.</i> (2004)	MR	Alto	Incerto	Incerto	Baixo	Baixo	Baixo	ALTO

(a)Randomização para alocação de participantes em grupos diferentes; (b)Randomização para ordem das intervenções para apenas um grupo; (c)Randomização para estudo *cross-over*; (d) Para esses tipos de estudos, o cegamento não consegue ser aplicado. Por isso, o autor da revisão sistemática julgou o viés incerto.

MR = Estudos de grupo único com medidas repetidas

CO = Estudos crossover

#### 4. Discussão

Esta revisão sistemática analisou estudos experimentais que investigaram os efeitos do alongamento muscular sobre a atividade autonômica avaliada pela VFC. Uma grande descoberta desta revisão foi mostrar que existe uma falta de evidências rigorosas em relação a este tópico. Dos 286 possíveis estudos relevantes inicialmente encontrados, apenas quatro estudos atenderam os critérios de inclusão adotados (Figura 1). Este fato indica que pouca pesquisa foi realizada sobre os efeitos do alongamento e as respostas autonômicas. O alongamento estático aumentou agudamente os índices de VFC parassimpáticos em dois dos três estudos revisados. Um único estudo investigou alterações crônicas na VFC e relatou aumento da atividade parasimpática e diminuição do equilíbrio simpático-vagal.

A falta de pesquisa sobre os efeitos do alongamento na atividade autonômica não pode ser atribuída à ausência de uma base racional que justifique essa relação. Na verdade, existem motivos suficientes para argumentar que exercícios de alongamento muscular podem influenciar as respostas autonômicas. As respostas cardiovasculares ao alongamento são devidas tanto aos mecanorreceptores como à contração estática dos grupos musculares antagonistas, que influenciam o sistema nervoso autônomo através de vias simpáticas e parassimpáticas<sup>37</sup>. O alongamento muscular e a contração estimulam as fibras aferentes do grupo III que medeiam os ajustes hemodinâmicos através do reflexo simpático<sup>38,39</sup>. A retirada vagal explica o aumento transitório da frequência cardíaca no início do alongamento<sup>17</sup>. Um aumento da atividade simpática subsequente ajuda a manter a taquicardia ao longo do exercício, reduzindo assim a VFC<sup>37</sup>. Assim, os índices de VFC simpáticos e parassimpáticos deverão, respectivamente, aumentar e diminuir durante o alongamento, o que concorda com os estudos de Farinatti *et al.*<sup>21</sup> e Mueck *et al.*<sup>24</sup>.

Quanto ao pós-exercício, a resistência oferecida pelo músculo alongado pode estimular não só o mecano, mas também os metabolorreceptores, que intensificam os estímulos aferentes, alterando as respostas simpáticas e vagais<sup>40</sup>. Vale ressaltar que o trabalho contínuo do músculo aumenta a resposta pressórica do exercício (ou ergoreflexo), o que ocorre para compensar a atividade simpática pós-exercício através da estimulação eferente muscular<sup>41</sup>. A contribuição ergoreflexa para redução da modulação simpática parece ser proporcional à quantidade de trabalho muscular<sup>41</sup>. Em indivíduos com pouca flexibilidade, a intensidade das contrações estáticas para alcançar uma determinada amplitude de movimento tende a ser maior - neste caso, é justo especular que a magnitude da estimulação através dos receptores locais também aumentaria. Os dados dos poucos estudos incluídos nesta revisão

estão de acordo com a hipótese de que o alongamento estático pode, de fato, influenciar a atividade autonômica pós-exercício - três dos quatro ensaios observaram um aumento consistente na modulação vagal após o exercício, isolada ou concomitante com a diminuição da atividade simpática<sup>21,22,24</sup>.

No geral, os estudos apresentaram má qualidade metodológica (três estudos com escore 3 e um com escore 6 na escala PEDro) (Tabela 1). Os estudos não foram controlados; apenas Costa e Silva *et al.*<sup>23</sup> teve participantes aleatoriamente designados em sessões experimentais e de controle. Isso seria, no entanto, importante, uma vez que a frequência cardíaca pode variar devido a múltiplos estímulos fisiológicos e ambientais (respiração, estresse mental, ortostatismo, doenças, etc.)<sup>42-46</sup>. Esta particularidade, por si só, indica que testes com maior qualidade metodológica são justificados para determinar se o alongamento é capaz de influenciar a modulação autonômica pós-exercício.

O viés metodológico dos 4 estudos foi considerado alto concordando com a baixa qualidade metodológica encontrada (Quadro 1).

Dos quatro estudos incluídos nesta revisão, apenas um investigou a intervenção de maneira crônica<sup>24</sup> (Tabela 3a) e três abordaram o efeito agudo<sup>21-23</sup> do alongamento muscular sobre a VFC (Tabela 3b). Farinatti *et al.*<sup>21</sup> aplicaram três exercícios passivos de alongamento estático de tronco e isquiotibiais (3 séries de 30 s) a 10 participantes com pouca flexibilidade. A VFC foi avaliada antes (após 10 minutos de repouso), durante e 10 min após o alongamento. O aumento da atividade vagal e a redução da modulação simpática ocorreram após o alongamento. Essas descobertas concordaram com os dados de Logan e Yeo<sup>22</sup>, que relataram aumento da VFC e tônus parasimpático em 15 mulheres grávidas que realizaram 20 min de alongamento estático para a parte superior e inferior do corpo. Por outro lado, Costa e Silva *et al.*<sup>23</sup> realizaram um experimento controlado aleatorizado com oito participantes fisicamente ativos e treinados em flexibilidade (2 séries de alongamento passivo de músculos peitorais de 30 s com intervalos de 40 s) e não conseguiram detectar mudanças significativas pós-exercício nos índices de VFC.

Curiosamente e reforçando a premissa de que o nível de flexibilidade e a quantidade de contração estática durante as sessões de alongamento podem influenciar os efeitos pós-exercício sobre a atividade autonômica, o estudo de Costa e Silva *et al.*<sup>23</sup> foi o único realizado em indivíduos com um bom nível de flexibilidade. Além disso, o volume de alongamentos (apenas 1 min de estímulos) foi o menor entre os estudos avaliados e talvez esse fato também tenha influenciado no resultado do estudo (Tabela 2).

Um único estudo investigou os efeitos do treinamento de flexibilidade sobre a VFC cronicamente<sup>24</sup>. Um grupo de 15 *budibuilders* com “flexibilidade limitada” realizou durante 28 dias, alongamentos estáticos ativos aplicados a grandes grupos musculares (5 vezes por semana, pelo menos 2 horas por dia), concomitante com suas rotinas de treinamento. Houve um aumento significativo da VFC, embora não tenha sido claro se devido a maior atividade parasimpática, menor atividade simpática ou ambas (Tabela 2). Apesar deste experimento consistisse em um estudo piloto, esses achados reforçam a premissa de que o treinamento de flexibilidade pode realmente influenciar a modulação autonômica, particularmente em indivíduos com baixa flexibilidade, como mencionado acima.

A principal limitação desta revisão sistemática é o pequeno número de estudos incluídos. Por esse motivo, os dados extraídos não foram meta-analisados.

## **5. Conclusão**

Esta revisão sistemática mostrou que os dados sobre os efeitos dos exercícios de alongamento muscular sobre a função autonômica mensurada pela VFC são muito limitados e controversos. Entretanto, os poucos estudos disponíveis sugerem que as respostas autonômicas podem mudar durante e após as sessões de alongamento. As contrações estáticas sustentadas parecem ser capazes de aumentar a atividade simpática e diminuir a modulação parassimpática para o coração, provavelmente através da resposta pressórica do exercício mediada por mecano e metabolorreceptores. Assim, a quantidade de contrações estáticas, particularmente entre indivíduos com pouca flexibilidade, são fatores que podem potencializar as respostas autonômicas durante e depois das sessões de exercícios de alongamento. Assim como, o volume de exercícios de alongamentos parece poder influenciar os efeitos sobre a VFC. Experimentos controlados são necessários para ratificar essas premissas e para abordar adequadamente se o treinamento de flexibilidade seria efetivo para melhorar a atividade autonômica em indivíduos com e sem disfunção autonômica.

## **6. Referências**

- 1-American College of Sports Medicine. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. Position Stand. Med Sci Sports Exerc. 2011; 43(7): 1334-59.
- 2-Herbert RD, Gabriel M. Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. BMJ. 2002; 325(7362): 468-70.
- 3-Young WB, Behm DG. Should static stretching be used during warm-up for strength and power activities? Strength Cond J. 2002; 24(6): 33-7.

- 4-Weldon SM, Hill RH. The efficacy of stretching for prevention of exercise related injury: a systematic review of the literature. *Man Ther.* 2003; 8(3): 141-50.
- 5-Thacker SB, Gilchrist J, Stroup DF, *et al.* The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36(3): 371-8.
- 6-Pope RP, Herbert RD, Kirwan JD. Effects of ankle dorsiflexion range and pre-exercise calf muscle stretching on injury risk in army recruits. *Aust J Phys.* 1998; 44: 165-77.
- 7-Pope RP, Herbert RD, Kirwan JD, *et al.* A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(2): 271-7.
- 8- McGlynn GH, Laughlin NT, Rowe V. Effect of electromyographic feedback and static stretching on artificially induced muscle soreness. *Am J Phys Med.* 1979; 58: 139-48.
- 9- Buroker KC, Schwane JA. Does postexercise static stretching alleviate delayed muscle soreness? *Physician and Sportsmedicine.* 1989; 17: 65-83.
- 10- High DM, Howley ET, Franks BD. The effects of static stretching and warm-up on prevention of delayed-onset muscle soreness. *Res Q Exerc Sport.* 1989; 60: 357-61.
- 11- Smith LL, Brunetz MH, Chenier TC, *et al.* The effects of static and ballistic stretching on delayed onset muscle soreness and creatine kinase. *Res Q Exerc Sport.* 1993; 64(1): 103-7.
- 12- Wessel J, Wan A. Effect of stretching on the intensity of delayed-onset muscle soreness. *Clin J Sports Med.* 1994; 4: 83-7.
- 13- Johansson PH, Lindstrom L, Sundelim G, *et al.* The effects of preexercise stretching on muscular soreness, tenderness and force loss following heavy eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports.* 1999; 9(4): 219-25.
- 14- Rubini EC, Costa ALL, Gomes PSC. Effects of stretching on strength performance. *Sports Med.* 2007; 37(3): 213-24.
- 15-Stebbins CL, Brown B, Levin D, *et al.* Reflex effect of skeletal muscle mechanoreceptor stimulation on the cardiovascular system. *J Appl Physiol (1985).* 1988; 65(4): 1539-47.
- 16-Wilson LB, Wall PT, Pawelczyk JA, *et al.* Cardiorespiratory and phrenic nerve responses to graded muscle stretch in anesthetized cats. *Respir Physiol.* 1994; 98(3): 251-66.
- 17-Gladwell VF, Coote JH. Heart rate at the onset of muscle contraction and during passive muscle stretch in humans: a role for mechanoreceptors. *J Physiol.* 2002; 540(Pt 3): 1095-102.
- 18- Gladwell VF, Fletcher J, Patel N, *et al.* The influence of small fibre muscle mechanoreceptors on the cardiac vagus in humans. *J Physiol.* 2005; 567(Pt 2): 713-21.
- 19- Cui J, Blaha C, Moradkhan R, *et al.* Muscle sympathetic nerve activity responses to dynamic passive muscle stretch in humans. *J Physiol.* 2006; 576(Pt 2): 625-34.

- 20- Hayes SG, Kindig AE, Kaufman MP. Comparison between the effect of static contraction and tendon stretch on the discharge of group III and IV muscle afferents. *J Appl Physiol* (1985). 2005; 99(5): 1891–6.
- 21- Farinatti PTV, Brandão C, Soares PPS, *et al.* Acute effects of stretching exercise on the heart rate variability in subjects with lower flexibility levels. *J Strength Cond Res.* 2011; 25(6): 1579-85.
- 22- Logan JG, Yeo S. Effects of stretching exercise on heart rate variability during pregnancy. *J Cardiovasc Nurs.* 2017; 32(2): 107-111
- 23- Costa e Silva G, Conceição R, DiMasi F, Domingos T, Herdy C, Silveira A. Low intensity static stretching does not modulate heart rate variability in trained men. *Medical Express.* 2016; 3(3): 1-6.
- 24- Mueck-Weymann M, Janshoff G, Mueck H. Stretching increases heart rate variability in healthy athletes complaining about limited muscular flexibility. *Clin Auton Res.* 2004; 14: 15-8.
- 25- Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology (Membership of the Task Force listed in the Appendix) Heart rate variability Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur Heart J.* 1996; 17: 354–81.
- 26- Camm A, Malik M, Bigger J, *et al.* Heart rate variability standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur Heart J.* 1996; 17(3): 354-81.
- 27- Huang PH, Leu HB, Chen JW, Lin SJ. Heart rate recovery after exercise and endothelial function—two important factors to predict cardiovascular events. *Prev Cardiol.* 2005; 8: 167–70.
- 28- Gladwell VF, Sandercock GR, Birch SL. Cardiac vagal activity following three intensities of exercise in humans. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2010; 30: 17–22.
- 29- Goldberger J, Le F, Lahiri M, Kannankeril P, Ng J, Kadish A. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol.* 2006; 290: 2446–52.
- 30- Buccelletti E, Gilardi E, Scaini E, Galiuto L, Persiani R, Biondi A, Basile F, Silveri NG. Heart rate variability and myocardial infarction: Systematic literature review and metanalysis. *Eur Ver Med Pharmacol Sci.* 2009; 13: 299–307.
- 31- Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, Kannankeril PJ, Ng J, Kadish AH. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2006; 290: H2446–H2452.

- 32- Ng J, Sundaram S, Kadish AH, Goldberger JJ. Autonomic effects on the spectral analysis of heart rate variability after exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2009; 297: H1421–H1428.
- 33- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Plos Med*. 2009; 6(7): 1-6.
- 34- Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther*. 2003; 83: 713-21.
- 35- Higgins JPT, Altman DG. Chapter 8: Assessing risk of bias in included studies. In: Higgins JPT, Green S, editors. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. The Cochrane Collaboration; 2011.
- 36- Carvalho APV, Silva V, Grande AJ. Avaliação do risco de viés de ensaios clínicos randomizados pela ferramenta da colaboração Cochrane. *Diagn Tratamento*. 2013; 18(1): 38-44.
- 37- Murata, J and Matsukawa, K. Cardiac vagal and sympathetic efferent discharges are differentially modified by stretch of skeletal muscle. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2001; 280: H237–H245.
- 38- Kaufman MP, Longhurst JC, Rybicki KJ, Wallach JH, and Mitchell JH. Effects of static muscular contraction on impulse activity of groups III and IV afferents in cats. *J Appl Physiol*. 1983; 55: 105–12.
- 39- Matsukawa, K, Wall, PT, Wilson, LB, and Mitchell, JH. Reflex stimulation of cardiac sympathetic nerve activity during static muscle contraction in cats. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 1994; 267: H821–H827.
- 40- Drew, RC, McIntyre, DB, Ring, C, and White, MJ. Local metabolite accumulation augments passive muscle stretch-induced modulation of carotid–cardiac but not carotid–vasomotor baroreflex sensitivity in man. *Exp Physiol*. 2008; 93: 1044–57.
- 41- Halliwill JR, Buck TM, Lacewell AN, Romero SA. Postexercise hypotension and sustained postexercise vasodilatation: what happens after we exercise? *Exp Physiol*. 2013;98(1): 7-18
- 42- Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med*. 2003; 33(12): 889-919.
- 43- Rajendra Acharya U, Paul Joseph K, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart rate variability: a review. *Med Bio Eng Comput*. 2006; 44(12): 1031-51.

- 44- Santos MDB, Moraes FR, Marães VRFS, Sakabe DI, Takahashi ACM, Oliveira L, *et al.* Estudo da arritmia sinusal respiratória e da variabilidade da frequência cardíaca de homens jovens e de meia-idade. Rev Soc Cardiol. 2003; 13(3 supl A):15-24.
- 45- Catai AM, Chacon-Mikahil MP, Martinelli FS, Forti VA, Silva E, Golfetti R, *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. Braz J Med Biol Res. 2002; 35(6): 741-52.
- 46- Caruana-Montaldo B, Gleeson K, Zwillich CW. The control of breathing in clinical practice. Chest. 2000; 117(1): 205-25.

### 3 ESTUDO 3 - EFEITO DO NÍVEL DE FLEXIBILIDADE E DO VOLUME DE EXERCÍCIOS DE ALONGAMENTO SOBRE A VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA: EXPERIMENTO RANDOMIZADO

#### 1.Introdução

O treinamento das capacidades motoras flexibilidade, força muscular e potência aeróbia são tradicionalmente recomendados para uma boa aptidão física voltada para a saúde<sup>1</sup>. Para o treinamento da flexibilidade utiliza-se exercícios de alongamento muscular<sup>2</sup>, em relação aos quais se acreditava não haver contraindicações, sendo seguros e benéficos para qualquer tipo de população. No entanto, recentemente estudos têm investigado possíveis efeitos cardiovasculares gerados por esse tipo de exercício, inclusive no que tange aos efeitos sobre a variabilidade da frequência cardíaca (VFC)<sup>3-6</sup>.

A VFC tem um importante significado clínico e vem sendo cada vez mais utilizada nos estudos envolvendo exercício físico<sup>7</sup> para avaliar a função autonômica após os mais variados tipos de exercícios<sup>8,9</sup>. Sabe-se que os exercícios físicos podem influenciar positivamente o sistema nervoso autônomo, reduzindo a atividade simpática e aumentando a atividade parassimpática<sup>10,11</sup>. Uma boa recuperação da frequência cardíaca após um exercício físico é sabidamente associada a uma maior saúde cardiovascular e menor risco de doenças cardiovasculares<sup>12,13</sup> e neuropatias diabéticas<sup>16</sup>. Portanto, conhecer o comportamento da VFC seria relevante para uma melhor prescrição dos exercícios físicos.

Apesar de existirem poucos estudos investigando os efeitos dos exercícios de alongamento sobre o controle autonômico, parece que também são capazes de alterá-la em função da ativação de mecanorreceptores por meio da contração isométrica da musculatura antagonista àquela alongada<sup>14,15</sup>.

Nos quatro estudos encontrados que investigaram o efeito dos alongamentos musculares sobre a VFC, apenas um deles utilizou participantes com “níveis adequados de flexibilidade” e foi justamente esse estudo que não conseguiu verificar efeito agudo do exercício de alongamento sobre a VFC<sup>6</sup>. Os demais, que utilizaram protocolos diferentes investigaram participantes que se auto declararam como tendo “flexibilidade muito limitada”<sup>3</sup> ou, ainda, um estudo com gestantes em que o nível de flexibilidade não foi relatado ou medido<sup>4</sup>, encontraram aumentos agudos da VFC<sup>3,4</sup>. Um único estudo crônico também verificou efeitos significativos das sessões de treinamento de flexibilidade sobre a VFC, tendo

como participantes *bodybuilders* que se auto declararam como tendo “limitada flexibilidade muscular”<sup>5</sup>. Esse fato permite a hipótese de que indivíduos com pouca flexibilidade teriam mais chances de adaptações autonômicas em resposta aos exercícios de alongamento do que os indivíduos com muita flexibilidade.

A outra hipótese é a de que o volume de exercícios de alongamento também seja um fator que exerça influência sobre as respostas de VFC, pois o estudo que teve o menor volume de exercícios (apenas um exercício de alongamento da musculatura de peitoral realizado de forma bilateral em duas séries com duração total de menos que dois minutos) não verificou diferenças significativas<sup>6</sup>, contrariando os resultados dos estudos que realizaram três séries de três exercícios com duração total aproximada de 10 min<sup>3</sup>, 20 minutos de sessão total com a metade de exercícios de membros superiores e a outra metade inferiores<sup>4</sup>. O estudo crônico vai nessa direção, posto que os *bodybuilders* realizavam 15 minutos de exercícios de alongamento para grandes grupamentos<sup>5</sup>.

Sendo assim, este estudo teve como objetivo verificar o efeito do nível de flexibilidade e do volume de exercícios de alongamento sobre a VFC.

## 2.Métodos

### 2.1.Desenho Experimental

Os procedimentos experimentais foram realizados em duas visitas. Na primeira visita os sujeitos responderam a um questionário de anamnese, contendo informações pessoais, histórico de lesão e de atividade física. Além disso, realizaram medidas antropométricas e as medidas da flexibilidade utilizando o método Flexiteste para posterior alocação aleatória em um dos dois grupos experimentais (pouca flexibilidade x muita flexibilidade) (Figura 1).

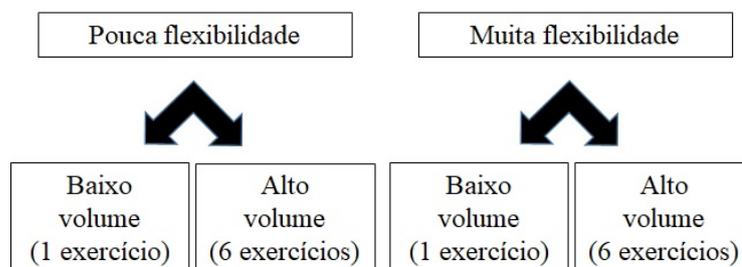


Figura 1 - Desenho experimental.

Na segunda visita, depois de enquadrados em um dos dois grupos (pouca flexibilidade x muita flexibilidade) os sujeitos foram alocados aleatoriamente em um dos dois grupos (baixo volume x alto volume) e ficaram em total repouso deitados em decúbito dorsal por, no mínimo, 18 min. No grupo “baixo volume” foi realizado apenas um exercício de alongamento estático passivo, descrito como posição um, envolvendo grande grupamento muscular por 30 s em duas séries alternando os lados. No grupo “alto volume” foram realizadas duas séries com seis exercícios de alongamento estático passivo, cada um mantido por 30 s e com 15 s de intervalo entre as séries. Após os exercícios de alongamento os participantes retornaram à posição inicial e permaneceram por mais 30 min. Todas as visitas foram realizadas no período entre 14 e 18 horas e a temperatura do laboratório foi mantida sempre em 23°C em ambiente completamente silencioso.

## **2.2.Amostra**

Participaram do estudo 50 sujeitos aparentemente saudáveis do sexo masculino, idade entre 18 e 30 anos. Não houve perda amostral durante os testes.

Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido contendo informações pertinentes aos procedimentos experimentais, conforme a resolução do Conselho Nacional de Saúde (466/12), para experimentos com seres humanos, sendo aprovado previamente pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estácio de Sá sob o número de protocolo CAAE 65584417.0.0000.5284.

Foi adotado como critério de exclusão a presença de algias ou lesões crônicas nas articulações envolvidas na execução dos testes, tabagismo e uso de medicamentos que tenham efeito cardiovascular. Os sujeitos não realizaram nenhuma atividade física ou exercício físico extenuante nas 24 horas que antecederam os testes e durante todo o período do estudo não consumiram álcool, café e chá. Todos os participantes permaneceram por, pelo menos, três horas antes das visitas sem realizar qualquer refeição.

## **2.3.Caracterização Morfológica da Amostra**

Foi coletada a idade e logo a seguir realizada a medida da massa corporal, estatura e FC de repouso para caracterização da amostra. Para a realização destas medidas foram utilizados os seguintes equipamentos: massa corporal total (kg) - (1) balança (Welmy<sup>®</sup>, Brasil) e estatura (m) - (2) estadiômetro de parede (Sanny Medical – Modelo Starreth<sup>®</sup>, Brasil). (Tabela 1)

## **2.4.Cálculo Amostral**

Foi realizada a estimação do tamanho de uma amostra. O teste estatístico escolhido foi a ANOVA com medidas repetidas, com interação intra e intergrupos. Foi feito o cálculo amostral levando-se em consideração o poder do teste de 0,80, o valor de  $\alpha$  igual a 0,05, o tamanho de efeito  $f$  de Cohen utilizado foi de 0,10, quantidade de grupos igual a 4, a quantidade de medidas repetidas igual a 5, a correlação entre as medidas repetidas igual a 0,90 e  $\rho$  igual a 1,0. O software utilizado foi G\*Power versão 3.1.7, disponível gratuitamente para download em <http://www.psych.uni-duesseldorf.de/abteilungen/aap/gpower3/download-and-register>.

Foi estimada uma amostra de 40 indivíduos para o estudo, segundo o resultado do cálculo amostral (Anexo 1). No entanto, participaram 50 indivíduos, porque como o fluxo de entrada para a pesquisa era contínuo, não poderíamos prever se o participante que fez a 1ª visita voltaria para a 2ª e não poderíamos eliminar aqueles que já entraram.

## 2.5. Randomização

A partir de uma lista de números aleatórios gerada em um computador pelo software *Microsoft Excel 2010*<sup>®</sup>, pelo método de randomização simples, os participantes foram alocados para o grupo “baixo volume” e “alto volume”. Para gerar a lista de números aleatórios foram usadas as funções =SE (ALEATÓRIO(<0,500001;1;2) do *Microsoft Excel 2010*<sup>®</sup>, que gerou uma lista de 70 números aleatórios “1” ou “2” (Anexo 2). De acordo com a ordem de entrada do participante no estudo, foi atribuído o número randômico “1” ou “2” gerado pelo *Microsoft Excel 2010*<sup>®</sup>. Se “1” o participante foi para o grupo “baixo volume”, se “2” o participante foi para o grupo “alto volume”. (Anexo 2)

Tabela 1 - Caracterização da amostra estudada (n=50).

VARIÁVEIS	MÉDIA ± DP (mínimo – máximo)
Idade (anos)	23 ± 3 (18 – 30)
Massa Corporal (kg)	75,8 ± 12,7 (47,9 – 115)
Estatura (m)	1,75 ± 0,06 (1,64 – 1,97)
FC repouso (bpm)	65,0 ± 9,6 (47,4 – 90,4)

## **2.6. Nível de flexibilidade**

As medidas da flexibilidade para determinar o nível de flexibilidade de cada um dos indivíduos foram realizadas de forma cega por avaliador independente em 20 movimentos seguindo as recomendações do método Flexiteste<sup>17</sup>, com pontuação que pode variar de zero a oitenta pontos. No final da avaliação os indivíduos que obtiverem até 40 pontos foram alocados no grupo “pouca flexibilidade” (n = 25; flexíndice = 33,5±5,1) e os que obtiverem pontuação igual ou superior a 41 pontos foram alocados no grupo “muita flexibilidade” (n = 25; flexíndice = 48,0±4,5).

## **2.7. Volume dos exercícios de alongamento**

Após terem realizado as medidas de flexibilidade, os participantes alocados no grupo “pouca flexibilidade” e no grupo “muita flexibilidade” foram aleatoriamente submetidos a um exercício de alongamento (baixo volume) ou seis exercícios de alongamento (alto volume), pela técnica estática passiva.

### **2.7.1. Grupo baixo volume de exercícios de alongamento**

O grupo baixo volume de exercícios de alongamento executou somente um exercício de alongamento pelo método estático passivo até o ponto de desconforto muscular relatado pelo participante (Posição 1 da Figura 2). Foram realizadas duas séries e cada posição foi mantida por 30 s com o tempo de intervalo entre os exercícios de 15 s.

### **2.7.2. Grupo alto volume**

O grupo alto volume de exercícios de alongamento executou seis diferentes exercícios de alongamento pelo método estático passivo até o ponto de desconforto muscular relatado pelo participante. Foram realizadas duas séries para cada exercício e cada posição foi mantida por 30 s com o tempo de intervalo entre os exercícios de 15 s. (Figura 2):

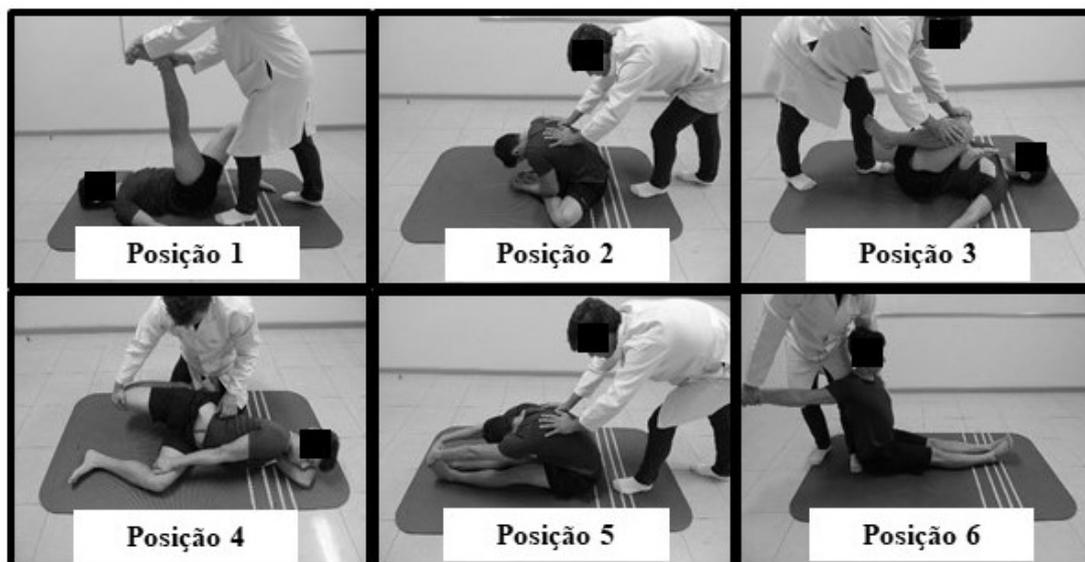


Figura 2 - Seis exercícios em que os participantes realizaram os alongamentos estáticos passivos até o ponto de desconforto muscular relatado pelo participante.

#### Posição 1:

Em posição de decúbito dorsal, manter um dos membros semi flexionado, enquanto o membro que foi alongado permanece com o joelho completamente estendido com auxílio do avaliador, que tracionou em direção ao tronco do avaliado com intuito de gerar maior tensão da cadeia posterior e mantendo o pé em dorsiflexão. O mesmo procedimento foi repetido no lado oposto aleatoriamente.

#### Posição 2:

O participante sentado mantendo os membros inferiores estendidos e os pés em dorsiflexão realizando flexão do tronco com os ombros fletidos, tentando aproximar as mãos dos pés com a ajuda do avaliador que apoia suas mãos abaixo da escápula do avaliado.

#### Posição 3:

O participante sentado em posição de borboleta, tentando manter unida a planta dos pés com auxílio das mãos, joelhos afastados e tronco flexionado anteriormente com a ajuda do avaliador que apoia suas mãos abaixo da escápula do avaliado.

#### Posição 4:

O participante posicionado em decúbito dorsal com as duas pernas flexionadas, cruzando uma sobre a outra, posicionando o maléolo lateral do membro cruzado sobre a

extremidade distal da coxa. O sujeito teve sua perna de base tracionada em direção ao tronco com a ajuda do avaliador e depois realizou a mesma manobra no lado oposto aleatoriamente.

Posição 5:

O participante posicionado em decúbito lateral enquanto o pesquisador posiciona uma das mãos sobre a crista ilíaca do quadril do participante e com a mão oposta força o joelho para trás até o ponto de desconforto, mantendo a outra perna flexionada a 90 graus ao solo. O mesmo procedimento foi repetido no lado oposto de forma aleatória.

Posição 6:

O alongamento de peitoral foi passivamente realizado de forma unilateral. Com o participante sentado, com os ombros flexionados a 90°, o cotovelo estendido com a mão em posição neutra e a cabeça rotacionada para o lado oposto ao alongamento em que o ombro foi sendo abduzido horizontalmente.

## **2.8. Protocolo de Medida da Variabilidade da Frequência Cardíaca**

A FC foi aferida com o participante em decúbito dorsal, por cardiotaquímetro capaz de registrar intervalos RR (Polar V 800, Polar Electro Oy<sup>®</sup>, Kempele, Finlândia) de forma contínua em três situações: 18 minutos em repouso (pré-exercício), durante o período de alongamento e ao longo de 30 minutos de recuperação (pós-exercício). As séries temporais de iRR foram transferidas para o *software* Kubios HRV Analysis<sup>™</sup> versão 2.0 (Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Kuopio, Finlândia). A densidade espectral de potência foi estimada pelo método não paramétrico da transformada rápida de Fourier, após remoção da componente de tendência (*detrend*) da série temporal pelo método de suavização a priori e decimação em frequência de 4Hz, utilizando-se interpolação por *spline* cúbica.

Foram calculados os seguintes índices de VFC no domínio do tempo: desvio-padrão de todos os intervalos RR normais gravados em um intervalo de tempo (SDNN) e raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R normais sucessivos (RMSSD). No domínio da frequência, os índices foram: componente de baixa frequência (LF) – (0,04 a 0,15Hz) – que mostra predominância simpática, componente de alta frequência (HF) – (0,15 a 0,40Hz) – que mostra predominância parassimpática e o balanço simpatovagal – razão baixa/alta frequência (LF/HF) expressas em unidades normalizadas (norm – n.u).

## **2.9. Cegamento**

A avaliação da flexibilidade para posterior alocação aleatória nos grupos baixo e alto volume de exercícios de alongamento e a medida da VFC foram realizadas de forma cega por avaliadores experientes previamente treinados.

### **2.10. Análise dos dados**

As análises foram realizadas por avaliador independente. Os dados foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão (Quadro 1). Para testar possíveis diferenças nas medidas de VFC entre as duas situações experimentais (pouca flexibilidade e muita flexibilidade) e (baixo volume e alto volume), foi utilizada uma ANOVA 2 x 2 x 5, sendo o primeiro fator o nível de flexibilidade, o segundo fator o volume dos exercícios de alongamento e o terceiro fator as medidas pré, durante e 10, 20, 30 min pós de VFC. A verificação *post-hoc* de Tukey para amostras desiguais foi utilizada no caso de F significativo. Foi adotado um nível de significância de  $P \leq 0,05$  e os cálculos foram realizados com auxílio do programa STATISTICA 7.0 Copyright StatSoft, Inc. 1984-2004.

### **3. Resultados**

Quadro 1 – Valores de média  $\pm$  desvio-padrão de FC média, SDNN, RMSSD, HF, LF e LF/HF dos grupos (PBBV) pouca flexibilidade e baixo volume, (PFAV) pouca flexibilidade e alto volume, (MFBV) muita flexibilidade e baixo volume e (MFAV) muita flexibilidade e alto volume.

Índices da VFC	Momentos	Grupos			
		Pouca flexibilidade e baixo volume (PFBV) (n=12)	Pouca flexibilidade e alto volume (PFAV) (n=13)	Muita flexibilidade e baixo volume (MFBV) (n=12)	Muita flexibilidade e alto volume (MFAV) (n=13)
FC média (bpm)	Pré	65,3 $\pm$ 10,1	69,0 $\pm$ 8,0	59,4 $\pm$ 7,5	65,9 $\pm$ 11,3
	Durante	79,0 $\pm$ 10,8	82,2 $\pm$ 8,9	75,6 $\pm$ 7,0	81,4 $\pm$ 8,5
	10 min pós	61,6 $\pm$ 8,7	64,8 $\pm$ 8,3	56,7 $\pm$ 7,7	61,5 $\pm$ 9,5
	20 min pós	61,3 $\pm$ 9,7	64,5 $\pm$ 8,6	56,4 $\pm$ 7,8	61,0 $\pm$ 10,2
	30 min pós	62,3 $\pm$ 9,9	66,3 $\pm$ 8,3	57,1 $\pm$ 8,3	61,5 $\pm$ 10,2
SDNN (ms)	Pré	55,76 $\pm$ 20,67	47,4 $\pm$ 20,3	56,2 $\pm$ 22,5	45,4 $\pm$ 19,1
	Durante	42,81 $\pm$ 18,94	53,4 $\pm$ 13,9	51,4 $\pm$ 17,6	55,7 $\pm$ 16,0
	10 min pós	60,31 $\pm$ 25,77	52,2 $\pm$ 24,6	60,5 $\pm$ 21,8	43,4 $\pm$ 14,5
	20 min pós	65,93 $\pm$ 28,18	53,7 $\pm$ 22,9	64,7 $\pm$ 25,5	47,4 $\pm$ 18,6
	30 min pós	64,13 $\pm$ 24,38	53,4 $\pm$ 18,8	69,6 $\pm$ 27,0	53,8 $\pm$ 25,5
RMSSD (ms)	Pré	54,4 $\pm$ 23,5	46,2 $\pm$ 24,4	65,9 $\pm$ 36,4	47,4 $\pm$ 24,1
	Durante	36,0 $\pm$ 18,5	38,4 $\pm$ 17,5	45,3 $\pm$ 21,3	40,2 $\pm$ 15,3
	10 min pós	62,5 $\pm$ 27,8	55,2 $\pm$ 32,4	70,2 $\pm$ 33,6	47,3 $\pm$ 20,0
	20 min pós	67,2 $\pm$ 30,0	55,4 $\pm$ 31,9	73,6 $\pm$ 36,7	51,4 $\pm$ 24,7
	30 min pós	63,2 $\pm$ 25,0	53,2 $\pm$ 27,4	77,1 $\pm$ 36,2	57,3 $\pm$ 33,0
HF (Hz)	Pré	39,2 $\pm$ 12,7	40,7 $\pm$ 15,7	50,3 $\pm$ 11,3	42,0 $\pm$ 10,8
	Durante	30,3 $\pm$ 11,6	21,5 $\pm$ 12,9	33,7 $\pm$ 13,0	19,6 $\pm$ 5,3
	10 min pós	44,1 $\pm$ 14,8	45,8 $\pm$ 15,4	51,5 $\pm$ 13,3	43,1 $\pm$ 13,8
	20 min pós	42,8 $\pm$ 15,9	45,9 $\pm$ 19,6	49,7 $\pm$ 12,6	44,9 $\pm$ 15,2
	30 min pós	37,6 $\pm$ 14,1	42,5 $\pm$ 18,3	45,1 $\pm$ 11,8	39,4 $\pm$ 10,7
LF (Hz)	Pré	53,9 $\pm$ 11,5	54,7 $\pm$ 15,1	46,1 $\pm$ 10,5	51,9 $\pm$ 8,7
	Durante	62,2 $\pm$ 11,2	66,3 $\pm$ 10,0	54,5 $\pm$ 11,2	67,3 $\pm$ 5,1
	10 min pós	51,3 $\pm$ 14,6	50,0 $\pm$ 15,2	44,6 $\pm$ 12,3	50,3 $\pm$ 12,5
	20 min pós	51,6 $\pm$ 15,8	49,8 $\pm$ 18,7	46,4 $\pm$ 11,6	49,4 $\pm$ 12,8
	30 min pós	55,7 $\pm$ 14,5	49,2 $\pm$ 15,7	50,4 $\pm$ 12,2	52,9 $\pm$ 8,6
LF / HF	Pré	1,6 $\pm$ 0,7	1,7 $\pm$ 0,9	1,0 $\pm$ 0,4	1,4 $\pm$ 0,8
	Durante	2,6 $\pm$ 1,7	5,0 $\pm$ 4,1	2,0 $\pm$ 1,3	3,8 $\pm$ 1,4
	10 min pós	1,4 $\pm$ 0,9	1,3 $\pm$ 1,0	1,0 $\pm$ 0,6	1,5 $\pm$ 1,1
	20 min pós	1,5 $\pm$ 0,9	1,6 $\pm$ 1,5	1,1 $\pm$ 0,6	1,3 $\pm$ 0,6
	30 min pós	2,0 $\pm$ 1,7	1,7 $\pm$ 1,6	1,3 $\pm$ 0,8	1,5 $\pm$ 0,6

Satisfeitos os pressupostos de normalidade, homogeneidade de variância e esfericidade, a ANOVA 2x2x5 mostrou que não ocorreu interação entre o nível de flexibilidade dos participantes, o volume de exercícios de alongamento executado e as medidas de SDNN, RMSSD, LF, HF, LF/HF e FC média. Não ocorreu também interação entre o nível de flexibilidade dos participantes e as medidas de SDNN, RMSSD, LF, HF, LF/HF e FC média. Entretanto, ocorreu interação entre o volume de alongamentos executados e as medidas de SDNN, RMSSD, LF, HF, LF/HF e FC média (Figuras 3, 4, 5, 6, 7 e 8).

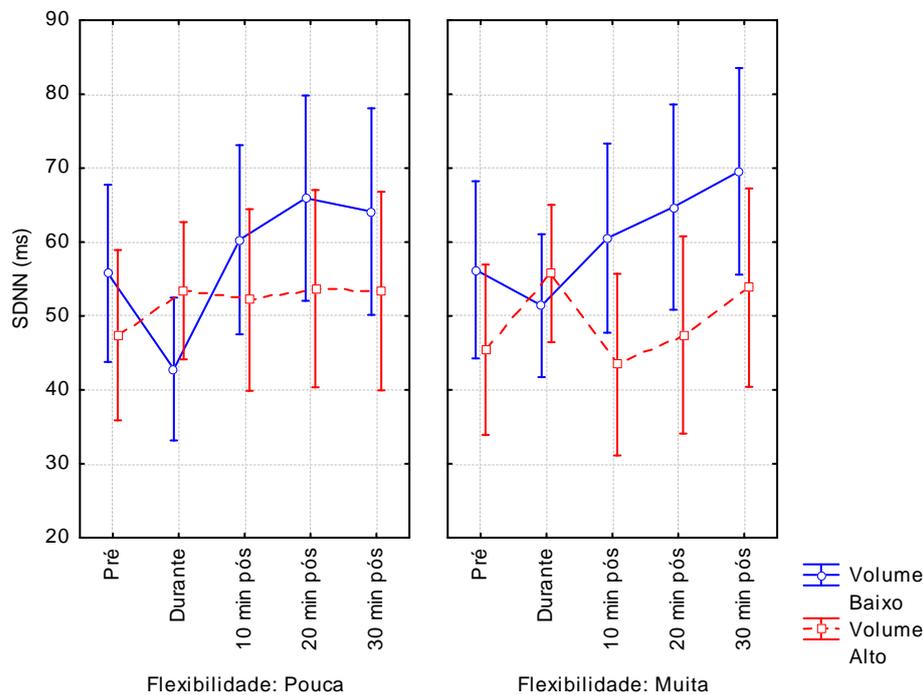


Figura 3 - Valores médios e IC95% de SDNN pré exercício, durante o exercício, 10, 20 e 30 minutos após o término dos exercícios realizados em baixo e alto volume de exercícios de alongamento, por nível de flexibilidade. Ocorreu interação somente entre o volume de exercícios de alongamento e as medidas de SDNN ( $F = 7,5$ ;  $P = 0,0001$ )

O teste *post hoc* de Tukey para amostras desiguais mostrou que somente o grupo que realizou baixo volume de alongamentos aumentou significativamente o SDNN dos momentos durante para 10 min pós ( $P = 0,004$ ); durante para 20 min pós ( $P = 0,0002$ ); e durante para 30 min pós ( $P = 0,00002$ ).

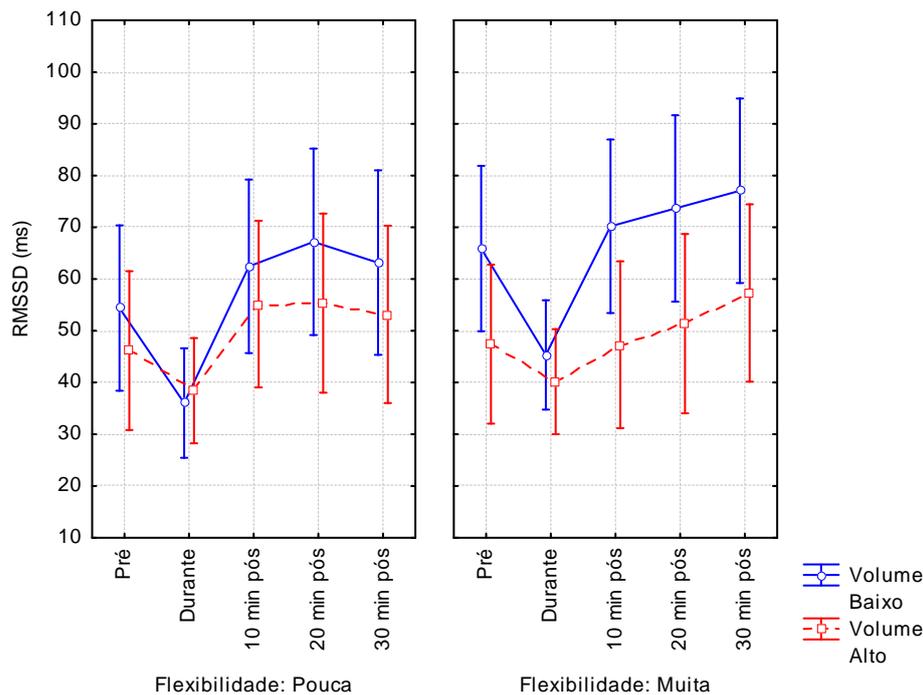


Figura 4 - Valores médios e IC95% de RMSSD pré exercício, durante o exercício, 10, 20 e 30 minutos após o término dos exercícios realizados em baixo e alto volume de exercícios de alongamento, por nível de flexibilidade. Ocorreu interação somente entre o volume de exercícios de alongamento e as medidas de RMSSD ( $F = 3,0$ ;  $P = 0,02$ )

O teste *post hoc* de Tukey para amostras desiguais mostrou que somente o grupo que realizou baixo volume de alongamentos diminuiu significativamente o RMSSD do momento pré para durante ( $P = 0,00002$ ). Tanto o grupo que realizou baixo volume quanto o que realizou alto volume de alongamentos aumentaram significativamente o RMSSD dos momentos durante para 10 min pré ( $P = 0,00001$  e  $P = 0,02$  respectivamente); durante para 20 min pós ( $P = 0,00001$  e  $P = 0,003$  respectivamente); e durante para 30 min pós ( $P = 0,00001$  e  $P = 0,0003$  respectivamente).

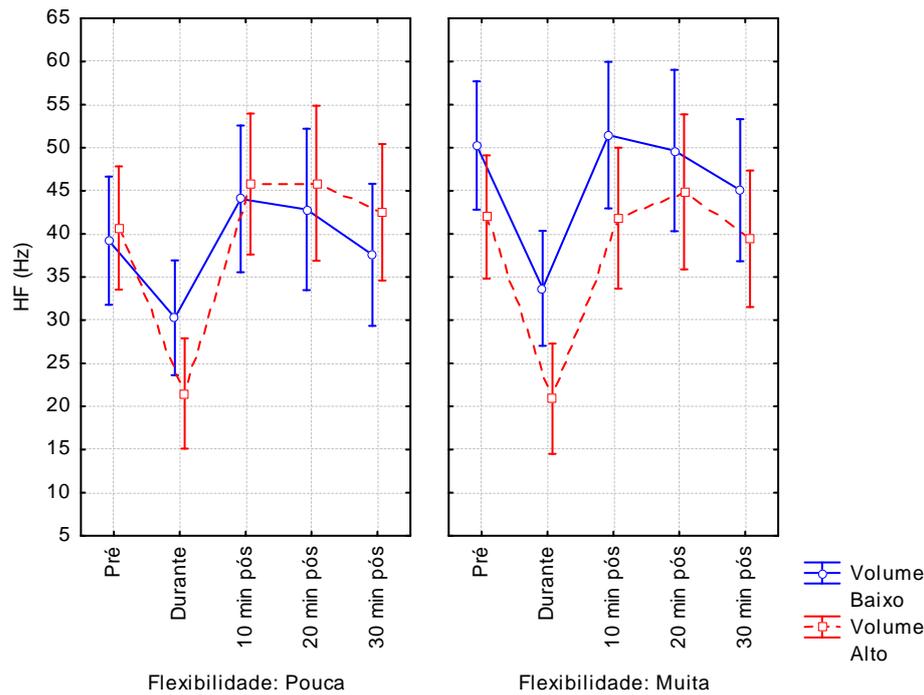


Figura 5 - Valores médios e IC95% de HF pré exercício, durante o exercício, 10, 20 e 30 minutos após o término dos exercícios realizados em baixo e alto volume de exercícios de alongamento, por nível de flexibilidade. Ocorreu interação somente entre o volume de exercícios de alongamento e as medidas de HF ( $F = 3,0$ ;  $P = 0,02$ )

O teste *post hoc* de Tukey para amostras desiguais mostrou que tanto o grupo que realizou baixo volume quanto o que realizou alto volume de alongamentos diminuíram significativamente a HF do momento pré para durante ( $P = 0,00002$  e  $P = 0,00001$  respectivamente) e aumentaram significativamente a HF dos momentos durante para 10 min pós ( $P = 0,00001$  e  $P = 0,00001$  respectivamente); durante para 20 min pós ( $P = 0,00001$  e  $P = 0,00001$  respectivamente); e durante para 30 min pós ( $P = 0,005$  e  $P = 0,0001$  respectivamente).

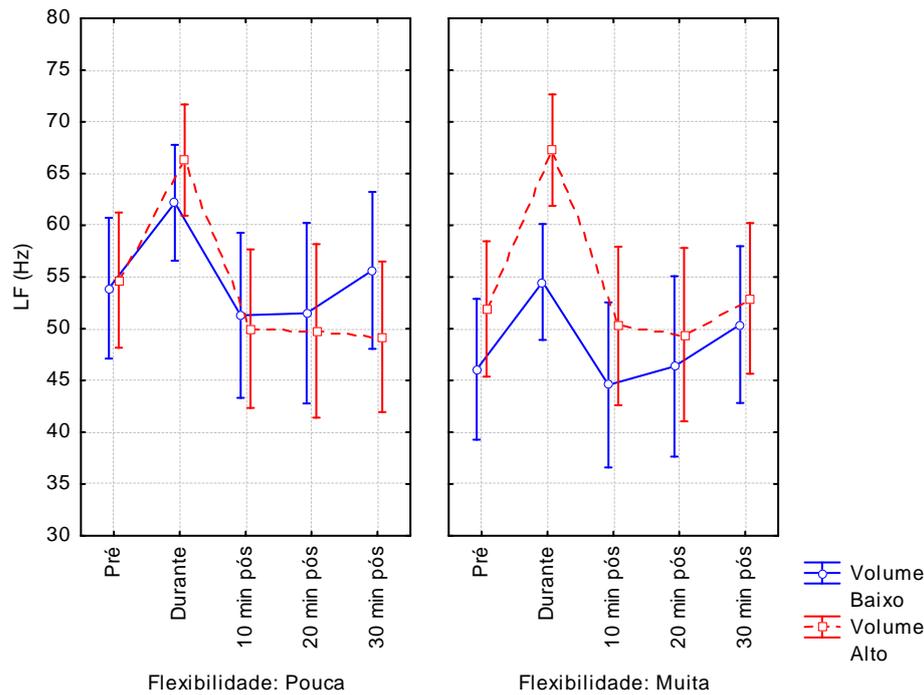


Figura 6 - Valores médios e IC95% de LF pré exercício, durante o exercício, 10, 20 e 30 minutos após o término dos exercícios realizados em baixo e alto volume de exercícios de alongamento, por nível de flexibilidade. Ocorreu interação somente entre o volume de exercícios de alongamento e as medidas de LF ( $F = 2,7$ ;  $P = 0,03$ )

O teste *post hoc* de Tukey para amostras desiguais mostrou que tanto o grupo que realizou baixo volume quanto o que realizou alto volume de alongamentos aumentaram significativamente a LF do momento pré para durante ( $P = 0,01$  e  $P = 0,00001$  respectivamente) e diminuiriam significativamente a LF dos momentos durante para 10 min pós de ( $P = 0,0004$  e  $P = 0,00001$  respectivamente); durante para 20 min pós ( $P = 0,002$  e  $P = 0,00001$  respectivamente). Somente o grupo que realizou alto volume de alongamentos diminuiu significativamente a LF do momento durante para 30 min pós ( $P = 0,0001$ ).

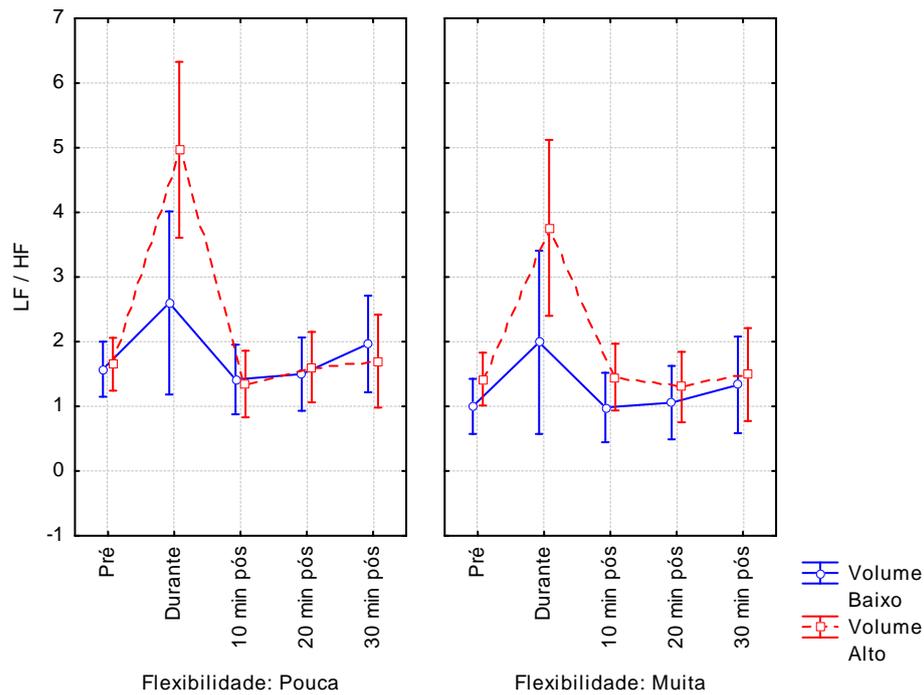


Figura 7 - Valores médios e IC95% de LF/HF pré exercício, durante o exercício, 10, 20 e 30 minutos após o término dos exercícios realizados em baixo e alto volume de exercícios de alongamento, por nível de flexibilidade. Ocorreu interação somente entre o volume de exercícios de alongamento e as medidas de LF/HF ( $F = 7,74$ ;  $P = 0,00001$ )

O teste *post hoc* de Tukey para amostras desiguais mostrou que tanto o grupo que realizou baixo volume quanto o que realizou alto volume de alongamentos aumentaram significativamente a LF/HF do momento pré para durante 1 ( $P = 0,05$  e  $P = 0,00001$  respectivamente) e diminuiram significativamente a LF/HF dos momentos durante para 10 min pós ( $P = 0,02$  e  $P = 0,00001$  respectivamente); durante para 20 min pós ( $P = 0,04$  e  $P = 0,00001$  respectivamente). Somente o grupo que realizou alto volume de alongamentos diminuiu significativamente a LF/HF do momento durante para 30 min pós ( $P = 0,00001$ ).

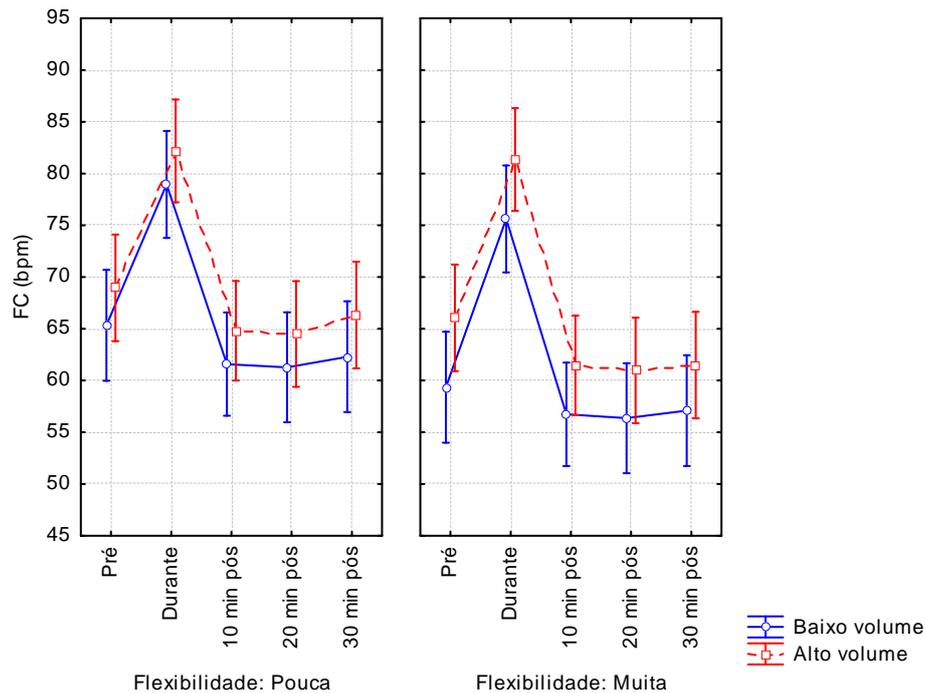


Figura 8 - Valores de FC média pré exercício, durante o exercício, 10, 20 e 30 minutos após o término dos exercícios realizados em baixo e alto volume de alongamento, por nível de flexibilidade. Não ocorreu interação.

#### 4. Discussão

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito do nível de flexibilidade e do volume de exercícios de alongamento sobre a VFC.

Independentemente do nível de flexibilidade do indivíduo, os resultados deste estudo mostraram que os exercícios de alongamento podem alterar a VFC (Figura 4), aumentando a atividade simpática (Figura 7) e diminuindo a atividade parassimpática (Figura 5 e 6) durante a execução do alongamento; aumentando a atividade parassimpática (Figura 5 e 6) e diminuindo a atividade simpática (Figura 7) na recuperação até 30 minutos após o alongamento, tanto para um baixo como alto volume de exercícios de alongamento.

A hipótese de que indivíduos com pouca flexibilidade seriam mais responsivos aos exercícios de alongamento do que os com muita flexibilidade surgiu em função de que, nos três estudos sobre o efeito agudo encontrados<sup>3, 4, 6</sup>, que utilizaram alongamentos estáticos e que não deixam claro se esses alongamentos foram realizados de forma passiva ou ativa, dois deles<sup>3,4</sup>, que tiveram participantes com pouca flexibilidade, encontraram efeitos significativos dos exercícios de alongamento estático sobre os índices de VFC, enquanto o que teve

participantes com níveis adequados de flexibilidade<sup>6</sup> não encontrou tais efeitos. Entretanto, esta hipótese foi rejeitada no presente estudo.

Especula-se que esta rejeição pode ter sido pela pequena diferença entre as médias obtidas dos grupos classificados pelo flexíndice como “pouca flexibilidade” ( $33,5 \pm 5,1$ ) e “muita flexibilidade” ( $48,0 \pm 4,5$ ), que não alcançou a magnitude necessária para causar um efeito significativo sobre a VFC.

Outra explicação para a rejeição obtida é que o alongamento estático passivo realizado, por utilizar uma força externa para alongar a musculatura, tenha produzido contrações isométricas leves da musculatura antagonista àquela que está sendo alongada e dessa forma não estimulou respostas com a mesma intensidade que um alongamento estático ativo. Este fato já foi levantado em estudos anteriores, que afirmaram que por não ter ocorrido uma ativação muscular voluntária, não ocorreu um aumento significativo na quantidade de produtos metabólicos que ativariam os metabolorreceptores, que se somariam aos mecanorreceptores, enviando estímulos aferentes que produziriam respostas cardiovasculares mais potentes<sup>14,18</sup>.

O volume total de alongamento nesses três estudos<sup>3, 4, 6</sup> também foi bastante discrepante. Os dois que verificaram efeito agudo dos exercícios de alongamento muscular sobre a VFC executaram sessões de alongamentos mais longas que duraram ao todo 10 e 20 minutos<sup>3, 4</sup>. Por outro lado, o estudo que teve participantes com “níveis adequados de flexibilidade”<sup>6</sup> e não encontrou tais efeitos, realizou apenas duas séries de exercícios para o peitoral realizados bilateralmente com a duração de 30 s. e com um intervalo de 40 s. entre as séries, durando a sessão de alongamento cerca de 2 min. Essas informações levaram a formulação da segunda hipótese que o volume de exercícios de alongamento causaria diferenças na VFC. Os resultados do presente estudo levaram à aceitação da segunda hipótese ( $F \geq 2,7$ ;  $P \leq 0,03$ ; Figuras 4 a 8).

No domínio do tempo, os resultados encontrados no presente estudo mostraram que apenas um exercício de alongamento foi capaz de produzir um aumento significativo no SDNN nos dez, vinte e trinta minutos imediatamente após o exercício de alongamento. No entanto, quando foram realizados seis exercícios não ocorreu tal diferença (Figura 4). Cabe ressaltar que o SDNN é um índice que depende diretamente da duração da gravação e por isso obtenções desse índice com diferentes durações não devem ser comparadas entre os estudos<sup>19-</sup>

Embora os índices no domínio do tempo possam ser utilizados para analisar registros realizados em pequenos períodos, os índices no domínio da frequência são considerados mais adequados para períodos mais curtos<sup>19</sup> e talvez por isso não verificaram diferenças significativas no grupo que realizou seis exercícios de alongamento. Ao se analisar a resposta parassimpática no domínio do tempo, que é indicada pela RMSSD, verificou-se que durante o período de execução dos alongamentos ocorreu uma diminuição significativa da atividade parassimpática (RMSSD) para quem realizou baixo volume de alongamento e que nos períodos de dez, vinte e trinta minutos após os exercícios esta atividade aumentou significativamente, quando comparada ao período de exercício tanto para quem realizou baixo quanto alto volume de alongamento (Figura 5).

A diminuição da RMSSD durante o exercício e o aumento no período pós-exercício ocorre em função da retirada vagal e reentrada vagal<sup>21-22</sup>. No domínio da frequência, a alta frequência (HF), que indica também a resposta parassimpática, apresentou resultados muito semelhantes à RMSSD. Durante o período de execução dos alongamentos ocorreu uma diminuição significativa da atividade parassimpática (HF) para quem realizou baixo e alto volume de alongamento e que nos períodos de dez, vinte e trinta minutos após os exercícios a atividade parassimpática (HF) aumentou significativamente, quando comparada ao período de exercício tanto para quem realizou baixo quanto alto volume de treino (Figura 6).

A baixa frequência (LF) mostrou que a atividade simpática aumentou significativamente durante os exercícios de alongamento tanto para quem fez baixo quanto para quem fez alto volume de alongamento e diminuiu significativamente no período de dez e vinte minutos após os exercícios para ambos os grupos. Sendo que, o grupo que fez alto volume teve estes valores diminuídos até o período de trinta minutos após os exercícios (Figura 7). Um aumento da atividade simpática ocorre normalmente durante o período de exercícios<sup>23</sup>. A relação LF/HF refletiu as alterações entre os componentes simpático e parassimpático do SNA<sup>24</sup> (Figura 8). A LF/HF aumentou significativamente durante a realização dos exercícios pela diminuição da atividade parassimpática e aumento da atividade simpática<sup>21-26</sup>.

No período após o exercício ocorreu uma diminuição significativa na LF/HF, provavelmente em função da reentrada vagal<sup>27</sup> e posteriormente pela diminuição da atividade simpática<sup>24</sup>. As análises isoladas dos índices HF e LF neste estudo confirmam tais afirmações (Figura 6 e 7). Embora não seja considerada um índice de VFC, a FC média foi mensurada também pré, durante, 10, 20 e 30 minutos pós-exercícios de alongamento. O nível de

flexibilidade e / ou volume de alongamento não foram capazes de causar diferenças significativas na FC média. Deste resultado pode-se deduzir que a quantidade de batimentos por minuto do coração pode não se alterar, mas que o intervalo de tempo entre as sístoles cardíacas é variável para o mesmo minuto. Os resultados da FC média foram também importantes para dar uma coerência com os resultados de VFC encontrados: a FC média aumentou durante os exercícios quando comparada ao valor de repouso, o que coincidiu com a diminuição da HF (estimulação parassimpática – Figura 6) e o aumento da LF (estimulação simpática – Figura 7) e a FC média diminuiu 10, 20 e 30 minutos após os exercícios de alongamento, o que coincidiu com o aumento da HF (estimulação parassimpática – Figura 6) e diminuição da LF (estimulação simpática – Figura 7) (Figura 9).

Os resultados do SDNN, RMSSD, HF, LF, LF/HF e FC média do presente estudo descritos acima podem ser explicados pela influência do sistema nervoso autônomo sobre o coração, que é dependente de informações que partem, dentre outros, dos barorreceptores, quimiorreceptores, receptores atriais, receptores ventriculares, modificações do sistema respiratório, sistema vasomotor, sistema renina-angiotensina-aldosterona e sistema termorregulador<sup>28-29</sup>. Este controle neural está intimamente ligado à frequência cardíaca e atividade reflexa barorreceptora<sup>20</sup>. Quando o músculo contrai ou é alongado as fibras aferentes do grupo III que são mielinizadas e muito sensíveis aos estímulos mecânicos produzidos pelo exercício são estimuladas<sup>30</sup> e podem contribuir para os ajustes das atividades cardíacas através do sistema nervoso autônomo<sup>31</sup>. Durante o exercício, há um aumento da atividade simpática e uma diminuição da atividade parassimpática<sup>23</sup>. Após o exercício, há uma diminuição da atividade simpática e um aumento da atividade parassimpática, em função da retirada vagal e reentrada vagal<sup>21-26</sup>.

Os estudos de Farinatti *et al.*<sup>3</sup>, Logan e Yeo<sup>4</sup> e Mueck *et al.*<sup>5</sup> corroboram os resultados obtidos no presente estudo. Contraditoriamente, Costa Silva *et al.*<sup>6</sup> não encontrou diferença significativa nos índices de VFC, após a realização de exercícios de alongamentos.

O estudo de Farinatti *et al.*<sup>3</sup> mostrou um aumento do SDNN durante o exercício ( $63,7 \pm 17,2$  vs  $82,2 \pm 23,4$ ;  $P=0,05$ ) ao final do período pós exercício, quando comparado ao período de repouso antes dos exercícios de alongamento estático ( $74,2 \pm 27,3$  vs  $63,7 \pm 17,2$ ;  $P=0,02$ ). Embora tenha medido de forma contínua por 30 min antes, durante e após os exercícios de alongamento, os autores optaram por utilizar nas análises apenas os 10 minutos finais de cada um dos três momentos. Foram realizados três exercícios envolvendo musculatura de tronco e isquiopoplíteos com três séries para cada um deles mantendo na posição por 30 s e

com intervalo de 30 s entre os exercícios. Embora tenha utilizado diferentes protocolos, o estudo de Farinatti *et al.*<sup>3</sup> também mostrou uma diminuição aguda na RMSSD ( $49,0 \pm 14,3$  vs  $42,3 \pm 13,2$ ;  $P=0,05$ ) e uma aumento no período após os exercícios de alongamento quando comparada ao período pré exercício ( $55,3 \pm 15,4$  vs  $49 \pm 14,3$ ;  $P = 0,01$ ). Farinatti *et al.*<sup>3</sup> mostraram que a HF diminuiu durante os exercícios de alongamento e aumentou após esses exercícios ( $P=0,01$  e  $P=0,04$ , respectivamente), atribuindo essa variação de HF às sucessivas contrações isométricas induzidas pelos exercícios de alongamento estático<sup>25-26</sup>. No entanto, essas contrações isométricas sugeridas em exercícios dinâmicos talvez não ocorram na mesma magnitude em exercícios de alongamento estático. O aumento dos valores de LF durante os exercícios também foi constatado ( $P=0,02$ ) no estudo de Farinatti *et al.*<sup>3</sup>. No entanto, a diminuição dos valores de LF após os exercícios de alongamento não foi encontrada em seu estudo durante o período de recuperação. A relação LF/HF aumentou significativamente durante a realização dos exercícios e diminuiu significativamente após os exercícios ( $P=0,02$  e  $P= 0,02$ ) no estudo de Farinatti *et al.*<sup>3</sup>.

O estudo de Logan e Yeo<sup>4</sup> realizado em 15 gestantes, verificou que 20 min de exercícios de alongamento estático ativo produziram um aumento agudo no SDNN após os exercícios quando comparados aos valores de repouso pré exercícios ( $40,35 \pm 21,69$  vs  $32,95 \pm 14,62$ ;  $P = 0,042$ ). Embora tenha utilizado diferentes protocolos, o estudo de Logan e Yeo.<sup>4</sup> também mostrou aumento agudo na RMSSD no período após os exercícios de alongamento quando comparados ao período pré exercício ( $35,41 \pm 36,63$  vs  $23,73 \pm 16,74$ ;  $P = 0,041$ ). O estudo de Logan e Yeo.<sup>4</sup> não encontrou diferenças significativas nos valores de HF e LF entre os resultados das medidas realizadas na situação pré exercício e após os exercícios de alongamento. Talvez esse resultado seja explicado pela posição *semi-fowler* adotada no estudo de Logan e Yeo.<sup>4</sup> durante a medida realizada antes e após os exercícios de alongamento ou porque em exercícios dinâmicos essa diminuição da LF ocorre de forma mais lenta<sup>24</sup>.

O estudo de Costa Silva *et al.*<sup>6</sup>, em que os participantes tinham níveis adequados de flexibilidade, não encontrou nenhum efeito estatisticamente significativo dos dois exercícios de alongamento estático, da musculatura peitoral com duração de 30 s, realizado com 40 s de intervalo entre eles, sobre os índices de VFC avaliados (RMSSD, PNN50, LF e HF). Os autores justificaram o resultado pelo fato de que, “foram apenas oito participantes e/ou por terem realizado um baixo volume de exercícios”.

No estudo de Mueck *et al.*<sup>5</sup> um aumento da RMSSD foi verificado após um período de 28 dias em atletas *bodybuilders* que mantiveram suas rotinas de treinamento e adicionaram 15 minutos diários de exercícios de alongamento ( $25,2 \pm 10,4$  vs  $62,4 \pm 26,9$ ,  $P < 0,001$ ). Esses atletas eram classificados inicialmente como indivíduos com “limitada flexibilidade muscular”. Esses achados quase crônicos do estudo de Mueck *et al.*<sup>5</sup> fazem crer que o somatório dos efeitos agudos encontrados no presente estudo e nos estudos anteriores<sup>3-4</sup>, possa produzir adaptações crônicas importantes na atividade parassimpática, com significativos impactos cardiovasculares.

No estudo de Mueck *et al.*<sup>5</sup> os resultados de LF/HF encontrados ( $8,01 \pm 5,19$  vs  $3,44 \pm 3,53$ ,  $P < 0,02$ ) mostraram que o alongamento estático, assim como os demais exercícios que já faziam parte do treinamento desses atletas de *bodybuilding*, foi capaz de produzir uma resposta autonômica aumentando a participação parassimpática.

Os resultados encontrados no presente estudo podem contribuir para tornar os exercícios de alongamento ainda mais atraentes. A flexibilidade é muito importante para a autonomia funcional das pessoas e ela diminui consideravelmente com a inatividade física e o envelhecimento<sup>1,32</sup>. A execução regular dos exercícios de alongamento poderá contribuir tanto para aumentar a VFC<sup>5</sup>, que melhorará a saúde cardiovascular, como para aumentar a flexibilidade, que beneficiará a autonomia funcional das pessoas<sup>32</sup>.

Estudar a VFC não é uma tarefa fácil, porque o sistema nervoso autônomo se ajusta aos diversos estímulos fisiológicos e ambientais, tornando uma tarefa difícil para o pesquisador, quiçá impossível, controlar variáveis como a respiração, o estresse mental, o sono, alterações hormonais, pensamentos, emoções entre outras variáveis<sup>33-34</sup>.

## 5. Conclusão

O nível de flexibilidade não influencia os efeitos do alongamento sobre a VFC e apenas um exercício de alongamento muscular estático já é capaz de produzir respostas significativas sobre a VFC. Este achado tem um importante significado clínico pois mostra que os exercícios de alongamento são capazes de aumentar a atividade vagal agudamente. Podendo-se especular que, com a repetição sistemática deste tipo de exercício, o somatório destes efeitos agudos poderá gerar uma adaptação crônica e influenciar inclusive em uma menor chance do indivíduo ser acometido por uma série de doenças e ter uma expectativa de vida maior. A facilidade de execução dos exercícios de alongamento, necessitando de pouco

espaço e recursos materiais pode inclusive gerar uma maior adesão ao exercício e é um fator que torna estes resultados mais relevantes ainda.

## 6.Referências

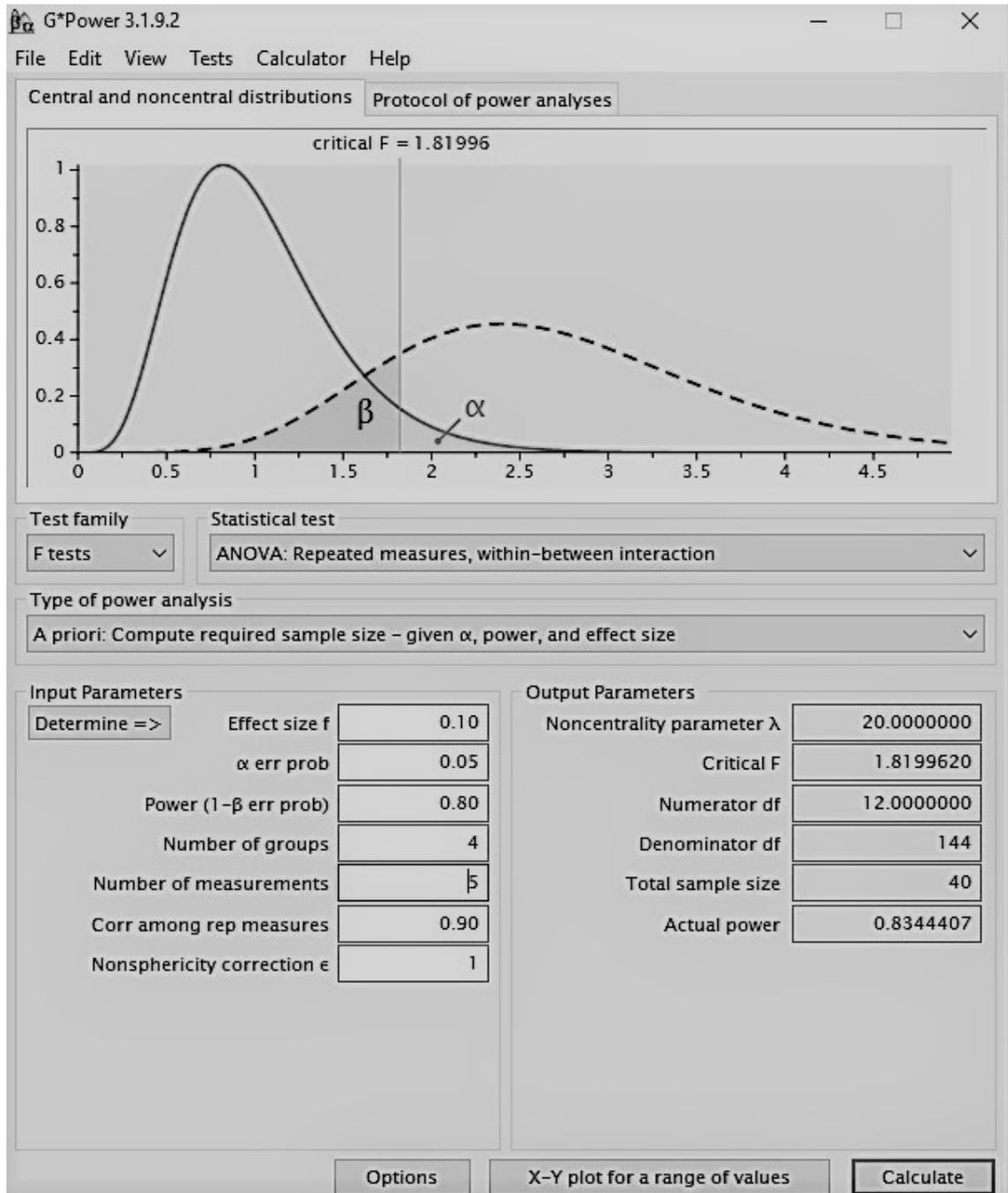
- 1-American College of Sports Medicine. Position stand on the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 43(7): 1334-59.
- 2-Rubini EC, Costa ALL, Gomes PSC. The effects of stretching on strength performance. *Sports Med.* 2007; 37(3): 213-24.
- 3-Farinatti PTV, Brandão C, Soares PPS, *et al.* Acute effects of stretching exercise on the heart rate variability in subjects with lower flexibility levels. *J Strength Cond Res.* 2011; 25(6): 1579-85.
- 4-Logan JG, Yeo S. Effects of stretching exercise on heart rate variability during pregnancy. *J Cardiovasc Nurs.* 2017; 32(2): 107-11.
- 5-Mueck-Weymann M, Janshoff G, Mueck H. Stretching increases heart rate variability in healthy athletes complaining about limited muscular flexibility. *Clin Auton Res.* 2004; 14: 15-8.
- 6-Costa Silva G, Conceição R, DiMasi F, Domingos T, Herdy C, Silveira A. Low intensity static stretching does not modulate heart rate variability in trained men. *Medical Express.* 2016; 3(3): 1-6.
- 7- Dong, JG. The role of heart rate variability in sports physiology (Review). *Exp Ther Med.* 2016; 11(5):1531-6.
- 8-Golberger JJ, Le FK, Lahiri M, Kannankeril PJ, Ng J, and Kadish AH. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2006; 290: H2446–H2452.
- 9--Ng J, Sundaram S, Kadish AH, and Golberger JJ. Autonomic effects on the spectral analysis of heart rate variability after exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2009; 297: H1421–H1428.
- 10-Cottin F, Me'digue C, and Papelier Y. Effect of heavy exercise on spectral baroreflex sensitivity, heart rate, and blood pressure variability in well-trained humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2008; 295: H1150–H1155.
- 11-Perini, R and Veicsteinas, A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur J App Physiol.* 2003; 90: 317–25.

- 12- Huang PH, Leu HB, Chen JW, and Lin SJ. Heart rate recovery after exercise and endothelial function—two important factors to predict cardiovascular events. *Prev Cardiol.* 2005; 8: 167–70.
- 13- Bayes-Genis A, Han L, Sur S, Couderc JP, Berger RD, de Luna AB, *et al.* Predictive value of beat-to-beat QT variability index across the continuum of left ventricular dysfunction: Competing risks of noncardiac or cardiovascular death and sudden or nonsudden cardiac death. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2012; 5: 719-27.
- 14-Gladwell VF and Coote JH. Heart rate at the onset of muscle contraction and during passive muscle stretch in human: A role for mechanoreceptors. *J Physiol.* 2002; 530: 1095–102.
- 15-Murata J and Matsukawa K. Cardiac vagal and sympathetic efferent discharges are differentially modified by stretch of skeletal muscle. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2001; 280: H237–H245.
- 16- Khandoker AH, Jelinek HF and Palaniswami M. Identifying diabetic patients with cardiac autonomic neuropathy by heart rate complexity analysis. *Biomed Eng Online.* 2009; 8: 3.
- 17- Araújo CGS. Flexiteste - um método completo para avaliar a flexibilidade. Ed. Manole, 2004.
- 18- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation.* 1996; 93: 1043–65.
- 19- Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart Rate Variability in Athletes. *Sports Med.* 2003; 33(12): 889-919.
- 20- Borresen J and Lambert MI. Autonomic control of heart rate during and after exercise: Measurements and implications for monitoring training status. *Sports Med.* 2008; 38: 633–46.
- 21- Novais LD, Sakabe DI, Takahashi ACM, Gongora H, Taciro C, Martins LEB, *et al.* Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca em repouso de homens saudáveis sedentários e de hipertensos e coronariopatas em treinamento físico. *Rev Bras Fisioter.* 2004; 8(3): 207-13.
- 22- Stebbins CL, Brown B, Levin D, *et al.* Reflex effect of skeletal muscle mechanoreceptor stimulation on the cardiovascular system. *J Appl Physiol* (1985). 1988; 65(4): 1539–47.
- 23- Wilson LB, Wall PT, Pawelczyk JA, *et al.* Cardiorespiratory and phrenic nerve responses to graded muscle stretch in anesthetized cats. *Respir Physiol.* 1994; 98(3): 251–66.

- 24- Gallo Junior L, Maciel BC, Marin-Neto JA, and Martins LE. Sympathetic and parasympathetic changes in heart rate control during dynamic exercise induced by endurance training in man. *Braz J Med Biol Res.* 1989; 22: 631–43.
- 25- Perini R and Veicsteinas A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur J App Physiol.* 2003; 90: 317–25.
- 26- Novais LD, Sakabe DI, Takahashi ACM, Gongora H, Taciro C, Martins LEB, *et al.* Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca em repouso de homens saudáveis sedentários e de hipertensos e coronariopatas em treinamento físico. *Rev Bras Fisioter.* 2004; 8(3): 207-13.
- 27- Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, Takeda H, Inoue M, and Kamada T. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 1994; 24: 1529–35.
- 28- Paschoal MA, Petrelluzzi KFS, Gonçalves NVO. Estudo da variabilidade da frequência cardíaca em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. *Rev Ciênc Med.* 2002; 11(1): 27-37.
- 29- Cooke WH, Cox JF, Diedrich AM, Taylor JA, Beightol LA, Ames JE 4th, *et al.* Controlled breathing protocols probe human autonomic cardiovascular rhythms. *Am J Physiol.* 1998; 274(2 Pt 2): H709-18.
- 30- Kaufman MP, Longhurst JC, Rybicki KJ, Wallach JH, and Mitchell JH. Effects of static muscular contraction on impulse activity of groups III and IV afferents in cats. *J Appl Physiol.* 1983; 55: 105–12.
- 31- Matsukawa K, Wall PT, Wilson LB, and Mitchell JH. Reflex stimulation of cardiac sympathetic nerve activity during static muscle contraction in cats. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 1994; 267: H821–H827.
- 32- Adams K, O'Shea P, and O'Shea KL. Aging: Its Effects on Strength, Power, Flexibility, and Bone Density. *Strength and Conditioning Journal.* 1999; 21(2): 65-77.
- 33- Santos MDB, Moraes FR, Marães VRFS, Sakabe DI, Takahashi ACM, Oliveira L, *et al.* Estudo da arritmia sinusal respiratória e da variabilidade da frequência cardíaca de homens jovens e de meia-idade. *Rev Soc Cardiol.* 2003; 13(3 supl A): 15.
- 34- Rajendra Acharya U, Paul Joseph K, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart rate variability: a review. *Med Bio Eng Comput.* 2006; 44(12): 1031-51.-24.

## Anexo 1

## CÁLCULO AMOSTRAL



**Anexo 2****LISTA DE NÚMEROS ALEATÓRIOS**

2	2	1	2	1	2	1
1	2	1	2	2	1	1
1	1	1	1	2	1	2
2	1	1	2	2	2	2
1	1	1	2	2	2	2
1	1	1	2	2	1	1
2	1	1	1	1	2	2
2	1	2	2	1	2	1
2	2	1	2	2	1	1
2	1	2	2	2	1	1

Se “1” o participante foi para o grupo “baixo volume”, se “2” o participante foi para o grupo “alto volume”.

**APOIO FINANCEIRO**

Esta Tese de Doutorado recebeu apoio financeiro da Universidade Estácio de Sá por meio de bolsa a pesquisa científica para o autor.

## CONCLUSÃO

Considerando-se os resultados encontrados nos três estudos que compõem a presente Tese, pode-se concluir que a execução de exercícios de alongamento FNP causa aumento significativo sobre a PAS e a PAD. Enquanto o alongamento estático não demonstrou aumentar significativamente a PAS e a PAD. Tendo por base os estudos analisados na revisão sistemática, apesar das poucas evidências, parece que o nível de flexibilidade dos indivíduos e o volume do estímulo podem influenciar diretamente na variabilidade da frequência cardíaca. Entretanto, após a realização do estudo experimental, concluiu-se que o nível de flexibilidade não influenciou a variabilidade da frequência cardíaca e que os exercícios de alongamento estático são capazes de modificar significativamente a variabilidade da frequência cardíaca, tanto com baixo como alto volume de exercícios de alongamento.