

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
LABORATÓRIO DE FISILOGIA DO EXERCÍCIO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTU-SENSU* EM EDUCAÇÃO FÍSICA

**RELAÇÃO ENTRE A FUNÇÃO AUTONÔMICA CARDÍACA NO REPOUSO,  
SUPINO E ORTOSTÁTICO, E O DECREMENTO CRONOTRÓPICO APÓS TESTE  
DE ESFORÇO MÁXIMO EM MULHERES JOVENS**

Richard Xavier da Fonseca

Brasília - DF

2021

**RELAÇÃO ENTRE A FUNÇÃO AUTONÔMICA CARDÍACA NO REPOUSO,  
SUPINO E ORTOSTÁTICO, E O DECREMENTO CRONOTRÓPICO APÓS TESTE  
DE ESFORÇO MÁXIMO EM MULHERES JOVENS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Aluno: Richard Xavier da Fonseca

Orientador: Prof. Dr. GUILHERME ECKHARDT MOLINA

Brasília

2021

## AGRADECIMENTOS

Primeiro a DEUS, porque estou com vida e saúde.

As participantes, meu agradecimento, pois sem elas esta pesquisa não teria acontecido. Pessoas que se colocaram à disposição contribuindo voluntariamente para o desenvolvimento deste projeto. Meu muito obrigado.

Ao professor **Carlos Janssen Gomes**, amigo o qual eu tive a oportunidade de conviver durante o meu mestrado. Professor dedicado, inteligente, prestativo, e sempre se colocou à disposição a ajudar-me quando necessário.

Ao professor **Luiz Guilherme Grossi Porto**, uma pessoa dotada de uma educação extraordinária e exemplo de professor, sempre contribuiu com o seu conhecimento em várias etapas durante o mestrado.

A **minha esposa**, Iara, que apesar das dificuldades sempre esteve ao meu lado contribuindo positivamente. Meu muito obrigado.

Ao **meu filho**, Miguel, que mudou a minha vida totalmente para melhor. Ele é um menino cheio de energia e felicidade, que é uma benção na minha vida.

A minha mãe, **Merita Xavier da Fonseca**, agradeço a educação que foi ensinada a mim. Os valores que eu aprendi durante o meu desenvolvimento foram e são primordiais na minha vida, mesmo diante das adversidades pelas quais passou em educar 6 filhos sozinha, sempre educou todos os filhos com carinho, amor e com o rigor quando necessário. Quantas noites minha mãe dormiu em uma cadeira de hospital, porque eu tive que passar a noite no soro devido a bronquite que eu tinha. Dos seis filhos, eu dei mais trabalho a minha mãe, principalmente em relação a falta de saúde, devido a bronquite que me acompanhou até os doze anos de idade, mas graças a Deus a minha mãe suportou o fardo que não era fácil. Tudo o que eu sou agradeço a minha mãe.

Ao meu amigo de mestrado, **Freddy Enrique Ramos Guimarães**, agradeço pela amizade, convivência e pela ajuda no meu processo de formação.

Ao professor, **Daniel S. Martin**, uma pessoa sempre esteve pronta a ajudar, o qual eu tive a oportunidade de conviver e que sempre foi prestativo e muito educado.

Ao professor, **Edgard Soares**, eu tive a oportunidade de conviver mais na fase final do mestrado, mas é uma pessoa fantástica, inteligente, educada e sempre disposto a ajudar.

A **Lúcia Kobayashi**, agradeço pela ajuda no processo de escrita deste trabalho, pela convivência e amizade durante este processo.

Aos **membros do GEAFS**, agradeço porque eu aprendi muito durante as nossas reuniões e também pelos momentos que passamos juntos em nossas confraternizações.

Ao professor **Guilherme Eckhardt Molina**, é difícil agradecer tudo o que o senhor transmitiu de conhecimento e experiência de vida a mim. Eu tive um orientador e um grande amigo durante todo o mestrado. Durante todo este tempo de convivência com o senhor, eu tive a honra de observar várias virtudes no senhor, as quais servirão para a minha vida atual e futura. Dentre estas virtudes estão a paciência, a lealdade, a honestidade, o zelo, a fidelidade, a tenacidade e o respeito. Neste período de convivência pude observar que todas essas qualidades e valores que o senhor possui, foram fruto do desenvolvimento dos valores transmitidos através da sua mãe e do seu pai, valores estes que atualmente são difíceis de serem encontrados. O senhor desempenha um papel de líder nato, demonstrando diversos atributos de um excelente líder. Meu muito obrigado por tudo mesmo.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	3
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	6
2.1. Regulação do sistema cardiovascular .....	6
2.2. Avaliação clínica da função autonômica cardíaca .....	9
3. OBJETIVOS.....	14
3.1. Objetivo Geral.....	14
3.2. Objetivos Específicos .....	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	15
4.1. Critérios de Inclusão e/ou Exclusão das Participantes e/ou Registros.....	18
4.2. Desenho experimental.....	19
4.3. Instrumentos e Procedimentos de Coleta de Dados.....	20
5. RESULTADOS.....	28
5.1. Frequência cardíaca, decremento cronotrópico e consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais.....	28
5.2. Modulação autonômica cardíaca no repouso e durante a fase recuperação após o teste cardiopulmonar.....	33
5.3. Correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação após o teste cardiopulmonar máximo, o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca e a modulação autonômica cardíaca na condição basal de repouso supino e ortostático.....	39
5.4. Correlação entre a modulação autonômica cardíaca basal, mapa de Poincarè, com a variabilidade da frequência cardíaca durante a fase de recuperação .....	53
5.5. Comparação da frequência cardíaca de recuperação absoluta e relativa e da reativação parassimpática durante a recuperação após o esforço em dois subgrupos formados a partir atividade parassimpática nas posições supina e ortostática no repouso ...	56
6. DISCUSSÃO.....	63
6.1. Frequência cardíaca, decremento cronotrópico e consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais.....	65
6.2. Modulação autonômica cardíaca no repouso e durante a fase de recuperação após o teste cardiopulmonar.....	67
6.3. Avaliação da correlação entre a modulação autonômica cardíaca basal, domínio do tempo e mapa de Poincarè, com a frequência cardíaca de recuperação e o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca .....	69
6.4. Avaliação da correlação entre a modulação autonômica cardíaca em repouso, mapa de Poincarè, com a variabilidade da frequência cardíaca de recuperação .....	75

6.5. Comparação da frequência cardíaca de recuperação absoluta e relativa e da reativação parassimpática durante a recuperação após o esforço em dois subgrupos formados a partir atividade parassimpática nas posições supina e ortostática no repouso...	76
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	81
ANEXOS .....	95
ANEXO I: Termo de consentimento livre e esclarecido .....	95
ANEXO II: Parecer do comitê de ética Centro Universitário UNIEURO .....	97
ANEXO III: Parecer do comitê de ética Faculdade de Ciências da Saúde - UnB .....	100

**LISTA DE ABREVIATURAS**

1. **AF:** Faixa de alta frequência
2. **BF:** Faixa de baixa frequência
3. **bpm:** Batimentos por minuto
4. **CVLM:** Área ventrolateral caudal do bulbo
5. **ECG:** eletrocardiograma
6. **EOA:** Estresse ortostático ativo
7. **FAC:** Função autonômica cardíaca
8. **FC:** Frequência cardíaca
9. **FCR:** Frequência cardíaca de recuperação
10.  **$\Delta\%$ FCR** Variação relativa da FCR
11. **FR:** Frequência respiratória
12. **IMC:** Índice de massa corporal
13. **IPAQ:** Questionário internacional de atividade física
14. **irpm:** Incursões respiratórias por minuto
15. **iRR:** Intervalos R-R
16. **rs:** Coeficiente de Spearman
17. **MBF:** Faixa de muito baixa frequência
18. **ms:** milissegundos
19. **NA:** Núcleo ambíguo
20. **NC:** Nervo craniano
21. **NTS:** Núcleo do trato solitário
22. **n.u.:** Unidade normalizada

<b>23. Ort:</b>	Ortostático
<b>24. PA:</b>	Pressão arterial
<b>25. PAD:</b>	Pressão artéria diastólica
<b>26. PAS:</b>	Pressão arterial sistólica
<b>27. pNN50:</b>	porcentagem dos iRR adjacentes com diferença de duração maior que 50 ms
<b>28. rMSSD:</b>	raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os iRR normais adjacentes, em um período de tempo, expresso em ms
<b>29. RVLM:</b>	Área ventrolateral do bulbo
<b>30. SD1:</b>	Variável de desvio vertical
<b>31. SD2:</b>	Variável de desvio horizontal
<b>32. SDANN:</b>	desvio padrão das médias dos iRR normais, a cada cinco minutos, em um período de tempo, expresso em ms
<b>33. SDNN:</b>	Desvio padrão de todos iRR normais gravados em um período de tempo, expresso em ms
<b>34. SDNNi:</b>	média do desvio padrão dos iRR normais, a cada cinco minutos, expresso em ms
<b>35. SNA:</b>	Sistema nervoso autônomo
<b>36. SNP:</b>	Sistema nervoso parassimpático
<b>37. SNS:</b>	Sistema nervoso simpático
<b>38. Sup:</b>	supina
<b>39. TCLE:</b>	Termo de consentimento livre e esclarecido
<b>40. TE:</b>	Tamanho de efeito
<b>41. UBF:</b>	Faixa de ultrabaixa frequência

- 42. UnB:** Universidade de Brasília
- 43. UNIEURO:** Centro Universitário Euro-Americano
- 44. VFC:** Variabilidade da frequência cardíaca
- 45. VO<sub>2</sub>:** Consumo de oxigênio

**LISTAS DE FIGURAS**

- Figura 1: Desenho experimental.
- Figura 2: Comportamento da frequência cardíaca na condição basal, durante o esforço e na recuperação.
- Figura 3: Comportamento do consumo de oxigênio na condição basal, durante o esforço e na recuperação.
- Figura 4: Correlação entre a redução absoluta da frequência cardíaca no 1º, 3º e 5º minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os índices dos domínios do tempo da variabilidade da frequência cardíaca nas posições supina e ortostática no repouso basal previamente ao esforço.
- Figura 5: Correlação entre a redução relativa da frequência cardíaca no 1º, 3º e 5º minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os índices dos domínios do tempo da variabilidade da frequência cardíaca nas posições supina e ortostática no repouso basal previamente ao esforço.
- Figura 6: Correlação entre a redução absoluta da frequência cardíaca no 1º, 3º e 5º minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os índices de Poincarè da variabilidade da frequência cardíaca nas posições supina e ortostática no repouso basal previamente ao esforço.
- Figura 7: Correlação entre a redução relativa da frequência cardíaca no 1º, 3º e 5º minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os índices de Poincarè da variabilidade da frequência cardíaca nas

posições supina e ortostática no repouso basal previamente ao esforço.

Figura 8: Correlação entre a redução do coeficiente recuperação da frequência cardíaca (CRFC) no 1º, 3º e 5º minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os índices dos domínios do tempo da variabilidade da frequência cardíaca nas posições supina e ortostática no repouso basal previamente ao esforço.

Figura 9: Correlação entre a redução do coeficiente recuperação da frequência cardíaca (CRFC) no 1º, 3º e 5º minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os índices de Poincarè da variabilidade da frequência cardíaca nas posições supina e ortostática no repouso basal previamente ao esforço.

Figura 10: Mediana (quartis) do 1º tercil e 3º tercil da atividade parassimpática na posição supina.

Figura 11: Mediana (quartis) do 1º tercil e 3º tercil da atividade parassimpática na posição ortostática.

**LISTAS DE TABELAS**

- Tabela 1: Estatística descritiva amostral da idade, variáveis antropométricas e fisiológicas nas posições supina e ortostática.
- Tabela 2: Estatística descritiva amostral da frequência cardíaca em repouso, esforço e recuperação.
- Tabela 3: Estatística descritiva amostral do consumo de oxigênio em repouso, esforço e recuperação.
- Tabela 4: Estatística descritiva amostral dos índices temporais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição supina e na posição ortostática, no período previamente ao esforço.
- Tabela 5: Estatística descritiva amostral dos índices de Poincarè da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição supina e na posição ortostática, no período previamente ao esforço.
- Tabela 6: Estatística descritiva amostral do índice SD1, do mapa de Poincarè, durante a fase de recuperação após o esforço.
- Tabela 7: Estatística descritiva amostral do índice SD2, do mapa de Poincarè, durante a fase de recuperação após o esforço.
- Tabela 8: Estatística descritiva amostral do índice SD1/SD2, do mapa de Poincarè, durante a fase de recuperação após o esforço.
- Tabela 9: Correlação entre a função autonômica cardíaca no repouso, na posição supina previamente ao esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtida durante o período de recuperação após o esforço.
- Tabela 10: Correlação entre a função autonômica cardíaca no repouso, na posição

ortostática previamente ao esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtida durante o período de recuperação após o esforço.

Tabela 11: Correlação entre a variação da função autonômica cardíaca no repouso, na posição supina para ortostática previamente ao esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtida durante o período de recuperação após o esforço.

Tabela 12: Correlação entre os índices do mapa de Poincarè, na posição supina previamente ao esforço, com o decremento absoluto e relativo da frequência cardíaca obtida durante o período de recuperação após o esforço.

Tabela 13: Correlação entre os índices do mapa de Poincarè, na posição ortostática previamente ao esforço, com o decremento absoluto e relativo da frequência cardíaca obtida durante o período de recuperação após o esforço.

Tabela 14: Correlação entre variação dos índices do mapa de Poincarè, na posição supina para ortostática previamente ao esforço, com o decremento absoluto e relativo da frequência cardíaca obtida durante o período de recuperação após o esforço.

Tabela 15: Correlação entre a função autonômica cardíaca no repouso, na posição supina previamente ao esforço com o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca.

Tabela 16: Correlação entre a função autonômica cardíaca no repouso, na posição ortostática previamente ao esforço com o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca.

Tabela 17: Correlação entre a função autonômica cardíaca no repouso, na posição supina

para ortostática previamente ao esforço com o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca.

Tabela 18: Correlação entre os índices do mapa de Poincarè, na posição supina previamente ao esforço com o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca.

Tabela 19: Correlação entre os índices do mapa de Poincarè, na posição ortostática previamente ao esforço com o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca.

Tabela 20: Correlação entre os índices do mapa de Poincarè, na posição supina para ortostática previamente ao esforço com o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca.

Tabela 21: Correlação entre o marcador parassimpático SD1 na condição basal previamente ao esforço com o SD1 durante a fase de recuperação após o esforço.

Tabela 22: Correlação entre o grau de modulação global SD2 na condição basal previamente ao esforço com o SD2 durante a fase de recuperação após o esforço.

Tabela 23: Correlação entre o balanço simpatovagal (SD1/SD2) na condição basal previamente ao esforço com o SD1/SD2 durante a fase de recuperação após o esforço.

Tabela 24: Comparação da frequência cardíaca de recuperação absoluta após o esforço. O 1º e 3º Tercil do SD1 na posição supina no repouso foi usado como ponto de corte para a formação de subgrupos com maior e menor atividade parassimpática.

- Tabela 25: Comparação da frequência cardíaca de recuperação absoluta após o esforço. O 1º e 3º Tercil do SD1 na posição ortostática no repouso foi usado como ponto de corte para a formação de subgrupos com maior e menor atividade parassimpática.
- Tabela 26: Comparação da frequência cardíaca de recuperação relativa após o esforço. O 1º e 3º Tercil do SD1 na posição supina no repouso foi usado como ponto de corte para a formação de subgrupos com maior e menor atividade parassimpática.
- Tabela 27: Comparação da frequência cardíaca de recuperação relativa após o esforço. O 1º e 3º Tercil do SD1 na posição ortostática no repouso foi usado como ponto de corte para a formação de subgrupos com maior e menor atividade parassimpática.
- Tabela 28: Comparação da reativação parassimpática durante os 5 minutos da fase de recuperação após o esforço. O 1º e 3º Tercil do SD1 na posição supina no repouso foi usado como ponto de corte para a formação de subgrupos com maior e menor atividade parassimpática.
- Tabela 29: Comparação da reativação parassimpática durante os 5 minutos da fase de recuperação após o esforço. O 1º e 3º Tercil do SD1 na posição ortostática no repouso foi usado como ponto de corte para a formação de subgrupos com maior e menor atividade parassimpática.

## RESUMO

**Introdução:** Os mecanismos fisiológicos envolvidos na modulação autonômica cardíaca em repouso e o decremento da frequência cardíaca após o esforço (FCR) são assuntos controversos e inconclusivos, levando em consideração as adaptações cardiovasculares e a análise de risco prognóstico em diversas populações em diferentes condições clínicas e funcionais. **Objetivo:** Verificar a hipótese de associação entre a função autonômica cardíaca baseada na análise da variabilidade da frequência cardíaca no repouso, supino e ortostático, com a frequência cardíaca de recuperação e a reativação vagal durante os cinco minutos imediatamente após o teste cardiopulmonar máximo em mulheres. **Métodos:** Foram avaliadas 34 mulheres (n=34), adultas e clinicamente normais. A FCR no 1º, 3º e 5º minutos e a variabilidade da frequência cardíaca durante a fase de recuperação após o teste cardiopulmonar máximo foram correlacionadas com as variáveis obtidas por meio das análises temporais e o mapa de Poincarè na condição basal, posição supina e ortostática. Para a realização das análises utilizou-se a correlação de *Sperman* no qual foi considerado o nível de significância de 5%. **Resultados:** Na posição supina, os índices temporais se correlacionaram positivamente com FCR absoluta, relativa e o CRFC no 3º e 5º minutos ( $r_s$ : 0,32, 0,48 –  $p=0,03$  – 0,00). Os índices do mapa de Poincarè (SD1 e SD2) se correlacionaram positivamente com a FCR absoluta, relativa e o CRFC no 3º e 5º minutos ( $r_s$ : 0,32, 0,47 –  $p=0,03$  – 0,00). Na posição ortostática, o rMSSD se correlacionou positivamente com FCR absoluta, relativa e o CRFC no 1º, 3º e 5º minutos ( $r_s$ : 0,31, 0,47 –  $p=0,03$  – 0,00); o pNN50 se correlacionou positivamente com a FCR absoluta, relativa e o CRFC no 3º e 5º minutos ( $r_s$ : 0,35, 0,44 –  $p=0,03$  – 0,00) e também no 1º minuto com FCR absoluta; a média dos iRR e o SDNN se correlacionaram positivamente com FCR relativa e o CRFC no 3º e 5º minutos ( $r_s$ : 0,36, 0,39 –  $p=0,01$ ), e ainda o SDNN se correlacionou positivamente com FCR absoluta no 3º e 5º minutos ( $r_s$ : 0,37, 0,38 –  $p=0,01$ ). O SD1 se correlacionou positivamente com FCR absoluta, relativa e o CRFC no 1º, 3º e 5º minutos ( $r_s$ : 0,31, 0,47 –  $p=0,03$  – 0,00); o SD2 se correlacionou positivamente com a FCR absoluta, relativa e o CRFC no 3º e 5º minutos ( $r_s$ : 0,32, 0,38 –  $p=0,03$  – 0,01); a razão SD1/SD2 se correlacionou positivamente com a FCR absoluta no 1º minuto ( $r_s$ : 0,50 –  $p=0,00$ ) e no mesmo sentido com a FCR relativa e o CRFC no 1º, 3º e 5º minutos ( $r_s$ : 0,28, 0,52 –  $p=0,05$  – 0,00). Na posição supina, após análise comparativa entre o grupo com menor atividade parassimpática (1º Tercil) e o grupo com

maior atividade parassimpática (3º Tercil) verificou-se que o grupo com maior atividade parassimpática na posição supina apresentou melhor frequência cardíaca de recuperação absoluta e relativa no 3º e 5º minutos após o esforço ( $p=0,03 - 0,05$ ;  $TE=0,41 - 0,48$ ). Na posição ortostática, após análise comparativa entre o grupo com menor atividade vagal (1º Tercil) e o grupo com maior atividade vagal (3º Tercil) verificou-se que o grupo com maior atividade parassimpática na posição ortostática apresentou melhor frequência cardíaca absoluta no 1º minuto após o esforço ( $p=0,03$ ;  $TE=0,44$ ), porém com em relação a FCR relativa foi observado a melhor resposta da FC com o grupo de maior atividade parassimpática no 1º e 3º minutos ( $p=0,02$ ;  $TE=0,48 - 0,50$ ). Após análise comparativa entre o grupo com menor atividade vagal (1º Tercil) e o grupo com maior atividade vagal (3º Tercil) (SD1 Ort) verificou-se que o grupo com maior atividade parassimpática na posição ortostática apresentou melhor responsividade da atividade vagal do 2º ao 5º minutos após o esforço ( $p=0,02 - 0,00$ ;  $TE=0,48 - 0,56$ ). **Conclusão:** Nosso trabalho demonstrou que existe a associação positiva entre a FAC em repouso, posição supina e ortostática, com FCR absoluta, relativa, CRFC e a reativação vagal após o esforço em mulheres jovens, aparentemente saudáveis.

**Palavras-chave:** Função autonômica cardíaca, frequência cardíaca de recuperação e sistema nervoso autônomo.

## ABSTRACT

**Introduction:** The physiological mechanisms involved in cardiac autonomic modulation at rest and the decrease in heart rate after exertion (HRR) are controversial and inconclusive, considering cardiovascular adaptations and the analysis of prognostic risk in different populations in different populations different clinical conditions and functional. **Objective:** To verify the hypothesis of an association between cardiac autonomic function based on the analysis of heart rate variability at rest, supine, and standing, with HRR and vagal reactivation during the five minutes immediately after maximal cardiopulmonary test in women. **Methods:** 34 women (n=34), apparently healthy adults, were evaluated. The HRR in the 1st, 3rd and 5th minutes and heart rate variability during the recovery phase after the maximal cardiopulmonary test were correlated with the variables obtained through temporal analyzes and Poincarè's map in the basal condition, supine and orthostatic position. The statistical analysis applied was the Spearman correlation set at 5%. **Results:** In the supine position, the temporal indices correlated positively with absolute, relative HRR and the CHRR in the 3rd and 5th minutes (rs: 0.32, 0.48 - p = 0.03 - 0.00). The Poincarè map indices (SD1 and SD2) were positively correlated with the absolute and relative HRR and the CHRR in the 3rd and 5th minutes (rs: 0.32, 0.47 - p=0.03 - 0.00). In the standing position, the results showed a positive correlation between rMSSD and absolute and relative HRR and the CHRR in the 1st, 3rd, and 5th minutes (rs: 0.31, 0.47 - p=0.03 - 0.00); pNN50 was positively correlated with absolute and relative HRR and CHRR in the 3rd and 5th minutes (rs: 0.35, 0.44 - p=0.03 - 0.00) and also in the 1st minute with absolute HRR; mean iRR and SDNN were positively correlated with relative HRR and CRFC in the 3rd and 5th minutes (rs: 0.36, 0.39 - p=0.01), and SDNN was positively correlated with absolute HRR in the 3rd and 5th minutes (rs: 0.37, 0.38 - p = 0.01). SD1 correlated positively with absolute and relative HRR and CHRR in the 1st, 3rd and 5th minutes (rs: 0.31, 0.47 - p=0.03 - 0.00); SD2 correlated positively with absolute, relative HRR, and CHRR in the 3rd and 5th minutes (rs: 0.32, 0.38 - p = 0.03 - 0.01); the SD1/SD2 ratio was positively correlated with the absolute HRR in the 1st minute (rs: 0.50 - p=0.00) and the same direction with the relative HRR and the CHRR in the 1st, 3rd and 5th minutes (rs: 0.28, 0.52 - p=0.05 - 0.00). In the supine position, after a comparative analysis between the group with less parasympathetic activity (1st tertile) and the group with greater parasympathetic activity (3rd tertile), it was found that the group with greater parasympathetic activity in the supine position had a better heart rate of absolute recovery and

relative in the 3rd and 5th minutes after exercise ( $p=0.03 - 0.05$ ;  $TE=0.41 - 0.48$ ). In the standing position, after a comparative analysis between subgroups, with less vagal activity (1st tertile) and greater vagal activity (3rd tertile), we observed that a subgroup with greater parasympathetic activity at resting (orthostatic position) showed a better absolute HRR at 1st minute after the effort ( $p = 0.03$ ;  $TE = 0.44$ ) and for relative HRR at 1st and 3rd minutes ( $p = 0.02$ ;  $TE=0.48 - 0.50$ ). After a comparative analysis between the group with lower vagal activity (1st tertile) and the group with higher vagal activity (3rd tertile) (SD1 Ort), it was found that the group with higher parasympathetic activity in the standing position had better vagal activity responsiveness than the 2nd at the 5th minute after exercise ( $p=0.02 - 0.00$ ;  $TE=0.48 - 0.56$ ). **Conclusion:** Our work demonstrated a positive association between FAC at rest, supine and standing position with the absolute and relative HRR, CRFC, and vagal reactivation after exertion in young, apparently healthy women.

**Keywords:** Cardiac autonomic function, recovery heart rate, and autonomic nervous system.

## 1. INTRODUÇÃO

A dinâmica do comportamento de mortalidade no Brasil mudou nas últimas três décadas, observando-se redução de morte por doenças cardiovasculares. Entretanto, a mortalidade associada as doenças cardiovasculares continua sendo a principal causa de morte na população brasileira (LOTUFO, 2019) e em todo o mundo (ROEVER e cols., 2018). Embora melhorias na qualidade e resultados de saúde, incluindo a longevidade, estejam ocorrendo no Brasil, as diferenças permanecem entre as regiões e os grupos sociais, com a população mais pobre experimentando o maior impacto das doenças cardiovasculares, especialmente em uma idade mais jovem (RIBEIRO e cols., 2016). Do ponto de vista clínico, a evolução das doenças cardiovasculares pode promover mudanças anátomo-funcionais importantes que contribuem para a diminuição da reserva funcional cardíaca (Junqueira Jr, 2007). Neste contexto, diferentes estudos clínicos e experimentais demonstraram que a avaliação do sistema nervoso autônomo (SNA) sobre o coração está fortemente associada com diversos prognósticos de doenças, particularmente quando verificada a redução do controle autonômico cardíaco.

O controle autonômico cardíaco é um processo fisiológico fundamental e dinâmico do corpo humano que visa primordialmente a manutenção da homeostase e por consequência a manutenção da saúde (GOLDBERGER e cols., 2019). Em um contexto homeostático, o processo de regulação do coração empreende momento-a-momento, pronta e imediata resposta do SNA ajustando o ritmo cardíaco frente a diferentes condições clínico-funcionais a que o indivíduo está submetido, visando assim, adequados ajustes alostáticos os quais são necessários para a manutenção da homeostase e consequentemente manutenção da vida.

No campo da fisiologia cardiovascular, o estudo do controle autonômico cardíaco chamado também de estudo da função autonômica cardíaca (FAC), é responsável por entender o manejo instantâneo das propriedades eletrofisiológicas do coração (GOLDBERGER e cols., 2019). O controle cardiovascular é regulado pelo SNA, o qual sabidamente é dividido em dois sistemas. O sistema nervoso simpático (SNS) que tem característica excitatória e/ou pró-arritmogênica e o sistema nervoso parassimpático (SNP) de característica inibitória e/ou anti-arritmogênica, que inervam o coração resultando no balanço autonômico cardíaco. (GOLDBERGER e cols., 2019).

Do ponto de vista clínico, a literatura vem demonstrando (LAHIRI e cols., 2008; THAYER; YAMAMOTO, BROSSCHOT, 2010) a forte associação entre a disfunção e/ou a redução da atividade autonômica cardíaca na condição de repouso com o aumento da

atividade simpática e a redução da atividade parassimpática, como base para o desenvolvimento e progressão da maioria das doenças cardiovasculares, por exemplo, hipertensão, insuficiência cardíaca, arritmias, infarto do miocárdio (FUKUDA e cols., 2015), diabetes mellitus (BALCIOĞLU; MÜDERRISOĞLU, 2015). Assim a diminuição da FAC é indicada como fator fundamental no prognóstico não favorável e desfechos negativos para a saúde (JARCZOK e cols., 2014; MELILLO e cols., 2012; BALCIOĞLU e cols., 2007).

Atualmente são propostos uma variedade de marcadores autonômicos cardíacos para se avaliar a “atividade” e o balanço autonômico no coração. Podemos destacar a frequência cardíaca “*per si*” (FC), a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), a recuperação da frequência cardíaca imediatamente após o exercício (FCR), a sensibilidade barorreflexa, a turbulência da frequência cardíaca, os níveis de catecolamina plasmática circulantes, a atividade nervosa simpática muscular (LAHIRI e cols., 2008) além da resposta da FC frente ao estresse ortostático ativo (EOA) (EWING e cols., 1978) como métodos válidos, reprodutivos e fidedignos para a avaliação do SNA.

Dentre os métodos citados acima, a Sociedade Europeia de Cardiologia e a Sociedade Americana de Marca-passo e Eletrofisiologia reconhecem a VFC como método adequado para avaliação relativa da força da atividade parassimpática e do balanço simpátovagal no nodo sinusal sendo considerado um método quantitativo da atividade autonômica cardíaca mais promissora dos últimos tempos (TASK FORCE, 1996).

No contexto da fisiologia clínica do exercício, os ajustes autonômicos no coração em diferentes condições funcionais como no repouso-esforço-recuperação podem ser considerados poderosas ferramentas na avaliação da adaptabilidade do SNA frente a diferentes demandas funcionais (LAHIRI e cols., 2008).

Neste contexto, a FCR após o exercício emerge como um novo e importante índice prognóstico no cenário das doenças do aparelho cardiovascular (LAHIRI e cols., 2008).

Durante o exercício incremental máximo o aumento da FC está na dependência da simultânea combinação entre a retirada da atividade parassimpática com o simultâneo e progressivo aumento da ativação simpática no coração (ARAI e cols., 1989). Por outro lado, imediatamente após o esforço, durante a fase de recuperação a queda da FC imediatamente após o exercício está principalmente na dependência da rápida reativação do SNP com a simultânea e lenta retirada da atividade simpática (IMAI e cols., 1994).

Diferentes estudos demonstraram que o lento decremento da FCR e/ou retardo na reativação parassimpática imediatamente após o esforço estão fortemente associados com a mortalidade por todas as causas na população em geral (COLE e cols., 1999; COLE e cols.,

2000; IMAI e cols., 1994; JAE e cols., 2010). Neste cenário os estudos indicaram que o atraso no decremento da FC após o exercício durante a fase de recuperação está associado com a lenta reativação da atividade parassimpática e/ou a baixa atividade parassimpática (COLE e cols., 1999; NISHIME e cols., 2000; MYERS e cols., 2007).

Considerando que a redução da atividade parassimpática observada em pacientes portadores de doenças cardiovasculares é um poderoso preditor de mortalidade geral, torna-se fundamental avaliar o comportamento deste fenômeno em indivíduos sadios (COLE e cols., 2000).

Diversos estudos têm estudado a associação entre a FCR e a VFC somente em homens (JAVORKA e cols., 2002; ESCO e cols., 2010; CHEN e cols., 2011; MOLINA e cols., 2013; MOLINA e cols., 2016; MOLINA e cols., 2021), homens e mulheres no mesmo estudo (BOSQUET; GAMELIN; BERTHOIN, 2007; ANTELMÍ e cols., 2007), e apenas 2 estudos somente em mulheres (YAZAR; YAZICI, 2016; BECHKE e cols., 2020).

Acredita-se que o decremento da FCR e a reativação vagal durante a fase de recuperação dependa do status autonômico cardíaco avaliado no repouso. Sobre esse ponto de vista, existem estudos inconclusivos e conflitantes, sugerindo que os mecanismos de regulação cardiovascular são dissociados e independentes da regulação parassimpática no repouso (BOSQUET e cols., 2007; JAVORKA e cols., 2002; ESCO e cols., 2010).

É neste contexto que se insere o presente estudo. Sobretudo, o que se busca aqui é verificar a associação entre a FCR e a reativação parassimpática com a VFC no repouso, com vistas à compreensão da possível interação repouso-recuperação na regulação cardiovascular em mulheres jovens, aparentemente saudáveis.

Destaca-se ainda a necessidade de estudos exclusivamente com mulheres, visto que os estudos publicados com participantes do sexo feminino são sub representados dentro do campo da pesquisa científica (COSTELLO; BIEUZEN; BLEAKLEY, 2014). E também a importância de analisar a VFC em diferentes posições em mulheres aparentemente saudáveis.

Na sequência, apresenta-se uma fundamentação teórica dos principais conceitos e métodos aqui empregados para a análise da função autonômica cardíaca, com base na análise da FCR, reativação parassimpática e VFC no repouso. Entende-se que esta parte introdutória é fundamental para justificar os objetivos aqui propostos, bem como posterior interpretação dos dados obtidos.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção será apresentada uma fundamentação teórica dos principais conceitos e métodos aqui utilizados para a análise da FAC, com base na VFC, e na FCR.

### 2.1. Regulação do sistema cardiovascular

O sistema cardiovascular é composto por três estruturas principais: o coração, os vasos sanguíneos e o sangue. Estes componentes desempenham a importante função de fornecer um fluxo sanguíneo adequado aos diferentes sistemas e tecidos do corpo humano com a finalidade de suprir as necessidades metabólicas individuais, proporcionando assim a integridade funcional de todo o organismo humano (JUNQUEIRA JR, 2007; THOMAS, 2011). Entretanto, diferentes fatores intrínsecos e extrínsecos influenciam no aumento ou na redução da necessidade metabólica destes distintos tecidos, sendo primordial a existência do sistema de “controle” na distribuição do fluxo sanguíneo, tais como a influência da fase do exercício (início, estado estável ou na recuperação), duração, intensidade e a modalidade (THOMAS, 2011; FISHER; YOUNG, FADEL, 2015; FADEL; 2013).

Este controle cardiovascular é regulado pelo SNA, que é dividido em SNS e SNP (FISHER; YOUNG, FADEL, 2015; FADEL; 2013). O SNA é constituído por neurônios pré e pós-ganglionares que são responsáveis pelas respostas do SNP e SNS com a função de manter os ajustes cardiovasculares em condições diversas (THOMAS, 2011; FISHER; YOUNG, FADEL, 2015). No SNS, os neurônios pré-ganglionares têm sua origem nos núcleos da medula espinhal toracolombar (T1-L3), saindo da medula pelas raízes motoras ventrais e pelos ramos brancos, se projetando para os gânglios paravertebrais da cadeia simpática ou para vários gânglios pré-vertebrais (COSTANZO, 2014). Portanto, os neurônios pré-ganglionares fazem sinapses com os neurônios pós-ganglionares na cadeia simpática (GUYTON, HALL, 2011). Os neurônios pré-ganglionares liberam acetilcolina em seus terminais, enquanto os neurônios pós-ganglionares liberam noradrenalina. Este último neurônio se conecta a seus receptores adrenérgicos ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$ ) e ao órgão efector, exercendo assim a sua função (GUYTON, HALL, 2011; COSTANZO, 2014).

O coração tem a maior parte de receptores adrenérgicos, principalmente do tipo  $\beta_1$ , que influencia no aumento da atividade simpática, provocando aumento da FC (cronotropismo), na contratilidade miocárdica (inotropismo), na condutibilidade (dromotropismo) e no relaxamento miocárdico (lusitropismo) (JUNQUEIRA, 2007;

GUYTON, HALL, 2011). Nos vasos sanguíneos, principalmente na resistência vascular periférica, a resposta está na dependência do tipo de receptor. Como existe uma predominância dos receptores  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  nos vasos sanguíneos, com isto ocorre vasoconstrição periférica (THOMAS, 2011; FISHER; YOUNG, FADEL, 2015).

Os neurônios pré-ganglionares são curtos e os pós-ganglionares são longos, pois tem a função de se ligar aos órgãos efetores periféricos (GUYTON, HALL, 2011; COSTANZO, 2014). Os neurônios parassimpáticos têm sua origem no tronco encefálico (mesencéfalo, ponte e bulbo) ou na região sacral. Os neurônios pré-ganglionares ramificam-se para os gânglios localizados nos órgãos efetores ou próximos destes (GUYTON, HALL, 2011; COSTANZO, 2014). Os neurônios pré-ganglionares do SNP têm suas origens nos núcleos dos nervos cranianos (NC) III, VII, IX e X ou nos segmentos S2-S4 do sacro da medula espinal, portanto a divisão parassimpática é descrita como craniossacra. A inervação parassimpática do coração, dos brônquios e do trato gastrointestinal tem sua origem nos núcleos bulbares e se ramifica para a periferia pelo NC X, nervo vago (GUYTON, HALL, 2011; COSTANZO, 2014).

Contrariamente aos gânglios simpáticos que estão localizados próximo do SNS, os gânglios do SNP localizam-se nos órgãos efetores, ou próximos deles ou sobre eles (GUYTON, HALL, 2011; COSTANZO, 2014). Os neurônios pré e pós-ganglionares do SNP têm tamanhos contrários aos dos SNS. Os neurônios parassimpáticos estão próximos aos órgãos efetores ou na parte interior, portanto os neurônios pré-ganglionares têm axônios maiores, enquanto os neurônios pós-ganglionares têm axônios menores (GUYTON, HALL, 2011; COSTANZO, 2014).

No SNP, assim como o SNS todos os neurônios pré-ganglionares são colinérgicos e liberam acetilcolina que se ligam aos receptores nicotínicos nos corpos dos neurônios pós-ganglionares. A maior parte dos neurônios pós-ganglionares do SNP também são colinérgicos (FADEL, 2015; GUYTON, HALL, 2011; COSTANZO, 2014). Os receptores de acetilcolina nos órgãos efetores são muscarínicos. Portanto, a acetilcolina liberada pelos neurônios pré-ganglionares, por meio do SNP, ativa receptores nicotínicos, enquanto a acetilcolina liberada pelos neurônios pós-ganglionares ativa receptores muscarínicos.

De maneira contrária a ação adrenérgica, a acetilcolina produz efeito inibitório sobre o coração, tendo pouco ou nenhum efeito sobre os vasos sanguíneos. Devido a ligação dos receptores muscarínicos do tipo  $M_2$ , nos nodos sinusal e atrioventricular, a acetilcolina ocasiona a abertura de canais de potássio, que provoca uma hiperpolarização da membrana

nestes tecidos, gerando o potencial de ação. Como resultado é observado uma resposta cronotrópica e dromotrópica menores (THOMAS, 2011; FISHER; YOUNG, FADEL, 2015).

De forma simplificada, podemos compreender que os SNS e SNP se complementam na regulação do sistema de órgão, agindo de forma antagônica sobre o coração e os vasos sanguíneos, aumentando ou reduzindo a resistência vascular periférica e o débito cardíaco de acordo com a necessidade do momento (THOMAS, 2011; FISHER; YOUNG, FADEL, 2015). Portanto, para que os ajustes cardiovasculares aconteçam, é fundamental que as informações dos níveis pressóricos, condição metabólica, fluxo sanguíneo e atividade muscular sejam enviadas ao centro de controle cardiovascular, localizado no bulbo (FISHER; YOUNG, FADEL, 2015).

Este controle é realizado por meio do reflexo pressor do exercício, barorreflexo arterial, entre outros (FISHER; YOUNG, FADEL, 2015):

**Reflexo pressor do exercício:** é um dos mecanismos que está envolvido na regulação cardiovascular. Este mecanismo funciona por meio de feedback que percebe as alterações nos músculos se contraindo, respondendo a contração e ao acúmulo de resíduos metabólicos produzidos, sendo observada uma resposta hemodinâmica normal durante o exercício em pessoas saudáveis (FISHER; YOUNG, FADEL, 2015).

Durante o exercício ocorre estimulação mecânica nos músculos que gera a contração muscular, que estimula as terminações nervosas aferentes e produz um reflexo cardiovascular, que recebe o nome de mecanorreflexo. Os estresses mecânicos estimulam receptores aferentes mielinizados do tipo III, que respondem principalmente aos estímulos mecânicos, por isso está associado ao exercício, e são ativadas no início do exercício provocando vasoconstrição, como a sua estimulação é iniciada imediatamente após o início do exercício, gera um aumento rápido na FC, esta comunicação ocorre entre os mecanorreflexos e o SNC, que em resposta aumenta a atividade do SNS na região bulbar, e diminui a atividade do SNP (FISHER; YOUNG, FADEL, 2015).

Outro reflexo relacionado ao reflexo pressor do exercício é o metaborreflexo. O metaborreflexo é estimulado principalmente pela produção dos metabólitos que são produzidos pelos músculos esqueléticos. As fibras aferentes não mielinizadas do tipo IV são sensíveis aos metabólitos, principalmente a acidose. Quando estas fibras são ativadas, elas informam ao bulbo sobre este acúmulo de metabólitos, que aumenta a atividade simpática e diminui a atividade parassimpática, produzindo um aumento da ventilação pulmonar e causa vasoconstrição nos músculos que não estão se exercitando. É importante destacar que as

fibras do tipo III também podem ser ativadas por metabólitos, assim como as fibras do tipo IV podem ser ativadas por estímulos mecânicos (FISHER; YOUNG, FADEL, 2015).

**Barorreflexo arterial:** o barorreflexo tem uma função moduladora. Os barorreceptores arteriais são terminações nervosas livres, que se distribuem na camada adventícia. Tem como principal mecanismo de ativação a deformação mecânica das terminações neurais provocadas pela distensão da parede vascular. Os barorreceptores são responsáveis pela manutenção da pressão arterial (PA). Nos seres humanos, as terminações nervosas da maior parte das fibras dos barorreceptores estão localizados nos vasos arteriais, ou seja, no arco aórtico e no seio carotídeo (FISHER; YOUNG, FADEL, 2015).

Do ponto de vista funcional, os dois componentes dos barorreceptores, arco aórtico e seio carotídeo, são diferentes. Parece que o barorreflexo aórtico tem maior limiar e menor sensibilidade em relação ao barorreflexo carotídeo. Os principais componentes neurais envolvidos na regulação da PA são as terminações nervosas no arco aórtico e no seio carotídeo que se ramificam através dos nervos vago e glossofaríngeo, respectivamente, interagindo estas informações com o núcleo do trato solitário (NTS), considerado como o primeiro centro de controle dos estímulos produzidos pelo sistema periférico (FISHER; YOUNG, FADEL, 2015).

A partir do NTS, os neurônios são direcionados para dois tipos de neurônios no bulbo ventrolateral. Os neurônios inibitórios na área ventrolateral caudal do bulbo (CVLM), que, por sua vez, ramificam-se para os neurônios pré-motores do SNS na área ventrolateral do bulbo (RVLM), neurônios simpatoexcitatórios. Posteriormente, os neurônios RVLM ramificam-se para os neurônios pré-ganglionares do SNS na coluna intermediolateral da medula espinal (FISHER; YOUNG, FADEL, 2015).

Outras categorias de neurônios estão localizadas no núcleo ambíguo (NA) e no núcleo dorsal motor do nervo vago, que contém os corpos celulares dos neurônios pré-ganglionares do SNP (FISHER; YOUNG, FADEL, 2015).

## 2.2. Avaliação clínica da função autonômica cardíaca

O SNA realiza um papel fundamental no controle das reações fisiológicas no organismo humano tanto em condições normais quanto patológicas. Desta forma, algumas técnicas foram desenvolvidas para avaliar a FAC, destacando-se a análise da frequência cardíaca *per se*, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), a frequência cardíaca de

recuperação (FCR), a sensibilidade barorreflexa, a turbulência da frequência cardíaca, os níveis de catecolaminas plasmáticas, a atividade nervosa simpática (LAHIRI e cols., 2008) e o estresse ortostático ativo (EOA) (EWING e cols., 1978).

Com o objetivo de fundamentar a utilização da VFC e da FCR como métodos de avaliação da FAC, apresenta-se, abaixo, uma descrição metodológica destas análises, suas interpretações fisiológicas e implicações clínicas.

### *Variabilidade da frequência cardíaca*

O controle autonômico sobre o sistema cardiovascular, principalmente sobre o coração, gera oscilações temporais entre os ciclos cardíacos consecutivos (intervalos R-R). Este fenômeno é conhecido como VFC, e reflete a capacidade de ajuste do sistema cardiovascular, que tem sido amplamente usado como uma técnica muito importante nos estudos da FAC em várias condições clínicas e funcionais (CARDOSO e cols., 2014; FYFE-JOHNSON e cols., 2016; KUBOTA e cols., 2016).

Algumas técnicas foram desenvolvidas para “quantificar” a VFC a partir do registro dos intervalos R-R (iRR) durante um período de tempo, cuja finalidade é fornecer informações relacionadas a regulação autonômica cardíaca na saúde e também na doença (TASK FORCE, 1996). Estas informações estão relacionadas aos métodos lineares de análise e são divididos em dois domínios: análise no domínio do tempo e no domínio da frequência (VANDERLEI e cols., 2009).

A análise da VFC no **domínio do tempo** expressa os resultados em unidade de tempo em milissegundos (ms), medindo cada iRR normal durante um determinado intervalo de tempo, em seguida, com base em índices estatísticos ou método geométrico (conhecido como Mapa de Poincarè), calculam-se os índices tradutores das oscilações dos iRR (VANDERLEI e cols., 2009).

No domínio do tempo, os índices estatísticos são obtidos através do registro dos iRR, que são apresentados a seguir:

- a) SDNN: desvio padrão de todos os iRR normais gravados em um período de tempo, expresso em ms,
- b) SDANN: desvio padrão das médias dos iRR normais, a cada cinco minutos, em um período de tempo, expresso em ms,

- c) SDNNi: média do desvio padrão dos iRR normais, a cada cinco minutos, expresso em ms,
- d) rMSSD: raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os iRR normais adjacentes, em um período de tempo, expresso em ms, e
- e) pNN50: porcentagem dos iRR adjacentes com diferença de duração maior que 50 ms.

Os marcadores das atividades simpática e parassimpática combinados são os índices SDNN, SDANN e SDNNi. Já os índices estatísticos rMSSD e pNN50 representam a atividade parassimpática exclusivamente (VANDERLEI e cols., 2009).

O método geométrico para análise da VFC no domínio do tempo, também conhecido como Mapa de Poincarè, que permite a coleta de dados tanto em situação estacionária quanto não estacionária. Esta forma de análise quantitativa fornece três índices: SD1, SD2 e a razão SD1/SD2 (TULPPO e cols., 1996).

- a) SD1 (variável desvio vertical): representa a modulação vagal;
- b) SD2 (variável desvio horizontal): representa o grau de modulação global, e
- c) Razão entre SD1/SD2: representa o balanço da FAC durante o período de análise da VFC.

A análise da FAC durante o exercício será realizada mediante análise quantitativa e qualitativa por meio do mapa de Poincarè no domínio do tempo. O mapa de Poincarè consiste em um diagrama onde cada iRR é plotado em função do intervalo anterior e analisado estatisticamente através de uma elipse formada durante a plotagem entre eixos, pelos índices SD<sub>1</sub> e SD<sub>2</sub>, respectivamente.

A análise da VFC no **domínio da frequência** decompõe-se em faixas oscilatórias importantes, sendo as principais:

- Faixa de Alta Frequência (AF): com variação de 0,15 a 0,4 Hz, que está associada a modulação respiratória e é um indicador da ação de controle do SNP;
- Faixa de Baixa Frequência (BF): com variação entre 0,04 a 0,15 Hz, que está associado a ação conjunta dos componentes parassimpático e simpático atuando sobre o coração, com predominância do simpático;
- Faixa de Muito Baixa Frequência (MBF): com variação de 0,003 a 0,04 Hz, e

- Faixa de Ultrabaixa Frequência (UBF): estes índices são menos utilizados, em virtude de pouca elucidação fisiológica (KLEIGER; STEIN; BIGGER, 2005; BILLMAN, 2013; TASK FORCE, 1996).

A razão BF/AF reflete as alterações absolutas e relativas entre os ramos simpático e parassimpático do SNA, representando o balanço simpátovagal sobre o coração (KLEIGER; STEIN; BIGGER, 2005; BILLMAN, 2013). Além da análise dos componentes das bandas MBF, BF e AF que são feitas em valores absolutos de potência ( $\text{ms}^2$ ), mas BF e AF podem ser medidos unidades normalizadas (n.u.) que representam o valor relativo de cada componente da potência em proporção a potência total menos o componente de MBF. A representação de BF e AF em unidade normalizada enfatiza o comportamento controlado e equilibrado dos dois ramos do SNA.

Os registros dos iRR podem ser obtidos através de curta duração (cinco minutos), ou a longo prazo (24 horas). Portanto, buscando uma padronização metodológica e a fim de evitar possíveis prejuízos em registros muito curto, sugere-se que os registros de curto prazo tenham uma duração de pelo menos cinco minutos (TASK FORCE, 1996).

Estudos clínicos e experimentais têm demonstrado que algumas medidas da FAC relacionadas as doenças cardiovasculares, são associadas com um prognóstico adverso, principalmente quando ocorre um aumento acentuado da atividade simpática e uma redução da atividade parassimpática, situação a qual pode estar relacionada a eventos cardiovasculares, morte súbita ou mortalidade por todas as causas. O processo de envelhecimento e certas patologias favorecem a um quadro de disfunção autonômica. Desta forma, esta disfunção pode estar associada a morbidade e mortalidade por uma série de condições ou doenças, incluindo as doenças cardiovasculares (LAHIRI; KANNANKERIL; GOLDBERER, 2008; THAYER; YAMAMOTO, BROSSCHOT, 2010).

A variabilidade da frequência cardíaca reduzida em repouso é associada com prognóstico negativo em indivíduos saudáveis (JARCZOK e cols., 2014) e em várias condições clínicas tais como diabetes (BALCIOĞLU e cols., 2007), hipertensão (MELILLO e cols., 2012), câncer (GUO e cols., 2015) e infarto do miocárdio (CAMM e cols., 2004). É usada também para avaliar o efeito agudo (DUARTE e cols., 2015) e crônico (CRUZ e cols., 2017; KINGSLEY; FIGUEROA, 2014) do treinamento na modulação autonômica cardíaca.

A relação que está associada ao SNA e mortalidade por todas as causas e morte súbita tem aumentado a quantidade de estudos com foco na análise da FAC por meio da VFC como uma técnica na identificação de pessoas com maiores riscos de doenças cardiovasculares e morte súbita. Porém, dada a importância do estudo da FAC na identificação de fatores riscos

relacionados as doenças cardiovasculares, mortalidades por todas as causas e morte súbita, ela é difícil de ser medida ou quantificada. Embora exista uma relação simples entre um marcador fisiológico e a função autonômica ser bastante atraente, o sistema nervoso autônomo é muito complexo, tornando mais difícil a análise desta relação aparentemente simples (THAYER; YAMAMOTO; BROSSCHOT, 2010; PEÇANHA; SILVA-JÚNIOR; FORJAZ, 2013).

Destaca-se que diversos estudos com bloqueio farmacológico demonstraram que a administração de atropina, que é um antagonista colinérgico, reduz de forma significativa os seguintes índices: SDNN (grau de modulação global) média dos iRR, rMSSD e pNN50 (marcadores de atividade parassimpática), com mudanças não significativas diante ao uso do propranolol, que é um antagonista adrenérgico não seletivo (HAYANO e cols., 1991; POLANCZYK e cols., 1998). Estes achados demonstram que os índices supracitados podem ser utilizados na avaliação da modulação parassimpática sobre o coração, embora o SDNN seja considerado um marcador do grau de modulação global (TASK FORCE, 1996).

#### *Frequência cardíaca de recuperação*

O comportamento da FC durante e após o exercício está na dependência da modulação da atividade simpática e parassimpática. O aumento da FC durante o exercício é considerado ser devido a uma combinação da retirada parassimpática e ativação simpática (ARAI e cols., 1989). A queda na FC imediatamente após o exercício é considerado ser uma função da reativação do SNP. O aumento da atividade vagal tem sido associado com a redução no risco de morte. As pessoas que apresentaram valor da FC após o exercício  $\leq 12$  batimentos por minutos (bpm) foram fortemente preditiva de morte (COLE e cols., 1999).

COLE e cols. (2000) avaliaram a resposta da FCR após o teste de esforço submáximo, sendo definido como uma resposta alterada a redução na FCR  $\leq 42$  bpm no segundo minuto após a interrupção do teste submáximo. Foi demonstrado que as pessoas que demonstraram resposta anormal da FCR após o teste submáximo apresentaram risco relativo de morte de 2,58 vezes maior durante 12 anos de acompanhamento comparado aos normais.

Imai e cols. (1994), demonstraram que o menor valor para a FCR foi preditivo de morte em um número importante de subgrupos, incluindo idosos, mulheres e pacientes com resposta cronotrópica normal durante o exercício.

Vários estudos demonstraram que um atraso no decremento da FCR após o exercício tem sido identificado como um forte preditor de mortalidade (COLE e cols., 1999; COLE e cols., 2000; IMAI e cols., 1994; JAE e cols., 2010; PEÇANHA e cols., 2018).

Jouven e cols. (2005) demonstraram que a FC no primeiro, segundo, terceiro e quarto minutos após a interrupção do exercício foram todos associados com mortes por todas as causas, e particularmente com morte súbita, exceto com morte não súbita a partir de infarto do miocárdio. Os sujeitos que tiveram um decremento na FCR  $\leq 25$  bpm após o término do exercício, apresentaram risco relativo de morte de 2,20 vezes maior do que aqueles com FCR  $> 25$  bpm. A associação permaneceu forte mesmo com os ajustes para as possíveis variáveis confundidoras. A associação foi moderada, mas significativa para morte por todas as causas considerando apenas as mortes por infarto do miocárdio não súbitas.

Os estudos citados acima demonstram a importância da análise da FCR após o exercício como método relevante na avaliação do SNA, principalmente no primeiro minuto em diversas populações, devido ao baixo custo e fácil reprodutibilidade (COLE e cols., 1999; COLE e cols., 2000; IMAI e cols., 1994).

A FCR atenuada durante o ortostatismo ativo pode refletir uma disfunção do sistema nervoso parassimpático, pois uma inibição parassimpática é amplamente responsável inicial da FC ao ficar de pé (WIELING e cols, 2007), enquanto acredita-se que a reativação vagal (reentrada da atividade vagal) seja responsável pela velocidade de decremento da FCR na fase inicial de recuperação (IMAI e cols., 1994; KANNANKERIL e cols., 2004).

Diante do contexto acima apresentado, os estudos vêm demonstrando que o decremento da FC durante a fase de recuperação após o exercício, seja ele máximo ou submáximo, está associada a uma maior responsividade parassimpática e a uma retirada progressiva da atividade do ramo simpático (IMAI e cols., 1994; KANNANKERIL e cols., 2004). Portanto, a utilização da FCR como parte de uma rotina regular após o teste de esforço fornece um prognóstico das pessoas que apresentam alto risco de morte e aqueles que apresentam baixo risco (OKUTUCU e cols., 2011).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Verificar a hipótese de associação entre a função autonômica cardíaca baseada na análise da variabilidade da frequência cardíaca no repouso, supino e ortostático, com a

frequência cardíaca de recuperação e a reativação vagal durante os cinco minutos imediatamente após o teste cardiopulmonar máximo em mulheres

### **3.2. Objetivos Específicos**

a) Correlacionar os índices do domínio temporal da variabilidade da frequência cardíaca, na posição supina e ortostática, com o decremento da frequência cardíaca de recuperação absoluta e relativa após o teste cardiopulmonar máximo em mulheres, usuárias de contraceptivo oral, aparentemente saudáveis.

b) Correlacionar os índices do mapa de Poincarè da variabilidade da frequência cardíaca, na posição supina e ortostática, com o decremento da frequência cardíaca de recuperação absoluta e relativa após o teste cardiopulmonar máximo em mulheres, usuárias de contraceptivo oral, aparentemente saudáveis.

c) Correlacionar os índices do mapa de Poincarè da variabilidade da frequência cardíaca na posição supina e ortostática, com a variabilidade da frequência cardíaca durante a fase de recuperação.

d) Comparar a frequência cardíaca de recuperação absoluta e relativa, o marcador parassimpático (SD1) durante a fase de recuperação após o esforço entre o 1º e 3º Tercil do SD1 na posição supina e ortostática no repouso.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

Foi realizado um estudo de característica transversal. A amostra foi composta por 34 mulheres adultas, aparentemente saudáveis e com idade entre 18 e 27 anos. Todas as participantes participaram da pesquisa de forma voluntária, após tomar conhecimento dos objetivos e métodos do estudo, cada participante assinou um termo de consentimento livre e esclarecido, cujo modelo encontra-se em (ANEXO N° I). Independentemente do grau de instrução das participantes, todas foram encorajadas a manifestarem suas dúvidas relativas aos procedimentos do estudo e a se sentirem à vontade para uma eventual desistência, no momento das orientações iniciais, bem como em qualquer fase do estudo.

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa UNIEURO, e pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Brasília, conforme o parecer nº 2.320.164/2018 (ANEXOS N° II e III).

A seleção da amostra foi do tipo não probabilística por conveniência. Todas as participantes que manifestaram o interesse foram aceitas, desde que cumprissem os critérios de inclusão. As participantes foram convidadas por meio de cartaz fixado na Universidade de Brasília, no Comando da Marinha e pela divulgação no *Instagram*.

Na TABELA 1 estão descritas as características amostrais, antropométricas e fisiológicas como a idade, índice de massa corporal (IMC), frequência cardíaca (FC), pressão arterial (PA) e frequência respiratória (FR) nas posições corporais supina e ortostática previamente ao esforço das participantes da presente pesquisa.

Todos os procedimentos experimentais foram realizados no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília (UnB).

Inicialmente foram admitidas no estudo 65 mulheres, aparentemente saudáveis, com diferentes níveis de atividade física e com idade entre 18 e 40 anos.

TABELA 1. Estatística descritiva amostra da idade, variáveis antropométricas e fisiológicas (n = 34) nas posições supina e ortostática.

	Idade (anos)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	FC Sup (bpm)	FC Ort (bpm)	PAS Sup (mmHg)	PAS Ort (mmHg)	PAD Sup (mmHg)	PAD Ort (mmHg)	FR Sup (irpm)	FR Ort (irpm)	VO <sub>2</sub> pico (mlO <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )
Média	22,2	22,7	70,7	87,1	113,7	113,2	68,9	74,1	16,6	15,9	37,24
DP	2,4	2,1	9,7	10,8	6,6	8,6	5,7	8,4	3,6	3,3	5,85
Máx	27,0	27,2	91,0	106,0	128,0	129,0	82,0	89,0	22,0	26,0	49,80
Qtl Sup	24,0	23,7	77,3	95,3	119,0	120,0	72,0	80,3	21,0	18,0	42,02
Mediana	22,0	22,8	69,5	88,0	113,0	113,0	69,5	74,0	16,0	15,0	36,40
Qtl Inf	20,0	21,3	64,0	79,0	108,8	106,8	64,8	66,0	13,0	14,0	32,65
Mín	18,0	18,6	53,0	66,0	102,0	97,0	57,0	62,0	11,0	11,0	27,80
p*			0,00		0,66		0,00		0,35		

IMC: índice de massa corporal; FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; FR: frequência respiratória; Sup: supina; Ort: ortostático; VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio; \*: teste de Wilcoxon

#### 4.1. Critérios de Inclusão e/ou Exclusão das Participantes e/ou Registros

Para proceder à avaliação, os critérios de inclusão determinados foram de natureza variável, em função da necessidade de atender os pressupostos clínico-funcionais e metodológicos, principalmente no que diz respeito a análise da variabilidade dos intervalos R-R (iRR).

Os **critérios de inclusão** foram os seguintes:

- Idade entre 18 e 40 anos;
- $IMC \geq 18,5 \text{ kg/m}^2$  e  $\leq 29,9 \text{ kg/m}^2$ ;
- Não apresentar doenças cardiovasculares (autorrelato);
- Não estar sob tratamento medicamentoso (autorrelato);
- Não ser tabagistas (autorrelato);
- Fazer uso de contraceptivo oral (autorrelato);
- Ritmo sinusal normal; e
- Frequência Respiratória (FR)  $\geq 10$  incursões respiratórias por minuto (irpm).

Os **critérios de exclusão** consistiram em:

- Pressão arterial alterada;
- Limitação ortopédica que impossibilitasse a realização do teste de esforço;
- Interrupção do teste antes do alcance dos critérios previamente estabelecidos; e
- Falha no registro da função autonômica cardíaca.

Após análise e limpeza dos dados ficaram 34 participantes, todas com características clínico-funcionais semelhantes, com a finalidade de aumentar a validade interna da amostra, o IMC foi utilizado como critério para uniformizar a amostra, em virtude de aumentar a validade interna em detrimento da validade externa, portanto foram excluídas da amostra 31 participantes conforme descrito abaixo:

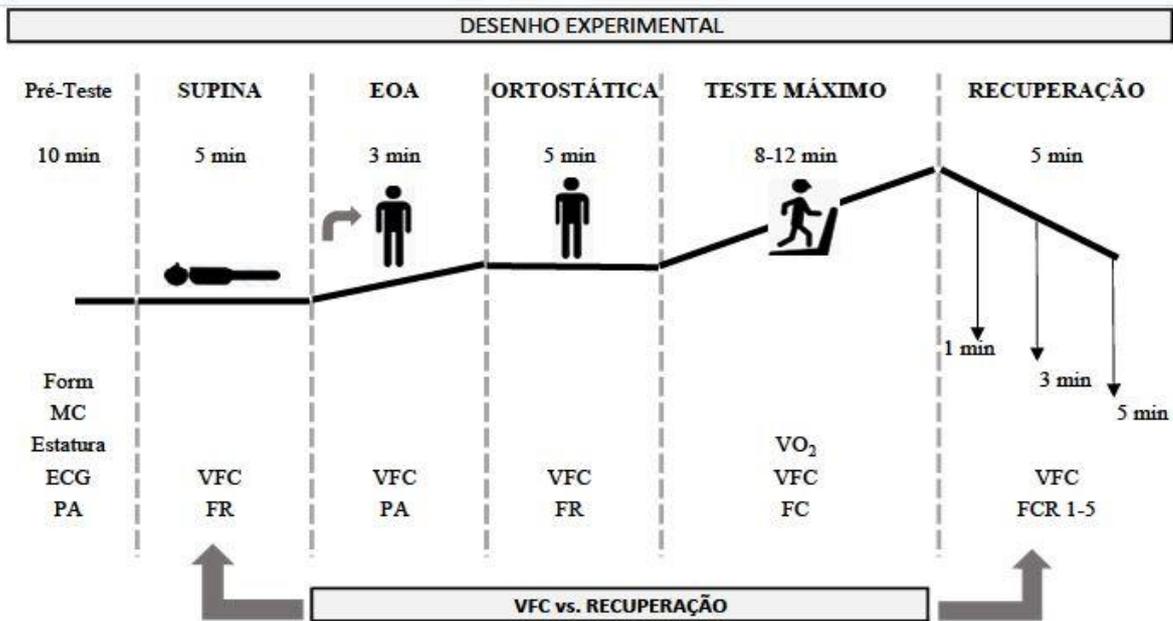
Critérios de exclusão	Número de participantes
Interrupção do teste antes do alcance dos critérios previamente estabelecidos	04

Falha no registro da FAC na condição basal	07
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	18
FR < 10 irpm	02
Total	31

#### 4.2. Desenho experimental

A avaliação consistiu, na coleta de dados em uma única visita ao laboratório para a avaliação da VFC nas condições de repouso em duas condições (supino e ortostático) seguido do teste cardiopulmonar em esteira rolante e de recuperação ativa conforme descrito na FIGURA 1.

Todos os procedimentos experimentais foram realizados no período de setembro de 2018 a julho de 2019 no período vespertino entre 14 e 18 horas no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília. O ambiente laboratorial foi controlado, sem ruídos e com a temperatura entre 21 a 24° C.



EOA: Estresse ortostático ativo, Form: Formulários como questionários e TCLE, MC: Massa corporal, FR: Frequência respiratória, VFC: variabilidade da frequência cardíaca, ECG: Eletrocardiograma, VO<sub>2</sub>: Consumo de oxigênio, PA: Pressão arterial

FIGURA 1: Esquema ilustrativo do desenho experimental.

#### 4.3. Instrumentos e Procedimentos de Coleta de Dados

No primeiro contato, as participantes informaram em que dia do ciclo menstrual se encontravam, e os testes eram agendados até o sétimo dia após interrupção do fluxo menstrual. Este período corresponde a fase folicular (PESTANA e cols., 2018).

Previamente ao dia dos testes, as participantes foram orientadas a não fazerem uso de substâncias estimulantes tais como café, chá, refrigerante, energéticos, dentre outros, no dia do teste, por um período de 24 horas, pois poderiam alterar o estado funcional autonômico cardíaco; não poderia se exercitar no dia anterior ao teste; não usar creme de pele no dia do teste; dormir pelo menos 6 a 8 horas na noite anterior ao teste; levar roupa de ginástica (bermuda e top) e tênis; fazer a última refeição 2 a 3 horas antes do teste.

No dia do teste, previamente aos testes, todas as participantes foram esclarecidas sobre os procedimentos experimentais, riscos e benefícios do estudo e em concordância com o

presente estudo todas assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) em conformidade com a Resolução nº 466/2012, do Conselho Nacional de Saúde.

Na sequência serão apresentadas as etapas do desenho experimental separadamente conforme a dinâmica do desenho experimental.

*Pré-Teste (desenho experimental)*

**a) Questionários:** inicialmente as participantes responderam ao questionário sociodemográfico compreendendo dados pessoais, histórico clínico, identificação dos hábitos de vida e fatores influenciadores das variáveis estudadas como tabagismo, uso de medicamentos e bebidas alcoólicas, e informações sobre a prática de atividade física segundo o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ versão curta), validado para o português (PARDINI e cols., 2001).

**b) Avaliação antropométrica:** foram realizadas as medidas de massa corporal (balança Filizzola®, Brasil), estatura (estadiômetro acoplado à balança) e circunferência abdominal (trena antropométrica, Sanny®, Brasil).

**c) Eletrocardiograma (ECG):** na posição supina foi realizado análise eletrocardiográfica de repouso por meio do registro do eletrocardiograma (ECG) de 12 derivações, tendo a finalidade de identificar o ritmo sinusal normal entre as participantes. O registro foi realizado em aparelho eletrocardiógrafo/ELITE, modelo Ergo PC 13 da marca Micromed®.

**d) Pressão Arterial (PA):** a participante ficava em repouso durante 10 minutos, na posição supina, a PA era registrada após 7 minutos iniciais, por meio do esfigmomanômetro digital e automático, no braço direito. Utilizou-se o aparelho de PA, modelo HBP-1100

(OMRON Healthcare, Kyoto, Japão), validado por Chen e cols. 2017. O aparelho foi retirado logo após a medida.

Ao final da medida PA foi colocado o transmissor do frequencímetro cardíaco no tórax da participante, permanecendo as participantes na posição supina.

*Registro da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e da frequência respiratória (FR) na posição supina e ortostática (desenho experimental)*

a) **VFC:** Durante o teste da FAC, na condição de repouso, a participante permaneceu em repouso durante 10 minutos, na posição supina, a PA era registrada após 7 minutos iniciais, por meio do esfigmomanômetro digital e automático para braço, da marca Omrom® – modelo HBP – 1100, após este período, dava-se início a gravação dos registros dos intervalos R-R e da FC durante 5 minutos. A FR foi registrada após 90 segundos do início do registro dos intervalos R-R, e a sua coleta foi realizada a partir da observação e contagem dos movimentos de expansão do tórax e/ou abdominal, gerados na fase da inspiração de cada ciclo respiratório, durante 1 minuto. A participante recebia o comando verbal para iniciar a mudança postural (transição ativa da posição supina para a posição ortostática) após os 5 minutos de gravação dos registros dos intervalos R-R. A PA, na posição ortostática, foi registrada após 2 minutos do término da mudança postural com a finalidade de verificar a ausência de hipotensão postural na participante. Os intervalos R-R e a FC, na posição ortostática, foram registrados após o terceiro minuto do final da mudança postural durante 5 minutos. A FR, na posição ortostática, foi registrada a partir dos 90 segundos após o início do registro dos intervalos R-R nesta condição, conforme descrito para a condição supina. A participante foi orientada a permanecer imóvel, em silêncio, acordada e com a respiração normal, conforme protocolo padronizado em nosso laboratório (MOLINA e cols., 2013; MOLINA e cols., 2016; MOLINA e cols., 2021). Foi utilizado frequencímetro RS800CX (Polar®, Finlândia) que é

uma alternativa validada para a gravação dos intervalos RR (Porto e Junqueira Jr, 2009). Após o registro os dados foram transferidos para o programa ProTrainer5 da Polar®, em seguida o arquivo foi salvo em .txt e transferido para o programa Kubios HRV 3.0 (Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Kuopio, Finlândia) utilizando o filtro médio para correção dos artefatos referente a análise da VFC na condição basal.

**b) FR:** em ambas as posições foi realizada a contagem da FR observando-se o movimento torácico durante um minuto (irpm) a partir de 90 segundos após o início do registro da VFC. Um ciclo de inspiração e expiração foi considerado como uma incursão respiratória.

#### *Estresse ortostático ativo*

- a) EOA:** durante uma manobra padrão para ficar na posição ortostática, a participante saindo da posição supina (registro da VFC), após o comando verbal para ficar de pé, assumiu a posição ortostática tendo início o registro do EOA, que durou três minutos e após este procedimento teve início o registro da VFC na posição ortostática.
- b) PA:** Após o início do EOA, a PA foi medida no braço direito na posição ortostática no segundo minuto com o mesmo aparelho e retirado logo após o registro da PA.

#### *Teste cardiopulmonar máximo*

- a) Registro de dados em repouso:** a participante posicionou-se sentada em um banco sobre a esteira rolante (INBRASPORT -ATL). O consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) foi monitorado até alcançar o nível basal aproximado ( $\pm 3,5$  ml/min.kg<sup>-1</sup>). Após a estabilização do VO<sub>2</sub>, iniciou o registro durante três minutos por meio de um

analisador de gases (CORTEX® – Metsoft- Biophysik, Leipzig, Germany) previamente validado para este fim (MEYER e cols., 2005).

**b) Protocolo incremental máximo (teste de Balke adaptado):** consistiu em três minutos de aquecimento (velocidade a 3 km/h), seguido de incrementos de 0,5 km/h a cada 30 segundos. A inclinação da esteira foi mantida em 2,5% ao longo de todo o teste. O teste foi interrompido por fadiga voluntária, mesmo diante do encorajamento para a continuidade do esforço. O teste foi considerado máximo quando ao menos 3 dos seguintes critérios foram identificados (ACSM, 2010):

1. Fadiga voluntária;
2. Percepção subjetiva de esforço >17 (Escala de Borg 6-20 pontos);
3. Quociente respiratório > 1,1;
4. Alcance de FC > a 90% da FC máxima predita por meio da idade;
5. Platô do  $\dot{V}O_2$  (Aumento < 150 ml.min<sup>-1</sup>) mesmo com o incremento da carga.

A análise da dinâmica ventilatória foi realizada por meio de um analisador de gases CORTEX® (Metsoft- Biophysik, Leipzig, Germany) calibrado conforme as orientações do fabricante e trata-se de um método previamente validado para este fim por Meyer e cols. (2005).

**c) Fase de recuperação:** foi iniciada imediatamente após a participante atingir os critérios de interrupção (ACSM, 2010). Esta fase teve a duração de cinco minutos, com a velocidade de 2,4 km/h e manutenção da inclinação em 2,5% (COLE e cols., 2000).

#### *Frequência cardíaca de recuperação*

A FCR foi registrada após as participantes atingirem os critérios de interrupção estabelecido para o teste cardiopulmonar máximo (ACSM, 2018). Após o término da primeira

etapa do protocolo experimental (prova de esforço incremental), teve início a segunda etapa do protocolo, a fase de recuperação propriamente dita. Conforme anteriormente citado, a fase de recuperação foi composta por um período total de cinco minutos, no qual a velocidade da esteira foi reduzida para 2,4 km/h com a inclinação mantida em 2,5%, conforme descrito por COLE e cols., 1999.

Durante toda a fase de recuperação as participantes permaneceram na posição ortostática. A FC foi monitorada durante cinco minutos da fase de recuperação, minuto a minuto. Para obtenção da FCR foi utilizado a subtração do valor da FC no primeiro (FCR1), terceiro (FCR3) e quinto (FCR5) minutos de recuperação da FC máxima atingida no teste cardiopulmonar máximo (COLE e cols., 1999):

- $FCR1 = FC_{\max} - FC_{1\text{minuto}}$
- $FCR3 = FC_{\max} - FC_{3\text{minuto}}$
- $FCR5 = FC_{\max} - FC_{5\text{minuto}}$ , onde:

FCR1, FCR3, e FCR5: valor absoluto da FC de recuperação nos 3 momentos;

$FC_{\max}$ : FC máxima registrada durante o teste de esforço; e

$FC_{1\text{minuto}}$ ,  $FC_{3\text{minuto}}$ , e  $FC_{5\text{minuto}}$ : FC registrada aos 1º, 3º e 5º minutos da fase de recuperação.

Para a realização dos registros da FCR foram adotados os valores absolutos e relativos do decremento cronotrópico durante a fase de recuperação. As medidas utilizadas no presente estudo demonstraram boa reprodutibilidade após o teste de esforço máximo e submáximo. TULUMEN e cols., 2011; BUCHHEIT e cols., 2007).

A **variação relativa da FCR ( $\Delta\%FCR$ )** foi calculada utilizando-se o decremento da FC nos três momentos (1º, 3º e 5º minutos) e a  $FC_{\max}$  atingida no teste de esforço conforme a equação apresentada por Molina e cols. (2016), Cruz e cols. (2017); Garcia e cols. (2017):

- $\Delta \%FCR = (FCR_{\text{minuto}} - FC_{\max}) \times 100$ , onde:

$\Delta \%FCR$ : variação percentual da FCR;

$FC_{\text{minuto}}$ : Valores de FC no 1º, 3º e 5º minutos da recuperação: e

$FC_{\max}$ : maior FC atingidos no último minuto do teste de esforço, multiplicados por 100.

O coeficiente de recuperação da FC (CRFC) foi utilizado com função de corrigir a FCR em relação a reserva cronotrópica obtida no teste cardiopulmonar (MOLINA e cols., 2013; MOLINA e cols., 2016; MOLINA e cols., 2021). O CRFC é definido a partir da razão entre o decremento da FC (1º, 3º, e 5º minutos de recuperação) dividido pela reserva cronotrópica obtida durante o teste de esforço multiplicado por 100, conforme equação:  $CRFC = (FC_{\max} - FCR \text{ no } 1^\circ, 3^\circ \text{ e } 5^\circ \text{ minutos} / FC_{\max} - FC_{\text{inicial}}) \times 100$ , onde: CRFC: coeficiente de recuperação da FCR;  $FC_{\max}$ : maiores valores atingidos no último minuto do teste cardiopulmonar máximo;  $FC_{\text{minuto}}$ : Valores de FC em cada minuto da recuperação e  $FC_{\text{inicial}}$ : frequência cardíaca registrada no início do teste.

### *Procedimentos estatísticos*

A estatística descritiva foi apresentada em mediana e quartis (25 e 75), pois a distribuição dos dados testada por Kolmogorov-Smirnov mostrou-se não-normal para a maioria das variáveis dependentes, e, portanto, adotou-se a estatística não paramétrica.

Para testar a hipótese de comparação da VFC no repouso, supino e ortostático foi utilizado o teste de Wilcoxon.

Para testar a hipótese de comparação da VFC e a FCR após o teste cardiopulmonar foi adotado o teste Friedman, com *pos hoc de Dunn*.

Para testar a hipótese de correlação entre as diferentes variáveis adotou-se o teste de *Spearman*.

Para testar a hipótese de comparação entre os grupos (dividido em 1º e 3º tercís) foi adotado o teste de Mann-Whitney.

As diferenças entre as diversas comparações instituídas foram consideradas estatisticamente significativas quando as probabilidades unicaudais das suas ocorrências devidas ao acaso (erro do tipo I) foram  $\leq 5\%$  ( $p \leq 0,05$ ). A magnitude das diferenças foi avaliada pelo tamanho de efeito (TE). O TE (ROSENTHAL, 1991) foi calculado usando a fórmula abaixo:

$$TE = \frac{Z}{\sqrt{N}}$$

Sendo os seguintes valores representando o tamanho de efeito, conforme abaixo descrito:

- $< 0,3$  efeito pequeno;
- $\geq 0,3 < 0,5$  efeito médio;
- $\geq 0,5$  efeito grande.

O processamento estatístico dos dados foram feitos utilizando-se os programas *Microsoft Excel*, *Statistical Package Social Sciences (SPSS 21.0)* e *GraphPad Prism 8 for Windows*.

## 5. RESULTADOS

Para uma melhor compreensão, os resultados serão apresentados em tópicos formados por 5 subseções. Os dados serão apresentados na seguinte ordem, conforme descrito abaixo:

- Frequência cardíaca, decremento cronotrópico e consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais;
- Modulação autonômica cardíaca no repouso e durante a fase de recuperação após o teste cardiopulmonar;
- Correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação após o teste cardiopulmonar máximo, o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca e a modulação autonômica cardíaca na condição basal de repouso supino e ortostático;
- Correlação entre a modulação autonômica cardíaca basal (mapa de Poincarè), com a variabilidade da frequência cardíaca durante a fase de recuperação;
- Comparação da frequência cardíaca de recuperação absoluta e relativa e da reativação parassimpática durante a recuperação após o esforço em dois subgrupos formados a partir atividade parassimpática nas posições supina e ortostática no repouso.

### 5.1. Frequência cardíaca, decremento cronotrópico e consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais

*Comportamento da frequência cardíaca em repouso, esforço e recuperação após o teste cardiopulmonar máximo*

Na tabela 2 e na figura 2 estão descritos o comportamento da FC em repouso, posição supina e ortostática, no início e pico do esforço, e durante a recuperação no 1º, 3º e 5º minutos após teste cardiopulmonar máximo.

A FC apresentou resposta, conforme o esperado do ponto de vista fisiológico para as condições basal, esforço e a fase de recuperação imediatamente após o esforço. Na mudança postural, da posição supina para posição ortostática, ocorreu o aumento da FC devido a mudança ativa da postura corporal ( $P < 0,00$ ). Durante o teste cardiopulmonar ocorreu o aumento na FC inicial até o término do teste, em função do aumento da intensidade do esforço ( $P < 0,00$ ). Na fase de recuperação ativa verificou-se a queda na FC ao longo do 1º, 3º e 5º

minutos de recuperação. Foram encontradas diferenças significativas no decremento da FCR1 para FCR3 ( $P<0,00$ ), FCR1 para FCR5 ( $P<0,00$ ) e FCR3 para FCR5 ( $P<0,00$ ).

Na tabela 3 e na figura 3 estão descritos os valores do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) na condição pré-esforço, durante o esforço e por fim durante a recuperação no 1º, 3º e 5º minutos imediatamente após o esforço.

O  $VO_2$  apresentou resposta fisiológica, conforme o esperado para a condição pré-esforço, durante o esforço e na fase de recuperação após o esforço. Durante a transição da condição pré ao esforço ocorreu um aumento significativo no  $VO_2$  ( $P<0,00$ ), devido ao aumento da intensidade do esforço. Durante a fase de recuperação ativa ocorreu queda na  $VO_2$  durante o 1º, 3º e 5º minutos de recuperação após o esforço. Foram encontradas diferenças significativas no  $VO_{21min}$  para  $VO_{23min}$  ( $P<0,00$ ),  $VO_{21min}$  para  $VO_{25min}$  ( $P<0,00$ ) e  $VO_{23min}$  para  $VO_{25min}$  ( $P<0,00$ ).

TABELA 2. Estatística descritiva amostral da frequência cardíaca em repouso, esforço e recuperação (n = 34)

	FC (bpm)		FC (bpm)		FCR (bpm)		
	SUP	ORT	Inicial	Pico	1	3	5
Média	70,70	87,08	107,68	189,09	169,32	139,97	132,65
DP	9,71	10,84	14,42	7,85	11,39	12,12	11,86
Máx	91,00	106,00	145,00	202,00	189,00	164,00	159,00
Qtl Sup	77,25	95,25	114,00	194,25	176,50	148,00	140,00
Mediana	<b>69,50</b>	<b>88,00</b>	<b>107,00</b>	<b>192,00</b>	<b>169,00</b>	<b>141,00</b>	<b>131,50</b>
Qtl Inf	64,00	79,00	98,00	183,50	164,25	130,75	126,75
Mín	53,00	66,00	76,00	172,00	141,00	116	108,00

DP: Desvio padrão; Máx: Valor amostral máximo; Qtl: Quartil; Sup: superior; Inf: Quartil inferior; Mín: valor amostral mínimo; FC: frequência cardíaca; FCR: frequência cardíaca de recuperação; SUP: supina; ORT: ortostática

TABELA 3. Estatística descritiva amostral do consumo de oxigênio em repouso, esforço e recuperação (n = 34)

	VO <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>		VO <sub>2</sub>		
	(mlO <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	(mlO <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )		(mlO <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )		
	Basal	Inicial	Pico	1	3	5
Média	4,04	4,71	37,24	24,47	14,86	13,45
DP	0,69	0,85	5,85	3,89	1,91	1,82
Máx	5,50	6,40	49,80	34,20	19,40	17,40
Qtl Sup	4,52	5,30	42,02	26,30	15,92	14,74
Mediana	<b>4,10</b>	<b>4,70</b>	<b>36,40</b>	<b>24,60</b>	<b>14,70</b>	<b>13,45</b>
Qtl Inf	3,47	4,10	32,65	22,50	13,4	12,02
Mín	2,60	3,10	27,80	15,90	10,8	8,90

DP: Desvio padrão; Máx: Valor amostral máximo; Qtl: Quartil; Sup: superior; Inf: Quartil inferior; Mín: valor amostral mínimo; VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio.

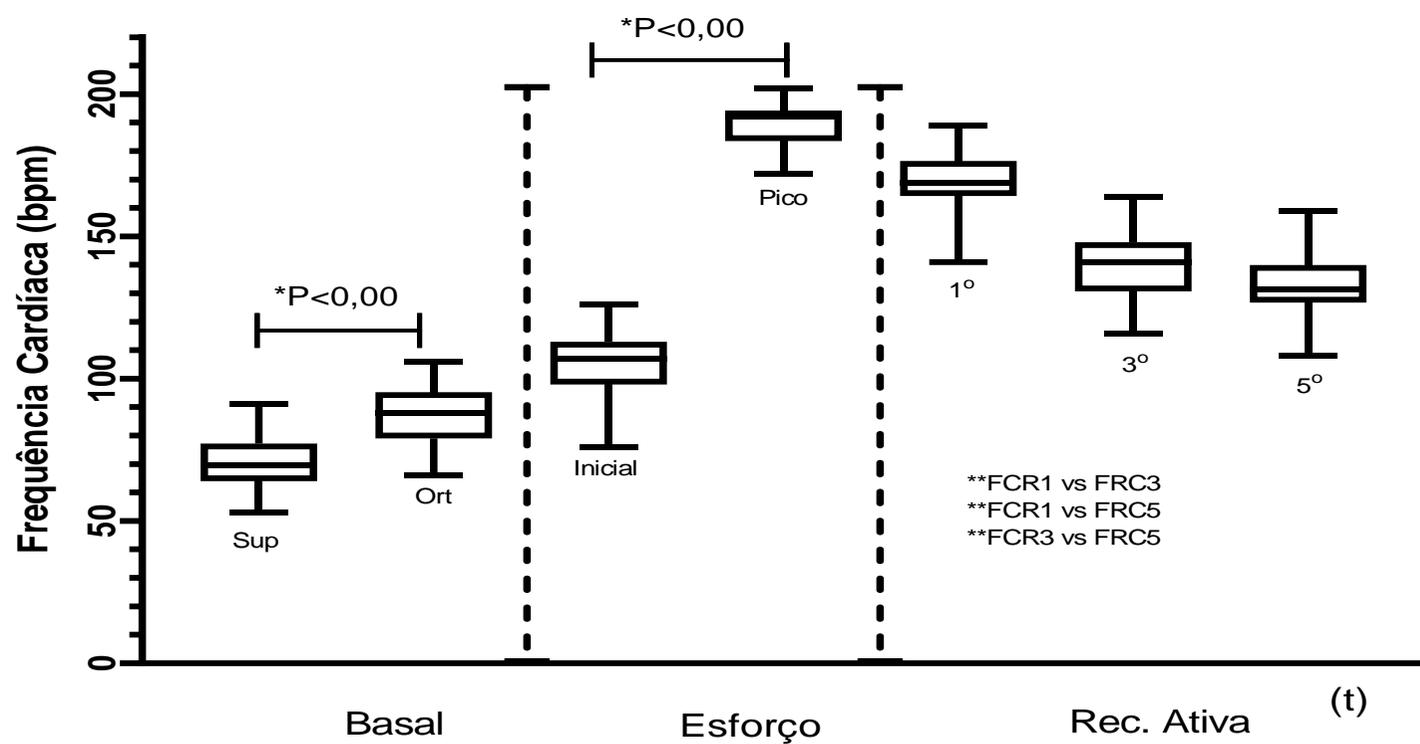


FIGURA 2 - Comportamento da frequência cardíaca (FC) na condição basal, durante o esforço e na recuperação (n-34 participantes). Sup: supino; Ort: ortostática; FRC1: frequência cardíaca de recuperação 1° minuto; FRC3: frequência cardíaca de recuperação 3° minuto; FRC5: frequência cardíaca de recuperação 5° minuto; \* = P<0,00: teste de Wilcoxon; \*\* = P<0,00: teste de Friedman com pos hoc Dunn.

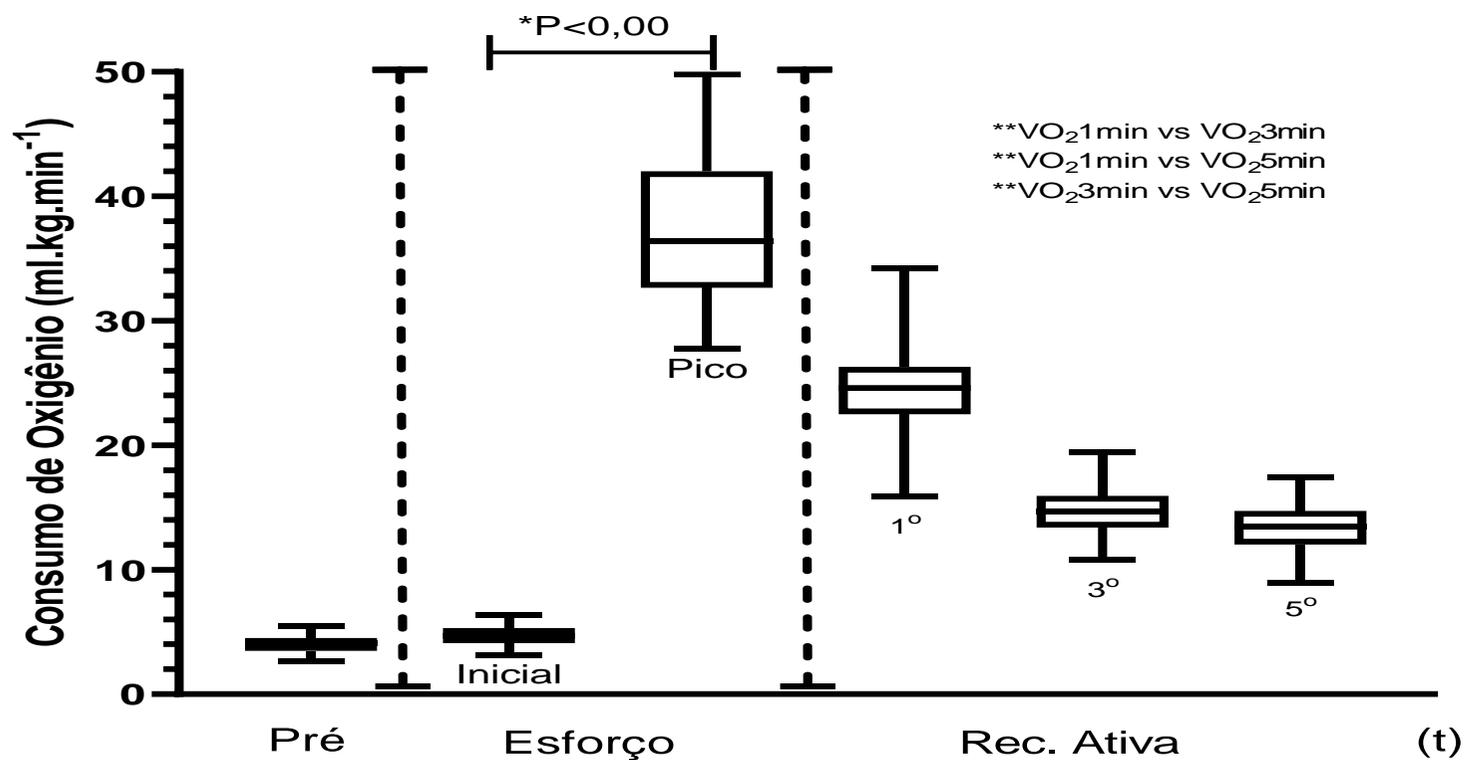


FIGURA 3 - Comportamento de oxigênio (VO<sub>2</sub>) na condição basal, durante o esforço e na recuperação (n-34 participantes). VO<sub>2</sub>1min: consumo de oxigênio no 1° minuto da recuperação ativa; VO<sub>2</sub>3min: consumo de oxigênio no 3° minuto da recuperação ativa; VO<sub>2</sub>5min: consumo de oxigênio no 5° minuto da recuperação ativa; \* = P<0,00: teste de Wilcoxon; \*\* = P<0,00: teste de Friedman com pos hoc Dunn.

## **5.2. Modulação autonômica cardíaca no repouso e durante a fase recuperação após o teste cardiopulmonar**

### *Variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo nas posições supina e ortostática no repouso*

Na TABELA 4 estão descritos os valores dos índices temporais da VFC durante 5 minutos nas posições supina e ortostática durante o período de repouso previamente ao esforço e a análise comparativa entre os índices temporais nas posições supina e ortostática por meio do teste de Wilcoxon.

As descrições abaixo, demonstram os ajustes autonômicos por meio da VFC em duas condições funcionais diferentes, na posição supina e na posição ortostática.

Verificou-se que houve uma redução significativa da média dos intervalos RR, do grau de modulação global (SDNN) e dos índices parassimpáticos (rMSSD e pNN50) após a mudança postural ativa ( $P < 0,00$ ).

Na TABELA 5 estão descritos os valores dos índices do mapa de Poincarè da VFC durante 5 minutos nas posições supina e ortostática no período de repouso previamente ao esforço e a análise comparativa entre os índices nas posições supina e ortostática por meio do teste de Wilcoxon.

Verificou-se que houve redução significativa do índice SD1, marcador atividade parassimpática ( $P < 0,00$ ), também houve redução significativa do índice SD2, marcador da modulação global ( $P < 0,02$ ) e ainda ocorreu redução significativa na razão SD1/SD2 ( $P < 0,00$ ), marcador do balanço simpatovagal após a mudança postural ativa.

### *Variabilidade da frequência cardíaca, mapa de Poincarè, durante a fase de recuperação após o esforço*

Ao longo da fase de recuperação, verificou-se que houve aumento significativo ( $P < 0,00$ ) do índice SD1, marcador atividade parassimpática, conforme mostrado na TABELA 6. Houve aumento significativo ( $P < 0,01$  a  $0,00$ ) do índice SD2, marcador grau de modulação global, conforme mostrado na TABELA 7, e ainda ocorreu redução significativa ( $P < 0,01$  a  $0,00$ ) na razão SD1/SD2, marcador do balanço simpatovagal, conforme mostrado na TABELA 8, durante os 5 minutos da fase de recuperação ativa.

**TABELA 4.** Estatística descritiva amostral dos índices temporais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição **supina** e na posição **ortostática**, no período previamente ao esforço (n = 34 participantes)

	Média iRR (ms)			SDNN (ms)			rMSSD (ms)			pNN50 (%)		
	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%
Média	865,7	699,7	-18,4	50,8	37,1	-21,1	57,1	25,4	-49,7	31,8	6,8	-70,6
DP	121,8	93,1	9,7	20,9	13,8	23,9	31,6	13,4	20,7	22,5	9,1	46,2
Máx	1125	910	0,8	112,9	87,6	21,1	165,7	81,9	-5	78,7	45,4	156,5
Qtl Sup	945,1	756	-12,2	62,4	43,8	-0,1	73	29,7	-39,1	52,2	9,4	-69,1
Mediana	<b>871,5</b>	<b>680</b>	<b>-17,1</b>	<b>54,1</b>	<b>36,1</b>	<b>-23,8</b>	<b>51,8</b>	<b>22,8</b>	<b>-51,6</b>	<b>28,4</b>	<b>3,7</b>	<b>-85,7</b>
Qtl Inf	779,5	627,7	-24	30,2	27,3	-40,4	32,5	16,9	-66,4	10,1	0,6	-94,5
Mín	658	566	-39,8	18,8	19,4	-63,8	16,1	8,4	-84,5	0,2	0	-100
p*	0,00			0,00			0,00			0,00		

DP: Desvio padrão; Máx: Valor amostral máximo; Qtl: Quartil; Sup: superior; Inf: Quartil inferior; Mín: valor amostral mínimo; Δ%: diferenças percentuais entre a postura ortostática e supina; Para a descrição dos índices autonômicos vide materiais e métodos; \*: teste de Wilcoxon.

**TABELA 5.** Estatística descritiva amostral dos índices de Poincarè da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na **posição supina** e na posição **ortostática**, no período previamente ao esforço (n = 34 participantes)

	SD1			SD2			SD1/SD2		
	SUP	ORT	$\Delta\%$	SUP	ORT	$\Delta\%$	SUP	ORT	$\Delta\%$
Média	40,5	18	-49,7	58,3	49,2	-9,2	0,6	0,3	-44,1
DP	22,4	9,5	20,7	22,1	17,5	28,8	0,2	0,8	16,6
Máx	117,3	58	-4,4	108,2	109,5	53,1	1,3	0,5	-11
Qtl Sup	51,7	21	-39,3	74,1	57,9	14,3	0,7	0,4	-32,9
Mediana	<b>36,7</b>	<b>16,1</b>	<b>-51,7</b>	<b>63,2</b>	<b>48,4</b>	<b>-12,2</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>-44,8</b>
Qtl Inf	23	11,9	-66,4	36,7	37,1	-32,3	0,5	0,3	-55,6
Mín	11,4	5,9	-84,6	21,2	26,2	-58,3	0,3	0,2	-74,8
p*		0,00			0,02			0,00	

DP: Desvio padrão; Máx: Valor amostral máximo; Qtl: Quartil; Sup: superior; Inf: Quartil inferior; Min: valor amostral mínimo;  $\Delta\%$ : diferenças percentuais entre a postura ortostática e supina; Para a descrição do índices autonômicos vide materiais e métodos \*: teste de Wilcoxon

**TABELA 6.** Estatística descritiva amostral do índice SD1, do mapa de Poincarè, durante a fase de recuperação após o esforço (n = 34 participantes)

	SD1 1min	SD1 2min	SD1 3min	SD1 4min	SD1 5min
Média	2,3	2,2	2,4	2,8	3,1
DP	0,7	0,6	0,9	1,4	1,8
Máx	5,3	4,1	5,1	6,9	7,8
Qtl Sup	2,6	2,6	2,9	3,1	3,8
Mediana	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>2,3</b>	<b>2,4</b>	<b>2,6</b>
Qtl Inf	1,8	1,8	1,7	1,9	1,7
Mín	1,20	1,0	1,20	1,2	1,1
p*	0,00				
p**	SD1 1min vs SD1 4min: p<0,04				

DP: Desvio padrão; Máx: Valor amostral máximo; Qtl: Quartil; Sup: superior; Inf: Quartil inferior; Mín: valor amostral mínimo; p\*: teste de Friedman; p\*\*: pos hoc Dunn

**TABELA 7.** Estatística descritiva amostral do índice SD2, do mapa de Poincarè, durante a fase de recuperação após o esforço (n = 34 participantes)

	SD2 1min	SD2 2min	SD2 3min	SD2 4min	SD2 5min
Média	2,8	4,0	5,3	5,8	5,7
DP	1,3	2,0	2,4	3,0	2,5
Máx	8,3	10,1	11,8	17,8	11,5
Qtl Sup	3,1	5,0	6,4	6,8	6,9
Mediana	<b>2,5</b>	<b>3,7</b>	<b>4,5</b>	<b>5,1</b>	<b>5,2</b>
Qtl Inf	1,9	2,5	3,5	4,0	3,6
Mín	1,3	1,5	2,4	2,6	2,3
p*	0,00				
p**	SD2 1min vs SD2 3min: p<0,00 SD2 1min vs SD2 4min: p<0,00 SD2 1min vs SD2 5min: p<0,00 SD2 2min vs SD2 3min: p<0,01 SD2 2min vs SD2 4min: p<0,00 SD2 2min vs SD2 5min: p<0,00				

DP: Desvio padrão; Máx: Valor amostral máximo; Qtl: Quartil; Sup: superior; Inf: Quartil inferior; Mín: valor amostral mínimo; p\*: teste de Friedman; p\*\*: pos hoc Dunn

**TABELA 8.** Estatística descritiva amostral do índice SD1/SD2, do mapa de Poincarè, durante a fase de recuperação após o esforço (n = 34 participantes)

	SD1/SD2 1min	SD1/SD2 2min	SD1/SD2 3min	SD1/SD2 4min	SD1/SD2 5min
Média	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5
DP	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
Máx	1,5	1,4	1,0	1,0	1,2
Qtl Sup	1,1	0,7	0,6	0,6	0,6
Mediana	<b>0,9</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>
Qtl Inf	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3
Mín	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
p*	0,00				
p**	SD1/SD2 1min vs SD1/SD2 2min: p<0,01 SD1/SD2 1min vs SD1/SD2 3min: p<0,00 SD1/SD2 1min vs SD1/SD2 4min: p<0,00 SD1/SD2 1min vs SD1/SD2 5min: p<0,00 SD1/SD2 2min vs SD1/SD2 3min: p<0,04				

DP: Desvio padrão; Máx: Valor amostral máximo; Qtl: Quartil; Sup: superior; Inf: Quartil inferior; Mín: valor amostral mínimo; p\*: teste de Friedman; p\*\*:  
pos hoc Dunn

### 5.3. Correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação após o teste cardiopulmonar máximo, o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca e a modulação autonômica cardíaca na condição basal de repouso supino e ortostático

*Correlação entre o grau de decremento cronotrópico e a variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo, nas posições supina e ortostática*

Os índices do domínio do tempo calculados a partir do registro na posição supina foram correlacionados positivamente com o decremento da FC durante a fase de recuperação. Os resultados demonstraram correlações positivas estatisticamente significativas entre a média dos intervalos R-R e o decremento da FC absoluta e relativa no terceiro ( $r_s=0,37$ ,  $p=0,01$ ;  $r_s=0,41$ ,  $p=0,00$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,34$ ,  $p=0,02$ ;  $r_s=0,40$ ,  $p=0,01$ ) respectivamente. Na mesma direção correlações positivas estatisticamente significativas foram observadas entre o grau de modulação global (SDNN) e o decremento da FC absoluta e relativa no terceiro ( $r_s=0,44$ ,  $p=0,00$ ;  $r_s=0,37$ ,  $p=0,01$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,48$ ,  $p=0,00$ ;  $r_s=0,46$ ,  $p=0,00$ ) respectivamente. Ainda na posição supina, verificou-se correlações positivas estatisticamente significativas entre marcador parassimpático (rMSSD) e o decremento da FC absoluta e relativa no terceiro ( $r_s=0,44$ ,  $p=0,00$ ;  $r_s=0,39$ ,  $p=0,01$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,47$ ,  $p=0,00$ ;  $r_s=0,46$ ,  $p=0,00$ ) respectivamente. Por fim, correlações positivas estatisticamente significativas foram obtidas entre o marcador parassimpático (pNN50) e o decremento da FC absoluta e relativa no terceiro ( $r_s=0,39$ ,  $p=0,01$ ;  $r_s=0,35$ ,  $p=0,02$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,41$ ,  $p=0,00$ ;  $r_s=0,40$ ,  $p=0,01$ ) respectivamente, os dados são apresentados na TABELA 9.

Os índices do domínio do tempo calculados a partir do registro na posição ortostática foram correlacionados positivamente com o decremento da FC durante a fase de recuperação. Verificou-se correlações positivas estatisticamente significativas entre a média dos intervalos R-R e o decremento da FC relativa no terceiro ( $r_s=0,36$ ,  $p=0,01$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,34$ ,  $p=0,02$ ). Foram observadas correlações positivas estatisticamente significativas entre o grau de modulação global (SDNN) e o decremento da FC absoluta e relativa no terceiro ( $r_s=0,35$ ,  $p=0,02$ ;  $r_s=0,37$ ,  $p=0,01$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,33$ ,  $p=0,02$ ;  $r_s=0,38$ ,  $p=0,01$ ) respectivamente. Ainda, foram observadas correlações positivas estatisticamente significativas entre marcador parassimpático (rMSSD) e o decremento da FC absoluta e relativa no primeiro ( $r_s=0,43$ ,  $p=0,00$ ;  $r_s=0,47$ ,  $p=0,00$ ), terceiro ( $r_s=0,38$ ,  $p=0,01$ ;  $r_s=0,43$ ,  $p=0,00$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,35$ ,  $p=0,02$ ;  $r_s=0,42$ ,  $p=0,00$ ) respectivamente. E correlações positivas estatisticamente significativas foram observadas entre o marcador parassimpático (pNN50) e o decremento da FC absoluta e relativa no primeiro ( $r_s=0,39$ ,  $p=0,01$ ;  $r_s=0,43$ ,  $p=0,00$ ), terceiro ( $r_s=0,35$ ,

$p=0,02$ ;  $r_s=0,41$ ,  $p=0,00$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,31$ ,  $p=0,03$ ;  $r_s=0,38$ ,  $p=0,01$ ) respectivamente, os dados são apresentados na TABELA 10.

Quanto à responsividade da variação postural, verificou-se a correlação positiva entre a posição supina para ortostática somente no índice ( $\Delta rMSSD$  %) com o decremento da FC absoluta no terceiro ( $r_s=0,29$ ,  $p=0,04$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,35$ ,  $p=0,02$ ); e com o decremento da FC relativa no quinto minuto ( $r_s=0,31$ ,  $p=0,03$ ), os dados são apresentados na TABELA 11.

*Correlação entre o grau de decremento cronotrópico e a variabilidade da frequência cardíaca no mapa de Poincarè, nas posições supina e ortostática*

Os índices do mapa de Poincarè calculados a partir do registro na posição supina foram correlacionados positivamente com o decremento da FC. Verificou-se correlações positivas estatisticamente significativas entre o marcador parassimpático (SD1) e o decremento da FC absoluta e relativa no terceiro ( $r_s$  0,43,  $p= 0,00$ ;  $r_s$  0,39,  $p= 0,01$ ) e quinto minutos ( $r_s$  0,47,  $p= 0,00$ ;  $r_s$  0,46,  $p= 0,00$ ) respectivamente; entre o grau de modulação global (SD2) e o decremento da FC absoluta e relativa no terceiro ( $r_s$  0,42,  $p= 0,00$ ;  $r_s$  0,35,  $p= 0,02$ ) e quinto minutos ( $r_s$  0,46,  $p= 0,00$ ;  $r_s$  0,44,  $p= 0,00$ ) respectivamente; verificou-se correlação positiva entre o balanço simpátovagal (SD1/SD2) e o decremento da FC relativa no terceiro minuto ( $r_s$  0,27,  $p= 0,05$ ), os dados são apresentados na Tabela 12.

Os índices do mapa de Poincarè calculados a partir do registro na posição ortostática foram correlacionados positivamente com o decremento da FC. Verificou-se correlações positivas estatisticamente significativas entre o marcador parassimpático (SD1) e o decremento da FC absoluta e relativa no primeiro ( $r_s$  0,43,  $p= 0,00$ ;  $r_s$  0,47,  $p= 0,00$ ), terceiro ( $r_s$  0,38,  $p= 0,01$ ;  $r_s$  0,43,  $p= 0,00$ ), e quinto minutos ( $r_s$  0,34,  $p= 0,02$ ;  $r_s$  0,42,  $p= 0,00$ ) respectivamente; entre o grau de modulação global (SD2) e o decremento da FC absoluta e relativa no terceiro ( $r_s$  0,34,  $p= 0,02$ ;  $r_s$  0,36,  $p= 0,01$ ) e quinto minutos ( $r_s$  0,32,  $p= 0,03$ ;  $r_s$  0,37,  $p= 0,01$ ) respectivamente; verificou-se correlações positivas estatisticamente significativas entre o balanço simpátovagal (SD1/SD2) e o decremento da FC absoluta e relativa no primeiro minuto ( $r_s$  0,50,  $p= 0,00$ ;  $r_s$  0,52,  $p= 0,00$ ) respectivamente, correlação positiva fraca entre o balanço simpátovagal (SD1/SD2) e o decremento da FC relativa no terceiro ( $r_s$  0,28,  $p= 0,05$ ) e quinto minutos ( $r_s$  0,29,  $p= 0,04$ ) os dados são apresentados na Tabela 13.

Não houve diferenças estaticamente significativas entre a responsividade da variação postural, posição supina para ortostática, dos índices do mapa de Poincarè com o decremento da FC absoluta e relativa, os dados são apresentados na Tabela 14.

*Correlação entre o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca e a variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo, na posição supina e ortostática*

Os índices do domínio do tempo calculados a partir do registro na posição supina foram correlacionados positivamente com o CRFC durante a fase de recuperação. Foram observadas correlações positivas estatisticamente significativas entre a média dos intervalos R-R e o CRFC no terceiro ( $r_s=0,37$ ,  $p=0,01$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,40$ ,  $p=0,00$ ) respectivamente. No mesmo sentido, verificou-se correlações positivas estatisticamente significativas entre o grau de modulação global (SDNN) e o CRFC no terceiro ( $r_s=0,32$ ,  $p=0,02$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,42$ ,  $p=0,00$ ) respectivamente. E correlações positivas estatisticamente significativas entre marcador parassimpático (rMSSD) e o CRFC no terceiro ( $r_s=0,36$ ,  $p=0,01$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,44$ ,  $p=0,00$ ) respectivamente; também correlações positivas estatisticamente significativas entre o marcador parassimpático (pNN50) e o CRFC no terceiro ( $r_s=0,32$ ,  $p=0,03$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,39$ ,  $p=0,01$ ) respectivamente, os dados são apresentados na TABELA 15.

Os índices do domínio do tempo calculados a partir do registro na posição ortostática foram correlacionados positivamente com o CRFC durante a fase de recuperação. Verificou-se correlações positivas estatisticamente significativas entre a média dos intervalos R-R e o CRFC no terceiro ( $r_s=0,34$ ,  $p=0,02$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,36$ ,  $p=0,01$ ) respectivamente. Foram observadas correlações positivas estatisticamente significativas entre o grau de modulação global (SDNN) e o CRFC no terceiro ( $r_s=0,36$ ,  $p=0,01$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,39$ ,  $p=0,01$ ) respectivamente. Foram observadas correlações positivas estatisticamente significativas entre marcador parassimpático (rMSSD) e o CRFC no primeiro ( $r_s=0,31$ ,  $p=0,03$ ), terceiro ( $r_s=0,44$ ,  $p=0,00$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,44$ ,  $p=0,00$ ) respectivamente; e ainda correlações positivas estatisticamente significativas entre o marcador parassimpático (pNN50) e o CRFC no terceiro ( $r_s=0,41$ ,  $p=0,00$ ) e quinto minutos ( $r_s=0,40$ ,  $p=0,00$ ) respectivamente, os dados são apresentados na TABELA 16.

Não houve diferenças estaticamente significativas entre a responsividade da variação postural, posição supina para ortostática, dos índices do domínio do tempo com o CRFC, os dados são apresentados na Tabela 17.

*Correlação entre o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca e a variabilidade da frequência cardíaca no mapa de Poincarè, na posição supina e ortostática*

Os índices do mapa de Poincarè calculados a partir do registro na posição supina foram correlacionados positivamente com o CRFC. Verificou-se correlações positivas estatisticamente significativas entre o marcador parassimpático (SD1) e o CRFC no terceiro ( $r_s$  0,36,  $p=$  0,01) e quinto minutos ( $r_s$  0,44,  $p=$  0,00) respectivamente; entre o grau de modulação global (SD2) e o CRFC no terceiro ( $r_s$  0,32,  $p=$  0,03) e quinto minutos ( $r_s$  0,42,  $p=$  0,00) respectivamente; não houve correlação significativa entre o balanço simpátovagal (SD1/SD2) e o CRFC, os dados são apresentados na Tabela 18.

Os índices do mapa de Poincarè calculados a partir do registro na posição ortostática foram correlacionados positivamente com o CRFC. Foram observadas correlações positivas estatisticamente significativas entre o marcador parassimpático (SD1) e o CRFC no primeiro ( $r_s$  0,31,  $p=$  0,03), terceiro ( $r_s$  0,44,  $p=$  0,00), e quinto minutos ( $r_s$  0,43,  $p=$  0,00) respectivamente; entre o grau de modulação global (SD2) e o CRFC no terceiro ( $r_s$  0,34,  $p=$  0,02) e quinto minutos ( $r_s$  0,38,  $p=$  0,01) respectivamente; e ainda correlações positivas estatisticamente significativas entre o balanço simpátovagal (SD1/SD2) e o CRFC no primeiro ( $r_s$  0,38,  $p=$  0,01), terceiro ( $r_s$  0,32,  $p=$  0,02) e quinto minutos ( $r_s$  0,30,  $p=$  0,04), os dados são apresentados na Tabela 19.

Não houve diferenças estaticamente significativas entre a responsividade da variação postural, posição supina para ortostática, dos índices do mapa de Poincarè com o CRFC, os dados são apresentados na Tabela 20.

**TABELA 09.** Correlação entre a FAC no repouso, *na posição supina* previamente ao esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtida durante o período de recuperação após o esforço (n = 34 participantes)

	[FCR 1º min]		[%FCR 1º min]		[FCR 3º min]		[%FCR 3º min]		[FCR 5º min]		[%FCR 5º min]	
	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p
Média iRR	0,13	0,24	0,17	0,17	<b>0,37</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,41</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,34</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,40</b>	<b>0,01*</b>
SDNN	0,20	0,13	0,21	0,12	<b>0,44</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,37</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,48</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,46</b>	<b>0,00**</b>
rMSSD	0,21	0,12	0,22	0,11	<b>0,44</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,39</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,47</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,46</b>	<b>0,00**</b>
pNN50	0,16	0,18	0,18	0,16	<b>0,39</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,35</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,41</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,40</b>	<b>0,01*</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

**TABELA 10.** Correlação entre a FAC no repouso, *na posição ortostática* previamente ao esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtida durante o período de recuperação após o esforço (n = 34 participantes)

	[FCR 1º min]		[%FCR 1º min]		[FCR 3º min]		[%FCR 3º min]		[FCR 5º min]		[%FCR 5º min]	
	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p
Média iRR	0,20	0,13	0,23	0,09	0,27	0,06	<b>0,36</b>	<b>0,01*</b>	0,24	0,08	<b>0,34</b>	<b>0,02*</b>
SDNN	0,20	0,130	0,23	0,09	<b>0,35</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,37</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,33</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,38</b>	<b>0,01*</b>
rMSSD	<b>0,43</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,47</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,38</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,43</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,35</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,42</b>	<b>0,00**</b>
pNN50	<b>0,39</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,43</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,35</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,41</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,31</b>	<b>0,03*</b>	<b>0,38</b>	<b>0,01*</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

**TABELA 11.** Correlação entre a variação da FAC no repouso, da posição supina para ortostática previamente ao esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtida durante o período de recuperação após o esforço (n = 34 participantes)

	[FCR 1º min]		[%FCR 1º min]		[FCR 3º min]		[%FCR 3º min]		[FCR 5º min]		[%FCR 5º min]	
	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p
ΔMédia iRR %	0,17	0,160	0,18	0,150	0,05	0,380	0,02	0,46	0,08	0,33	0,02	0,45
ΔSDNN %	0,08	0,330	0,11	0,27	0,04	0,410	0,05	0,38	0,14	0,21	0,09	0,30
ΔrMSSD %	0,02	0,46	0,02	0,46	<b>0,29</b>	<b>0,04</b>	0,22	0,10	<b>0,35</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,31</b>	<b>0,03*</b>
ΔpNN50 %	0,25	0,08	0,27	0,06	0,02	0,46	0,11	0,26	0,13	0,23	0,07	0,34

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

**TABELA 12.** Correlação entre os índices do mapa de Poincarè, na **posição supina** previamente ao esforço, com o decremento absoluto e relativo da frequência cardíaca obtida durante o período de recuperação após o esforço (n=34 participantes)

	[ΔabsFC1]		[ΔFC1 %]		[ΔabsFC3]		[ΔFC3 %]		[ΔabsFC5]		[ΔFC5 %]	
	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p
SD1	0,21	0,12	0,21	0,11	<b>0,43</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,39</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,47</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,46</b>	<b>0,03**</b>
SD2	0,19	0,13	0,19	0,13	<b>0,42</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,35</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,46</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,44</b>	<b>0,00**</b>
SD1/SD2	0,12	0,24	0,15	0,20	0,24	0,08	0,27	0,05*	0,24	0,08	0,26	0,68

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

**TABELA 13.** Correlação entre os índices do mapa de Poincarè, na **posição ortostática** previamente ao esforço, com o decremento absoluto e relativo da frequência cardíaca obtida durante o período de recuperação após o esforço (n=34 participantes)

	[FCR 1º min]		[%FCR 1º min]		[FCR 3º min]		[%FCR 3º min]		[FCR 5º min]		[%FCR 5º min]	
	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p
SD1	<b>0,43</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,47</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,38</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,43</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,34</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,42</b>	<b>0,00**</b>
SD2	0,19	0,14	0,22	0,10	<b>0,34</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,36</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,32</b>	<b>0,03*</b>	<b>0,37</b>	<b>0,01*</b>
SD1/SD2	<b>0,50</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,52</b>	<b>0,00**</b>	0,23	0,09	<b>0,28</b>	<b>0,05*</b>	0,23	0,09	<b>0,29</b>	<b>0,04*</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

**TABELA 14.** Correlação entre variação dos índices do mapa de Poincarè, da posição supina para ortostática previamente ao esforço, com o decremento absoluto e relativo da frequência cardíaca obtida durante o período de recuperação após o esforço (n=34 participantes)

	[FCR 1º min]		[%FCR 1º min]		[FCR 3º min]		[%FCR 3º min]		[FCR 5º min]		[%FCR 5º min]	
	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p
ΔSD1 %	0,24	0,08	0,25	0,08	0,06	0,37	0,01	0,46	0,14	0,21	0,08	0,32
ΔSD2 %	0,01	0,48	0,03	0,43	0,06	0,36	0,02	0,44	0,14	0,21	0,09	0,30
ΔSD1/SD2 %	0,22	0,10	0,20	0,13	0,09	0,29	0,09	0,31	0,11	0,26	0,09	0,29

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

**TABELA 15.** Correlação entre a FAC no repouso, *na posição supina* previamente ao esforço com o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca obtido durante o período de recuperação após o esforço (n = 34 participantes)

	CRFC1		CRFC3		CRFC5	
	rs	p	rs	p	rs	p
Média iRR	0,06	0,36	<b>0,37</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,40</b>	<b>0,00**</b>
SDNN	0,09	0,30	<b>0,32</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,42</b>	<b>0,00**</b>
rMSSD	0,10	0,27	<b>0,36</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,44</b>	<b>0,00**</b>
pNN50	0,07	0,34	<b>0,32</b>	<b>0,03*</b>	<b>0,39</b>	<b>0,01*</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

**TABELA 16.** Correlação entre a FAC no repouso, *na posição ortostática* previamente ao esforço com o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca após o esforço (n = 34 participantes)

	CRFC1		CRFC3		CRFC5	
	rs	p	rs	p	rs	p
Média iRR	-0,02	0,44	<b>0,34</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,36</b>	<b>0,01*</b>
SDNN	0,08	0,32	<b>0,36</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,39</b>	<b>0,01*</b>
rMSSD	<b>0,31</b>	<b>0,03</b>	<b>0,44</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,44</b>	<b>0,00**</b>
pNN50	0,25	0,07	<b>0,41</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,40</b>	<b>0,00**</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

**TABELA 17.** Correlação entre variação (responsividade) da FAC no repouso, da posição supina para ortostática previamente ao esforço com o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca após o esforço (n = 34 participantes)

	CRFC1		CRFC3		CRFC5	
	rs	p	rs	p	rs	p
% Média iRR	0,08	0,31	0,05	0,38	0,00	0,47
%SDNN	0,10	0,27	0,06	0,34	-0,04	0,40
%rMSSD	0,19	0,13	0,06	0,36	-0,03	0,42
%pNN50	0,24	0,08	0,21	0,11	0,15	0,19

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

**TABELA 18.** Correlação entre os índices do mapa de Poincarè, *na posição supina* previamente ao esforço com o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca obtido durante o período de recuperação após o esforço (n = 34 participantes)

	CRFC1		CRFC3		CRFC5	
	rs	p	rs	p	rs	p
SD1	0,10	0,27	<b>0,36</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,44</b>	<b>0,00**</b>
SD2	0,09	0,30	<b>0,32</b>	<b>0,03</b>	<b>0,42</b>	<b>0,00**</b>
SD1/SD2	0,13	0,22	0,26	0,06	0,26	0,06

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

**TABELA 19.** Correlação entre os índices do mapa de Poincarè, *na posição ortostática* previamente ao esforço com o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca de recuperação após o esforço (n = 34 participantes)

	CRFC1		CRFC3		CRFC5	
	rs	p	rs	p	rs	p
SD1	<b>0,31</b>	<b>0,03</b>	<b>0,44</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,43</b>	<b>0,00**</b>
SD2	0,08	0,32	<b>0,34</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,38</b>	<b>0,01*</b>
SD1/SD2	<b>0,38</b>	<b>0,01*</b>	<b>0,32</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,30</b>	<b>0,04*</b>

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

**TABELA 20.** Correlação entre os índices do mapa de Poincarè, da posição supina para ortostática previamente ao esforço com o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca após o esforço (n = 34 participantes)

	CRFC1		CRFC3		CRFC5	
	rs	p	rs	p	rs	p
%SD1	0,20	0,12	0,05	0,37	-0,04	0,40
%SD2	0,02	0,43	0,02	0,43	-0,05	0,38
%SD1/SD2	0,13	0,22	-0,04	0,39	-0,08	0,310

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

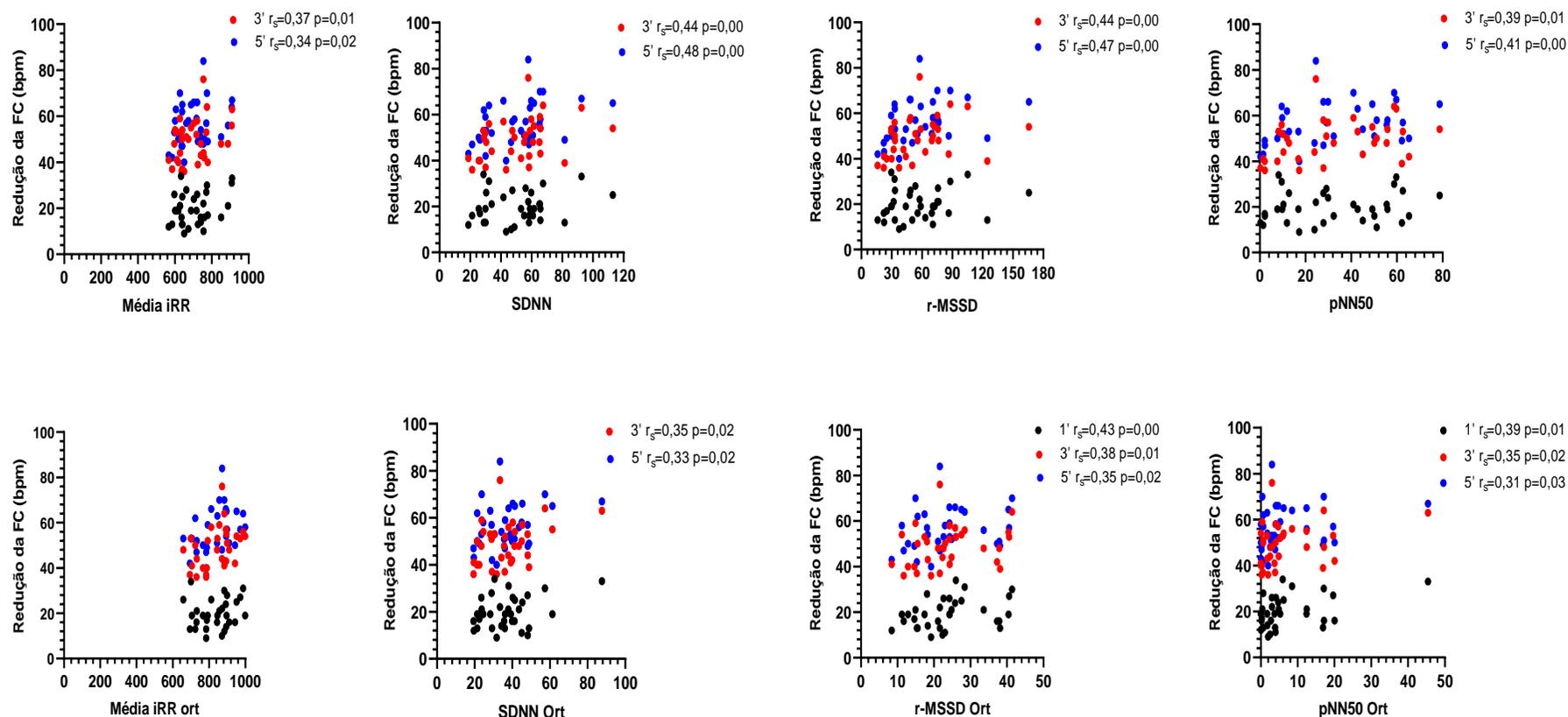


FIGURA 04. Correlação entre a redução absoluta da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os **índices dos domínios do tempo da variabilidade da frequência cardíaca** nas posições supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço. Os coeficientes de correlação de *Spearman* e seus respectivos valores de *p* nas posições supina e ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não se mostraram significativos encontram-se nas **TABELAS 09 e 10**.

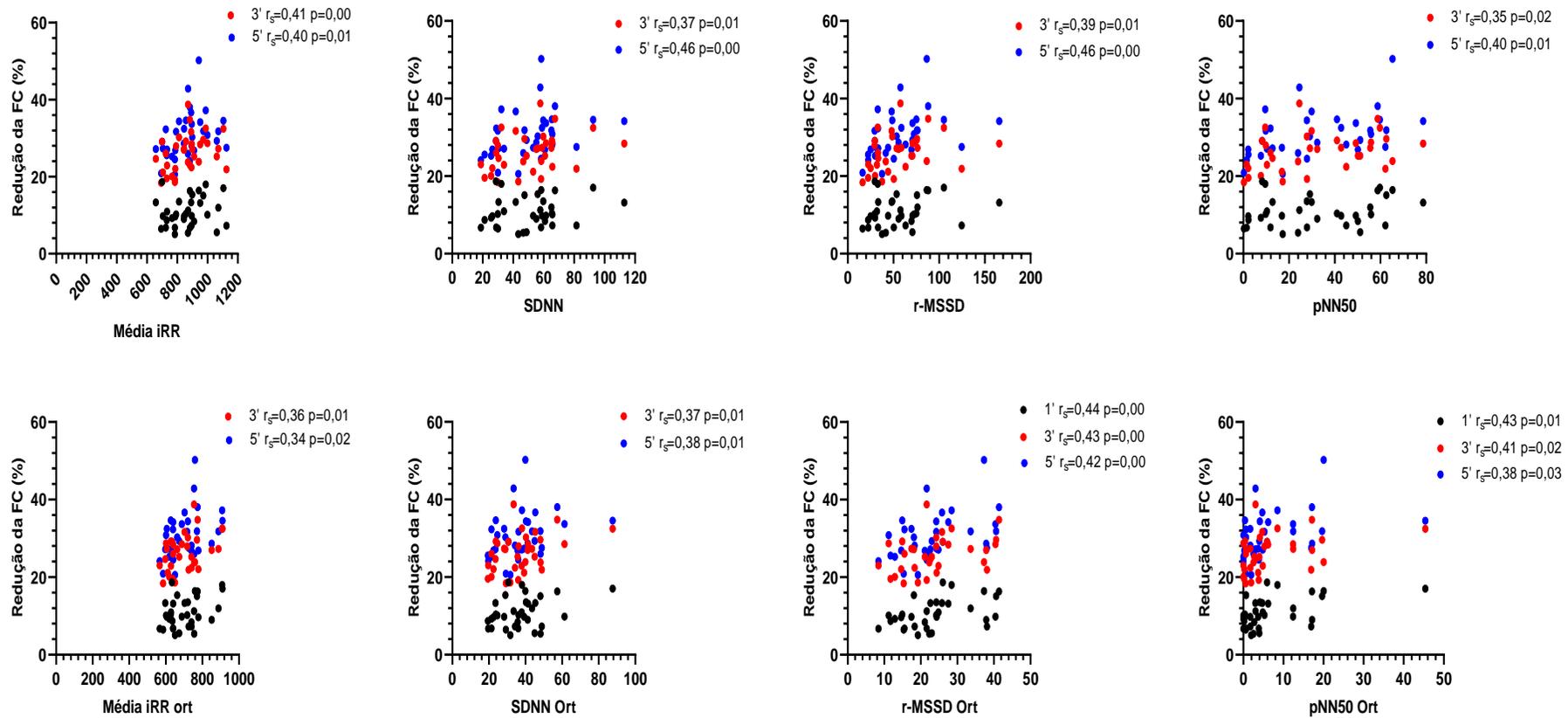


FIGURA 05. Correlação entre a redução relativa da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os **índices dos domínios do tempo da variabilidade da frequência cardíaca** nas posições supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço.

Os coeficientes de correlação de *Spearman* e seus respectivos valores de *p* nas posições supina e ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não se mostraram significativos encontram-se nas **TABELAS 09 e 10**.

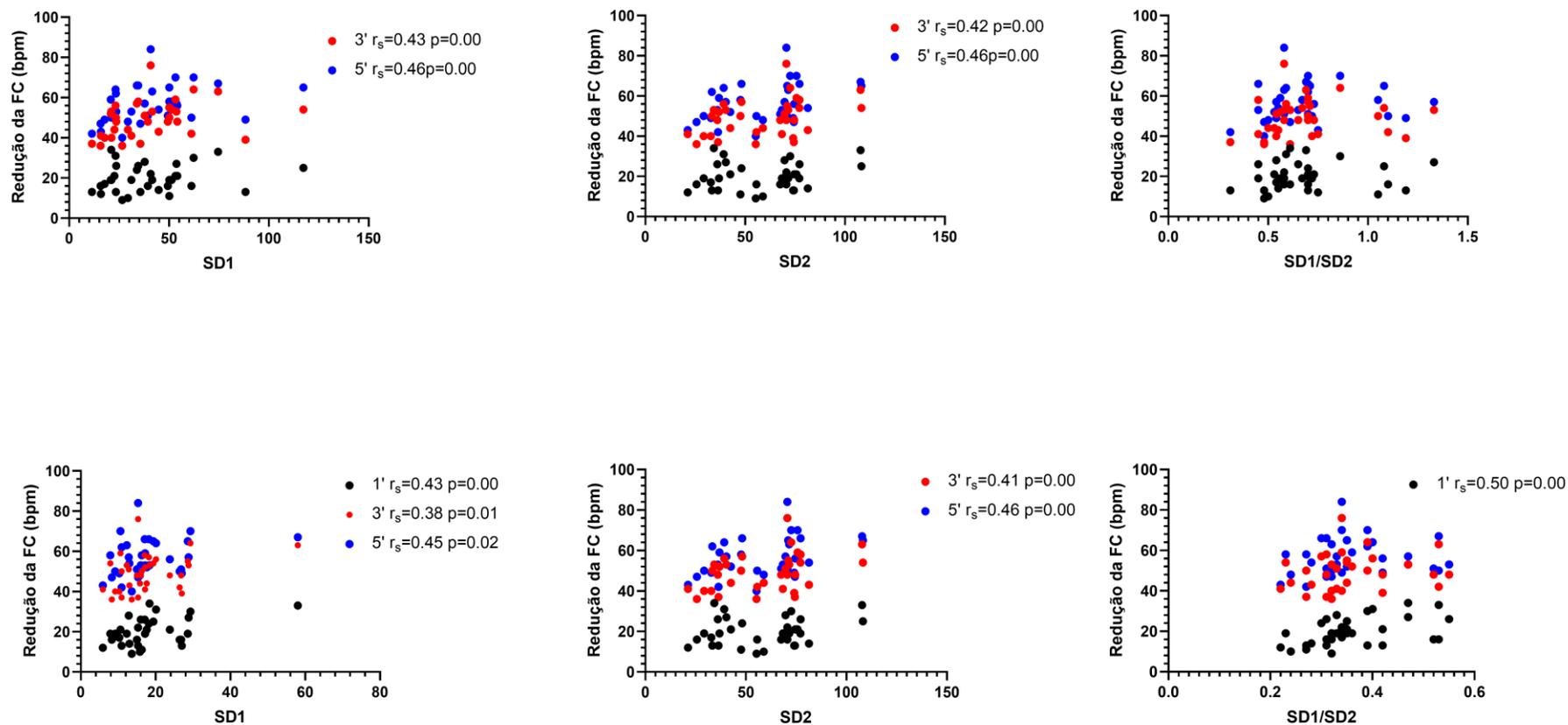


FIGURA 06. Correlação entre a redução absoluta da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os **índices de Poincarè da variabilidade da frequência cardíaca** nas posições supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço. Os coeficientes de correlação de *Sperman* e seus respectivos valores de *p* nas posições supina e ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não se mostraram significativos encontram-se nas **TABELAS 12 e 13**.

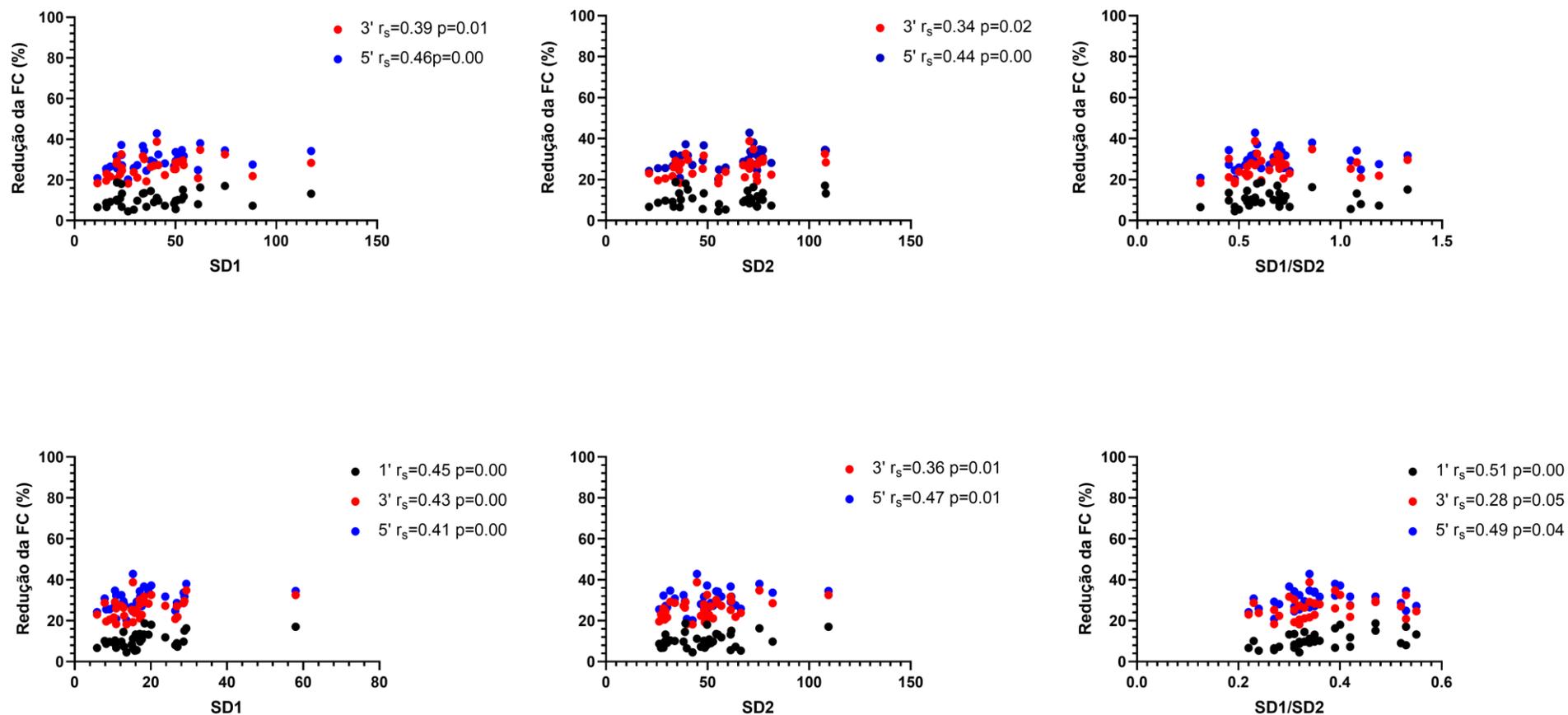


FIGURA 07. Correlação entre a redução relativa da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os **índices de Poincarè da variabilidade da frequência cardíaca** nas posições supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço. Os coeficientes de correlação de *Sperman* e seus respectivos valores de *p* nas posições supina e ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não se mostraram significativos encontram-se nas **TABELAS 12 e 13**.

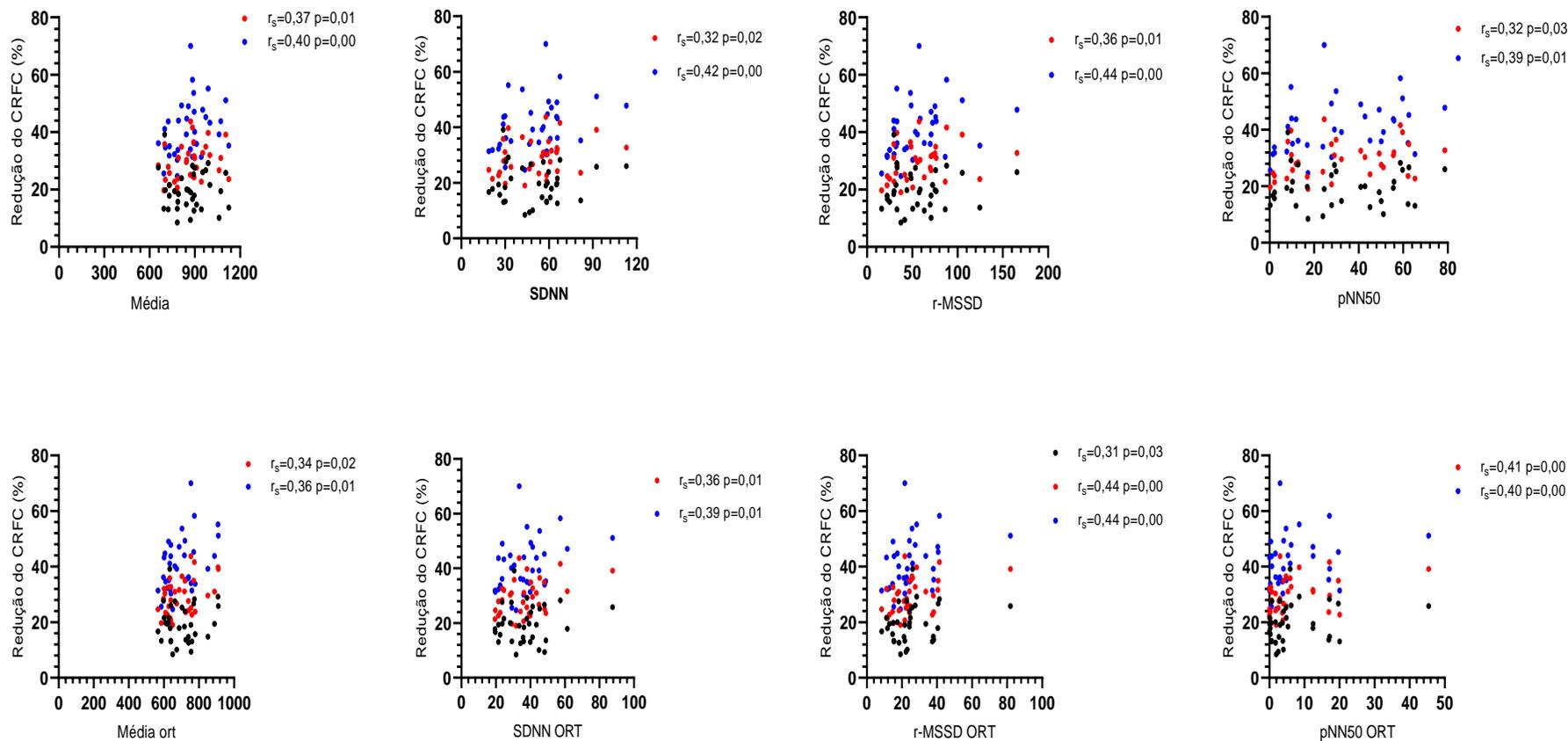


FIGURA 08. Correlação entre a redução do coeficiente recuperação da frequência cardíaca (CRFC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os **índices dos domínios do tempo da variabilidade da frequência cardíaca** nas posições supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço.

Os coeficientes de correlação de *Sperman* e seus respectivos valores de *p* nas posições supina e ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não se mostraram significativos encontram-se nas **TABELAS 15 e 16**.

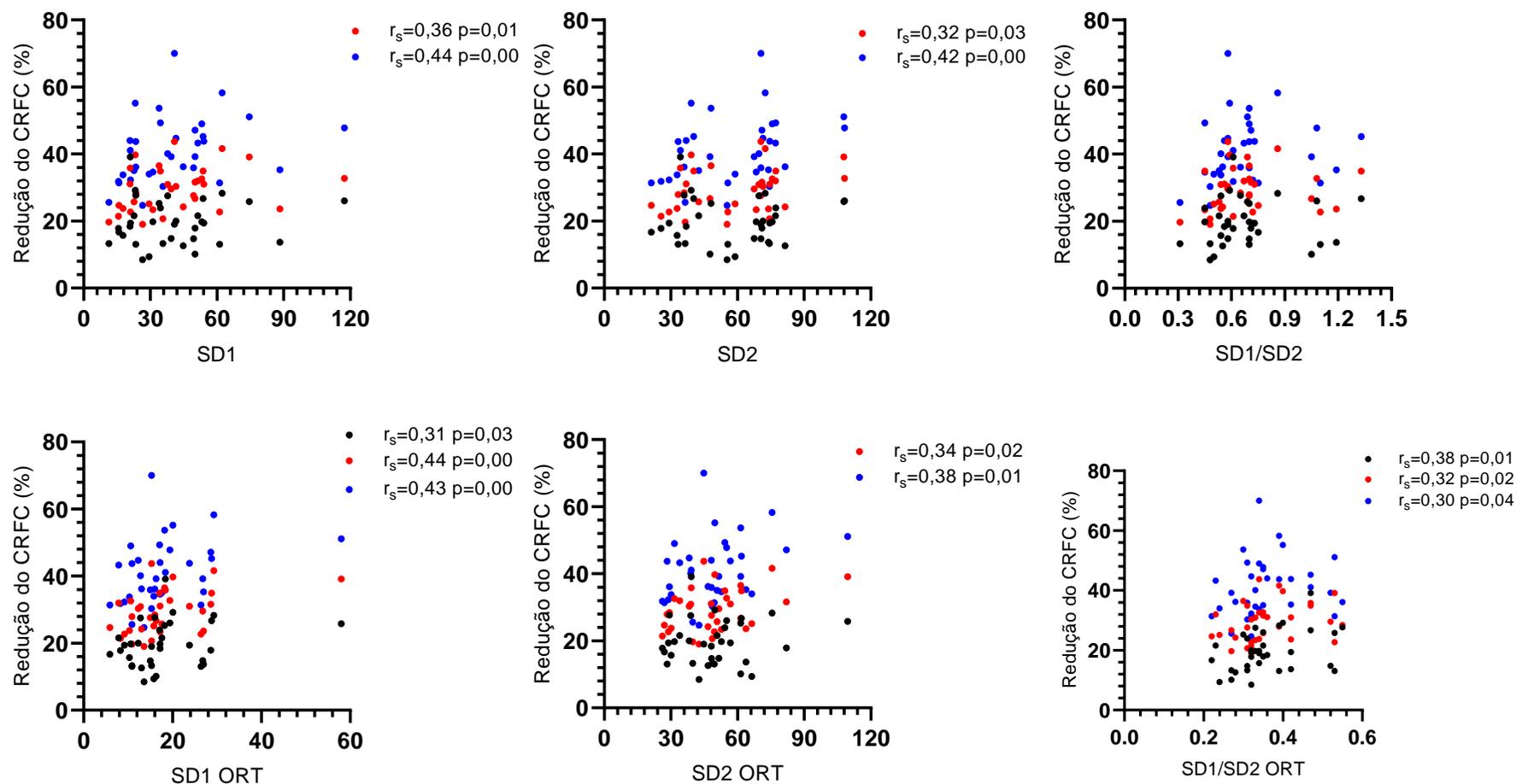


FIGURA 09. Correlação entre a redução do coeficiente recuperação da frequência cardíaca (CRFC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os **índices de Poincaré da variabilidade da frequência cardíaca** nas posições supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço. Os coeficientes de correlação de *Sperman* e seus respectivos valores de *p* nas posições supina e ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não se mostraram significativos encontram-se nas **TABELAS 18 e 19**.

#### **5.4. Correlação entre a modulação autonômica cardíaca basal, mapa de Poincarè, com a variabilidade da frequência cardíaca durante a fase de recuperação**

*Correlação do marcador parassimpático (SD1), nas posições supina e ortostática com índice (SD1) durante a fase recuperação*

Verificou-se correlação positiva estatisticamente significativa entre o marcador parassimpático (SD1) na posição supina no quarto minuto com SD1 durante a fase de recuperação ( $r_s$  0,35,  $p=$  0,02). No mesmo sentido, conforme demonstrado na tabela 13 houve correlações positiva estatisticamente significativa com o marcador parassimpático (SD1) na posição ortostática e o SD1 durante a fase de recuperação no segundo ( $r_s$  0,47,  $p=$  0,00), terceiro ( $r_s$  0,40,  $p=$  0,00), quarto ( $r_s$  0,43,  $p=$  0,00) e quinto minutos ( $r_s$  0,41,  $p=$  0,00). Não houve diferença estatisticamente significativa entre o marcador parassimpático durante a variação postural, posição supina para a posição ortostática, com marcador parassimpático (SD1) durante a fase de recuperação. Não houve correlação significativa na variação da mudança postural ativa, posição supina para a posição ortostática, entre o marcador parassimpático (SD1) em repouso com o SD1 durante a fase de recuperação, conforme demonstrado na TABELA 21.

*Correlação do grau de modulação global (SD2), na posição supina e ortostática com o grau de modulação global (SD2) durante a fase recuperação*

Verificou-se correlação positiva estatisticamente significativa entre o grau de modulação global (SD2) na posição supina e o grau de modulação global (SD2) durante a fase de recuperação no segundo ( $r_s$  0,36,  $p=$  0,01), quarto ( $r_s$  0,29,  $p=$  0,04) e quinto minutos ( $r_s$  0,33,  $p=$  0,02). No mesmo sentido houve correlação positiva estatisticamente significativa com o grau de modulação global (SD2) na posição ortostática e o grau de modulação global (SD2) durante a fase de recuperação no segundo ( $r_s$  0,48,  $p=$  0,00), terceiro ( $r_s$  0,33,  $p=$  0,02), quarto ( $r_s$  0,46,  $p=$  0,06) e quinto minutos ( $r_s$  0,62,  $p=$  0,00). Verificou-se correlação positiva estatisticamente significativa entre a variação do grau de modulação global (SD2) durante a mudança postural ativa, posição supina para a posição ortostática, e o grau de modulação global (SD2) durante a fase de recuperação no primeiro minuto ( $r_s$  0,59,  $p=$  0,00), conforme demonstrado na TABELA 22.

*Correlação do balanço simpátovagal (SD1/SD2), na posição supina e ortostática com o balanço simpátovagal (SD1/SD2) durante a fase recuperação*

Não houve correlação estatisticamente significativa entre o balanço simpátovagal (SD1/SD2) nas posições supina e ortostática e nem durante a mudança postural ativa com o balanço simpátovagal (SD1/SD2) durante a fase de recuperação, conforme demonstrado na TABELA 23.

**TABELA 21.** Correlação entre o marcador parassimpático SD1 na condição basal previamente ao esforço com o SD1 durante a fase de recuperação após o esforço (n = 34 participantes)

	SD1 1º min		SD1 2º min		SD1 3º min		SD1 4º min		SD1 5º min	
	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p
SD1 Sup	0,03	0,43	0,27	0,06	<b>0,28</b>	<b>0,05</b>	<b>0,35</b>	<b>0,02*</b>	0,22	0,11
SD1 Ort	0,15	0,20	<b>0,47</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,40</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,43</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,41</b>	<b>0,00**</b>
Δ% SD1	0,07	0,33	0,15	0,18	-0,04	0,40	-0,04	0,40	0,12	0,23

Sup: supino; Ort: ortostático; Δ%: variação relativa do supino para o ortostático; \*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

**TABELA 22.** Correlação entre o grau de modulação global SD2 na condição basal previamente ao esforço com o SD2 durante a fase de recuperação após o esforço (n = 34 participantes)

	SD2 1º min		SD2 2º min		SD2 3º min		SD2 4º min		SD2 5º min	
	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p	rs	p
SD2 Sup	-0,25	0,07	<b>0,36</b>	<b>0,01*</b>	0,21	0,11	<b>0,29</b>	<b>0,04*</b>	<b>0,33</b>	<b>0,02*</b>
SD2 Ort	0,24	0,08	<b>0,48</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,33</b>	<b>0,02*</b>	<b>0,46</b>	<b>0,00**</b>	<b>0,62</b>	<b>0,00**</b>
Δ%SD2	<b>0,59</b>	<b>0,00**</b>	0,00	0,49	0,09	0,30	0,10	0,27	0,13	0,22

Sup: supino; Ort: ortostático; Δ%: variação relativa do supino para o ortostático \*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

**TABELA 23.** Correlação entre o balanço simpátovagal (SD1/SD2) na condição basal previamente ao esforço com o SD1/SD2 durante a fase de recuperação após o esforço (n = 34 participantes)

	SD1/SD2 1min		SD1/SD2 2min		SD1/SD2 3min		SD1/SD2 4min		SD1/SD2 5min	
	rs	p								
SD1/SD2 Sup	-0,15	0,19	0,24	0,08	-0,03	0,41	0,13	0,23	-0,05	0,38
SD1/SD2 Ort	-0,26	0,06	-0,22	0,10	-0,11	0,25	-0,08	0,31	-0,18	0,14
Δ%SD1/SD2	-0,12	0,24	-0,28	0,05	-0,06	0,36	-0,21	0,10	-0,13	0,22

Sup: supino; Ort: ortostático; Δ%: variação relativa do supino para o ortostático \*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (unilateral). \* A correlação é significativa no nível 0,05 (unilateral).

### **5.5. Comparação da frequência cardíaca de recuperação absoluta e relativa e da reativação parassimpática durante a recuperação após o esforço em dois subgrupos formados a partir atividade parassimpática nas posições supina e ortostática no repouso**

*Comparação da frequência cardíaca absoluta durante recuperação após o esforço. O 1º e o 3º tercil da atividade parassimpática (SD1) nas posições supina e ortostática no repouso foram utilizados como ponto de corte para a formação de subgrupos com menor e maior atividade parassimpática.*

Na posição supina, após análise comparativa entre o grupo 1 (1º Tercil) e o grupo 2 (3º Tercil) do SD1 verificou-se que o grupo 2 foi mais eficiente na recuperação da FC no terceiro e quinto minutos, apresentando diferenças estatisticamente significativas ( $p=0.03$ ) e ( $p=0.02$ ) e tamanho de efeito médio ( $TE=0,46$ ) e ( $TE=0,48$ ) respectivamente, conforme demonstrado na TABELA 24 e FIGURA 10.

Na posição ortostática, após análise comparativa entre o grupo 1 (1º Tercil) e o grupo 2 (3º Tercil) do SD1 verificou-se que o grupo 2 foi mais eficiente na recuperação da FC no primeiro minuto, apresentando diferença estatisticamente significativa ( $p=0.03$ ) e tamanho de efeito médio ( $TE=0,44$ ), conforme demonstrado na TABELA 25 e FIGURA 10.

*Comparação da frequência cardíaca relativa durante a fase de recuperação após o esforço. O 1º e o 3º tercil da atividade parassimpática (SD1) nas posições supina e ortostática no repouso foram utilizados como ponto de corte para a formação de subgrupos com menor e maior atividade parassimpática.*

Na posição supina, após análise comparativa entre o grupo 1 (1º Tercil) e o grupo 2 (3º Tercil) verificou-se que o grupo 2 foi mais eficiente na recuperação da FC no terceiro e quinto minutos, apresentando diferenças estatisticamente significativas ( $p=0.05$ ) e ( $p=0.02$ ) e tamanho de efeito médio ( $TE=0,41$ ) e ( $TE=0,47$ ) respectivamente, conforme demonstrado na TABELA 26 e FIGURA 10.

Na posição ortostática, após análise comparativa entre o grupo 1 (1º Tercil) e o grupo 2 (3º Tercil) verificou-se que o grupo 2 foi mais eficiente na recuperação da FC no primeiro e terceiro minutos, apresentando diferença estatisticamente significativa ( $p=0.02$ ) e tamanho de efeito grande ( $TE=0,50$ ) e médio ( $TE=0,48$ ) respectivamente, conforme demonstrado na TABELA 27 e FIGURA 10.

*Comparação da reativação parassimpática durante a recuperação após o esforço. O 1º e o 3º tercil da atividade parassimpática (SD1) nas posições supina e ortostática no repouso foram utilizados como ponto de corte para a formação de subgrupos com menor e maior atividade parassimpática.*

Na posição supina, não houve diferenças estatisticamente significativas entre o grupo 1 (1º Tercil) e o grupo 2 (3º Tercil) referente reativação parassimpática durante a fase de recuperação, conforme demonstrado na TABELA 28 e FIGURA 11.

Na posição ortostática, após análise comparativa entre o grupo 1 (1º Tercil) e o grupo 2 (3º Tercil) verificou-se que o grupo 2 apresentou melhor responsividade da atividade vagal no segundo, terceiro, quarto e quinto minutos, apresentando diferenças estatisticamente significativas ( $p=0.00$ ;  $p=0.02$ ;  $p=0.02$ ;  $p=0.02$ ) e tamanho de efeito grande ( $TE=0,56$ ) e médio ( $TE=0,48$ ) respectivamente, conforme demonstrado na TABELA 29 e FIGURA 11.

**TABELA 24.** Comparação da frequência cardíaca de recuperação absoluta após o esforço. O 1º e 3º Tercil do SD1 na **posição supina** no repouso foi usado como ponto de corte para a formação de subgrupos com maior e menor atividade parassimpática (n=22 participantes)

	1º Tercil (SD1) (n = 11)	3º Tercil (SD1) (n = 11)	p	TE
FCR1ºmin (bpm)	19,00 (13,00; 26,00)	21,00 (16,00; 27,00)	0,60	0,11
FCR3ºmin (bpm)	44, 00 (40,00; 52,00)	54,00 (48,00; 59,00)	<b>0,03*</b>	<b>0,46</b>
FCR5ºmin (bpm)	52,00 (47,00; 59,00)	58,00 (56,00; 67,00)	<b>0,02*</b>	<b>0,48</b>

1º Tercil =  $G1 \leq 25,49$ ; 3º Tercil =  $G2 \geq 49,63$ . \* p é significativo no nível 0,05. TE: Tamanho de efeito

**TABELA 25.** Comparação da frequência cardíaca de recuperação absoluta após o esforço. O 1º e 3º Tercil do SD1 na **posição ortostática** no repouso foi usado como ponto de corte para a formação de subgrupos com maior e menor atividade parassimpática (n=22 participantes)

	1º Tercil (SD1) (n = 11)	3º Tercil (SD1) (n = 11)	p	TE
FCR1ºmin (bpm)	17,00 (13,00; 19,00)	25,00 (16,00; 31,00)	<b>0,03*</b>	<b>0,44</b>
FCR3ºmin (bpm)	43,00 (40,00; 53,00)	53,00 (48,00; 56,00)	0,07	0,38
FCR5ºmin (bpm)	54,00 (47,00; 62,00)	57,00 (50,00; 65,00)	0,17	0,29

1º Tercil =  $G1 \leq 13,39$ ; 3º Tercil =  $G2 \geq 18,26$ . \* p é significativo no nível 0,05. TE: Tamanho de efeito

**TABELA 26.** Comparação da frequência cardíaca de recuperação relativa após o esforço. O 1° e 3° Tercil do SD1 na **posição supina** no repouso foi usado como ponto de corte para a formação de subgrupos com maior e menor atividade parassimpática (n=22 participantes)

	1° Tercil (SD1) (n = 11)	3° Tercil (SD1) (n = 11)	p	TE
%FCR1°min	9,74 (6,77; 13,33)	10,40 (7,96; 15,08)	0,62	0,10
%FCR3°min	23,03 (20,51; 27,96)	28,50 (25,25; 29,61)	<b>0,05*</b>	<b>0,41</b>
%FCR5°min	27,08 (25,54; 31,72)	31,84 (29,29; 34,54)	<b>0,02*</b>	<b>0,47</b>

1° Tercil = G1  $\leq$  25,49; 3° Tercil = G2  $\geq$  49,63. \* p é significativo no nível 0,05. TE: Tamanho de efeito

**TABELA 27.** Comparação da frequência cardíaca de recuperação relativa após o esforço. O 1° e 3° Tercil do SD1 na **posição ortostática** no repouso foi usado como ponto de corte para a formação de subgrupos com maior e menor atividade parassimpática (n=22 participantes)

	1° Tercil (SD1) (n = 11)	3° Tercil (SD1) (n = 11)	p	TE
%FCR1°min	9,19 (6,77; 10,11)	13,16 (8,99; 17,01)	<b>0,02*</b>	<b>0,50</b>
%FCR3°min	23,03 (20,51; 27,32)	28,50 (26,97; 32,47)	<b>0,02*</b>	<b>0,48</b>
%FCR5°min	28,13 (25,54; 32,29)	31,84 (28,65; 34,54)	0,08	0,37

1° Tercil = G1  $\leq$  13,39; 3° Tercil = G2  $\geq$  18,26. \* p é significativo no nível 0,05. TE: Tamanho de efeito

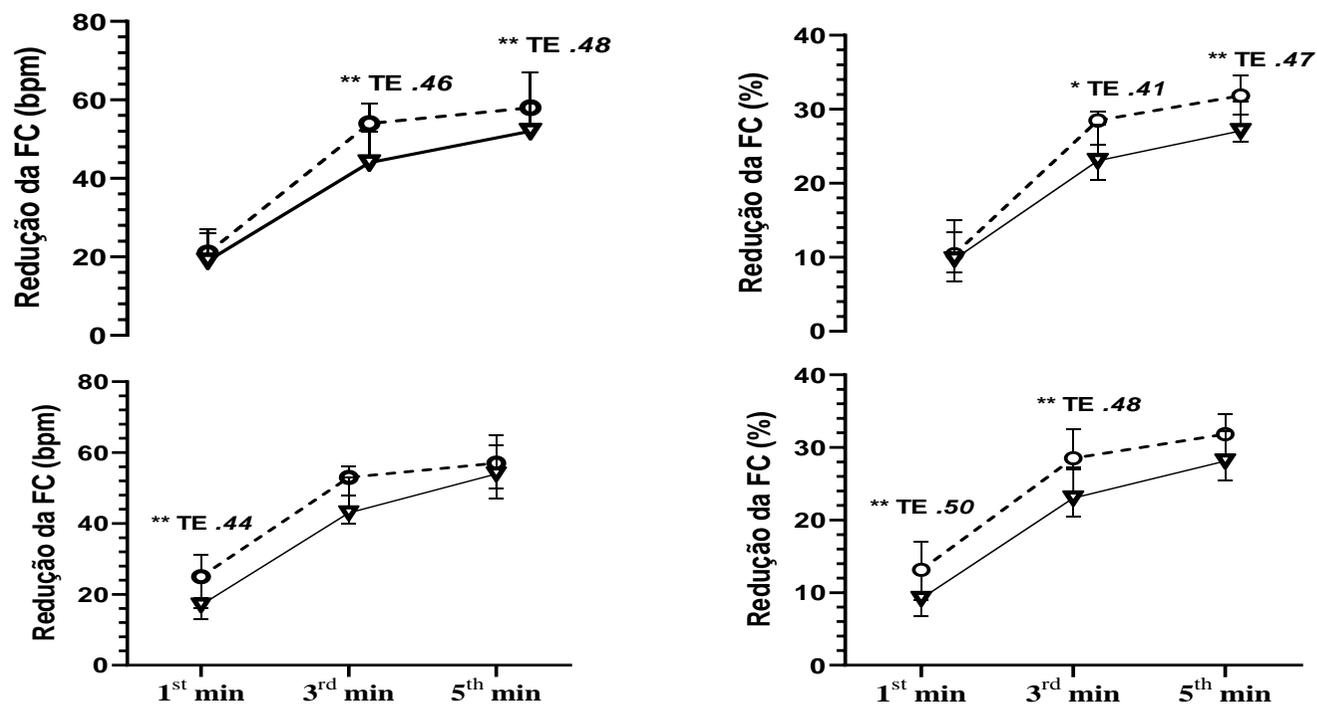


FIGURA 10. Mediana (quartis) do 1<sup>o</sup> tercil (∇) e 3<sup>o</sup> tercil (◉) da atividade parassimpática na posição supina (painéis superiores) e 1<sup>o</sup> tercil (∇) e 3<sup>o</sup> tercil (◉) da atividade parassimpática na posição ortostática (painéis inferiores) foram usados como ponto de corte para dividir a amostra em subgrupos com menor e maior atividade parassimpática durante a recuperação ativa no 1<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> minutos de recuperação. \* p é significativo no nível 0,05. TE: Tamanho de efeito.

**TABELA 28.** Comparação da reativação parassimpática durante os 5 minutos da fase de recuperação após o esforço. O 1º e 3º Tercil do SD1 na **posição supina** no repouso foi usado como ponto de corte para a formação de subgrupos com maior e menor atividade parassimpática (n=22 participantes)

	1º Tercil (SD1) (n = 11)	3º Tercil (SD1) (n = 11)	p	TE
SD1 1ºmin (ms)	2,36 (1,85; 2,85)	2,29 (2,09; 2,82)	0,84	0,04
SD1 2ºmin (ms)	1,97 (1,67; 2,66)	2,41 (2,30; 3,04)	0,17	0,29
SD1 3ºmin (ms)	1,94 (1,79; 2,53)	2,55 (2,32; 3,13)	0,18	0,28
SD1 4ºmin (ms)	2,20 (1,77; 2,52)	2,90 (2,39; 3,55)	0,06	0,40
SD1 5ºmin (ms)	2,21 (1,54; 3,92)	3,22 (2,27; 4,06)	0,21	0,27

1º Tercil =  $G1 \leq 25,49$ ; 3º Tercil =  $G2 \geq 49,63$ . \* p é significativo no nível 0,05. TE: Tamanho de efeito

**TABELA 29.** Comparação da reativação parassimpática durante os 5 minutos da fase de recuperação após o esforço. O 1º e 3º Tercil do SD1 na **posição ortostática** no repouso foi usado como ponto de corte para a formação de subgrupos com maior e menor atividade parassimpática (n=22 participantes)

	1º Tercil (SD1) (n = 11)	3º Tercil (SD1) (n = 11)	p	TE
SD1 1ºmin (ms)	2,20 (1,76; 2,64)	2,29 (2,09; 2,70)	0,25	0,24
SD1 2ºmin (ms)	1,91 (1,67; 2,36)	2,42 (2,22; 3,09)	<b>0,00**</b>	<b>0,56</b>
SD1 3ºmin (ms)	2,09 (1,79; 2,44)	3,11 (2,37; 4,43)	<b>0,02*</b>	<b>0,48</b>
SD1 4ºmin (ms)	2,25 (2,05; 2,52)	3,51 (2,39; 6,25)	<b>0,02*</b>	<b>0,48</b>
SD1 5ºmin (ms)	2,02 (1,54; 2,82)	3,81 (2,62; 5,11)	<b>0,02*</b>	<b>0,48</b>

1º Tercil =  $G1 \leq 13,39$ ; 3º Tercil =  $G2 \geq 18,26$ . \* p é significativo no nível 0,05. TE: Tamanho de efeito

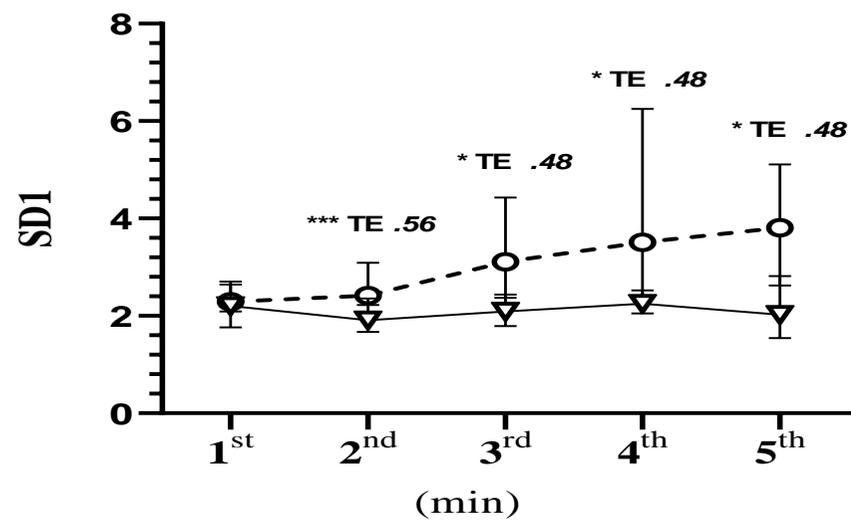


FIGURA 11. Mediana (quartis) e 1<sup>o</sup> tercil (∇) e 3<sup>o</sup> tercil (◉) da atividade parassimpática na posição ortostática foram usados como ponto de corte para dividir a amostra em subgrupos com menor e maior atividade parassimpática os 5 minutos durante a recuperação ativa. \* p é significativo no nível 0,05. TE: Tamanho de efeito.

## 6. DISCUSSÃO

A sessão de discussão foi subdividida em cinco tópicos com objetivo de facilitar a compreensão dos achados neste estudo. Será apresentada conforme descrito abaixo:

- Frequência cardíaca, decremento cronotrópico e consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais;
- Modulação autonômica cardíaca no repouso e durante a fase de recuperação após o teste cardiopulmonar;
- Avaliação da correlação entre a modulação autonômica cardíaca basal, domínio do tempo e mapa de Poincarè, com a frequência cardíaca de recuperação e o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca;
- Avaliação da correlação entre a modulação autonômica cardíaca em repouso, mapa de Poincarè, com a variabilidade da frequência cardíaca de recuperação;
- Comparação da frequência cardíaca de recuperação absoluta e relativa e da reativação parassimpática durante a recuperação após o esforço em dois subgrupos formados a partir atividade parassimpática nas posições supina e ortostática no repouso.

### Característica da amostra

A amostra foi composta por participantes do sexo feminino, jovens adultas e aparentemente saudáveis do ponto de vista clínico-cardiológico por meio de autorrelato e exame eletrocardiográfico de 12 derivações. A avaliação do ECG é fundamental para a adequada interpretação do método de análise da FAC por meio da VFC na condição de repouso e na fase de recuperação após o esforço.

No entanto, as características amostrais, referentes a FAC, que apesar de previamente controladas, proporcionam de imediato, uma ampla faixa de variabilidade entre as variáveis avaliadas pela VFC no domínio do tempo e no mapa de Poincarè. Nesse contexto, apesar do controle dos pressupostos para a utilização do método da VFC, a amostra estudada apresentou grande amplitude das variáveis avaliadas, fenômeno observado normalmente em estudos que envolvem o método de análise da FAC por meio da VFC. Por outro lado, apesar de consolidado o método de análise da FAC pela VFC o método ainda carece de delimitação

quanto as possíveis faixas de normalidade para os índices registrados por meio da VFC (PUMPRLA e cols., 2002; KLEIGER e cols., 2005).

Estudos (LAUER, 2009; LAHIRI e cols., 2008) demonstraram que a VFC é atenuada em virtude de diversas condições clínicas e funcionais. Dentre estas condições, o avanço da idade, é um fator importante que contribui para a redução da VFC (PUMPRLA e cols., 2002). Entretanto, na amostra estudada o valor mediano (quartis) na idade das participantes foi 22 (20 – 24) anos, o qual pode se considerar como uma população jovem adulta.

Outro fator a ser observado foi o IMC. Utilizou-se como critério de inclusão o  $IMC \geq 18,5$  e  $\leq 24,9$  ( $kg/m^2$ ), considerado como normal e/ou eutróficas (ACSM, 2018). Verifica-se que quanto maior o IMC menor é a modulação autonômica cardíaca no repouso (KLEIGER e cols., 2005).

Considera-se também na análise da VFC o controle da FR, o qual influencia a FAC (TASK FORCE, 1996). As participantes respiraram espontaneamente e tiveram as suas incursões respiratórias contadas e registradas. O controle da FR teve como finalidade excluir as participantes que apresentassem a  $FR \leq 9$  incursões respiratórias por minuto (irpm). Kivieniemi e cols., 2004 demonstraram que a  $FR \leq 9$  irpm interfere na análise da VFC por sobrepor as áreas de análise da modulação da FAC, fenômeno conhecido como *overlapping*. Apesar desse fenômeno, *overlapping*, ser observado somente quando aplicada a análise da VFC no domínio espectral optamos por aplicar esse critério de inclusão na amostra.

Destaca-se o controle da medida da PA de todas as participantes. As participantes apresentaram valores considerados dentro da faixa de normalidade, independentemente da posição corporal de análise, supina ou ortostática (ACSM, 2018).

Por fim, todas as participantes apresentaram ritmo sinusal normal analisado por meio do ECG de repouso. O ritmo sinusal é pressuposto básico na análise da FAC através da VFC (PUMPRLA e cols., 2002) conforme previamente abordado.

Levando em consideração, as características amostrais baseadas nas variáveis analisadas durante o repouso, podemos considerar, em princípio, dentro da normalidade em virtude da ausência de qualquer manifestação clínica que possibilite interpretação diferente. Portanto, todas as participantes do estudo estavam sob um controle rigoroso de caracterização da amostra conferindo a amostra semelhança entre as participantes.

### **6.1. Frequência cardíaca, decremento cronotrópico e consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais**

Como discutido anteriormente, as características amostrais baseadas nas variáveis avaliadas na condição de repouso, em princípio podem ser consideradas dentro da normalidade, em virtude da ausência de qualquer observação que indique interpretação diferente.

Desta forma, neste item da discussão, serão abordados o comportamento cronotrópico e o consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais em que a amostra foi submetida durante o protocolo experimental.

No presente estudo, o objetivo da avaliação da cinética (comportamento) cronotrópica (FC) e do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) nas duas condições funcionais em que a amostra foi submetida (esforço – recuperação), teve como finalidade demonstrar a normalidade clínica e funcional ao longo de todo o protocolo experimental.

O teste cardiopulmonar máximo foi o método escolhido para avaliar os ajustes das variáveis frente ao esforço físico máximo e durante a fase de recuperação após o esforço.

Geralmente, o teste cardiopulmonar máximo é utilizado como método de avaliação diagnóstica e prognóstica no campo da avaliação clínica e na avaliação funcional (WASSERMAN, 1986). As avaliações traduzem informações importantes sobre a capacidade homeostática corporal frente às respostas metabólicas, cardiovasculares e pulmonares associadas às diversas intensidades de esforço físico em que a participante foi submetida.

No presente estudo, as participantes demonstraram que no esforço a FC comportou-se como o esperado. Foi observado o aumento progressivo da FC em função do aumento da intensidade até o esforço máximo.

Assim, ao iniciar o esforço, ocorre um aumento da FC durante o exercício devido a uma combinação, inicialmente da retirada parassimpática e da ativação simpática de acordo com o aumento da intensidade durante o esforço (ARAI e cols., 1989).

Outro aspecto importante, foram os registros da FC no início e no esforço máximo (FC inicial e no pico do esforço). Os registros destacam as diferenças funcionais frente à resposta cronotrópica (FC) entre os índices fisiológicos utilizados na caracterização da amostra.

Desta forma, verificou-se que o comportamento da resposta cronotrópica (FC) ao longo de todo o protocolo experimental foi considerado normal.

Simultaneamente ao aumento cronotrópico (FC) progressivo até o pico do esforço, foi verificado o comportamento semelhante do consumo de oxigênio em relação à cinética da FC. Verificou-se aumento linear entre as variáveis até o término do esforço.

O  $VO_{2max}$  e/ou  $VO_{2pico}$ , ambas as medidas obtidas no final do esforço são medidas consideradas como padrão ouro na avaliação da potência aeróbia máxima individual (ACSM, 2018).

Os dados obtidos demonstraram que o  $VO_{2pico}$  mediano obtido em nossa amostra, categorizou as participantes como tendo um consumo de oxigênio pico regular (ACSM, 2018) para a faixa etária média da amostra.

Todas as variáveis anteriormente citadas são medidas da condição clínica-funcional individual. Portanto, a relação entre a FC,  $VO_2$  e intensidade de trabalho, juntos potencializam a capacidade de análise da função homeostática individual frente ao estresse gerado pelo esforço físico. A FC aumentou linearmente com o  $VO_2$  durante o exercício (WASSERMAN, 1987), conforme observado em nossos dados.

Portanto após verificar a normalidade clínica e funcional do comportamento da FC e do  $VO_2$  durante o teste cardiopulmonar máximo, na sequência foi monitorada o decremento da FC e o consumo de oxigênio após o esforço.

Vários estudos destacam a importância de monitorar e avaliar a FCR (COLE e cols., 1999; MOLINA e cols., 2016; MOLINA e cols., 2021; BECHKE e cols., 2020). A avaliação da FCR é utilizada como método de análise relativo a responsividade autonômica cardíaca e as respectivas associações com a função cardiovascular, condição clínica, fatores de risco em indivíduos clinicamente normais e doentes, e avaliação do nível de treinamento físico (COLE e cols., 1999; JOUVEN e cols., 2005; BUCHHEIT e cols., 2014; MOLINA e cols., 2016; MOLINA e cols., 2021).

Os dados obtidos em nosso estudo demonstraram que imediatamente após o esforço, e início da fase de recuperação, ocorreu a queda acentuada da FC durante a fase de recuperação.

O comportamento do decremento cronotrópico analisado em nossa amostra corrobora com vários estudos, que demonstraram o decremento da FC após o esforço (COLE e cols., 1999; MOLINA e cols., 2016; BECHKE e cols., 2020; MOLINA e cols., 2021). Imai e cols., 1994 descreveram duas fases de recuperação (lenta e rápida) após o esforço máximo. A primeira fase, ocorre o decremento rápido da FC, que é independente da atividade simpática. A queda rápida da FC durante os 30 a 60 segundos, pode ser considerada como aumento da atividade vagal (reativação) sobre o coração. Por outro lado, a segunda fase da queda da FC é

considerada a fase lenta da FC, que é dependente da carga de treinamento e da atividade de ambos os ramos autonômicos (IMAI e cols., 1994).

No campo da pesquisa clínica, Cole e cols., 1999 demonstraram o forte valor prognóstico da avaliação da FCR. O estudo realizado por Cole e cols., 1999 definiram como FCR anormal, o decremento da FC no pico do esforço até o primeiro minuto de recuperação  $\leq$  12 batimentos por minutos. Goldberger e cols., 2006 observaram que FCR atenuada após o esforço é forte preditor de mortalidade e morte súbita.

Portanto, o interesse em avaliar a FCR está relacionada a responsividade vagal (reativação vagal) que está ligada a atividade do SNP frente a elevada atividade simpática após o término do esforço físico. Resumindo o retorno do organismo a condição basal anterior ao esforço físico é prioritariamente dependente da rápida reativação vagal com simultânea e progressiva retirada simpática.

Ainda durante a fase de recuperação, a cinética do  $VO_2$  comportou-se conforme o esperado. Foi observado comportamento semelhante entre a cinética do consumo de oxigênio e o comportamento da FC. Verificou-se o declínio rápido do consumo de oxigênio no 1º, 3º e 5º minutos durante a fase de recuperação.

Finalmente, deve-se levar em consideração a magnitude do comportamento da FC e  $VO_2$  descritos, nas diversas condições funcionais em que a amostra foi submetida, demonstrando que os ajustes fisiológicos registrados durante todo o protocolo experimental tiveram comportamento conforme o esperado.

## **6.2. Modulação autonômica cardíaca no repouso e durante a fase de recuperação após o teste cardiopulmonar**

Após verificado o comportamento normal da cinética da FC e do  $VO_2$ , nas diversas condições funcionais em que a amostra foi submetida, nesta seção será discutida a regulação autonômica cardíaca na condição de repouso e na fase de recuperação.

Entretanto, as características amostrais referente a FAC, embora controladas, geram de imediato, uma ampla faixa de variabilidade entre as variáveis quantificadas e analisadas por meio da VFC no domínio do tempo e no mapa de Poincarè.

Os índices da VFC observados nas participantes na posição supina apresentaram-se com grande amplitude de variação entre as participantes. Novos e futuros estudos devem buscar valores que delimitam essa ampla variação. Entretanto os nossos resultados não estão

em conflito com os descritos na literatura (GRANT e cols., 2009). Nesse contexto, já está bem documentado em diversos estudos, que indivíduos jovens, clinicamente saudáveis na posição supina sofrem forte influência da regulação parassimpática na condição basal com respectiva redução atividade simpática (MOLINA e cols., 2016; BECHKE e cols., 2020; MOLINA e cols., 2021). Este fenômeno fisiológico, grande variabilidade dos índices autonômicos, confere ação protetora cardiovagal na condição de repouso.

Portanto, com a mudança postural ativa, verificou-se redução média dos iRR de -17,1%. O marcador da modulação global (SDNN) após a mudança postural ativa apresentou redução da mediana de -23,8%. Os marcadores da atividade parassimpática no domínio do tempo, rMSSD e pNN50 após a mudança postural ativa apresentaram redução mediana de -51,6% e -85,7% respectivamente. O mesmo fenômeno foi observado com os índices do mapa de Poincarè. O marcador da atividade parassimpática (SD1) após a mudança postural ativa apresentou redução da mediana -51,7%. O marcador do grau de modulação global (SD2) após a mudança postural ativa apresentou redução da mediana -12,2%, e o marcador do balanço simpatovagal após a mudança postural ativa apresentou redução da mediana -44,8%.

Destaca-se que foi observado que o comportamento dos índices no domínio do tempo e mapa de Poincarè após a mudança postural ativa apresentaram redução absoluta e/ou relativa da atividade parassimpática durante as análises. Ou seja, comportamento fisiológico esperado frente a demanda do EOA. Os resultados demonstram que as participantes demonstraram grande modulação autonômica vagal no repouso e elevada responsividade do sistema autônomo cardíaco com o estresse ortostático.

Desta forma, os efeitos causados pela mudança postural ativa sobre os ramos do SNA (parassimpático e simpático) afetaram diretamente a FAC, influenciando diretamente o balanço autonômico do coração. Isto demonstra que na posição ortostática em relação a posição supina ocorreu redução do grau de modulação do balanço autonômico, devido a mudança postural ativa em condição normal ocasionando a retirada absoluta e/ou relativa da atividade parassimpática e com aumento absoluto e/ou relativo da atividade simpática (MOLINA e cols., 2013; MOLINA e cols., 2016; MOLINA e cols., 2021).

Os achados observados, em mulheres jovens, com a mudança postural ativa refletem a adequada responsividade autonômica cardíaca frente ao estresse ortostático. As modificações observadas com a redução do balanço autonômico cardíaco, devido a retirada absoluta e/ou relativa da atividade parassimpática e aumento absoluto e/ou relativo da atividade simpática na posição ortostática corroboraram com o esperado para indivíduos clinicamente saudáveis (MOLINA e cols., 2016; MOLINA e cols., 2021).

Na sequência foi avaliado a FAC durante a fase de recuperação por meio do mapa de Poincarè.

Foi verificada a reativação parassimpática cardíaca (SD1) durante os cinco minutos da fase de recuperação ativa imediatamente após o esforço. O marcador do grau de modulação global (SD2) também apresentou aumento durante os cinco minutos da fase de recuperação. Por outro lado, o balanço simpátovagal (SD1/SD2) apresentou redução durante os cinco minutos da fase de recuperação.

Os resultados observados para os 3 índices (SD1, SD2 e SD1/SD2) são esperados para as características funcionais das voluntárias avaliadas, pois em situações como na fase de recuperação imediatamente após o esforço, a reativação vagal deprimida expressa a baixa capacidade de modulação da VFC o que está diretamente associada com o aumento de fatores de risco para doenças cardiovasculares e morte súbita (LAHIRI e cols., 2008).

### **6.3. Avaliação da correlação entre a modulação autonômica cardíaca basal, domínio do tempo e mapa de Poincarè, com a frequência cardíaca de recuperação e o coeficiente de recuperação da frequência cardíaca**

No presente estudo, o qual buscou amentar o espectro de análise da FAC na condição de repouso e as possíveis associações com a FCR, optou-se por utilizar, o domínio do tempo e o mapa de Poincaré, ambas formas de avaliação da VFC, conforme anteriormente descrito.

Foram verificados novos e relevantes achados entre a associação da FCR e os índices da VFC na condição de repouso. Os presentes achados podem contribuir significativamente para uma melhor compreensão dos ajustes da FCR imediatamente após o esforço e sua relação com o status da FAC no repouso em mulheres jovens, aparentemente saudáveis.

Não foi observada correlação entre a FCR, o CRFC e a responsividade dos índices da VFC após a variação relativa da VFC após mudança postural ativa (estresse ortostático ativo). Por outro lado, foram observadas correlações positivas significativas entre a FCR absoluta, relativa e o CRFC no 3º e 5º minutos de recuperação com os índices da VFC (média iRR, SDNN, rMSSD e pNN50) na condição de repouso, na posição supina. No mesmo sentido, foram observadas correlações positivas significativas entre a FCR relativa e CRFC no 3º e 5º minutos de recuperação com os índices da VFC (média iRR e SDNN), e com SDNN e a FCR absoluta no 3º e 5º minutos na posição ortostática e também com os marcadores da atividade

vagal (rMSSD e pNN50) e a FCR absoluta, relativa no 1º, 3º e 5º minutos, e com o CRFC no 3º e 5º minutos.

Outros achados importantes foram as correlações positivas significativas entre a FCR absoluta e relativa no 3º e 5º minutos com os índices do mapa de Poincarè na posição supina e SD1 e o SD2 marcadores de modulação parassimpática e do grau de modulação global, respectivamente. No entanto na posição ortostática verificou-se correlações positivas significativas entre a FCR absoluta e relativa com os índices do mapa de Poincarè, SD1 no 1º, 3º e 5º minutos, com SD2 no 3º e 5º minutos, e com a razão SD1; SD2 (balanço simpátovagal) no 1º minuto de recuperação. Ainda observamos correlações positivas significativas entre o CRFC no 3º e 5º minutos com o SD1 e SD2. Na posição ortostática, foram observadas correlações positivas significativas entre o CRFC no 1º, 3º e 5º minutos com os índices SD1 e o SD1/SD2. No mesmo sentido foram observadas correlações positivas significativas entre CRFC no 3º e 5º minutos e o SD2.

Diante das observações realizadas acima, os resultados da presente pesquisa sugerem que a maior a atividade autonômica cardíaca, expressa principalmente pela atividade vagal no repouso supino e principalmente na posição ortostática, implicou em maior grau de decremento da FC após o esforço. Portanto, isto sugere que a FCR em mulheres jovens é dependente em grande parte da atividade tônica parassimpática obtida no repouso e não da responsividade frente a resposta autonômica com a mudança postural.

Entretanto, os nossos resultados contrariam os achados observados por Molina e cols., 2016 e 2021 o qual observaram inicialmente associação negativa entre os índices vagais da VFC na posição ortostática com a FCR. Posteriormente, os autores verificaram que a FCR se correlacionou positivamente com a retirada relativa parassimpática após mudança postural ativa. Nesse sentido, Molina e colaboradores concluíram que em homens a maior responsividade vagal (redução) após mudança postural ativa, implicou em maior grau de decremento da FCR imediatamente após o esforço. Portanto, em homens parece que a FCR é dependente em grande parte da responsividade (retirada) parassimpática após mudança da postura da posição supina para ortostática e não da atividade tônica parassimpática obtida nas posições supina e ortostática em repouso.

Por outro lado, os resultados da presente pesquisa contrariam os achados prévios descritos por Molina e colaboradores nos anos de 2016 e 2021 e indicam que em mulheres jovens aparentemente saudáveis a FCR parece depender do grau de atividade tônica da FAC (atividade vagal) em repouso. Laborde e cols., 2018 descreveram que a melhor autorregulação cardíaca é acompanhada por uma maior atividade vagal em repouso, ou seja, “quanto mais

alto melhor”. Nosso trabalho demonstrou que maior atividade vagal em repouso, na posição supina e principalmente na ortostática, foram associados positivamente com o maior decremento da FCR após o esforço em mulheres jovens aparentemente saudáveis.

Acreditamos que até o presente momento o nosso estudo talvez seja o primeiro a investigar a associação entre o decremento da FCR após o teste cardiopulmonar máximo com a VFC de repouso nas posições supina e ortostática (modulação) e após a mudança postural ativa da posição supina para ortostática (responsividade) em mulheres jovens, aparentemente saudáveis, que usam contraceptivo oral.

Entretanto, apesar de Bechke e cols., 2020 realizaram um estudo semelhante ao atual estudo, Bechke e cols, verificaram associação da FCR com a VFC com as voluntárias na apenas na posição supina. Nosso estudo avança na compreensão da interação repouso-recuperação em mulheres jovens, aparentemente saudáveis, pois além da associação entre a FCR e a FAC no repouso supino e ortostática, entretanto na posição ortostática as correlações positivas foram mais marcantes e precoces.

Os resultados do trabalho de Bechke e cols., 2020 corroboram com os nossos achados na posição supina, onde observamos correlação positiva significativa dos marcadores da modulação global (SDNN) e vagal (rMSSD) na posição supina com a FCR na posição supina no 3º e 5º minutos.

Diferente de nossos achados, vários estudos não encontraram correlação entre a FCR e os índices da VFC no repouso. Um dos trabalhos foi realizado por Bosquet e cols., 2007 o qual examinou 28 participantes (24 homens e 4 mulheres), corredores de média e longa distância, a associação entre a VFC de curto prazo, na posição supina, e a FCR no 1º minuto. Durante a recuperação os voluntários recuperaram no 1º min de forma passiva, na posição ortostática, e na sequência eram posicionados sentados por mais 4 min para o registro dos índices da VFC na posição supina. Os autores concluíram que não houve associação entre o status autonômico de repouso com a FCR. Outro estudo realizado por Javorka e cols., 2002 testaram a hipótese de associação entre a FCR (recuperação passiva - posição supina) com os índices da VFC, obtidas nas posições supina e ortostática no repouso em 17 homens saudáveis, não treinados. Segundo os autores não foram encontradas correlações entre a FCR e os índices da VFC no 1º minuto de recuperação. Ainda, Esco e cols., 2010 analisaram a associação entre a FCR (recuperação ativa) no 1º e 2º minutos com os índices da VFC, obtidos na posição supina, em 66 homens. Não foi encontrado correlação entre a FCR e a VFC no 1º e 2º minutos de recuperação.

Por outro lado, outros estudos apresentaram correlações entre a FCR e a VFC no repouso. Chen e cols., 2011 examinaram a relação entre a FCR (recuperação passiva) e os índices da VFC, na posição supina, em 273 homens (205 eram jovens, idade < 65 anos e 68 eram idosos, idade  $\geq$  65 anos). Os autores não encontraram correlação entre a FCR e os índices da VFC no 1º e 2º minutos. Porém, foi verificada correlação positiva entre a FCR e os índices da VFC (SDNN, rMSSD) no 4º minuto somente nos homens jovens, idade < 65 anos.

Antelmi e cols., 2007 verificaram as correlações entre a FCR (sendo 2 minutos de recuperação ativa caminhando e 3 minutos de recuperação passiva na posição ortostática) e os índices da VFC por meio do registro longo dos intervalos RR (24 horas - Holter), em 485 participantes, sendo 204 homens e 281 mulheres. Os autores não encontraram correlações no 1º e 2º minutos, porém verificaram correlações positiva entre a FCR e os índices da VFC (SDNN, SDANN, SDNNi, rMSSD e pNN50) no 3º e 4º minutos.

Nunan e cols., 2010 examinaram as correlações entre a FCR (recuperação passiva, sentado) e os índices da VFC, na posição supina, em 33 participantes, sendo 19 homens e 14 mulheres, não houve correlação entre a FCR e a VFC no 1º minuto, mas houve correlações positivas no 2º e 3º minutos.

Danieli e cols., 2014 examinaram as correlações entre a FCR (recuperação passiva) e a VFC, na posição sentada, em 60 participante divididos em grupo de atletas sendo 20 homens e 10 mulheres, e grupo controle (não praticavam exercício físico) sendo 20 homens e 10 mulheres, houve correlações positivas entre a FCR e a VFC em 30 segundos, 1º e 2º minutos.

Molina e cols., 2016 examinaram a existência de associação entre a FCR (recuperação ativa), com a VFC no repouso supino e ortostático em 31 homens, fisicamente ativos. Os autores verificaram correlações negativas entre a FCR e a VFC na posição ortostática no 3º e 5º minutos. Neste trabalho foi demonstrado a importância da análise da VFC não apenas na posição supina, mas também na posição ortostática e da responsividade autonômica cardíaca com a mudança postura ativa. Foram observadas correlações negativas significativas entre o CRFC no 1º, 3º e 5º minutos com os índices da VFC na posição ortostática (pNN50, rMSSD e AF marcadores da atividade vagal). Por outro lado, foram observadas correlações positivas significativas entre CRFC no 3º e 5º minutos com banda de baixa potência em unidades normalizadas e a potência total. Estes resultados são diferentes do nosso trabalho.

No presente estudo, foram observadas correlações positivas significativas entre a VFC na posição supina e ortostática (média iRR, SDNN, rMSSD e pNN50) e o CRFC no 3º e 5º minutos, na posição ortostática também houve correlação significativa com o rMSSD e o CRFC no 1º minuto. Embora não tenha sido o nosso objetivo comparar as diferentes respostas

entre os homens e mulheres os resultados indicam que em mulheres o decremento da FCR após o esforço parece depender mais da atividade tônica vagal no repouso, na posição supina e ortostática. Portanto os nossos achados sugerem que, em mulheres jovens, aparentemente saudáveis, a melhor autorregulação durante a fase de recuperação parece depender da atividade parassimpática no repouso.

Outro trabalho realizado pelo nosso grupo de pesquisa examinou a correlação entre a FCR (recuperação ativa), o CRFC e a VFC, durante a mudança postural ativa (posição supina para ortostática), em 46 homens, fisicamente ativos. Nesse estudo foram observadas correlações positivas significativas entre a FCR absoluta e relativa no 1º minuto com ( $\Delta\%$  pNN50) após a mudança postural. No 3º e 5º minutos após o exercício foram observadas correlações positivas significativas com  $\Delta\%$  CV,  $\Delta\%$  pNN50,  $\Delta\%$  rMSSD  $\Delta\%$  potência total e  $\Delta\%$  banda de alta frequência. No mesmo sentido, foram observadas correlações positivas e significativas entre o CRFC no 1º minuto com  $\Delta\%$  pNN50,  $\Delta\%$  rMSSD e  $\Delta\%$  banda de alta frequência (marcadores da atividade vagal). No 3º e 5º minutos, foram observadas correlações positivas significativas com  $\Delta\%$  CV,  $\Delta\%$  pNN50,  $\Delta\%$  rMSSD  $\Delta\%$  potência total e  $\Delta\%$  banda de alta frequência. Estes resultados diferem do presente estudo que não observou correlações durante a mudança postural ativa. Portanto, concluímos que em homem a FCR parece depender mais da responsividade (redução) parassimpática após mudança postural do que as mulheres jovens, aparentemente saudáveis.

Bechke e cols., 2020 examinaram a correlação entre a FCR (recuperação ativa) e a VFC, na posição supina em 30 participantes, sexo feminino, aparentemente saudáveis. A VFC foi registrada durante 4 visitas em dias diferentes. As correlações foram realizadas com a média da VFC da 1ª a 3ª visitas, a média da VFC da 1ª a 4ª visitas, o registro da VFC em único dia (4ª visita) com a FCR. Houve correlação positiva da FCR no 1º minuto com a VFC (rMSSD – marcador vagal) com a média da 1ª a 3ª visitas, também houve correlações positivas entre a FCR em 30 segundos, (SDNN – modulação global e rMSSD), 1º e 3º minutos (rMSSD) pos-exercício. No entanto, em uma única visita (4ª visita) ocorreu correlações mais robusta entre a FCR (30 segundos, 1º, 2º, 3º, 4º e 5º minutos) com a VFC (SDNN e rMSSD).

Os diferentes resultados encontrados nos diferentes estudos podem, provavelmente, ser devido análise estatística inadequada em alguns estudos que empregaram o teste de correlação paramétrica sem a normalização das variáveis, em vez de utilizar o teste não paramétrico, quando os índices da VFC são analisados como não paramétricos; diferentes condições clínicas e funcionais, também são observadas diferenças na idade, gênero, nível de

aptidão física nos participantes avaliados; diferentes protocolos dos exercícios e recuperação empregados; e medidas da VFC registradas em diferentes posições posturais ou apenas em uma posição.

Portanto, é importante destacar em nosso estudo que a posição na qual a FCR foi registrada, foi a posição ortostática, a qual também foi utilizada durante o protocolo de exercício. Assim acreditamos que talvez o método para análise das correlações entre a FCR e a VFC deva-se considerar a condição da posição postural nos registros das medidas, pois sabidamente a FAC é fortemente influenciada pela posição corporal.

Nossos resultados, talvez possam ser explicados pela teoria do tanque vagal, o qual destaca que quanto “mais melhor”, então quanto maior a atividade parassimpática na condição basal, mais eficiente será a fase de recuperação (LABORDE e cols., 2018). Nosso estudo demonstrou que a condição basal (posição supina e posição ortostática) foi associada positivamente com o decremento da FCR, demonstrando que em mulheres jovens, aparentemente saudáveis, a fase de recuperação está provavelmente mais na dependência do status autonômico nas posições supina e ortostática. Entretanto, em dois trabalhos publicados pelo nosso grupo que os participantes eram do sexo masculino (Molina—2016-2021), os resultados foram diferentes deste nosso trabalho.

Portanto levando-se em consideração a essência das correlações observadas nos estudos conduzidos por Molina e cols., parece que em homens a FCR dependa em grande parte da responsividade (redução) parassimpática em repouso, enquanto que em mulheres jovens, aparentemente saudáveis, a FCR dependa em grande parte do grau de atividade parassimpática no repouso.

Embora uma explicação completa das diferenças entre os homens e mulheres e dos potenciais mecanismos referentes ao controle parassimpático no repouso esteja além do escopo dessa dissertação, sabe-se que o controle neural pode diferir significativamente, devido a diferença de gênero. Estudos demonstraram que a FAC está relacionada as estruturas cerebrais, tais como a amígdala e o córtex pré-frontal ventromedial (TAYER e cols., 2012) e, portanto, as análises da VFC obtidas entre homens e mulheres não podem ser tratadas de forma igual e que estudos com amostras compostas por ambos os sexos precisam enfatizar estas diferenças (KOENIG; THAYER; 2016).

Kappus e cols. (2015) demonstraram que mulheres jovens tem maior função autonômica em repouso e após o exercício máximo do que homens jovens. Os autores sugerem que os hormônios sexuais, principalmente o estrogênio nas mulheres, pode estar influenciando a função autonômica fazendo com que as mulheres tenham predominância

parassimpática durante o repouso. Entretanto, neste estudo, os autores não avaliaram os níveis hormonais nas participantes, destacando apenas que o registro da função autonômica nas mulheres jovens foi na fase folicular. Destaca-se mulheres apresentam menor descarga vasomotor simpática durante o exercício comparado aos homens, que reflete em um aumento atenuado na atividade nervosa simpática muscular e nos níveis de catecolaminas. As mulheres apresentam menores concentrações de metabólitos resultando em menor excitação simpática induzida pelo metaborreflexo (WHEATLEY e cols., 2014; KATAYAMA e cols., 2018; GUSTAFSON; KALKHOFF, 1982).

#### **6.4. Avaliação da correlação entre a modulação autonômica cardíaca em repouso, mapa de Poincarè, com a variabilidade da frequência cardíaca de recuperação**

Diante da não estacionariedade dos registros durante a fase de recuperação após o exercício, a análise da VFC foi obtida e posteriormente analisada por meio dos índices do mapa de Poincarè, marcador autonômico cardíaco frequentemente aplicado para análise da VFC em condições dinâmicas (TULPPO e cols., 1996).

Conforme previamente descrito, no presente estudo os índices do mapa de Poincarè foram obtidos em duas condições funcionais como o repouso e durante cinco minutos de recuperação após o esforço.

Na amostra estudada os resultados demonstraram correlações positivas entre a atividade vagal na posição ortostática (SD1 Ort) com a reativação parassimpática cardíaca do 2º aos 5º minutos durante a fase de recuperação após o exercício. Na posição supina foi observado correlação positiva apenas no 4º minuto de recuperação após o exercício. Por fim, não observamos correlações entre a reativação vagal (SD1) ao longo da fase recuperação com responsividade parassimpática (% SD1), após a mudança da posição supina para a posição ortostática.

Podemos destacar que o conjunto dos resultados dessa sessão são inéditos a luz da ciência. Nesse sentido, é sabido que há escassez de estudos que associam a VFC na condição basal, posições supina e ortostática, com a VFC durante a fase de recuperação, especialmente em mulheres jovens, aparentemente saudáveis. Por outro lado, nossos achados podem ser considerados interessantes por destacarem que a maior atividade vagal no repouso, principalmente na posição ortostática, foi preditora de maior reativação vagal após o esforço. Os resultados corroboram com os estudos propostos por THAYER e cols.; 2009 e LABORDE e cols., 2018, os quais reforçam a hipótese de que a maior atividade parassimpática avaliada

em repouso (supino e ortostático) é considerada preditora de melhor autorregulação após o esforço durante a fase de recuperação. Portanto os nossos achados confirmam a interação repouso-recuperação em mulheres jovens, aparentemente saudáveis.

### **6.5. Comparação da frequência cardíaca de recuperação absoluta e relativa e da reativação parassimpática durante a recuperação após o esforço em dois subgrupos formados a partir atividade parassimpática nas posições supina e ortostática no repouso**

Considerando que foram observadas correlações positivas entre a FCR absoluta e relativa e a VFC, dividimos a amostra em dois grupos aplicando o 1º e o 3º tercil da atividade parassimpática (SD1) obtidos na condição de repouso (supino e ortostático). O objetivo de criar subgrupos foi verificar a hipótese de que o grupo com maior atividade vagal em repouso (supino e ortostático) apresentará maior decremento da FCR e maior recuperação (reativação vagal) durante a fase pós-exercício. A magnitude das diferenças entre os grupos foi avaliada pelo tamanho de efeito (TE).

Verificamos que os maiores valores da atividade vagal (SD1) em repouso, principalmente na posição ortostática, foram positivamente correlacionadas com o maior decremento da FCR absoluta e relativa e positivamente correlacionado com a reativação parassimpática cardíaca durante a fase de recuperação após o esforço.

Levando em consideração a teoria proposta por Laborde e cols., a teoria do tanque vagal, podemos observar que as participantes com maior atividade vagal cardíaca, nas posições supina e ortostática, apresentaram melhor FCR absoluta e relativa e maior reativação vagal após o esforço. Laborde e cols., 2018 destacam a importância de investigar o controle vagal cardíaco em diferentes condições como no repouso, durante o evento (reatividade) e na recuperação. Ainda, propõem que as análises devem ser equivalentes no tempo de registro e realizadas na mesma posição corporal. Por fim, realça a importância de padronizar, quando possível, o registro em 5 minutos para adequada análise.

Segundo Porges, 2007, criador da teoria polivagal, destaca que maior atividade vagal em repouso se associa com melhores experiências afetivas, expressão emocional, gestos faciais, comunicação vocal e comportamento social. A teoria polivagal não propõe que o vago seja a última causa das diferenças individuais nos comportamentos de engajamento social e na regulação emocional. A abordagem busca compreender o “por que” e “como” das relações observadas entre as variáveis da FC e os processos psicológicos, comportamentais e clínicos.

Corroborando com a teoria polivagal (Porges, 2007), o modelo de integração neurovisceral propõe que os processos de regulação cognitiva, afetiva e fisiológica pode ser relacionado uns com os outros no serviço do comportamento direcionado aos objetivos, descrevendo que a maior VFC mediada vagalmente apresenta melhor desempenho na regulação cognitiva, afetiva e fisiológica.

Portanto, corroborando com as teorias acima descritas os resultados observados destacam que a atividade parassimpática é rapidamente restaurada durante a fase de recuperação após o teste cardiopulmonar máximo, principalmente nas participantes que apresentaram maior modulação da atividade parassimpática na posição ortostática, e que a curto prazo a FCR deve ser dependente da reativação parassimpática e progressiva retirada simpática.

Outro aspecto a ser destacado em nosso trabalho é que as correlações positivas observadas entre a FCR absoluta e relativa e VFC foram independentes das variáveis antropométricas e fisiológicas confundidoras, incluindo idade, IMC, FC em repouso, nas posições supina e ortostática, FC pico, VO<sub>2</sub> pico, considerando que não foram observadas correlações entre estas variáveis com quaisquer medidas da FCR e os índices da VFC.

É importante observar em nosso trabalho que a posição na qual a FCR após o exercício foi medida foi a posição ortostática, própria do protocolo de exercício empregado, e então, as correlações mais apropriada das medidas da FCR com a VFC em repouso obtidas nesta posição, para eliminar diferenças na modulação autonômica associado em diferentes posições corporais. Considerando que nossos resultados são baseados no emprego da esteira rolante durante o teste cardiopulmonar máximo e na fase de recuperação, eles não podem ser extrapolados para exercícios que utilizam o ciclo ergômetro ou qualquer outro ergômetro diferente da esteira rolante. Ainda os dados não podem ser extrapolados para mulheres em geral, que não fazem uso de contraceptivo oral e ou com diferentes condições clínicas e funcionais comparativamente as nossas participantes, pois em nosso estudo optamos por priorizar a validade interna com um grupo homogêneo de mulheres jovens. Por fim, não sabemos se a variação circadiana do ciclo menstrual pode afetar os resultados, uma vez que avaliamos mulheres que são usuárias de contraceptivo oral.

## **Considerações finais**

As expressivas associações positivas encontradas entre a VFC na condição basal (nas posições supina e ortostática), por meio do domínio do tempo e mapa de Poincarè, com FCR após o teste cardiopulmonar máximo demonstram a importância de realizar a avaliação da FAC em diferentes posições, e não apenas em uma posição.

Adicionalmente, as análises da VFC nas condições de repouso, através do mapa de Poincarè, destaca-se, principalmente na posição ortostática, as associações positivas do índice da atividade parassimpática (SD1) com a reativação vagal (SD1) durante a fase de recuperação após o teste cardiopulmonar máximo do 2º aos 5º minutos. Também observamos associações positivas do índice da modulação global (SD2) nas posições supina e ortostática com o SD2 durante a fase de recuperação após o teste cardiopulmonar máximo, vale destacar que a recuperação foi realizada na posição ortostática e de forma ativa.

Por fim, observamos que o grupo que apresentou maior atividade vagal na condição basal foi mais eficiente na recuperação da FC após o teste cardiopulmonar máximo. Na posição ortostática foi observado que o grupo que teve maior atividade vagal apresentou melhor responsividade da atividade vagal do 2º aos 5º minutos.

## **Limitações do estudo**

Como limitações do estudo podemos destacar o caráter transversal. A técnica de amostragem adotada em nosso estudo. A população jovem de nosso estudo e do sexo feminino, usuária de contraceptivo oral.

Podemos destacar a exclusão de pessoas idosas, homens e atletas. Também os resultados não podem ser precisamente extrapolados para mulheres em geral, para mulheres que não fazem uso de contraceptivo oral, porque a nossa amostra foi relativamente homogênea, e, portanto mulheres com diferentes características clínicas/funcionais podem mostrar respostas diferentes que aquelas observadas no presente estudo. Além disso, nós realizamos a avaliação da FCR e reativação vagal durante 5 minutos na fase de recuperação ativa após o exercício, o qual deve ser testado para possíveis diferenças contra uma avaliação realizada durante uma fase de recuperação passiva e outros ergômetros.

## Conclusão

Levando em consideração o nosso objetivo que foi verificar a hipótese de associação entre a função autonômica cardíaca baseada na análise da variabilidade da frequência cardíaca no repouso, supino e ortostático, com a frequência cardíaca de recuperação e a reativação vagal durante os cinco minutos imediatamente após o teste cardiopulmonar máximo em mulheres, nós podemos concluir o seguinte:

1 – Nosso trabalho demonstrou que existe a associação positiva entre a função autonômica cardíaca em repouso, nas posições supina e ortostática, com frequência cardíaca de recuperação absoluta e relativa e o coeficiente da recuperação da frequência cardíaca após o esforço.

2 – O índice da atividade parassimpática (SD1) do mapa de Poincarè, na posição ortostática, se correlacionou positivamente com a reativação parassimpática (SD1) durante a fase de recuperação após o teste cardiopulmonar máximo.

3 – O índice do grau de modulação global (SD2) do mapa de Poincarè, nas posições supina e ortostática, se correlacionaram positivamente com o grau de modulação global (SD2) durante a fase de recuperação após o teste cardiopulmonar máximo.

4 – Na posição supina, após análise comparativa entre o grupo com menor atividade parassimpática (1º Tercil) e o grupo com maior atividade parassimpática (3º Tercil) verificou-se que o grupo com maior atividade parassimpática na posição supina apresentou melhor frequência cardíaca de recuperação absoluta no 3º e 5º minutos após o esforço.

5 – Na posição ortostática, após análise comparativa entre o grupo com menor atividade vagal (1º Tercil) e o grupo com maior atividade vagal (3º Tercil) verificou-se que o grupo com maior atividade parassimpática na posição ortostática apresentou melhor frequência cardíaca absoluta no 1º minuto após o esforço.

6 – Na posição supina, após análise comparativa entre o grupo com menor atividade vagal (1º Tercil) e o grupo com maior atividade vagal (3º Tercil) verificou-se que o grupo

com maior atividade parassimpática na posição supina apresentou melhor frequência cardíaca relativa no 3º e 5º minutos após o esforço.

7 – Na posição ortostática, após análise comparativa entre o grupo com menor atividade vagal (1º Tercil) e o grupo com maior atividade vagal (3º Tercil) verificou-se que o grupo com maior atividade parassimpática na posição ortostática apresentou melhor frequência cardíaca relativa no 1º e 3º minutos após o esforço.

8 – Na posição supina, após análise comparativa entre o grupo com menor atividade vagal (1º Tercil) e o grupo com maior atividade vagal (3º Tercil) não houve diferenças estatisticamente significativas entre o grupo durante mudança da postura supina para a ortostática após o esforço.

9 – Na posição ortostática, após análise comparativa entre o grupo com menor atividade vagal (1º Tercil) e o grupo com maior atividade vagal (3º Tercil) verificou-se que o grupo com maior atividade parassimpática na posição ortostática apresentou melhor reatividade da atividade vagal no 2º, 3º, 4º e 5º minutos após o esforço.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACSM. ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. 10 ed, Philadelphia: Lippincott: Guanabara Koogan, 2018.
2. ANTELMÍ, I.; CHUANG, E. Y.; GRUPI, C.J.; LATORRE MDO, R.; MANSUR A. J. Heart rate recovery after treadmill electrocardiographic exercise stress test and 24-hour heart rate variability in healthy individuals. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 90, n. 6, p. 380-385, 2007.
3. ARAI Y.; SAUL J. P.; ALBRECHT P.; HARTLEY L. H.; LILLY L. S.; COHEN R. J.; COLUCCI W. S. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. **American Journal Physiology**, v. 256, n. 1, p. 132-141, 1989.
4. ARÊAS, G.P.T.; CARUSO, F.C.R.; SIMÕES, R.P.; CASTELLO-SIMÕES, V.; JAENISCH, R.B.; SATO, T.O.; CABIDDU, R.; MENDES, R.; ARENA, R.; BORGHI-SILVA, A. Ultra-short-term heart rate variability during resistance exercise in the elderly. **Brazilian Journal of Medical and Biological**, Ribeirão Preto, v. 51, n. 6, p. 1-10, 2018.
5. BORST, C.; WIELING, W.; VAN BREDERODE, J.F.; HOND, A.; DE RIJK, L.G.; DUNNING, A.J. Mechanisms of initial heart rate response to postural change. **American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology**, v. 243, n. 5, p. H676-H681, 1982.
6. BALCIOĞLU, S.; ARSLAN, U.; TÜRKÖĞLU, S.; OZDEMIR, M.; CENGEL, A. Heart rate variability and heart rate turbulence in patients with type 2 diabetes mellitus with versus without cardiac autonomic neuropathy. **The American Journal of Cardiology**, v. 100, n. 5, p. 890-893, 2007.
7. BALCIOĞLU, A. S.; MÜDERRISOĞLU, H. Diabetes and cardiac autonomic neuropathy: Clinical manifestations, cardiovascular consequences, diagnosis and treatment. **World Journal of Diabetes**, v. 6, n. 1, p. 80-91, 2015.

8. BECHKE, E.; KLISZCZEWICZ, B.; MCLESTER, C.; TILLMAN, M.; ESCO, M.; LOPEZ, R. An examination of single day vs. multi-day heart rate variability and its relationship to heart rate recovery following maximal aerobic exercise in females. **Scientific Reports**, v. 10, p. 1-7, 2020.
9. BILLMAN, G. E. The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. **Frontiers in Physiology**, v. 4, n. 26, p. 1-5, 2013.
10. BOSQUET, L.; GAMELIN, F. X.; BERTHOIN, S. Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? **European Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 3, p. 363-369, 2007.
11. BRAR, T.K.; SINGH, K.D.; KUMAR, A. Effect of Different Phases of Menstrual Cycle on Heart Rate Variability (HRV). **Journal of clinical and diagnostic research**, vol. 9, n. 10. P. CC01-CC04, 2015.
12. BRUM, P.C.; FORJAZ, C.L.; TINUCCI, M T.; NEGRÃO, C. E. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Revista paulista de educação física**, São Paulo, v.18, p. 21-31, 2004.
13. BUCHHEIT, M.; CHIVOT, A.; PAROUTY, J.; MERCIER, D.; AL HADDAD, H.; LAURSEN, P. B.; AHMAIDI, S. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 6, p. 1153-1167, 2010.
14. CAMM, A. J.; PRATT, C. M.; SCHWARTZ, P. J.; AL-KHALIDI, H. R.; SPYT, M. J.; HOLROYDE, M. J.; KARAM, R.; SONNENBLICK, E. H.; BRUM, J. M. G. Mortality in patients after a recent myocardial infarction: a randomized, placebo-controlled trial of azimilide using heart rate variability for risk stratification. **Circulation**, v. 109, n. 8, p. 990-996, 2004.
15. CARDOSO, C. R.; MORAES, R. A.; LEITE, N. C.; & SALLES, G. F. Relationships between reduced heart rate variability and pre-clinical cardiovascular disease in patients with type 2 diabetes. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v. 106, n. 1, p.110–117, 2014.

16. CHEN, Z.; WANG, X.; WANG, Z.; ZHANG, L.; HAO, G.; DONG, Y.; ZHU, M.; GAO, R. Assessing the validity of oscillometric device for blood pressure measurement in a large population-based epidemiologic study. **Journal of the American Society of Hypertension**, v. 11, n. 11, p. 730-736, 2017.
17. CHEN, J.; LEE, Y. L.; TSAI, W.; LEE, C.; CHEN, P.; LI, Y.; TSAI, L.; CHEN, J.; LIN, L. Cardiac autonomic functions derived from short-term heart rate variability recordings associated with heart rate recovery after treadmill exercise test in young individuals. **Heart Vessels**, v. 26, n. 3, p. 282-288, 2011.
18. COLE, C.R.; BLACKSTONE, E.H.; PASHKOW, F.J.; SNADER, C.E.; LAUER, M. S. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. **New England Journal of Medicine**, v. 341, n. 18, p. 1351-1357, 1999.
19. COLE, C.R.; FOODY, J.M.; BLACKSTONE, E.H.; LAUER, M.S. Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. **European Journal of Sport Science**, v. 14, n. 8, p. 847-851, 2000.
20. COOTE, J. H. Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. **Experimental Physiology**, v. 95, n. 3, p. 431-440, 2010.
21. COSTANZO LS. Fisiologia. 5 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
22. COSTELLO, J. T.; BIEUZEN, F.; BLEAKLEY, C. M. Where are all the female participants in Sports and Exercise Medicine research? **Journal Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.88, n. 3, p. 371-376, 2014.
23. CRUZ, C.J.G.D.; MOLINA, G.E.; PORTO, L.G.G.; JUNQUEIRA Jr, L.F. Resting Bradycardia, Enhanced Postexercise Heart Rate Recovery and Cardiorespiratory Fitness in Recreational Ballroom Dancers. **Journal Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.88, n. 3, p. 371-376, 2017.

24. CRUZ, C.J.G.; ROLIM, P.S.; PIRES, D.S.; MENDES, C.M.O.; DE PAULA, G.M.; PORTO, L.G.G.; GARCIA, G.L.; MOLINA, G.E. Reliability of heart rate variability threshold and parasympathetic reactivation after a submaximal exercise test. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 23, n. 1, p. 65-70, 2017.
25. DANIELI, A.; LUSA, L.; POTOČNIK, N.; MEGLIČ, B.; GRAD, A.; BAJROVIĆ, F. F. Resting heart rate variability and heart rate recovery after submaximal exercise. **Clinical Autonomic Research**, v. 24, n. 2, p. 53-61, 2014.
26. DE OLIVEIRA, R.M.; UGRINOWITSCH, C.; KINGSLEY, J.D.; DA SILVA, D.G.; BITTENCOURT, D.; CARUSO, F.R.; BORGHI-SILVA, A.; LIBARDI, C.A. Effect of individualized resistance training prescription with heart rate variability on individual muscle hypertrophy and strength responses. **European Journal of Sport Science**, v. 19, n. 8, p. 1092-1100, 2019.
27. DE ZAMBOTTI, M.; NICHOLAS, C.L.; COLRAIN, I.M.; TRINDER, J.A.; BAKER, F.C. Autonomic regulation across phases of the menstrual cycle and sleep stages in women with premenstrual syndrome and healthy controls. **Psychoneuroendocrinology**, v. 38, n. 11, p. 2618-2627, 2013.
28. DUARTE, A.; SOARES, P. P.; PESCATELLO, L.; FARINATTI, P. Aerobic Training Improves Vagal Reactivation Regardless of Resting Vagal Control. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 47, n. 6, p. 1159-1167, 2015.
29. ESCO, M. R.; OLSON, M. S.; WILLIFORD, H. N.; BLESSING, D. L.; SHANNON, D.; GRANDJEAN, P. The relationship between resting heart rate variability and heart rate recovery. **Clinical Autonomic Research**, v. 20, n. 1, p. 33-38, 2010.
30. EVRENGUL, H.; TANRIVERDI, H.; KOSE, S.; AMASYALI, B.; KILIC, A.; CELIK, T.; TURHAN, H. The relationship between heart rate recovery and heart rate variability in coronary artery disease. **Annals of Noninvasive Electrocardiology**, v. 11, n. 2, p. 154-162, 2006.

31. EWING, D.J.; CAMPBELL, I.W.; MURRAY, A.; NEILSON, J.M.M.; CLARKE, B.F. Immediate heart-rate response to standing simple test for autonomic neuropathy in diabetes. **British Medical Journal**, v. 1, n. 6106, p. 145–147, 1978.
32. EWING, D.J.; HUME, L.; CAMPBELL, I.W.; MURRAY, A.; NEILSON, J.M.M.; CLARKE, B.F. Autonomic mechanisms in the initial heart rate response to standing. **Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology**, v. 49, n. 5, p. 809-814, 1980.
33. FADEL, P.J. Neural control of the circulation during exercise in health and disease. **Frontiers in Physiology**, v. 4, n. 224, p. 1-2, 2013.
34. FISHER, J.P.; YOUNG, C.N.; FADEL, P.J. Autonomic adjustments to exercise in humans. **Comprehensive Physiology**, v. 5, n. 2, p. 475-512, 2015.
35. FUKUDA, K.; KANAZAWA, H.; AIZAWA, Y.; ARDELL, J. L.; SHIVKUMAR, K. Cardiac Innervation and Sudden Cardiac Death. **Circulation Research**, v. 116, n. 12, p. 2005-2019, 2015.
36. FYFE-JOHNSON, A.L.; MULLER, C.J.; ALONSO, A.; FOLSOM, A.R.; GOTTESMAN, R.F.; ROSAMOND, W.D.; WHITSEL, E.A.; AGARWAL, S.K.; MACLEHOSE, R.F. Heart Rate Variability and Incident Stroke: The Atherosclerosis Risk in Communities Study. **Stroke**, v. 47, n. 6, p. 1452-1458, 2016.
37. GARCIA, G. L.; PORTO, L.G.G.; CRUZ, C.J.G.D.; JUNQUEIRA Jr, L.F.; MOLINA, G.E. Effect of different recovery protocols on the cardiac autonomic function. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 23, n. 1, p. 16-20, 2017.
38. GOLDBERGER, J.J.; ARORA, R.; BUCKLEY, U.; SHIVKUMAR, K. Autonomic Nervous System Dysfunction: JACC Focus Seminar. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 73, n. 10, p. 1189-1206, 2019.

39. GOLDBERGER, J. J.; LE, F. K.; LAHIRI, M.; KANNANKERIL, P. J.; NG, J.; KADISH, A. H. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 290, n. 6, p. H2446-2452.
40. GRANT, C. C.; CLARK, J. R.; JANSE VAN RENSBURG, D. C.; VILJOEN, M. Relationship between exercise capacity and heart rate variability: Supine and in response to an orthostatic stressor. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical**, v. 151, n. 2, p. 186-188, 2009.
41. GUIMARÃES, F. E. R.; MOLINA, G. E. Análise comparativa da modulação autonômica cardíaca no repouso e após teste de esforço máximo em indivíduos fisicamente ativos e em praticantes de treinamento físico de sobrecarga de volume e de resistência cardiovascular. Mestrado em Educação Física. v. Faculdade de Educação Física - Universidade de Brasília, n. Brasília, 2020.
42. GUO, Y.; KOSHY, S.; HUI, D.; PALMER, J. L.; SHIN, K.; BOZKURT, M.; YUSUF, S. W. Prognostic Value of Heart Rate Variability in Patients with Cancer. **Journal of Clinical Neurophysiology**, v. 32, n. 6, p. 516-520, 2015.
43. GUSTAFSON, A.B.; KALKHOFF, R.K. Influence of sex and obesity on plasma catecholamine response to isometric exercise. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 55, n. 4, p. 703-7081, 1982.
44. GUYTON, A. C., HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 12 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.
45. IMAI, K.; SATO, H.; HORI, M.; KUSUOKA, H.; OZAKI, H.; YOKOYAMA, H.; TAKEDA, H.; INOUE, M.; KAMADA, T. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 24, n. 6, p. 1529-1535, 1994.
46. JAE, S. Y.; HEFFERNAN, K. S.; LEE, M.; FERNHALL, B. Relation of heart rate recovery to heart rate variability in persons with paraplegia. **Clinical Autonomic Research**, v. 21, n. 2, p. 111-116, 2011.

47. JARCZOK, M. N.; KOENIG, J.; MAUSS, D.; FISHER, J. E.; THAYER, J. F. Lower heart rate variability predicts increased level of C-reactive protein 4 years later in healthy, nonsmoking adults. **Journal of Internal Medicine**, v. 276, n. 7, p. 667-671, 2014.
48. JAVORKA, M.; ZILA, I.; BALHÁREK, T.; JAVORKA, K. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 35, n. 8, p. 991-1000, 2002.
49. JOUVEN, X.; EMPANA, J. P.; SCHWARTZ, P. J.; DESNOS, M.; COURBON, D.; DUCIMETIERE, P. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. **New England Journal of Medicine**, v. 352, n. 19, p. 1951-1958, 2005
50. JUNQUEIRA, JR, L. F. Regulação Cardiovascular. Disponível em: <http://www.unb.br/fs/clm/labcor/silabusorg.htm>[S.I.]. Acesso em: 2019.
51. KANNANKERIL, P.J.; LE, F.K.; KADISH, A.H.; GOLDBERGER, J.J. Parasympathetic effects on heart rate recovery after exercise. **Journal of Investigative Medicine**, v. 52, n. 6, p. 394-401, 2004.
52. KAPPUS, R.M.; RANADIVE, S.M.; YAN, H.; LANE-CORDOVA, A. D.; COOK, M. D.; SUN, P.; HARVEY, I. S.; WILUND, K. R.; WOODS, J. A., FERNHALL, B. Sex differences in autonomic function following maximal exercise. **Biology of Sex Differences**, v. 6, n. 28, p. 1-8, 2015.
53. KATAYAMA, K.; SMITH, J.R.; GOTO, K.; SHIMIZU, K.; SAITO, M.; ISHIDA, K.; KOIKE, T.; IWASE, S.; HARMS, C. A. Elevated sympathetic vasomotor outflow in response to increased inspiratory muscle activity during exercise is less in young women compared with men. *Experimental Physiology*, v. 103, n. 4, p. 570-580, 2018.
54. KOENIG, J.; THAYER, J. F. Sex differences in healthy human heart rate variability: A meta-analysis. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 64, p. 288-310, 2016.
55. KINGSLEY, J. D.; FIGUEROA, A. Acute and training effects of resistance exercise

on heart rate variability. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 3, p. 179-187, 2014.

56. KIVINIEMI, A.M.; HAUTALA, A.J.; KINNUNEN, H.; NISSILÄ, J.; VIRTANEN, P.; KARJALAINEN, J.; TULPPO, M.P. Daily Exercise Prescription on the Basis of HR Variability among Men and Women. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 7, p. 1355-1363, 2010.

57. KLEIGER, R. E.; STEIN, P. K.; BIGGER, J. T. Heart rate variability: measurement and clinical utility. **Annals of Noninvasive Electrocardiol**, v. 10, n. 1, p. 88-101, 2005.

58. KUBOTA, Y.; CHEN, L. Y.; WHITSEL, E. A.; FOLSOM, A. R. Heart rate variability and lifetime risk of cardiovascular disease: The Atherosclerosis Risk in Communities Study. **Annals of Epidemiology**, v. 27, n. 10, p. 619–625. 2017.

59. LABORDE S, MOSLEY E, MERTGEN A. Vagal Tank Theory: The Three Rs of Cardiac Vagal Control Functioning - Resting, Reactivity, and Recovery. **Frontiers in Neuroscience**, v. 12, n. 458, 2018.

60. LAHIRI, M. K.; KANNANKERIL, P. J.; GOLDBERGER, J. J. Assessment of autonomic function in cardiovascular disease: physiological basis and prognostic implications. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 51, n. 18, p. 1725-1733, 2008.

61. LAUER, M. S. Autonomic function and prognosis. **Cleveland Clinic Journal of Medicine**, v. 76, n. 4, p. S18-S22, 2009. Suppl. 2.

62. LEICHT, A.S.; HIRNING, D.A.; ALLEN, G.D. Heart rate variability and endogenous sex hormones during the menstrual cycle in young women. **Experimental Physiology**, v. 88, n. 3, p. 441–446, 2003.

63. LOTUFO, P. A. Cardiovascular and cancer mortality in Brazil from 1990 to 2017. **São Paulo Medical Journal**, v. 137, n. 2, p. 107-111, 2019.

64. McCrory, C.; Berkman, L.F.; Nolan, H.; O'Leary, N.; Foley, M.; Kenny, R.A. Speed of Heart Rate Recovery in Response to Orthostatic Challenge. **Circulation Research**, v. 119, n. 5, p. 666-675, 2016.
65. Meyer, T.; Lucía, A.; Earnest, C.P.; Kindermann, W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters--theory and application. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, p. S38-S48, 2005. Suppl. 1.
66. McKinley, P.S.; King, A.R.; Shapiro, P.A.; Slavov, I.; Fang, Y.; Chen, I.S.; Jamner, L.D.; Sloan, R.P. The impact of menstrual cycle phase on cardiac autonomic regulation. **Psychophysiology**, v. 46, n. 4, p. 904-911, 2009.
67. Melillo, P.; Izzo, R.; De Luca, N.; Pecchia, L. Heart rate variability and target organ damage in hypertensive patients. **BMC Cardiovascular Disorders**, v. 12, p. 1-12, 2012.
68. Molina, G.E.; Fontana, K.E.; Porto, L.G.; Junqueira Jr, L.F. Post-exercise heart-rate recovery correlates to resting heart-rate variability in healthy men. **Clinical Autonomic Research**, v. 26, n. 6, p. 415-421, 2016.
69. Molina, G.E.; Fontana, K.E.; Porto, L.G.; Junqueira Jr, L.F. Unaltered R-R interval variability and bradycardia in cyclists as compared with non-athletes. **Clinical Autonomic Research**, v. 23, n. 3, p. 141-148, 2013.
70. Molina, G. E.; da Cruz C. J. G.; Fontana, K. E.; Soares E. M. K. V. K.; Porto L. G. G.; Junqueira L. F. Jr. Post-exercise heart rate recovery and its speed are associated with cardiac autonomic responsiveness following orthostatic stress test in men. **Scandinavian Cardiovascular Journal**, p. 1-13, 2021.
71. Molina, G. E.; Porto L. G. G.; Junqueira Jr, L. F. Relação entre a modulação autonômica cardíaca no repouso supino e ortostático e o decremento cronotrópico após o teste de esforço máximo em indivíduos normais. Doutorado em Ciências Médicas. v. Faculdade de Medicina - Universidade de Brasília, n. Brasília, Julho 2013.

72. MOLLIN, M. T.; MOLINA, G. E. Função autonômica cardíaca no repouso e na recuperação imediatamente após esforço máximo: um estudo comparativo entre atletas de triathlon e crossfit®. Mestrado em Educação Física. v. Faculdade de Educação Física - Universidade de Brasília, n. Brasília, 2019.
73. MYERS J.; HADLEY D.; OSWALD U.; BRUNER K.; KOTTMAN W.; HSU L.; DUBACH P. Effects of exercise training on heart rate recovery in patients with chronic heart failure. **American Heart Journal**, v. 153, n. 6, p. 1056-1063, 2007.
74. NISHIME E. O.; COLE C.R.; BLACKSTONE E. H.; PASHKOW F. J.; LAUER M. S. Heart Rate Recovery and Treadmill Exercise Score as Predictors of Mortality in Patients Referred for Exercise ECG. **JAMA Network**, v. 282, n. 11, p. 1392-1398, 2000.
75. NUNAN, D.; JAKOVLJEVIC, D. G.; DONOVAN, G.; SINGLETON, L. D.; SANDERCOCK, G. R., BRODIE, D. A. Resting autonomic modulations and the heart rate response to exercise. **Clinical Autonomic Research**, v. 20, n. 4, p. 213-221, 2010.
76. PARDINI, R.; MATSUDO, S.; ARAÚJO, T.; MATSUDO, V.; ANDRADE, E.; BRAGGION, G.; ANDRADE, D.; OLIVEIRA, L.; FIGUEIRA, A.; RASO, V. Validação do questionário internacional de nível de atividade física (IPAQ - versão 6): estudo piloto em adultos jovens brasileiros. **Revista Brasileira Ciência e Movimento**, v. 9, n. 3, p. 45-52, 2001.
77. PEÇANHA, T.; SILVA-JÚNIOR, N.D.; FORJAZ, C.L. Heart rate recovery: autonomic determinants, methods of assessment and association with mortality and cardiovascular diseases. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 34, n. 5, p.327-339. 2014.
78. PEÇANHA, T.; RODRIGUES, R.; PINTO, A. J.; SÁ-PINTO, A. L.; GUEDES, L.; BONFIGLIOLI, K.; ROSCHEL, H. Chronotropic Incompetence and Reduced Heart Rate Recovery in Rheumatoid Arthritis. **Journal of Clinical Rheumatology**, v. 24, n. 7, p. 375–380, 2018.

79. PESTANA, E.R.; MOSTARDA, C.T.; SILVA-FILHO, A.C.; SALVADOR, E.P.; DE CARVALHO, W.R.G. Effect of different phases of menstrual cycle in heart rate variability of physically active women. **Sport Sciences for Health**, v. 14, n. 2, p. 297–303, 2018.
80. Porges, S. W. The polyvagal perspective. **Biological Psychology**, v. 74, n. 2, p. 116-143, 2007.
81. PORTO, L. G.; JUNQUEIRA Jr, L. F. Comparison of time-domain short-term heart interval variability analysis using a wrist-worn heart rate monitor and the conventional electrocardiogram. **Pacing and Clinical Electrophysiology**, v. 32, n. 1, p. 43-51, Jan 2009.
82. PUMPRLA, J.; HOWORKA, K.; GROVES, D.; CHESTER, M.; NOLAN, J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. **International Journal of Cardiology**, v. 84, n. 1, p. 1-14, 2002.
83. OKUTUCU, S.; KARAKULAK, U. N.; AYTEMIR, K.; OTO, A. Heart rate recovery: a practical clinical indicator of abnormal cardiac autonomic function. **Expert Review of Cardiovascular Therapy**, v. 9, n. 11, p. 1417-1430, 2011.
84. QIU, S. H.; XUE, C.; SUN, Z. L.; STEINACKER, J. M.; ZÜGEL, M.; SCHUMANN, U. Attenuated heart rate recovery predicts risk of incident diabetes: insights from a meta-analysis. **Diabetic Medicine**, v. 34, n. 12, p. 1676-1683, 2017.
85. RIBEIRO, A. L. P.; DUNCAN, B. B.; BRANT, L. C. C.; LOTUFO, P. A.; Mill, J. G.; Barreto, S. M. Cardiovascular Health in Brazil Trends and Perspectives. **Circulation**, v. 133, n. 4, p. 422-433, 2016.
86. RIBEIRO, A.L.P.; FERREIRA, L.M.; OLIVEIRA, E.; CRUZEIRO, P.C.F.; TORRES, R.M.; ROCHA, M.O.C. Active Orthostatic Stress and Respiratory Sinus Arrhythmia in Patients with Chagas' Disease with Preserved Left Ventricular Global. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 83, n. 1, p. 40-44, 2004.

87. ROEVER, L.; TSE, G.; BIONDI-ZOCCAI, G. Trends in cardiovascular disease in Australia and in the world. **European Journal of Preventive Cardiology**. v. 25, n. 12, p. 1278-1279, 2018.
88. ROSENTHAL, R. Meta-analytic procedures for social research (revise). Newbury Park (CA): Sage. 1991.
89. SHAYANI, L. A.; MOLINA, G. E. Análise da função autonômica cardíaca em recém-nascidos saudáveis e com taquipnéia transitória que necessitaram ou não de cpap nasal. Mestrado em Educação Física. v. Faculdade de Educação Física - Universidade de Brasília, n. Brasília, 2019.
90. TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. **European Heart Journal**, v. 17, n. 3, mar, p. 354-381. 1996.
91. TEIXEIRA, A.L.; RAMOS, P.S.; VIANNA, L.C.; RICARDO, D.R. Heart rate variability across the menstrual cycle in young women taking oral contraceptives. **Psychophysiology**, v. 15, n. 11, p. 1451-1455, 2015.
92. THAYER, J.F.; YAMAMOTO, S.S.; BROSSCHOT, J.F. The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. **International Journal of Cardiology**, v. 141, n. 2, p. 122-131, 2010.
93. THOMAS, G. D. Neural control of the circulation. **Advances in Physiology Education**, v. 35, n. 1, p. 28-32. 2011.
94. THOMAS, JR, NELSON, JK, SILVERMAN, SJ. Métodos de pesquisa em atividade física. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.
95. TULPPO, M. P.; MAKIKALLIO, T. H.; TAKALA, T. E.; SEPPANEN, T.; HUIKURI, V. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. **American**

**Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 271, n. 1, p. H244-252, 1996.

96. TULUMEN, E.; KHALILAYEVA, I.; AYTEMIR, K.; ERGUN BARIS KAYA, F. E.; SINAN DEVECI, O.; AKSOY, H.; KOCABAS, U.; OKUTUCU, S.; TOKGOZOGLU, L.; KABAKCI, G.; OZKUTLU, H.; OTO, A. The reproducibility of heart rate recovery after treadmill exercise test. **Annals of Noninvasive Electrocardiol**, v. 16, n. 4, p. 365- 372, 2011.

97. VANDERLEI, L.C.; PASTRE, C.M.; HOSHI, R.A.; CARVALHO, T.D.; GODOY, M.F. Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. **Revista Brasileira de Cirúrgia Cardiovascular**, v. 24 n. 2, p. 205-217, 2009.

98. VON HOLZEN, J.J.; CAPALDO, G.; WILHELM, M.; STUTE, P. Impact of endo- and exogenous estrogens on heart rate variability in women: a review. **Climacteric**, v. 19, n. 3, p. 222-228, 2016.

99. WASSERMAN, K.; HANSEN, JE; SUE, DY.; WHIPP, BJ.; Principles of exercise testing and Interpretations. 3<sup>a</sup> ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1987.

100. WHEATLEY, C.M.; SNYDER, E.M.; JOHNSON, B.D.; OLSON, T.P. Sex differences in cardiovascular function during submaximal exercise in humans. **Springerplus**, v. 3, n. 445, p. 1-13, 2014.

101. WIELING, W.; BORST, C.; VAN BREDERODE, J.F.; VAN DONGEN TORMAN, M.A.; VAN MONTFRANS, G.A.; DUNNING, A.J. Testing for autonomic neuropathy: heart rate changes after orthostatic manoeuvres and static muscle contractions. **Clinical Science**, v. 64, n. 6, p. 581-586, 1983.

102. WIELING, W.; KREDIET, C.T.; VAN DIJK, N.; LINZER, M.; TSCHAKOVSKY, M.E. Initial orthostatic hypotension: review of a forgotten condition. **Clinical Science**, v. 112, n. 3, p. 157-165, 2007.

103. WILCZAK, A.; MARCINIAK, K.; KŁAPCIŃSKI, M.; RYDLEWSKA, A.; DANIEL, D.; JANKOWSKA, E.A. Relations between combined oral contraceptive therapy and indices

of autonomic balance (baroreflex sensitivity and heart rate variability) in young healthy women. **Ginekologia Polska**, v. 84, n. 11, p. 915-921, 2013.

104. YAZAR, S.; YAZICI, M. Impact of Menstrual Cycle on Cardiac Autonomic Function Assessed by Heart Rate Variability and Heart Rate Recovery. **Medical Principles and Practice**, v. 25, n. 4, p. 374-377, 2016.

## ANEXOS

## ANEXO I: Termo de consentimento livre e esclarecido

**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE**

O (a) Senhor(a) está sendo convidado(a) a participar do projeto: **CONCORDÂNCIA ENTRE O PRIMEIRO LIMIAR VENTILATÓRIO E O LIMIAR DE VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM UM TESTE DE ESFORÇO CARDIOPULMONAR. UM ESTUDO COM INDIVÍDUOS JOVENS CLINICAMENTE SAUDÁVEIS**, sob responsabilidade do Prof. Carlos Janssen Gomes da Cruz.

O objetivo desta pesquisa é verificar a possibilidade de utilização da medida dos batimentos cardíacos durante um teste de esforço físico como estratégia para a determinação de suas capacidades físicas, por ser uma medida fácil e de baixo custo. Esta pesquisa justifica-se, pois a determinação das zonas funcionais do treinamento por meio de um teste cardiopulmonar envolve alto custo e a necessidade de um laboratório para sua realização.

O (a) senhor(a) receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que seu nome não aparecerá sendo mantido o mais rigoroso sigilo através da omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a). O senhor(a) pode se recusar a responder qualquer questão (no caso da aplicação de um questionário) que lhe traga constrangimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para o(a) senhor(a).

A sua participação será da seguinte forma:

O protocolo geral da pesquisa prevê 3 visitas ao laboratório. Inicialmente o (a) senhor (a) será atendido (a) pelo pesquisador a fim de proceder a uma anamnese (entrevista sobre características e hábitos pessoais), medida de dados antropométricos (peso, altura, composição corporal, frequência cardíaca de repouso) e eletrocardiograma de repouso. Na segunda e terceira visita, será utilizado um frequencímetro para o registro da contagem do número de batimentos do coração (frequência cardíaca), na posição deitada, em cama de exame médico, e na posição de pé ao lado da cama. Em cada uma das situações de teste, a contagem dos batimentos do coração terá a duração de aproximadamente 5 minutos, com intervalo de alguns minutos entre uma situação e outra. Após estes procedimentos, o (a) senhor (a) será encaminhado (a) à esteira rolante onde será submetido (a) a um teste de esforço máximo. Ao final do teste de esforço ficará por 5 minutos caminhando na esteira para que a frequência cardíaca e pressão arterial retomem à valores próximos aos de repouso.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Instituição Centro Universitário UNIEURO, podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão sob a guarda do pesquisador.

Considerando o fato de que a pesquisa envolve jovens saudáveis, os riscos de eventos cardiovasculares negativos associados ao teste de esforço (morte súbita ou infarto agudo do miocárdio) são considerados baixos. De acordo com a literatura, a ocorrência é menor que 1% (6 eventos cardiovasculares para cada 10 mil testes). Os riscos serão ainda minimizados diante de avaliação clínica prévia realizada por médico cardiologista e a partir do monitoramento de variáveis fisiológicas durante o teste, como o eletrocardiograma, a fração expirada dos gases e os equivalentes ventilatórios, que permitem a identificação precoce de possíveis anomalias fisiológicas e a consequente interrupção do teste. Em caso de intercorrências, O (a) Sr (a) será imediatamente conduzido (a) ao Hospital Universitário de Brasília pelo pesquisador responsável. Como benefícios de sua participação na pesquisa, destacamos a realização de avaliação do estado de saúde cardiovascular e da capacidade funcional sem custos. Caso o(a) Senhor(a) tenha qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone para: Prof. Carlos Janssen Gomes da Cruz, na instituição Centro Universitário UNIEURO, telefone: 4020 7525 (Aceitaremos chamada a cobrar no telefone 99319-4006).

Todas as despesas que você (você e seu acompanhante, quando necessário) tiver (tiverem) relacionadas diretamente ao projeto de pesquisa (tais como, passagem para o local da pesquisa, alimentação no local da pesquisa ou exames para realização da pesquisa) serão cobertas pelo pesquisador responsável. Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente de sua participação na pesquisa, você deverá buscar ser indenizado, obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil.

Os resultados da pesquisa serão divulgados no Centro Universitário UNIEURO, podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais serão utilizados somente para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de cinco anos, após isso serão destruídos.



(61) 3445-5717 / E-mail: [cep@unieuro.com.br](mailto:cep@unieuro.com.br)  
 Av. das Nações, Trecho 0, Conjunto 5 - Brasília-DF  
 CEP: 70.200-001

Se o(a) Senhor(a) tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone para: (Carlos Janssen Gomes da Cruz, no Centro universitário UNIEURO, no telefone (61) 3445 5717 ou 99319-4006), disponível inclusive para ligação a cobrar (99319-4006), ou entrar em contato via e-mail ([janssengomes@gmail.com](mailto:janssengomes@gmail.com)).

Este projeto foi aprovado pelos Comitês de Ética em Pesquisa do Centro universitário UNIEURO e da Faculdade de Ciências da Saúde (CEP/FS) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidos pelo telefone (61) 3107-1947 ou do e-mail [cepfs@unb.br](mailto:cepfs@unb.br) ou [cepfsunb@gmail.com](mailto:cepfsunb@gmail.com), horário de atendimento de 10:00hs às 12:00hs e de 13:30hs às 15:30hs, de segunda a sexta-feira. O CEP/FS se localiza na Faculdade de Ciências da Saúde, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte. Ou ainda, com o CEP do UNIEURO pelo telefone (61) 3445-5836 ou do e-mail [cep@unieuro.com.br](mailto:cep@unieuro.com.br), horário de atendimento de 08:00hs às 12:00hs e de 13:00hs às 17:00hs, de segunda a sexta-feira. O CEP-UNIEURO encontra-se no Centro Universitário UNIEURO, localizado na Avenida das nações, trecho O, Conjunto 5, Bloco B (2º andar) - Asa sul, Brasília-DF.

Caso concorde em participar, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o Senhor (a).

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o voluntário da pesquisa.

Nome / assinatura

Pesquisador Responsável  
 Nome e assinatura

Brasília, \_\_\_\_ de de.

## ANEXO II: Parecer do comitê de ética Centro Universitário UNIEURO



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DA EMENDA

**Título da Pesquisa:** Concordância entre o primeiro limiar ventilatório e o limiar de variabilidade da frequência cardíaca em um teste de esforço cardiopulmonar. Um estudo com jovens clinicamente saudáveis

**Pesquisador:** CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 67895317.4.0000.5056

**Instituição Proponente:** Centro Universitário UNIEURO/DF

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.284.202

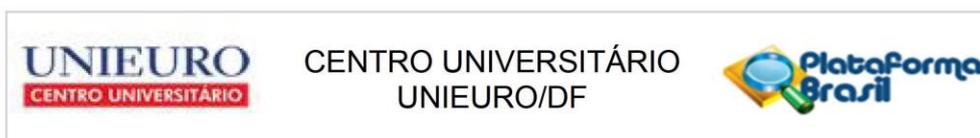
#### Apresentação do Projeto:

A análise dos limiares ventilatórios durante um teste de esforço cardiopulmonar é considerada o padrão ouro para a determinação das zonas funcionais de treinamento físico em indivíduos com diferentes condições clínicas. Contudo, trata-se de um procedimento dispendioso e que requer ambiente laboratorial especializado para sua realização. Por outro lado, pesquisas sugerem que essas zonas funcionais podem ser identificadas de forma prática, não invasiva e de baixo custo por meio da variabilidade da frequência cardíaca. Entretanto, a validação dessa técnica ainda não foi confirmada em mulheres e ainda não se sabe a influência do protocolo adotado no teste de esforço sobre essa validação. Dessa forma, o objetivo do presente estudo é investigar a concordância entre os limiares ventilatórios obtidos em um teste de esforço cardiopulmonar e os limiares obtidos por meio da variabilidade da frequência cardíaca em homens e mulheres submetidos a diferentes protocolos de esforço físico progressivo.

#### Objetivo da Pesquisa:

**Objetivo Geral:** Avaliar a concordância entre o VO<sub>2</sub>, velocidade e FC correspondentes ao primeiro limiar ventilatório e o limiar de variabilidade da frequência cardíaca (com e sem correção matemática) em homens e mulheres em um teste de esforço realizado em esteira rolante com estágios de curta (1 minuto) e longa (3 minutos) duração.

**Endereço:** Avenida das Nações, trecho O, Conjunto 5  
**Bairro:** Setor de Embaixadas **CEP:** 70.200-001  
**UF:** DF **Município:** LAGO SUL  
**Telefone:** (61)3445-5717 **Fax:** (61)3445-5750 **E-mail:** cep@unieuro.com.br



Continuação do Parecer: 2.284.202

objetivo Específico: Analisar comparativamente o LVFC avaliado por dois registros de intervalos R-R (60 e 90 segundos)

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Apresentados adequadamente.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Pesquisa bem delimitada, coerente, viável de ser executada e sem ferir a ética profissional.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos apresentados adequadamente.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Esse projeto já foi aprovado anteriormente em outra relatoria sendo agora somente uma inclusão de anexos.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

PROJETO APROVADO SEM NENHUMA PENDÊNCIA.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_995441 E1.pdf	19/09/2017 12:25:43		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projetoatualizado.docx	19/09/2017 12:24:19	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito
Outros	Planilhaorc.doc	19/09/2017 12:22:48	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito
Outros	Autorizlab.pdf	19/09/2017 12:21:28	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito
Outros	Termoconcordancia.pdf	19/09/2017 12:19:31	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito
Outros	Termoresponsabilidade.pdf	19/09/2017 12:18:27	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito
Outros	Termoencaminhamento.pdf	19/09/2017 12:17:46	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLModeoCEP.doc	19/09/2017 12:15:09	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito
Folha de Rosto	Folha.pdf	25/04/2017 15:21:46	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito

**Endereço:** Avenida das Nações, trecho O, Conjunto 5  
**Bairro:** Setor de Embaixadas **CEP:** 70.200-001  
**UF:** DF **Município:** LAGO SUL  
**Telefone:** (61)3445-5717 **Fax:** (61)3445-5750 **E-mail:** cep@unieuro.com.br



CENTRO UNIVERSITÁRIO  
UNIEURO/DF



Continuação do Parecer: 2.284.202

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

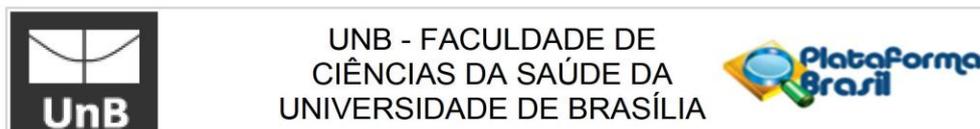
LAGO SUL, 19 de Setembro de 2017

---

**Assinado por:**  
**Flavia Perassa de Faria**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** Avenida das Nações, trecho O, Conjunto 5  
**Bairro:** Setor de Embaixadas **CEP:** 70.200-001  
**UF:** DF **Município:** LAGO SUL  
**Telefone:** (61)3445-5717 **Fax:** (61)3445-5750 **E-mail:** cep@unieuro.com.br

## ANEXO III: Parecer do comitê de ética Faculdade de Ciências da Saúde - UnB



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Concordância entre o primeiro limiar ventilatório e o limiar de variabilidade da frequência cardíaca em um teste de esforço cardiopulmonar. Um estudo com jovens clinicamente saudáveis

**Pesquisador:** CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 67895317.4.3001.0030

**Instituição Proponente:** Centro Universitário UNIEURO/DF

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.320.164

#### Apresentação do Projeto:

"A análise dos limiares ventilatórios durante um teste de esforço cardiopulmonar é considerada o padrão ouro para a determinação das zonas funcionais de treinamento físico em indivíduos com diferentes condições clínicas. Contudo, trata-se de um procedimento dispendioso e que requer ambiente laboratorial especializado para sua realização. Por outro lado, pesquisas sugerem que essas zonas funcionais podem ser identificadas de forma prática, não invasiva e de baixo custo por meio da variabilidade da frequência cardíaca. Entretanto, a validação dessa técnica ainda não foi confirmada em mulheres e ainda não se sabe a influência do protocolo adotado no teste de esforço sobre essa validação. Dessa forma, o objetivo do presente estudo é investigar a concordância entre os limiares ventilatórios obtidos em um teste de esforço cardiopulmonar e os limiares obtidos por meio da variabilidade da frequência cardíaca em homens e mulheres submetidos a diferentes protocolos de esforço físico progressivo."

#### Metodologia:

"Serão admitidos no estudo, por conveniência, 34 homens e 34 mulheres, saudáveis, com diferentes níveis de atividade física e idade entre 20 e 40 anos. Para ingressar no estudo, os voluntários devem apresentar valores normais de pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial

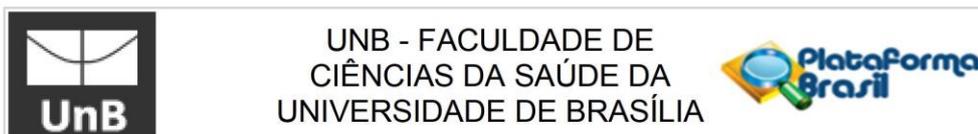
**Endereço:** Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro

**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.910-900

**UF:** DF **Município:** BRASÍLIA

**Telefone:** (61)3107-1947

**E-mail:** cepfsunb@gmail.com



Continuação do Parecer: 2.320.164

diastólica (PAD), índice de massa corpórea (IMC)  $> 18,5 \text{ Kg/m}^2$  e  $< 29,9 \text{ Kg/m}^2$ . Como critérios de exclusão, nenhum dos voluntários poderá ser atleta, apresentar doenças cardiovasculares, distúrbios musculares e/ou articulares que possam impedir a realização dos procedimentos experimentais, estar sobre tratamento medicamentoso, sendo ainda orientados a, no dia dos testes, não fazerem uso de substâncias (café, chá, refrigerante, energéticos, dentre outros) que possam alterar o status funcional autonômico cardíaco.

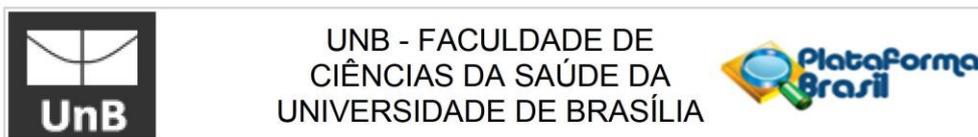
#### DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Todos os testes serão realizados no laboratório cardiovascular da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília (avaliação clínica-cardiológica) e no laboratório de fisiologia do exercício da Faculdade de Educação Física (Teste de esforço cardiopulmonar), também na Universidade de Brasília. Após assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido, de acordo com a resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde - CNS, os voluntários serão orientados a responder a uma anamnese compreendendo história clínica, bem como a identificação dos hábitos de vida e fatores influenciadores das variáveis estudadas, como tabagismo, uso de medicamentos e bebidas alcoólicas, e ainda informações sobre a prática de atividade física segundo o Internacional Physical Activity Questionnaire (IPAQ) versão curta, validada para o português. Em seguida serão submetidos a avaliação clínica-cardiológica realizada pelo Professor orientador do presente projeto, médico cardiologista, Profo. Dr. Luiz Fernando Junqueira Jr, compreendendo análise eletrocardiográfica de repouso e medida de variáveis hemodinâmicas com o objetivo de classificar clinicamente a amostra e identificar indivíduos que eventualmente não possam ser submetidos aos procedimentos experimentais. Após a avaliação clínica, os voluntários serão orientados a retornarem ao laboratório para serem submetidos à análise da função autonômica cardíaca de repouso e ao teste de esforço cardiopulmonar.

#### TESTE DE ESFORÇO CARDIOPULMONAR

Os voluntários serão submetidos a dois testes cardiopulmonares máximos ( $T_{\text{máx}}$ ) em esteira rolante. Um dos protocolos será iniciado a 3 km/h e 2,5% de inclinação com incremento de 1 km/h a cada minuto e manutenção do grau de inclinação ao longo do teste. Após um período mínimo de 48h, o mesmo voluntário será submetido a um teste incremental iniciado a 3 km/h e 2,5% de inclinação com incremento de 1 km/h a cada 3 minutos e manutenção do grau de inclinação ao longo do teste. Para análise dos parâmetros metabólicos será utilizado um analisador de gases (CORTEX – Metsoft- Biophysik, Leipzig, Germany) previamente validado para este fim.

**Endereço:** Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro  
**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.910-900  
**UF:** DF **Município:** BRASÍLIA  
**Telefone:** (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com



Continuação do Parecer: 2.320.164

O teste de esforço máximo será interrompido quando o voluntário atingir ao menos três dos critérios a seguir: quociente respiratório (QR) 1.1, pontuação na escala de BORG 17 (amplitude 6 – 20), manutenção da frequência cardíaca com o aumento da carga de trabalho, o platô do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) com o aumento da carga de trabalho e a ocorrência de fadiga voluntária (ACSM, 2010).

#### IDENTIFICAÇÃO DOS LIMIARES

O limiar ventilatório será identificado de acordo com as recomendações de Wasserman e McIllore (1964): I) Aumento do equivalente ventilatório de oxigênio (VE/VO<sub>2</sub>) sem concomitante aumento do equivalente de dióxido de carbono (VE/VCO<sub>2</sub>) em função da intensidade de esforço; II) aumento exponencial da ventilação minuto em função da carga de exercício - momento do ponto de inflexão da curva ventilatória; III) Aumento exponencial da produção de dióxido de carbono. O LVFC será determinado por inspeção visual, sendo considerado o ponto onde não se observa redução expressiva dos índices SD1 e r-MSSD.

#### Critério de Inclusão:

"Homens e mulheres jovens, sedentários ou fisicamente ativos, com idade entre 20 e 40 anos e IMC entre 19,9 e 29,9 km/m<sup>2</sup>."

#### Critério de Exclusão:

"Presença de doenças cardiovasculares, obesidade, distúrbios articulares que possam atrapalhar a realização do teste, tabagismo ou estar sob qualquer tratamento medicamentoso."

#### Objetivo da Pesquisa:

##### Objetivo Primário:

Avaliar a concordância entre o VO<sub>2</sub>, velocidade e FC correspondentes ao primeiro limiar ventilatório e o limiar de variabilidade da frequência cardíaca (com e sem correção matemática) em homens e mulheres em um teste de esforço realizado em esteira rolante com estágios de curta (1 minuto) e longa (3 minutos) duração.

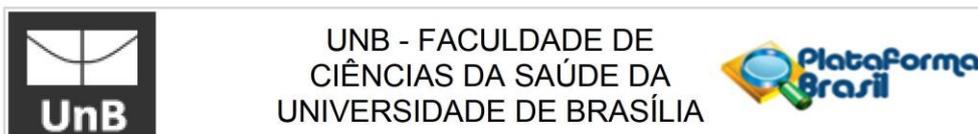
##### Objetivo Secundário:

Analisar comparativamente o LVFC avaliado por dois registros de intervalos R-R (60 e 90 segundos)"

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Nas palavras dos pesquisadores:

**Endereço:** Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro  
**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.910-900  
**UF:** DF **Município:** BRASILIA  
**Telefone:** (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com



Continuação do Parecer: 2.320.164

**Riscos:**

"Os riscos da pesquisa são os associados ao teste de esforço. Entretanto, o risco é minimizado por se tratar de indivíduos jovens saudáveis, com baixo risco cardiovascular (considerando os critérios do colégio Americano de Medicina do esporte; jovens com, no máximo, 1 fator de risco cardiovascular). Adicionalmente, os voluntários passarão por avaliação clínica cardiológica prévia por parte de médico cardiologista, professor Dr. Luiz Fernando Junqueira Jr, orientador do presente projeto."

**Benefícios:**

"Como benefício, os voluntários poderão solicitar os resultados de todos os exames realizados sem qualquer custo."

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Trata-se de pesquisa de rotina, com possibilidade de submissão ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da UnB, nível doutorado.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

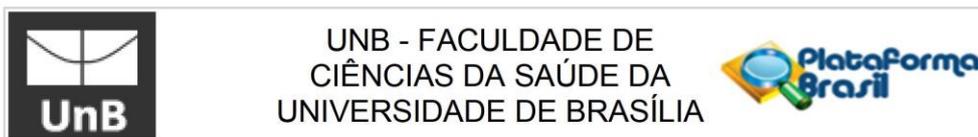
Foram apresentados os seguintes termos:

- Projeto Detalhado / Brochura Investigador (Projeto.docx em 25/04/2017)
- Termo de concordância da instituição coparticipante (COPARTICIPANTE.pdf em 25/04/2017) - assinado pelo coordenador adjunto do laboratório de fisiologia do exercício da Faculdade de Educação Física da UnB.
- TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência (TCLE.doc em 25/04/2017) - há restrição de horário para ligações, não prevê ligações a cobrar, não menciona ressarcimento de despesas (embora sejam necessárias três sessões no laboratório), nem indenização.
- Folha de Rosto (Folha.pdf em 25/04/2017) - assinada pelo Coordenador de Curso de Educação Física da Unieuro.

Após o retorno das pendências foram acrescentados os seguintes documentos:

- Projeto Detalhado / Brochura Investigador (Projetoatualizado.docx em 19/09/2017)
- Orçamento (Planilhaorc.doc em 19/09/2017)
- Termo de concordância (Termoconcordancia.pdf e Autorizlab.pdf em 19/09/2017) - assinado pelo diretor da Faculdade de Educação Física e pelo responsável pelo laboratório de fisiologia do exercício.
- Termo de responsabilidade (Termoresponsabilidade.pdf em 19/09/2017)

**Endereço:** Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro  
**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.910-900  
**UF:** DF **Município:** BRASILIA  
**Telefone:** (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com



Continuação do Parecer: 2.320.164

- Carta de encaminhamento (Termoencaminhamento.pdf em 19/09/2017)
- TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência (TCLEModeoCEP.doc em 19/09/2017) - revisado e adequado em termos de linguagem e conteúdo. - PENDÊNCIA ATENDIDA.

**Recomendações:**

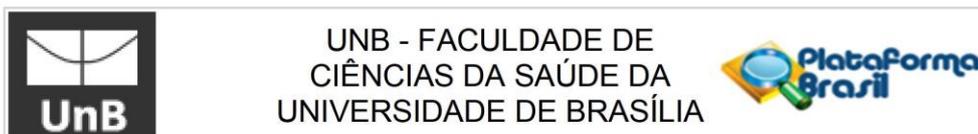
Numerar as páginas do TCLE (página 1 de 2, página 2 de 2).

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Como CEP da instituição coparticipante, solicitamos que as seguintes pendências sejam atendidas. Estas deverão ser submetidas via emenda ao CEP da UNIEURO para que uma vez aprovado pelo CEP, seja replicada no CEP/FS para aprovação.

1. O TCLE deverá ser adequado quanto a:
  - 1.1 Retirar restrição de horário para ligações telefônicas - PENDÊNCIA ATENDIDA.
  - 1.2 Informar possibilidade de realização de ligações a cobrar pelo participante de pesquisa - PENDÊNCIA ATENDIDA.
  - 1.3 Explicitar garantia de ressarcimento de despesas decorrentes da participação na pesquisa (Res. CNS 466/2012, item IV.3, subitem g). São três sessões no laboratório, ou seja, implicam em deslocamento e talvez alimentação, dependendo do tempo gasto com os testes - PENDÊNCIA ATENDIDA.
  - 1.4 Explicitar garantia de indenização (Res. CNS 466/2012, item IV.3.h, item IV.4.c) - PENDÊNCIA ATENDIDA.
  - 1.5 A análise dos riscos estão minimizados, em especial os riscos referentes ao teste de esforço, sem identificação de desfechos inesperados e encaminhamentos nesses casos. Solicita-se realizar análise de riscos e informar formas de minimizá-los e/ou acolhê-los. - PENDÊNCIA ATENDIDA.
  
2. Alguns documentos não foram anexados, em particular a carta de encaminhamento ao CEP-FS (trata-se de projeto de pesquisa somente, de doutorado, de mestrado, etc) e o Termo de Responsabilidade e Compromisso do Pesquisador Responsável. - PENDÊNCIA ATENDIDA.
  
3. Não há descrição da forma de recrutamento dos voluntários no projeto. Diz apenas que serão recrutados na UnB e Unieuro, mas sem detalhar a população de origem, como serão recrutados, os processos para admissão na pesquisa, etc. - PENDÊNCIA ATENDIDA. A forma de recrutamento será por meio de cartazes espalhados na UnB e mídia eletrônica na UNIEURO. Página 12 do projeto.

**Endereço:** Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro  
**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.910-900  
**UF:** DF **Município:** BRASÍLIA  
**Telefone:** (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com



Continuação do Parecer: 2.320.164

4. Não há riscos e benefícios no projeto detalhado (observar as considerações acerca dos riscos no item 1.5 - TCLE). **PENDÊNCIA ATENDIDA.** A descrição de riscos e benefícios e como serão minimizados foi acrescentada tanto ao TCLE como no projeto de pesquisa (página 11).

5. Não há orçamento no projeto. - Anexado após o retorno das pendências. Prevê gastos de R\$6.612,00, com material permanente, de consumo e transporte dos participantes e do pesquisador. - **PENDÊNCIA ATENDIDA.**

**Conclusão:** Todas as pendências foram atendidas. Não há óbices éticos para a realização deste projeto. Protocolo de pesquisa está em conformidade com a Resolução CNS 466/2012 e Complementares.

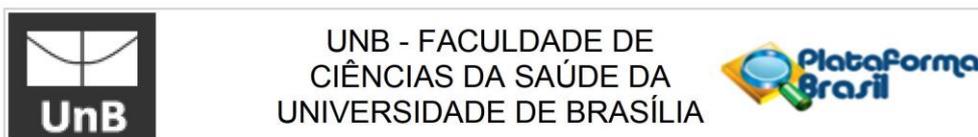
**Considerações Finais a critério do CEP:**

De acordo com a Resolução 466/12 CNS, itens X.1.- 3.b. e XI.2.d, os pesquisadores responsáveis deverão apresentar relatórios parcial semestral e final do projeto de pesquisa, contados a partir da data de aprovação do protocolo de pesquisa.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_995441 E1.pdf	19/09/2017 12:25:43		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projetoatualizado.docx	19/09/2017 12:24:19	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito
Outros	Planilhaorc.doc	19/09/2017 12:22:48	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito
Outros	Autorizlab.pdf	19/09/2017 12:21:28	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito
Outros	Termoconcordancia.pdf	19/09/2017 12:19:31	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito
Outros	Termoresponsabilidade.pdf	19/09/2017 12:18:27	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito
Outros	Termoencaminhamento.pdf	19/09/2017 12:17:46	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	TCLEModeoCEP.doc	19/09/2017 12:15:09	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito

**Endereço:** Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro  
**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.910-900  
**UF:** DF **Município:** BRASILIA  
**Telefone:** (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com



Continuação do Parecer: 2.320.164

Ausência	TCLEModeoCEP.doc	19/09/2017 12:15:09	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito
Folha de Rosto	Folha.pdf	25/04/2017 15:21:46	CARLOS JANSSEN GOMES DA CRUZ	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

BRASILIA, 06 de Outubro de 2017

---

**Assinado por:**  
**Keila Elizabeth Fontana**  
(Coordenador)

**Endereço:** Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro  
**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.910-900  
**UF:** DF **Município:** BRASILIA  
**Telefone:** (61)3107-1947 **E-mail:** ceptsunb@gmail.com