



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO-SENSU EM EDUCAÇÃO  
FÍSICA

LABORATÓRIO DE FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO

**RELAÇÃO ENTRE ATIVIDADE / REATIVIDADE  
CARDIOVAGAL NO REPOUSO E A COMPETÊNCIA  
CARDIORRESPIRATÓRIA DURANTE O TESTE DE ESFORÇO  
MÁXIMO EM MULHERES APARENTEMENTE SAUDÁVEIS**

GABRIEL CARTAXO BARBOSA DA SILVA

Brasília, 2025

**RELAÇÃO ENTRE ATIVIDADE / REATIVIDADE CARDIOVAGAL NO  
REPOUSO E A COMPETÊNCIA CARDIORRESPIRATÓRIA DURANTE O  
TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO EM MULHERES APARENTEMENTE  
SAUDÁVEIS**

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: Gabriel Cartaxo Barbosa da Silva

Orientador: Prof. Dr. GUILHERME ECKHARDT MOLINA

Brasília

2025

## Dedicatória e agradecimentos

Dedico este trabalho aos meus pais, **Fabiana Xavier Cartaxo Salgado e Noriberto Barbosa da Silva**.

A vocês, que nunca mediram esforços para me apoiar, seja nas escolhas profissionais ou nos desafios pessoais, minha eterna gratidão. Obrigado por se preocuparem, acima de tudo, com a minha felicidade, e por serem o alicerce da minha caminhada.

**Mãe**, você é uma mulher de força admirável. Sua resiliência diante das adversidades e sua excelência como profissional me inspiram todos os dias. Obrigado por ser um exemplo tão poderoso de coragem e dedicação.

**Pai**, além de um grande amigo e conselheiro, você é uma referência para mim na Educação Física. Sua trajetória me motiva e me dá orgulho. Obrigado por estar sempre ao meu lado com sabedoria, generosidade e amor.

Agradeço, primeiramente, ao professor **Guilherme Eckhardt Molina**, meu orientador, por ter sido muito mais que um orientador. Sua amizade, seus conselhos e sua dedicação ao ensino transformaram não apenas este trabalho, mas a minha própria visão sobre a Educação Física. Obrigado por me mostrar que essa área pode e deve ser uma ferramenta de transformação social. Sou imensamente grato por tudo o que aprendi com você, dentro e fora da universidade.

Aos professores **Luiz Guilherme Grossi Porto, Giliard Lago Garcia e Carlos Janssen Gomes da Cruz**, agradeço pelas contribuições ricas e precisas na banca examinadora, que proporcionaram reflexões valiosas e crescimento a este trabalho.

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.

Aos meus irmãos — **Priscilla, Patrícia, Thiago, Thiessa e Lucas** — meu carinho e gratidão por serem parte essencial da minha vida. A presença de vocês é meu porto seguro.

Às minhas sobrinhas **Isabella, Aurora e Beatriz**, que enchem a família de luz e alegria.

À **família Cartaxo** e à **família Barbosa**, meus agradecimentos pela base familiar sólida e amorosa que me acompanha desde sempre.

À minha namorada, **Isadora da Silva Bretas**, minha parceira em todos os sentidos. Obrigado por ser apoio, companhia, alento e força. Por acreditar em mim até quando eu mesmo duvidei, e por manter minha cabeça erguida nos momentos mais desafiadores desta jornada. Você foi essencial.

Aos meus amigos **Matheus, Letícia e Maria Clara**, por estarem sempre por perto com escuta, afeto e incentivo.

Aos meus companheiros de quatro patas — **Athena, Rousseau e Lobo** — que, com suas presenças fiéis, me ofereceram conforto e tranquilidade nos momentos de tensão.

Aos colegas e amigos do **GEAFS (Grupo de Estudo em Fisiologia e Epidemiologia do Exercício e da Atividade Física)**, agradeço pela troca de saberes, pelo companheirismo e por compartilharmos tantas experiências formativas.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade de Brasília (PPGEF-UnB)**, pela estrutura, pelos desafios e pelas oportunidades de crescimento acadêmico e pessoal.

# Sumário

Lista de tabelas.....	vi
Lista de Figuras.....	vii
Lista de siglas, abreviações e símbolos.....	viii
RESUMO.....	1
Introdução.....	5
Fundamentação teórica.....	7
1.1 Avaliação clínica da função autonômica cardíaca no repouso.....	7
1.1.2 Sistema nervoso autônomo.....	7
1.1.3 Variabilidade da frequência cardíaca.....	9
1.2 Capacidade cardiopulmonar durante o esforço.....	13
Objetivos.....	17
1.3 Objetivos gerais.....	17
Verificar em mulheres aparentemente saudáveis:.....	17
a) A hipótese de associação entre a atividade cardiovagal, baseada na análise da variabilidade da frequência cardíaca, no repouso supino e ortostático, e o consumo de oxigênio, a velocidade atingida e a reserva cronotrópica obtidos no ponto de compensação respiratório e pico do esforço durante o teste de esforço máximo.....	17
a) A hipótese de associação entre a reatividade cardiovagal com a mudança da postura supina para ortostática, e o consumo de oxigênio, a velocidade atingida e reserva cronotrópica obtidos no ponto de compensação respiratório e pico do esforço durante o teste de esforço máximo..	17
1.4 Objetivos específicos.....	17
MATERIAS E MÉTODOS.....	18
1.5 Seleção da amostra.....	18
1.6 Caracterização da função autonômica cardíaca no repouso.....	20
1.7 Protocolo experimental.....	27
1.7.1 Orientações e procedimentos:.....	27

1.7.3	Pré teste.....	28
a)	Questionários.....	28
b)	Avaliação antropométrica.....	28
1.7.4	Teste cardiopulmonar máximo.....	30
1.8	Análise estatística.....	34
	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
1.9	Atividade e reatividade parassimpática no repouso e a capacidade cardiopulmonar no esforço 36	
1.9.2	Repouso.....	36
1.9.3	Esforço.....	40
1.9.4	Análises comparativas (Repouso vs. esforço).....	42
1.10	Correlação entre a atividade e reatividade cardiovagal no repouso com a capacidade cardiopulmonar no esforço incremental máximo.....	43
1.11	Comparação do consumo de oxigênio, da velocidade e da reserva cronotrópica no limiar ventilatório e no pico do esforço dos grupos de maior e menor atividade e reatividade parassimpática no repouso 52	
	Discussão.....	56
1.12	Correlação entre a atividade/ reatividade parassimpática no repouso com a capacidade cardiopulmonar no esforço.....	56
1.13	Comparação do consumo de oxigênio, da velocidade e da reserva cronotrópica no limiar ventilatório e no pico do esforço dos grupos de maior e menor atividade e reatividade parassimpática no repouso.....	59
	Conclusão.....	64
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>
	Anexos.....	75

## Lista de tabelas

**Tabela 1** - Estatística descritiva amostra da idade, variáveis antropométricas e fisiológicas (n = 54) nas posições supina e ortostática. .... 40

**Tabela 2** - Estatística descritiva amostral (n= 54 indivíduos) da atividade vagal, intervalos R-R, pressões artérias sistólicas e diastólicas, frequências cardíacas, todos estes no repouso (supino e ortostático). Assim como, a reatividade parassimpática (variação absoluta da posição supina para ortostática) e frequência cardíaca máxima. .... 41

**Tabela 3** - Estatística descritiva amostral (n= 54 indivíduos) da frequência cardíaca, do consumo de oxigênio relativo, da velocidade atingida durante o esforço e reserva cronotrópica no repouso, no ponto de compensação respiratória e no pico do esforço. .... 42

**Tabela 4** - Correlação entre a atividade parassimpática na posição supina, ortostática e a reatividade parassimpática com o consumo de oxigênio, velocidade e reserva cronotrópica, registradas no ponto de compensação respiratória e pico durante o teste de esforço máximo. .... 45

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> - Ilustração do frequencímetro da marca Polar®, modelo RS800CX, fabricado pela Polar Electro Oy – Finlândia.....	22
<b>Figura 2</b> - Ilustração da correia <i>WearLink</i> ® e do transmissor que é fixada a correia e capta os intervalos R-R do ECG para o receptor, acoplada a uma correia elástica para a colocação do aparelho em volta do tórax. ....	23
<b>Figura 3</b> - Ilustração do esfigmomanômetro digital modelo HBP-1300 (OMRON Healthcare, Kyoto, Japão). ....	24
<b>Figura 4</b> - Critérios de inclusão das voluntárias na amostra.....	25
<b>Figura 5</b> - Critérios de exclusão das voluntárias na amostra.....	26
<b>Figura 6</b> – Esquema ilustrativo do desenho experimental.....	33
<b>Figura 7</b> - Correlação entre a atividade parassimpática na posição supina com o consumo de oxigênio relativo, velocidade e reserva cronotrópica, registradas no ponto de compensação respiratória e pico durante o teste de esforço máximo.....	48
<b>Figura 8</b> - Correlação entre a atividade parassimpática na posição ortostática com o consumo de oxigênio relativo, velocidade e reserva cronotrópica, registradas no ponto de compensação respiratória e pico durante o teste de esforço máximo.....	49
<b>Figura 9</b> - Correlação entre a reatividade parassimpática com o consumo de oxigênio, velocidade e reserva cronotrópica, registradas no ponto de compensação respiratória e pico durante o teste de esforço máximo.....	50
<b>Figura 10</b> - Valores de mediana e percentis 25 e 75 do consumo de oxigênio, velocidade atingida e reserva cronotrópica dos grupos de 1º e 3º tercil de SD1sup. Os grupos de 1º e 3º tercil foram comparadas pelo teste de MannWhitney Unilateral, * $p \leq 0.05$ . ES: Tamanho de efeito.....	53
<b>Figura 11</b> - Valores de mediana e percentis 25 e 75 do consumo de oxigênio, velocidade atingida e reserva cronotrópica dos grupos de 1º e 3º tercil de $\Delta$ SD1. Os grupos de 1º e 3º tercil foram comparadas pelo teste de MannWhitney Unilateral, * $p \leq 0.05$ . ES: Tamanho de efeito.....	54

## **Lista de siglas, abreviações e símbolos**

ACSM: American College of Sports Medicine;

CPX: Teste Cardiopulmonar;

ECG: Eletrocardiograma;

EOA: Estresse Ortostático Ativo;

FC: Frequência Cardíaca;

FR: Frequência Respiratória;

HRV: Heart Rate Variability;

VFC: Variabilidade da Frequência Cardíaca;

IMC: Índice de Massa Corporal;

LV2: Limiar Ventilatório 2 ou Ponto de Compensação Respiratória;

PA: Pressão Arterial;

PAD: Pressão Arterial Diastólica;

PAS: Pressão Arterial Sistólica;

pNN50: Percentual de Intervalos R-R com Diferença Superior a 50 ms;

RMSSD: Raiz Quadrada da Média dos Quadrados das Diferenças entre os Intervalos R-R

Adjacentes;

SD1: Desvio-Padrão da Variabilidade Instantânea dos Intervalos R-R por Batimento;

SD2: Desvio-Padrão da Variabilidade Global dos Intervalos R-R por Batimento;

SDNN: Desvio-Padrão de Todos os Intervalos R-R Normais;

SNA: Sistema Nervoso Autônomo;

SNS: Sistema Nervoso Simpático;

SNP: Sistema Nervoso Parassimpático;

VCO<sub>2</sub>: Produção de Dióxido de Carbono;

VEL: Velocidade atingida;

RES: Reserva Cronotrópica

VE: Ventilação Pulmonar;

VO<sub>2</sub>: Consumo de Oxigênio;

VO<sub>2</sub>pico: Consumo de Oxigênio no Pico do Esforço

## RESUMO

**Introdução:** Apesar de controverso, a maioria dos estudos apontam que um elevado grau de modulação cardiovagal registrado no repouso está positivamente associado com adaptações físicas crônicas induzidas pelo exercício em homens. Portanto, espera-se que uma elevada modulação cardiovagal no repouso esteja positivamente relacionada à capacidade aeróbica individual. Entretanto, esta relação é pouco explorada em mulheres saudáveis. Além disso, a relação entre a reatividade cardiovagal no repouso com a competência cardiopulmonar no esforço em mulheres saudáveis ainda não foi estudada. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo verificar a associação entre a atividade e a reatividade cardiovagal no repouso com competência cardiopulmonar em mulheres saudáveis. **Métodos:** A amostra foi composta por 54 mulheres entre 18 e 27 anos com média de idade de  $24,1 \pm 4,3$  anos e  $IMC = 22,2 \pm 2,5$  kg/m<sup>2</sup>. A atividade e a reatividade cardiovagal foram avaliadas por meio da variabilidade espontânea da frequência cardíaca (VFC) de repouso, expressa pelo índice SD1 nas posições supina e ortostática, e sua variação absoluta da posição supina para posição ortostática. O registro dos intervalos RR foi obtido por meio de um monitor de frequência cardíaca Polar®, modelo RS800CX. Posteriormente, a modulação cardiovagal no repouso foi avaliada pela VFC, por meio do software Kubios® HRV. O consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), a reserva cronotrópica e a velocidade atingida foram registradas no ponto de compensação respiratória (LV2) e no pico do esforço durante teste cardiopulmonar incremental máximo (CPX). A análise estatística utilizou testes não paramétricos com nível de significância de 5%. Foram realizados testes de correlação de Spearman e teste de comparação de Mann-Whitney. **Resultados:** O VO<sub>2</sub> no LV2 e no pico do esforço apresentou correlação positiva com a atividade cardiovagal na posição supina ( $r_s = 0,35$  e  $0,32$ , respectivamente;  $p < 0,01$ ), e com sua reatividade após a mudança postural ( $r_s = 0,34$  e  $0,25$ , respectivamente;  $p \leq 0,03$ ). A reserva cronotrópica no LV2 e no pico do esforço também apresentou correlação significativa com a atividade cardiovagal na posição supina ( $r_s = 0,54$  e  $0,70$ , respectivamente;  $p < 0,01$ ), com a atividade cardiovagal na posição ortostática ( $r_s = 0,26$  e  $0,25$ , respectivamente;  $p = 0,03$ ), e com a reatividade cardiovagal ( $r_s = 0,51$  e  $0,69$ , respectivamente;  $p < 0,01$ ). A velocidade atingida em esteira rolante no LV2 e no pico do esforço demonstrou associação com a atividade cardiovagal na posição supina ( $r_s = 0,28$  e  $0,26$ , respectivamente;  $p < 0,05$ ), na posição ortostática ( $r_s = 0,39$  e  $0,45$ ,

respectivamente;  $p < 0,05$ ), e com a reatividade cardiovagal da posição supina para ortostática ( $r_s = 0,30$  e  $0,27$ , respectivamente;  $p \leq 0,02$ ). Além disso, após dividir o grupo em menor atividade (1º tercil) vs. maior atividade cardiovagal (3º tercil) no repouso supino, mulheres com maior atividade cardiovagal no repouso apresentaram valores mais elevados de  $VO_2$  no LV2 e no pico do esforço comparativamente ao grupo com menor atividade cardiovagal ( $p = 0,02$  e  $0,03$ , respectivamente), e valores mais elevados de reserva cronotrópica no LV2 e no pico comparativamente ao grupo com menor atividade parassimpática ( $p < 0,01$ ). Com relação a reatividade cardiovagal, a maior reatividade (3º tercil) se associou com maiores valores de  $VO_2$ , velocidade e reserva cronotrópica nos LV2 e no pico do esforço ( $p = 0,01$  a  $0,04$ ). **Conclusão:** Concluimos que a atividade cardiovagal de repouso e sua reatividade estão positivamente correlacionadas com a competência cardiopulmonar durante o exercício em mulheres saudáveis

**Palavras-chave:** Variabilidade da Frequência Cardíaca; Capacidade Cardiopulmonar; Reatividade Parassimpática; Atividade parassimpática; Mulheres Saudáveis.

## ABSTRACT

**Introduction:** Although controversial, most studies indicate that a high level of cardiovagal modulation at rest is positively associated with chronic physical adaptations induced by exercise in men. Therefore, a high resting cardiovagal modulation is expected to be positively related to individual aerobic capacity. However, this relationship is underexplored in healthy women. Furthermore, the relationship between cardiovagal reactivity at rest and cardiopulmonary fitness during exercise in healthy women has not yet been studied. Thus, the present study aimed to analyze the correlation between cardiovagal activity and reactivity at rest and cardiopulmonary fitness in healthy women. **Methods:** The sample consisted of 54 women aged between 18 and 27 years, with a mean age of  $24.1 \pm 4.3$  years and a BMI of  $22.2 \pm 2.5$  kg/m<sup>2</sup>. Cardiovagal activity and reactivity were assessed using resting heart rate variability (HRV), expressed by the SD1 index in supine and standing positions, and the absolute variation from supine to standing. RR intervals were recorded using a Polar® heart rate monitor, model RS800CX. Subsequently, resting cardiovagal modulation was evaluated using HRV with Kubios® HRV software. Oxygen consumption (VO<sub>2</sub>), chronotropic reserve, and speed achieved were recorded at the respiratory compensation point (LV2) and at peak effort during a maximal incremental cardiopulmonary exercise test (CPX). Statistical analysis used non-parametric tests with a significance level of 5%. Spearman's correlation and Mann-Whitney tests were performed. **Results:** VO<sub>2</sub> at LV2 and at peak effort showed a positive correlation with cardiovagal activity in the supine position ( $r_s = 0.35$  and  $0.32$ , respectively;  $p < 0.01$ ), and with its reactivity following postural change ( $r_s = 0.34$  and  $0.25$ , respectively;  $p \leq 0.03$ ). Chronotropic reserve at LV2 and peak effort also showed a significant correlation with cardiovagal activity in the supine position ( $r_s = 0.54$  and  $0.7$ , respectively;  $p < 0.01$ ), in the standing position ( $r_s = 0.26$  and  $0.25$ , respectively;  $p = 0.03$ ), and with cardiovagal reactivity ( $r_s = 0.51$  and  $0.69$ , respectively;  $p < 0.01$ ). Speed achieved at LV2 and peak effort was associated with cardiovagal activity in the supine position ( $r_s = 0.28$  and  $0.26$ , respectively;  $p < 0.05$ ), in the standing position ( $r_s = 0.39$  and  $0.45$ , respectively;  $p < 0.05$ ), and with cardiovagal reactivity from supine to standing ( $r_s = 0.3$  and  $0.27$ , respectively;  $p \leq 0.02$ ). Additionally, after dividing the group into lower activity (1st tertile) vs. higher cardiovagal activity (3rd tertile) in the supine rest position, women with higher cardiovagal activity at rest presented higher VO<sub>2</sub> values at LV2 and peak effort compared to those with lower cardiovagal

activity ( $p = 0.02$  and  $0.03$ , respectively), and higher chronotropic reserve values at LV2 and peak compared to those with lower parasympathetic activity ( $p < 0.01$ ). Regarding cardiovagal reactivity, higher reactivity (3rd tertile) was associated with higher  $\text{VO}_2$ , speed, and chronotropic reserve values at LV2 and at peak effort ( $p = 0.01$  to  $0.04$ ). **Conclusion:** We conclude that resting cardiovagal activity and its reactivity are positively correlated with cardiopulmonary capacity during exercise in healthy women.

**Keywords:** Heart Rate Variability; Cardiopulmonary Capacity; Parasympathetic Reactivity; Parasympathetic Activity; Healthy Women.

## Introdução

De acordo com dados da Organização Pan-Americana da Saúde (2023) e do Ministério da Saúde (2023), as doenças cardiovasculares seguem como a principal causa de mortes no Brasil e no mundo. Foram registradas 17,6 milhões de mortes em 2016, representando 31% de todos os óbitos globais, e aproximadamente 400 mil mortes no Brasil em 2022. Diante disso, índices que avaliam a competência cardiorrespiratória, como o consumo de oxigênio máximo ( $VO_2\text{máx}$ ) e o ponto de compensação respiratória (PCR), têm sido amplamente utilizados como preditores clínicos. Esses índices refletem a capacidade do organismo de captar, transportar e utilizar oxigênio durante o esforço. Baixos valores dessas variáveis estão fortemente associados à maior mortalidade por todas as causas e por causas cardiovasculares específicas (Aspenes et al., 2011), além de indicarem menor capacidade funcional, menor eficiência metabólica e menor adaptabilidade ao exercício (Balady et al., 2010).

Paralelamente, a modulação autonômica cardíaca em repouso, regulada pelo sistema nervoso autônomo (SNA), vem sendo explorada como um importante marcador funcional, tanto em contextos clínicos quanto em populações saudáveis. A atuação dos ramos simpático e parassimpático sobre o nó sinusal influencia diretamente o controle da frequência cardíaca e tem sido associada ao estado de treinamento, ao prognóstico cardiovascular e ao risco de eventos adversos (Hautala et al., 2003; Bellenger et al., 2016). Especificamente, o ramo parassimpático, que atua predominantemente em repouso, exerce um papel protetor sobre o coração e está relacionado a uma melhor capacidade de adaptação ao estresse fisiológico.

Nesse sentido, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em repouso tem sido amplamente adotada como um recurso não invasivo para mensurar a modulação autonômica cardíaca. Estudos apontam que maiores níveis de modulação cardiovagal estão associados a melhores respostas ao treinamento físico, melhor recuperação pós-esforço e menor risco cardiovascular (Carnethon et al., 2002; Molina et al., 2013, 2016, 2021). Além disso, a resposta autonômica à mudança postural ativa, ou seja, a reatividade parassimpática frente ao estresse ortostático, tem sido apontada como uma medida sensível da capacidade de adaptação do SNA. Durante essa manobra ocorre uma retirada vagal e um aumento reflexo da atividade simpática, com variações que podem refletir a reserva funcional autonômica do indivíduo (Hautala et al., 2003; Grant et al., 2009; Molina et al., 2021; Fonseca et al., 2024).

Entretanto, embora as variáveis de aptidão cardiorrespiratória e os índices de modulação autonômica sejam considerados bons indicadores de saúde cardiovascular de forma isolada, a relação entre essas duas dimensões fisiológicas ainda é pouco compreendida. Diversos estudos apontam associações positivas entre modulação autonômica em repouso e desempenho aeróbico (Buchheit & Gindre, 2006; Garcia, 2023), mas os resultados ainda são inconclusivos e heterogêneos, possivelmente devido a diferenças metodológicas, protocolos de esforço ou características das amostras (Grant et al., 2009; D'Agosto, 2010; Tamburús et al., 2014). Além disso, a maioria das investigações foi conduzida em homens ou em amostras mistas (Hautala et al., 2003; Aspenes et al., 2011), o que limita a generalização dos achados para mulheres.

Adicionalmente, a posição corporal durante a coleta da VFC influencia significativamente os resultados (Zuttin et al., 2008), e a análise da reatividade autonômica à mudança postural pode revelar aspectos da competência funcional que não são captados apenas com a avaliação em repouso (Fonseca et al., 2024; Molina et al., 2021). No entanto, são escassos os estudos que investigam de forma integrada a atividade parassimpática em repouso, sua reatividade postural e a competência cardiopulmonar durante esforço, especialmente em mulheres jovens e saudáveis. Considerando que há diferenças sexuais bem estabelecidas na modulação autonômica cardíaca (Koenig & Thayer, 2016) e em sua resposta ao estresse (Calderón-García et al., 2024), este recorte é justificado e necessário.

Neste contexto, o presente estudo propõe investigar de forma integrada a atividade e a reatividade cardiovagal no repouso, avaliadas por VFC nas posições supina e ortostática e por sua variação absoluta, com a competência cardiopulmonar durante esforço máximo. Neste estudo, essa competência é representada pelas variáveis  $VO_2$ , velocidade e reserva cronotrópica, tanto no ponto de compensação respiratória quanto no pico do esforço. A análise da correlação entre essas variáveis poderá oferecer novas compreensões sobre a relação entre regulação autonômica e desempenho aeróbico, contribuindo para avanços na avaliação funcional de mulheres em idade jovem.

Nossa hipótese alternativa é que maiores níveis de modulação vagal em repouso, bem como uma reatividade parassimpática mais acentuada frente à mudança postural, estão positivamente associados a uma maior competência cardiopulmonar durante o esforço. Tal associação pode refletir maior eficiência adaptativa do SNA e do sistema cardiovascular frente ao estresse induzido pelo exercício.

# Fundamentação teórica

## 1.1 Avaliação clínica da função autonômica cardíaca no repouso

### 1.1.2 Sistema nervoso autônomo

O sistema nervoso autônomo (SNA) é responsável por controlar involuntariamente diversos sistemas fisiológicos humanos, como, por exemplo: o sistema cardiovascular, o digestivo, o respiratório e o endócrino. Este sistema atua na manutenção da homeostase do organismo em condições basais, de estresses metabólicos e ambientais (Kandel et al., 2012). O modo com que ele atua é por meio de uma rede neurônios e neurotransmissores que são responsáveis pela captação e transmissão de informações ambientais e internas do organismo, gerando respostas de estímulo ou inibição para sistemas fisiológicos com o objetivo de manter a homeostase do organismo.

O SNA é dividido em 2 ramos: o sistema nervoso simpático (SNS) e sistema nervoso parassimpática (SNP). O sistema nervoso simpático é responsável por gerar estímulos que provocam ajustes fisiológicos para situações como o aumento de demanda energética, estresse, perigo, etc. Em uma situação de exercício, hipotensão ou estresse emocional existem diversos mecanismos fisiológicos que vão estimular a resposta do SNS que prepara o corpo para enfrentar estas situações.

Em situações de estresse físico ou mental, ocorre o estímulo do hipotálamo e da medula espinhal, no sistema nervoso central, que irão ativar neurônios pré ganglionares simpáticos entre os segmentos torácicos e lombares (T1-L2) da medula espinhal (Guyton & Hall, 2021). Estes neurônios vão liberar a acetilcolina (ACh) nas sinapses dos gânglios simpáticos, que ativam os neurônios pós-ganglionares (Guyton & Hall, 2021). Os neurônios pós ganglionares vão liberar a noradrenalina (NA) na corrente sanguínea para atuar nos órgãos, como o coração, os pulmões, os músculos e nos próprios vasos sanguíneos (Guyton & Hall, 2021).

A noradrenalina se liga e ativa 3 tipos de receptores: os receptores  $\beta$ 1-adrenérgicos,  $\beta$ 2-adrenérgicos e  $\alpha$ 1-adrenérgicos. Os receptores  $\beta$ 1-adrenérgicos estão presente no coração e são responsáveis por aumentar a taxa de disparos do nodo sinusal, consequentemente, aumentando a frequência cardíaca e a força de contratilidade do coração (Levy, 1990). Dessa forma, ocorre

um aumento do débito cardíaco para suprir as demandas de oxigênio e nutrientes durante o exercício físico ou o estresse (Levy, 1990).

Os receptores  $\beta_2$ -adrenérgicos estão predominantemente presente nos vasos sanguíneos de músculos esqueléticos e coronários e fazem vasodilatação para facilitar a perfusão sanguínea nos músculos e coração durante o exercício ou estresse (Guyton & Hall, 2021). Os receptores  $\alpha_1$ -adrenérgicos estão em arteríolas da pele, trato gastrointestinal e rins e fazem vasoconstrição para redistribuir o sangue para as regiões com maior demanda metabólica (músculos esqueléticos) (Guyton & Hall, 2021).

Durante todo este processo, barorreceptores periféricos nos vasos sanguíneos e mecanorreceptores nos músculos detectam mudanças na pressão arterial, e no grau de estiramento muscular, respectivamente, gerando um impulso elétrico para o sistema nervoso central que irá ajustar a atividade simpática de acordo com as informações recebidas (Wan; Bunsawat; Amann, 2023).

Por outro lado, o sistema nervoso parassimpático (SNP) atua predominantemente durante o estado de repouso, sendo responsável pela regulação de funções viscerais como frequência cardíaca, pressão arterial, digestão e atividade gastrointestinal. Essa atuação contribui para a manutenção da homeostase autonômica cardiovascular e metabólica em condições basais, promovendo economia de energia e recuperação do organismo.

O chamado tônus vagal, que expressa o controle parassimpático sobre o coração, é frequentemente associado a uma boa função autonômica e maior capacidade de adaptação cardiovascular. No entanto, evidências recentes apontam que uma atividade parassimpática excessiva, particularmente em indivíduos com predisposição elétrica cardíaca, pode estar relacionada a maior risco de eventos como fibrilação atrial e arritmias ventriculares (VANDENBERK; HAEMERS; MORILLO, 2024; SHINOHARA et al., 2017). Portanto, embora o tônus vagal elevado seja geralmente um indicativo de regulação autonômica eficiente, ele deve ser interpretado dentro de um contexto clínico individualizado (GOLDBERGER et al., 2019).

A ação de inibitória ocorre quando o nervo vago libera a ACh, que ativa os receptores muscarínicos M2 no nodo sinusal, que aumentam o tempo para sua despolarização (efeito cronotrópico negativo). Além disso, a ACh atua também sobre nodo atrioventricular diminuindo a condução elétrica do coração (efeito dromotrópico negativo). Vale ressaltar que

diferente do SNS, o SNP não atua na força de contração do miocárdio, nem sobre os vasos sanguíneos.

### **1.1.3 Variabilidade da frequência cardíaca**

Levando em consideração a importância do SNA apresentada na seção anterior, existem diversos métodos para avaliá-lo, os métodos invasivos e não invasivos. Os métodos invasivos normalmente utilizam as abordagens mais sofisticadas, como avaliação da sudorese, respostas pupilares e marcadores neuroquímicos ou os métodos invasivos que fornecem abordagens mais simples e baratas, como a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e testes autonômicos cardiovasculares (LOW et al., 2013; TASK FORCE, 1996).

Dentre os métodos mais utilizados a VFC destaca-se devido a sua simplicidade na aquisição de dados, baixo custo e reprodutibilidade (TASK FORCE, 1996). A VFC reflete as flutuações nos intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos, intervalos R-R. Essas flutuações ajudam a entender o balanço entre as influências simpáticas e parassimpática sobre o coração (TASK FORCE, 1996). Uma maior variabilidade nos intervalos R-R está associada a uma melhor adaptação do SNA refletindo num melhor funcionamento autonômico. Por outro lado, uma menor variabilidade nos intervalos R-R está associada a disfunções autonômicas e condições clínicas adversas (Billman, 2013).

Além de ser uma ferramenta acessível e não invasiva, a análise da VFC tem se mostrado um importante marcador prognóstico em diversas condições clínicas. Estudos revelam que níveis reduzidos de VFC estão associados a maior risco de mortalidade por doenças cardiovasculares e arritmias, além de estarem correlacionados com maior prevalência de síndrome metabólica e diabetes tipo 2, o que indica disfunção autonômica com implicações metabólicas e prognósticas negativas (Fang, Wu e Tsai, 2020). Em contrapartida, indivíduos com maior VFC tendem a apresentar melhor saúde cardiovascular, maior capacidade de adaptação ao estresse fisiológico e melhor regulação autonômica (THAYER; YAMAMOTO; BROSSCHOT, 2010; SHAFFER; GINSBERG, 2017). No contexto da saúde mental, níveis reduzidos de VFC também têm sido associados a condições como depressão, ansiedade e estresse crônico, refletindo a diminuição da flexibilidade autonômica e da capacidade de regulação emocional frente a demandas ambientais e fisiológicas (KEMP; QUINN; FELMINGHAM, 2010). Assim, a avaliação da VFC torna-se uma ferramenta promissora na

compreensão da integridade autonômica e na identificação precoce de disfunções fisiológicas, mesmo em indivíduos assintomáticos.

A VFC pode ser avaliada de diversas formas, dentre as principais estão o domínio do tempo, da frequência ou análise espectral e a análise não linear. O **domínio do tempo** possui alguns índices que são calculados a partir de fórmulas matemáticas que avaliam a variação nos intervalos R-R ao longo de um período de tempo (TASK FORCE, 1996). Dentre os principais índices do domínio do tempo, destacam-se (TASK FORCE, 1996):

- I. **SDNN**: desvio padrão de todos os iRR normais gravados em um período de tempo, expresso em ms;
- II. **SDANN**: desvio padrão das médias dos iRR normais, a cada cinco minutos, em um período de tempo, expresso em ms;
- III. **SDNNi**: média do desvio padrão dos iRR normais, a cada cinco minutos, expresso em ms;
- IV. **rMSSD**: raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os iRR normais adjacentes, em um período de tempo, expresso em ms;
- V. **pNN50**: porcentagem dos iRR adjacentes com diferença de duração maior que 50 ms.

O SDNN reflete a variabilidade total, incluindo as influências simpáticas e parassimpáticas. O SDANN avalia as variações de longo prazo da VFC, ou seja, os ritmos mais lentos (atividade simpática). Por outro lado, o SDNNi reflete a VFC de curto prazo, menos afetada por oscilações circadianas. O RMSSD mede as variações de curto prazo da VFC, refletindo assim a atividade parassimpática (tônus vagal). O pNN50 é um marcador da atividade parassimpática, e que fortemente influenciada pelo tônus vagal. Quando comparados o RMSSD e o pNN50, a literatura aponta que o RMSSD é um método mais robusto por ser menos sensível a ruídos no registro dos intervalos R-R (TASK FORCE, 1996).

Ainda no **domínio do tempo**, outro método comumente utilizado é o **método geométrico**. Este método utiliza a representação gráfica da distribuição dos intervalos R-R, como histogramas. A vantagem de utilizar esta abordagem é ela fornece uma avaliação global da VFC, sofrendo menos influência de valores extremos ou artefatos que análises estatísticas tradicionais (TASK FORCE, 1996).

Dentro dos métodos geométricos, o **gráfico de Poincaré ou mapa de Poincaré** é o mais utilizado. O mapa de Poincaré é uma técnica utilizada para processar os intervalos R-R no domínio do tempo dentro da dinâmica não linear. Esse método geométrico correlaciona cada intervalo R-R com o intervalo anterior, formando um diagrama de dispersão que não exige um sinal estacionário (TASK FORCE,1996). A análise desse diagrama pode ser realizada de maneira visual, ou qualitativa, avaliando o formato da plotagem para classificar os sinais como lineares, aleatórios ou caóticos (WOO et al., 1992). Além disso, a análise pode ser feita quantitativamente, utilizando os cálculos dos desvios-padrão das distâncias entre os intervalos dos batimentos, conhecidos como SD1 e SD2 (TASK FORCE, 1996). De maneira geral, quando interpretamos visualmente o gráfico do mapa de Poincaré quanto mais dispersos os pontos da linha de identidade, maior a variabilidade dos intervalos R-R, e vice-versa.

Esta forma de análise fornece três índices: SD1, SD2 e a razão SD1/SD2 (TASK FORCE, 1996).

- I. **SD1:** Desvio padrão da dispersão perpendicular à linha de identidade;
- II. **SD2:** Desvio padrão da dispersão paralela à linha de identidade
- III. **Razão SD1/SD2:** Balanço simpato-vagal

O SD1 representa a dispersão dos pontos perpendiculares à linha de identidade e está relacionado à variabilidade de curto prazo dos batimentos, quantificando a modulação vagal da frequência cardíaca. Em outras palavras, o SD1 representa a variabilidade de curto prazo (atividade parassimpática). O SD2 representa a variabilidade de longo prazo (controle global do SNA = atividade parassimpática + atividade simpática). A razão SD1/SD2 representa a proporção entre a variabilidade de curto e longo prazo. Valores elevados desta razão apontam predomínio da atividade parassimpática (associado a saúde e desempenho), enquanto que valores mais baixos apontam maior atividade simpática ou menor variabilidade global (associado ao envelhecimento e doenças).

O **domínio da frequência** se baseia na decomposição do sinal da série temporal dos intervalos R-R em diferentes componentes de frequência, permitindo identificar oscilações do ritmo cardíaco que são causadas pela influência do SNS e SNP sobre o coração (TASK FORCE, 1996). Esta análise busca entender quais as frequências que influenciam mais na variação da FC e o significado fisiológico de cada uma delas, além de suas faixas de frequência utilizadas são (TASK FORCE, 1996):

- I. Faixa de Ultrabaixa Frequência (UBF):** estes índices são menos utilizados, devido ao baixo conhecimento sobre suas aplicações fisiológicas;
- II. Faixa de Muito Baixa Frequência (MBF):** com variação menor que 0,04 Hz, está associada a mecanismos de regulação a longo prazo, como sistema renina-angiotensina e termorregulação, porém requer mais estudos;
- III. Faixa de Baixa Frequência (BF):** com variação entre 0,04 e 0,15 Hz, representa uma combinação da atividade simpática e parassimpática;
- IV. Faixa de Alta Frequência (AF):** com variação entre 0,15 e 0,4 Hz, representa a modulação parassimpática;
- V. Relação LF/HF:** Tradicionalmente considerada um indicador do balanço simpato-vagal, porém essa interpretação tem sido questionada (Billman, 2013).

Para que a análise da VFC seja válida e reprodutível, é fundamental adotar protocolos padronizados durante o registro dos intervalos R-R (TASK FORCE, 1996). Existem diferentes técnicas para registrar a VFC no repouso, as principais são: o eletrocardiograma (ECG) de alta resolução e o monitor holter de 24 horas.

O ECG é considerado o método padrão-ouro para o registro da VFC, para avaliar a atividade e a reatividade autonômica no repouso. Estudos apontam que um período de 5 minutos de registro da VFC no repouso é o suficiente para fornecer dados estáveis e reprodutíveis para os índices da VFC, permitindo comparações entre indivíduos e condições experimentais (TASK FORCE, 1996).

Além disso, o registro de 5 minutos da VFC em repouso é recomendado para avaliação dos componentes de baixa e alta frequência da análise espectral (TASK FORCE, 1996). Embora o registro de 24 horas (Holter) seja válido para análise de longo prazo da VFC, um período de 5 minutos é mais prático e viável para estudos clínicos e fisiológicos e aplicação prática e clínica (TASK FORCE, 1996).

Nesse contexto, a VFC tem se consolidado como uma ferramenta valiosa para investigar como diferentes estímulos, como o treinamento físico, influenciam a regulação autonômica cardíaca em curto e longo prazo (SILVA; MARTINS, 2024). Além de seu uso na avaliação funcional, níveis reduzidos de VFC têm sido amplamente reconhecidos como preditores independentes de mortalidade e de eventos cardiovasculares adversos,

configurando-se como um marcador de risco importante em diversas populações clínicas e aparentemente saudáveis (KLEIGER et al., 2005).

A avaliação da VFC no repouso avaliada em diferentes posições corporais e durante o momento de transição entre posições é fundamental para entender o funcionamento da modulação autonômica durante o momento de estabilidade hemodinâmica e das adaptações cardiovasculares frente a mudança postural (Zuttin et al. 2008; Molina et al. 2016; Fonseca 2021). Assim como, a atividade parassimpática avaliada nas posições supina e ortostática se correlaciona negativamente com a morbimortalidade cardiovascular e incidência de diabetes tipo II (Carnethon et al. 2002).

Da mesma maneira, o estudo de Garcia e colaboradores, (2023) mostrou que indivíduos com maior atividade parassimpática no repouso apresentaram maior retirada parassimpática no início do esforço e reserva cronotrópica durante o teste de cardiopulmonar. Dessa forma, uma alta modulação parassimpática no repouso parece ser um indicador de melhor capacidade alostática no início do esforço e desempenho aeróbico durante o exercício. A capacidade alostática refere-se à habilidade do organismo de responder e se adaptar eficientemente a estímulos ou estressores fisiológicos, como o exercício físico, por meio de ajustes coordenados dos sistemas autonômico, endócrino e cardiovascular.

Assim, no presente estudo foi escolhido analisar a FAC por meio da análise da VFC nas posições supinas, ortostática e sua variação da posição supina para ortostática durante o repouso para entendermos o funcionamento autônomo do coração, e posteriormente associar com a capacidade cardiopulmonar durante o teste cardiopulmonar máximo em mulheres saudáveis.

## **1.2 Capacidade cardiopulmonar durante o esforço**

A avaliação da capacidade aeróbica durante o esforço é importante para verificar a aptidão cardiorrespiratória, diagnosticar doenças e prescrever treinamentos. Do ponto de vista clínico, doenças cardiovasculares ou risco de mortalidade estão associados a uma redução significativa do  $VO_2$  máx (MYERS et al., 2015). Conforme destacado na Diretriz Brasileira de Reabilitação Cardiovascular, (SBC, 2020), a avaliação da capacidade cardiopulmonar é

fundamental para indicar pacientes para programas de reabilitação cardiovascular que ajudam na melhora da qualidade de vida (Ross e colaboradores, 2016).

Do ponto de vista da área epidemiológica, a baixa aptidão cardiorrespiratória está associada a um aumento do risco de hipertensão, diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares e mortalidade por todas as causas (Faude et al., 2009; Kokkinos et al. 2022). Com isso, além de contribuir com o diagnóstico de doenças, a avaliação da capacidade cardiopulmonar também tem implicações na promoção de políticas públicas de promoção a saúde.

Do ponto de vista do treinamento esportivo e da área fitness, uma maior capacidade cardiopulmonar reflete em maior desempenho aeróbico e eficiência metabólica em atletas ou indivíduos fisicamente ativos. Estudos realizados com corredores de elite (exercício aeróbico) apontaram que um maior  $VO_2máx$  reflete em uma utilização mais eficiente do oxigênio disponível (Joyner & Coyle, 2008). Além disso, pesquisas com atletas de resistência demonstram que treinamentos como HIIT e treinos de volume progressivo promovem aumentos significativos no  $VO_2máx$ , refletindo adaptações centrais e periféricas como maior débito cardíaco e capilarização muscular (Buchheit ; Laursen, 2013; Rosenblat et al., 2022) .

Existem diversas maneiras de avaliar a capacidade cardiopulmonar durante o esforço, como métodos submáximos ou estimativos, mas estes fornecem estimativas indiretas e podem apresentar viés ou menor sensibilidade em populações específicas. A ferramenta considerada padrão ouro pela literatura é o teste cardiopulmonar máximo (CPX), pois fornece medidas diretas do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ), ventilação pulmonar (VE), além diversas outras variáveis que demonstram a capacidade aeróbica (Mezzani et al., 2009; PRINS et al., 2021).

Dentre as variáveis fisiológicas mensuradas pelo CPX, o consumo de oxigênio máximo ( $VO_2máx$ ) é o mais importante, pois representa a capacidade máxima do organismo de captar, transportar e utilizar o oxigênio como fonte de produção de energia aeróbica (Balady et al., 2010). O  $VO_2máx$  é um forte preditor independente de mortalidade e prognóstico de condições patológicas. Valores abaixo de **14 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>** estão associados a prognóstico negativo e indicam a necessidade de transplante cardíaco em pacientes com insuficiência cardíaca (MYERS et al., 2015). Em indivíduos com diabetes tipo 2, valores reduzidos indicam maior risco cardiovascular e menor capacidade funcional (Wei et al. 1999; Wei et al. 2000; CEREZUELA-ESPEJO et al., 2018)

Além disso, também é valioso avaliar o  $VO_2$  no ponto de compensação respiratória ou limiar ventilatório 2 (LV2), pois é um marcador essencial para prescrição individual de treinamento em atletas e indivíduos em reabilitação cardiovascular (Jones & Carter, 2000). O ponto de compensação respiratória, também conhecido como limiar ventilatório 2, é caracterizado pelo aumento do consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono que não pode ser mais sustentado por mecanismos anaeróbicos, causando um aumento sustentado do lactato e da acidose metabólica (Guyton & Hall, 2021). Tanto o LV2 quanto o primeiro limiar ventilatório são pontos estabelecidos previamente para prescrição de treinamento, por indicarem a intensidade ideal do exercício para melhora do desempenho sem gerar overreaching funcional ou overtraining cronicamente, além de fadiga precoce agudamente (Guyton & Hall, 2021). Revisões recentes confirmam que o LV<sub>2</sub> representa um limiar fisiológico confiável para identificação de zonas de treinamento seguras e eficazes, evitando tanto overreaching como fadiga crônica, e contribui para redução do risco de eventos cardiovasculares (Ramos et al., 2022; Tanner et al., 2024).

No contexto do treinamento esportivo, altos valores de  $VO_2$  no LV2 em atletas de resistência são indicativos de resistência aeróbica, permitindo a manutenção de altas intensidades de treino por longos períodos (Faude et al., 2009). No contexto clínico, estudos apontam que baixos valores de  $VO_2$  no LV2 estão associados com maior risco de mortalidade e hospitalizações em pacientes com insuficiência cardíaca (MYERS et al., 2015).

Além disso tudo, a relação entre o  $VO_2$  no LV2 e no pico do esforço também pode identificar adaptação ao treinamento, por exemplo: Atletas de endurance bem treinados, o  $VO_2$  no LV2 é próximo de 80 a 90% do  $VO_{2máx}$ , enquanto que indivíduos destreinados pode ser inferior a 60%, refletindo uma menor resistência aeróbica (Jones & Carter, 2000).

Outro importante marcador da capacidade cardiopulmonar no esforço é a velocidade atingida na esteira rolante, que determina a intensidade do exercício em diferentes pontos do teste cardiopulmonar. Um exemplo disso é a velocidade atingida no LV2, que permite determinar a intensidade do exercício em que temos o predomínio do metabolismo anaeróbico sobre o aeróbico, contribuindo com uma prescrição de treino mais precisa e individualizada (Yazbek Jr. et al., 1998), assim como no pico do esforço (Neder; Nery, 2002).

O CPX fornece a frequência cardíaca pico ( $FC_{máx}$ ) e frequência cardíaca inicial ( $FC_{inicial}$ ), a partir do cálculo da diferença entre a  $FC_{máx}$  e  $FC_{inicial}$  surge um importante indicador da resposta cardíaca ao esforço, chamada de reserva cronotrópica (SOCERJ, 2025).

Dessa forma, a avaliação da reserva cronotrópica durante o CPX fornece informações valiosas sobre a capacidade do SNA de adaptar-se suprindo as demandas metabólicas impostas pelo exercício (Neder; Nery, 2002).

Estudos apontam que a incompetência cronotrópica pode indicar uma disfunção autonômica cardíaca e tem sido associada a várias condições cardiovasculares negativas, como a doença arterial coronariana e a insuficiência cardíaca crônica (Anjos-Andrade et al. 2010; Vittorio et al. 2010).

Com isso, a avaliação do  $\text{VO}_2$ , da reserva cronotrópica e da velocidade atingida no LV2 e no pico do esforço durante o CPX são importantes marcadores que indicam possíveis problemas cardíacos, que contribuem na prescrição e monitoramento de exercícios individualizados e na reabilitação cardiovascular.

# Objetivos

## 1.3 Objetivos gerais

**Verificar em mulheres aparentemente saudáveis:**

- a) **A hipótese de associação entre a atividade cardiovagal, baseada na análise da variabilidade da frequência cardíaca, no repouso supino e ortostático, e o consumo de oxigênio, a velocidade atingida e a reserva cronotrópica obtidos no ponto de compensação respiratório e pico do esforço durante o teste de esforço máximo.**
- a) **A hipótese de associação entre a reatividade cardiovagal com a mudança da postura supina para ortostática, e o consumo de oxigênio, a velocidade atingida e reserva cronotrópica obtidos no ponto de compensação respiratório e pico do esforço durante o teste de esforço máximo.**

## 1.4 Objetivos específicos

- Comparar o consumo de oxigênio, a velocidade atingida e a reserva cronotrópica obtidos nos momentos correspondentes ao ponto de compensação respiratória e no pico do esforço durante o teste de esforço máximo, após a estratificação da amostra em grupos com maiores ou menores níveis de modulação cardiovagal no repouso supino.

- Comparar o consumo de oxigênio, a velocidade e a reserva cronotrópica obtidos nos momentos correspondentes ao ponto de compensação respiratória e no pico do esforço durante o teste de esforço máximo, após a estratificação da amostra em grupos com maiores ou menores níveis de reatividade cardiovagal, depois da mudança postural da posição supina para a ortostática.

# MATERIAS E MÉTODOS

## 1.5 Seleção da amostra

Foi realizado um estudo transversal, a seleção da amostra foi do tipo não-probabilística por conveniência. Os dados utilizados no presente estudo foram obtidos a partir do banco de dados 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**, previamente conduzido pelo Prof. Dr. Carlos Janssen Gomes da Cruz, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, conforme o parecer nº 2.320.164/2018, sob CAAE: 67895317.4.3001.0030. O presente trabalho constitui uma análise secundária desses dados, com recorte específico para os objetivos desta dissertação.

A amostra foi selecionada por meio da técnica de amostragem não probabilística por conveniência, com cartazes fixados na Universidade de Brasília (Campus Darcy Ribeiro), divulgação no Instagram e no comando da marinha do Brasil. Após surgimento do interesse em participar da nossa pesquisa, a voluntária entrava em contato para agendar o dia e horário dos procedimentos experimentais. Todas as participantes foram aceitas para avaliação, desde que se encaixassem nos critérios de inclusão que serão descritos posteriormente no quadro 1. Todos os procedimentos foram efetuados no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília (UnB). As coletas foram realizadas em um único dia (visita).

### Caracterização da amostra

A amostra foi composta por 54 mulheres aparentemente saudáveis (sem doença previamente diagnosticada), entre 18 e 27 anos [ $24,1 \pm 4,3$  anos e índice de massa corporal (IMC)  $22,2 \pm 2,5$  kg/m<sup>2</sup>].

Todas as participantes, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), cujo modelo está no ANEXO 1. Independentemente do grau de instrução, foram encorajadas a expressar quaisquer dúvidas ou preocupações sobre os procedimentos do estudo.

Elas também foram encorajadas a se sentir à vontade para desistir durante as orientações iniciais e em qualquer fase do estudo.

Em seguida, as participantes preencheram a anamnese contendo perguntas sobre dados pessoais, histórico clínico, hábitos de vida e fatores que impactam as variáveis estudadas, como tabagismo, uso de medicamentos e bebidas alcoólicas, bem como informações sobre a prática de atividade física com base no Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ versão curta), validado para o português (PARDINI et al., 2001).

Após esta coleta, iniciou-se o registro das variáveis fisiológicas no repouso, o qual foi constituído pelas avaliações nas posições supina e ortostática, bem como a variação absoluta da mudança postural ativa da posição supina para ortostática. Decidimos utilizar apenas a variação absoluta para diminuir o volume de informações, visto que os resultados de ambas as variações foram similares. Essa manobra é conhecida como: estresse ortostático ativo (EOA).

O estresse ortostático ativo (EOA), aplicado nessa fase de repouso, é uma estratégia reconhecida, válida e reprodutível para induzir temporariamente um desbalanço autonômico (Ribeiro et al., 2004). Essa manobra provoca a retirada da atividade parassimpática, simulando uma condição de desafio fisiológico. Além de sua relevância clínica, o EOA é um método simples e prático, também amplamente utilizado no controle da carga de treinamento em atletas (Bernardes Neto, 2022). Estudos demonstram que alterações atípicas no balanço autonômico durante o EOA podem representar fator de risco em algumas condições clínicas (Carnethon et al., 2003; Grant et al., 2009). Morlin et al. (2023), por exemplo, destacam o EOA como um recurso acessível e aplicável em contextos esportivos para avaliar a prontidão do atleta e ajustar a carga de treino.

Em repouso, na posição supina, observa-se predominância da atividade parassimpática em nossas participantes, conforme descrito pela Task Force (1996). Esse predomínio é justificado pela menor exigência ortostática, o que se reflete em maiores índices parassimpáticos nessa posição. Com a mudança para a posição ortostática, há uma esperada redução da atividade parassimpática (reatividade) e o aumento do tônus simpático, em resposta à redistribuição sanguínea induzida pela gravidade. Essa adaptação é necessária para manter a perfusão cerebral e o débito cardíaco (Task Force, 1996).

Portanto, para proceder a avaliação da função autonômica cardíaca as participantes foram instruídas a adotar a posição supina sobre a maca de exame, no qual foi averiguada o ritmo sinusal das voluntárias por meio de eletrocardiograma (ECG) e o registro da pressão arterial (PA). Após 10 minutos em repouso supino, iniciou-se o registro dos intervalos iRR e a contagem da frequência respiratória (FR). Após 5 minutos nesta posição, as voluntárias foram instruídas verbalmente a ficar em pé ao lado da maca. Após 3 minutos na nova posição corporal (ortostática), e ante do segundo registro dos iRR a PA foi aferida por meio do esfigmomanômetro digital e automático, no braço direito, para verificar a ausência de hipotensão postural nessa posição. Verificada a PA iniciou-se nova gravação do registro (5min) dos intervalos iRR e a contagem da FR.

### **1.6 Caracterização da função autonômica cardíaca no repouso**

A VFC foi utilizada para avaliar a função autonômica cardíaca (FAC). Recomendações da Sociedade Europeia de Cardiologia e a Sociedade Norte Americana de Eletrofisiologia e Marcapasso que apontam a análise da VFC como um método fidedigno, válido e reprodutível (MALIK, 1996). A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) foi analisada a partir do registro dos intervalos R-R, captados por um cardiotacômetro da marca Polar®, modelo RS800CX, produzido pela Polar Electro Oy – Finlândia (Figura 1). Esse equipamento foi previamente validado no Laboratório Cardiovascular, conforme descrito por Porto e Junqueira (2009).



Figura 1. Ilustração do frequencímetro da marca Polar®, modelo RS800CX, fabricado pela Polar Electro Oy – Finlândia

A avaliação da FAC nas posições supina e ortostática foi efetuada utilizando as análises dos índices da plotagem de Poincaré, método não linear da VFC. Estas análises foram realizadas, por meio: do desvio padrão da variabilidade instantânea dos intervalos R-R por batimento – SD1 da VFC (TASK FORCE,1996). Os registros destas séries temporais foram de 5 minutos, conforme rotina do laboratório.

Para identificar a presença de ritmo cardíaco (ritmo sinusal) foi utilizado o eletrocardiograma (ECG) com registro de 12 derivações, mais o traçado longo da derivação DII, aparelho eletrocardiógrafo/ELITE, modelo ergo PC 13 da marca Micromed®.

Após identificada a presença de ritmo sinusal (critério de inclusão), foi realizada a captação dos intervalos R-R do ECG pelo dispositivo *Polar wearlink transmitter*®, figura 2. Este dispositivo é uma correria elástica que é ajustada ao diâmetro do tórax de cada indivíduo. Antes o dispositivo no indivíduo, a correia (parte sensível do equipamento, que capta os intervalos R-R do ECG) foi molhada para evitar a ocorrência de interferências durante todo o protocolo, conforme orientação do fabricante.



Figura 2: Ilustração da correia *WearLink*® e do transmissor que é fixada a correia e capta os intervalos R-R do ECG para o receptor, acoplada a uma correia elástica para a colocação do aparelho em volta do tórax.

Após o registro, as series dos intervalos RR foram transferidos para o Polar® ProTrainer5. Em seguida, o arquivo.txt foi salvo e transferido para o Kubios HRV 3.0 (Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Kuopio, Finlândia). Antes das análises de VFC, cada série de intervalos R-R foi verificada visualmente no eletrocardiograma, batimento

por batimento, para validação do ritmo sinusal e identificação de ritmo não sinusal, artefatos, batimentos ectópicos e reprodutibilidade dos sinais. A identificação e remoção automatizada de artefatos/batimentos espúrios foi realizada utilizando o método de filtro, que consiste em selecionar intervalos R-R que são maiores ou menores do que 0,45 s (muito baixo), 0,35 s (baixo), 0,25 s (médio), 0,15 s (forte) ou 0,05 s (muito forte) em comparação com a média dos intervalos R-R. Utilizamos o filtro médio que removeu apenas os pontos ectópicos observados visualmente, desde que o traçado não perdesse o padrão fisiológico e a remoção não excedesse 1% da gravação (KUBIOS, 2021).

As séries de intervalos R-R qualificadas foram altamente estáveis e estacionárias, conforme estimado pelas diferenças percentuais das médias e dos desvios padrão entre três segmentos divididos da série.

A PA foi mensurada por meio de um esfigmomanômetro digital e automático no braço direito, o aparelho utilizado foi o modelo HBP-1300 (OMRON Healthcare, Kyoto, Japão, Figura 3), validado por (CHEN et al., 2017).



Figura 3. Ilustração do esfigmomanômetro digital modelo HBP-1300 (OMRON Healthcare, Kyoto, Japão).

A FR foi obtida observando e contabilizando os movimentos de expansão do tórax e/ou abdominal que ocorreram durante a fase de inspiração de cada ciclo respiratório durante 1 minuto (HAUTALA et al., 2003). Um ciclo de inspiração e expiração foi considerado como uma incursão respiratória.

Na fase de pré teste, foram definidos critérios de inclusão e exclusão para controle de possíveis variáveis confundidoras. Os critérios de inclusão foram escolhidos com base em

pressupostos clínico-funcionais e metodológicos, principalmente na análise da variabilidade dos intervalos R-R (iRR). Estes pressupostos estão apresentados no quadro 1 abaixo.

<b>Critério</b>	<b>Motivo (quando houver)</b>
Idade – entre 18 a 27 anos	
IMC $\geq$ 18,5 kg/m <sup>2</sup> e $\leq$ 29,9 kg/m <sup>2</sup> ;	Influência negativa da obesidade e baixo peso na FAC
Sexo feminino	
Não apresentar doenças cardiovasculares	Influência negativa das doenças cardiovasculares na FAC
Não estar sob tratamento medicamentoso	Influência do tratamento medicamentoso na FAC
Não ser tabagistas	Influência negativa do tabagismo na FAC
Fazer uso de contraceptivo oral	Influência do tratamento medicamentoso na FAC
Pressão arterial alterada	A pressão arterial alterada é produto de uma anormalidade no funcionamento do sistema cardiopulmonar.
Limitação ortopédica	Impossibilita a realização do teste de esforço
Ritmo sinusal ao longo de todos os registros	Para interpretação correta da VFC, o controle cronotrópico cardíaco deve ser derivado do ritmo sinusal

Frequência Respiratória (FR) $\geq$ 10 incursões respiratórias por minuto (irpm)	FR inferior a 10 irpm pode afetar a interpretação da variabilidade da frequência cardíaca no domínio espectral
Falha no registro da função autonômica cardíaca	A função autonômica cardíaca precisa ser registrada para análise dos resultados deste estudo
Condição clínica não-normal e/ou com potencial interferência na análise da variabilidade dos intervalos R-R no ECG	A VFC não pode ser influenciada por nenhum fator confundidor para que as análises possam ser consideradas
Não praticar atividade física 24 horas antes do teste de esforço	A prática de atividade física previa ao teste de esforço pode prejudicar os resultados da voluntária e os resultados do teste
Não consumir bebidas estimulantes por um período mínimo de 12 horas antes do teste de esforço	O consumo de bebidas estimulantes previa ao teste de esforço pode prejudicar o rendimento da voluntária e os resultados do teste

**Quadro 1. Critérios de inclusão das voluntárias na amostra**

Nesse contexto, a delimitação da faixa etária entre 18 a 27 anos considerou a forte influência da idade sobre a variabilidade espontânea da frequência cardíaca. Evidências científicas, como as apresentadas por Bonnemeier et al. (2003) e Kuo et al. (1999), demonstram que o envelhecimento está associado à redução significativa dos índices da VFC em repouso, principalmente no que se refere à atividade cardiovagal. Além disso, há um declínio na responsividade autonômica diante de estímulos estressantes (STRATTON et al., 2003; LAITINEN et al., 2004) como mudanças posturais ou exercícios físicos. Assim, restringir a idade das participantes visou minimizar possíveis fatores de confusão relacionados à idade. Ainda com relação aos critérios de inclusão, consideramos o IMC, estabelecido entre 18,5 kg/m<sup>2</sup> e 29,9 kg/m<sup>2</sup>. Esse critério foi aplicado considerando estudos prévios que apontam a influência negativa tanto da obesidade quanto do baixo peso sobre a função autonômica cardíaca. Pesquisas conduzidas por Rossi et al. (2015) e Esco et al. (2013) demonstraram que indivíduos com IMC mais elevado apresentam redução da VFC, com predomínio simpático e prejuízo da atividade cardiovagal, o que pode comprometer a interpretação dos dados da VFC.

A frequência respiratória (FR) foi rigorosamente controlada por sua interferência direta nos índices de variabilidade espontânea da frequência cardíaca (VFC), especialmente nas análises espectrais — embora estas não tenham sido aplicadas neste estudo. Portanto, durante a avaliação de repouso, todos os voluntários mantiveram respiração espontânea, com monitoramento da FR por meio da contagem de incursões respiratórias (um ciclo completo por minuto), conforme descrito na sessão de matérias e métodos. Estudos como o de Beda et al. (2014), demonstrou o impacto da bradipneia nas bandas espectrais de baixa e alta frequência. A bradipneia promove a sobreposição das bandas de baixa e alta frequência (*overlapping*) quando é observado uma FR inferior a 9 incursões/min. Embora o presente estudo tenha empregado apenas a análise não-linear do *Plot* de Poincaré — que, em princípio, não exigem controle rigoroso da FR — optamos por esta abordagem, aplicada ao modelo linear espectral, com vista no aumento do controle da medida com a redução de potenciais interferências respiratórias na variável desfecho, além de homogeneizar a amostra estudada. Ainda, além dos critérios fisiológicos, também foram controladas variáveis comportamentais conhecidas por afetarem a modulação autonômica cardíaca. Fatores como tabagismo (Manzano et al., 2011), uso de álcool e estimulantes (Bau, 2009; Porto et al., 2022), alterações no ciclo menstrual (Pestana et al., 2018), presença de doenças cardiovasculares (Farah, 2020) e

estado emocional alterado (Dishman et al., 2000) foram todos considerados na triagem das participantes. Desta forma, o controle desses fatores permitiu uma maior homogeneidade da amostra estudada além de assegurar que os dados obtidos refletissem, de maneira precisa, a análise da atividade/reactividade cardiovagal no repouso. Além destes critérios previamente esclarecidos, também tivemos a preocupação em verificar o estado emocional dos voluntários, o que claramente afeta a função cardíaca dos voluntários (BILLMAN, 2011). Como resultado, quando o participante disse que estava passando por uma situação atípica em sua vida ou que seu estado emocional estava mudando, o teste foi excluído e/ou adiado. O critério foi usado quando o voluntário sentiu que seu estado emocional naquele momento era diferente do normal. Outros casos incluíam fatos que podem perturbar o equilíbrio psicológico normal, como doença ou falecimento de uma pessoa próxima, demissão do emprego, problemas conjugais e assim por diante.

## **1.7 Protocolo experimental**

### **1.7.1 Orientações e procedimentos:**

No primeiro contato com a participante, informávamos do que se tratava a pesquisa, os procedimentos que seriam realizados no dia de avaliação e sobre os benefícios da sua participação. Após o contato inicial com o voluntário, era agendado o dia da avaliação. O dia de avaliação era agendado até o 7º dia após interrupção do fluxo menstrual. Este período corresponde a fase folicular. Os testes eram agendados para esta fase, pois existe uma redução da VFC na fase lútea em comparação a fase folicular (PESTANA et al., 2018).

Os testes foram realizados nos meses 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. A duração de cada sessão era de no máximo 60 minutos. A temperatura do laboratório era controlada para 21 a 24° C, e sem interferência de sons e/ou ruídos externos. Solicitamos um período de sono de pelo

menos 6 horas na noite anterior ao teste. Assim como, levar roupa de ginástica (bermuda e top) e tênis e fazer a última refeição 2 a 3 horas antes do teste.

O protocolo experimental era composto por: anamnese, coleta das medidas antropométricas e funcionais, eletrocardiograma em repouso (supino e EOA) e teste cardiopulmonar máximo, figura 6.

i) Todo os testes experimentais foram conduzidos por um pesquisador do laboratório e um pesquisador ajudante que auxiliava nos procedimentos. Vale ressaltar que, Prof. Dr. Guilherme Eckhardt Molina, orientador do trabalho, esteve presente durante toda a etapa de processamento e análise dos dados.

### **1.7.3 Pré teste**

#### **a) Questionários**

Todas as participantes, assinaram a TCLE, cujo modelo está no ANEXO 1. Neste termo foram apresentados o objetivo da pesquisa, os procedimentos experimentais, onde encontrar os resultados da pesquisa.

Em seguida, as voluntárias preencheram a anamnese. Na anamnese foram respondidas perguntas sobre dados pessoais, histórico clínico, hábitos de vida e fatores que impactam as variáveis estudadas, como tabagismo, uso de medicamentos e bebidas alcoólicas, bem como informações sobre a prática de atividade física com base no Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ versão curta), validado para o português (PARDINI et al., 2001).

#### **b) Avaliação antropométrica**

Após resposta a anamnese, iniciou-se a coleta da massa corporal e estatura (descalças), utilizando-se balança analógica, da marca Welmy, com estadiômetro acoplado, o valor mediano (quartis) da massa corporal e estatura foram 60,8 (48 – 80,5) kg e 1,61 (1,51 – 1,72) m, respectivamente.

#### **i) Supino e Estresse Ortostático Ativo**

Logo após a fase de pré teste, iniciou-se a fase de repouso. Esta fase foi composta por 15 minutos na posição supina e 7 minutos na posição ortostática após mudança

postural ativa. As voluntárias foram instruídas a permanecer em posição de decúbito dorsal na maca móvel acolchoada durante 15 minutos.

Os participantes foram instruídos antes para se manterem o mais relaxados possível. Eles também foram instruídos a evitar alterações conscientes no ritmo respiratório, como inspirações e/ou expirações profundas, e a evitar falar, apenas se eventualmente estivessem se sentindo mal, conforme protocolo padronizado em nosso laboratório (MOLINA, 2013; MOLINA et al., 2016, 2021).

#### **ii) 10 minutos iniciais na posição supina**

Durante os 10 minutos iniciais, na posição supina, foi realizada a análise do eletrocardiográfica com 12 derivações de eletrocardiograma (ECG). O objetivo era determinar se os participantes tinham ritmos sinusais normais. O eletrocardiógrafo/ELITE Ergo PC 13 da marca Micromed® foi usado para realizar o registro.

Após 7 minutos na posição supina, o esfigmomanômetro digital e automático no braço direito registrou a medida da Pressão arterial (PA). O aparelho utilizado foi o modelo HBP-1300 (OMRON Healthcare, Kyoto, Japão), validado por (CHEN et al., 2017). Após a medida, o dispositivo foi removido imediatamente. Após averiguar a PA, as participantes permaneceram deitadas enquanto o transmissor do frequencímetro cardíaco foi colocado no tórax.

Após avaliação clínica, dos dados gerados pelo eletrocardiograma de repouso de 12 derivações, identificou normalidade clínica em todas as voluntárias estudadas.

#### **iii) 5 minutos de registro VFC posição supina**

Imediatamente após os 10 minutos iniciais, começou a gravação curta dos registros dos intervalos R-R e da FC durante 5 minutos. Após 90 segundos do início do registro dos intervalos R-R, a FR foi registrada.

#### **iv) EOA e posição ortostática - 2 minutos de transição + 5 minutos de registro**

Após 5 minutos de gravação dos registros de intervalos R-R na posição supina, a participante recebeu a instrução verbal para iniciar a mudança postural, que é a transição ativa da posição supina para a posição ortostática. Após 2 minutos do término da mudança

postural, a PA foi registrada na posição ortostática para verificar se a participante não tinha hipotensão postural.

Após o 3º minuto do final da mudança de postura, foram registrados novos intervalos R-R e FC na posição ortostática ao longo de 5 minutos. A FR na posição ortostática foi registrada 90 segundos após o início do registro dos intervalos R-R nesta condição, assim como foi realizado na condição supina.

#### **1.7.4 Teste cardiopulmonar máximo**

O teste incremental máximo em esteira rolante, conforme descrito por Wasserman (1964), foi o método escolhido para avaliar a competência cardiopulmonar. Para garantir a validade da avaliação, todas as voluntárias deveriam apresentar respostas fisiológicas de consumo de oxigênio e cronotópica dentro da normalidade ao longo do teste. Assim, foi analisada a dinâmica da FC e do VO<sub>2</sub> durante o esforço incremental. O VO<sub>2</sub> foi incluído por ser a medida padrão-ouro para estimar a potência aeróbica.

Antes do início do teste de esforço, a participante se sentou em um banco sobre a esteira rolante (INBRASPORT-ATL). O consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) foi acompanhado até que o nível basal aproximado de ( $\pm 3,5$  ml/min.kg-1) fosse atingido. Após a estabilização do VO<sub>2</sub>, o registro começou durante três minutos usando um coletor de gases acoplado a máscara que envolvia a boca e o nariz do indivíduo testado, que por sua vez foi ligado ao analisador de gases (CORTEX – Metsoft- Biophysik, Leipzig, Germany) calorímetro indireto portátil, que foi previamente validado para esse propósito (MEYER et al., 2005). Este período de 3 minutos foi estabelecido para que o indivíduo se adaptasse a máscara. Este analisador de gases foi utilizado para análise da dinâmica ventilatória durante todo teste de esforço.

No presente estudo, foi utilizado o protocolo incremental máximo (teste de Balke adaptado BALKE; WARE, 1959), que envolveu aquecimento por 3 minutos a uma velocidade de 3 km/h, seguido de aumentos de 0,5 km/h a cada 30 segundos. Ao longo do teste, a inclinação da esteira permaneceu em 2,5%. As voluntárias foram encorajadas a continuar o esforço, até a fadiga voluntária interromper o teste ou ao atingir o tempo máximo de teste. O tempo total de esforço foi entre 8 e 12 minutos. Conforme previamente padronizado por (PORTO; JUNQUEIRA, 2009), o frequencímetro

POLAR® RS800CX foi usado para registrar a frequência cardíaca. Além disso, foi realizado o acompanhamento do eletrocardiograma contínuo (CM5).

O esforço foi considerado máximo quando ao menos três dos seguintes requisitos foram encontrados (ACSM, 2024):

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  $\dot{V}O$  (Aumento < 150 ml.min<sup>-1</sup>) mesmo com o incremento da carga;
6. Tempo máximo de teste – 12 minutos.

Neste trabalho, as variáveis utilizadas para caracterizar a capacidade de desempenho cardiopulmonar no esforço foram:  $VO_2$ , Velocidade atingida e Reserva cronotrópica. Todas estas variáveis foram analisadas durante 2 momentos do teste, no ponto de compensação respiratória (LV2) e no pico do esforço.

Com base nos clássicos estudos de (WASSERMAN; MCILROY, 1964), o LV2 é ponto no qual o aumento do consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono que não podem ser mais sustentados por mecanismos anaeróbicos, causando um aumento sustentado do lactato e da acidose metabólica.

A avaliação da aptidão cardiorrespiratória no ponto de compensação respiratória pode ser considerado um valioso índice para indicar a máxima intensidade individual para o desempenho aeróbico, além de indicar o ponto de início de fadiga sistêmica em atletas (Guyton & Hall, 2021). Ainda é considerado poderoso marcador fisiológico para a prescrição de treinamento para indivíduos saudáveis e em reabilitação cardiovascular (Jones & Carter, 2000).

Nos estudos de (SUN et al., 2002) por exemplo, a reserva cronotrópica e o  $VO_2$  no LV2 estão relacionados ao prognóstico e gravidade de doenças, como: doença pulmonar obstrutiva crônica e insuficiência cardíaca. Além disso, programas de treinamento usam como referência o ponto de compensação respiratória para criação de treinamentos

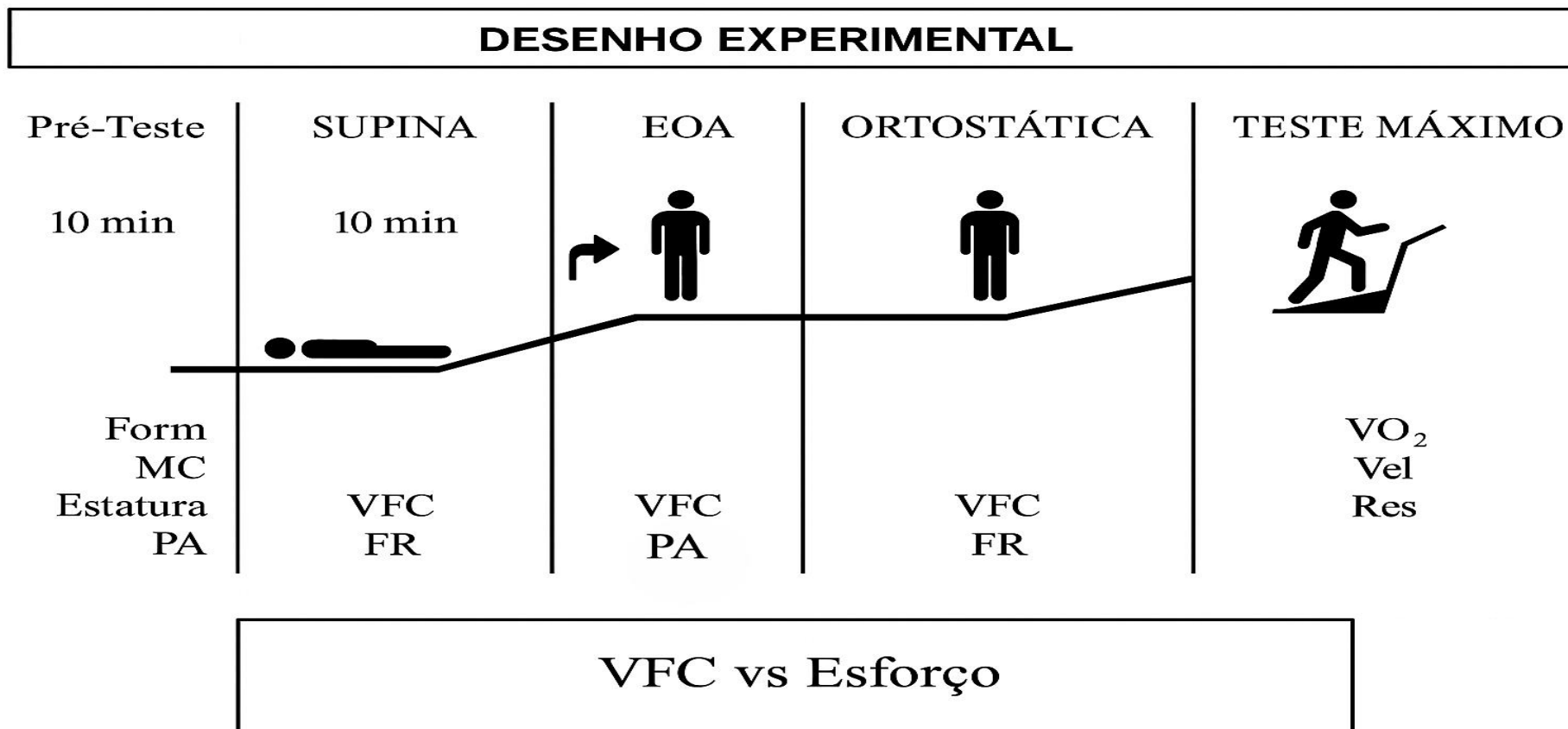
individualizados respeitando o limite metabólico de cada indivíduo (MAZAHERI, Reza et. al. 2021).

Para identificar o LV2 deve-se levar em consideração a análise gráfica do combinado de três variáveis cardiopulmonares:

- a) Aumento do equivalente respiratório de oxigênio ( $VE/VO_2$ ) sem concomitante aumento do equivalente de dióxido de carbono ( $VE/VCO_2$ ) em função da intensidade de esforço;
- b) Aumento exponencial da ventilação minuto em função da carga de exercício - momento do ponto de inflexão da curva
- c) Aumento exponencial da produção de dióxido de carbono.

Além da avaliação no LV2, o pico do esforço também foi avaliado, visto que, na maioria dos casos, o exercício físico é interrompido por fadiga física em potências inferiores às correspondentes ao  $VO_{2max}$  em indivíduos destreinados, portanto neste caso é possível caracterizar o ponto de maior consumo de oxigênio, como o ponto de consumo pico ( $VO_{2pico}$ ) (WASSERMAN, 1964).

A reserva cronotrópica foi calculada a partir da diferença entre a frequência cardíaca final e a frequência cardíaca inicial obtidas no teste de esforço. Essa variável reflete a capacidade do sistema cardiovascular de responder ao estresse fisiológico por meio do aumento da frequência cardíaca. Esse aumento é fundamental para elevar o débito cardíaco (produto da frequência cardíaca e volume sistólico), que, por sua vez, determina a quantidade de oxigênio que é entregue aos músculos ativos durante o exercício.



**Legenda** – 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 6:** Esquema ilustrativo do desenho experimental

## 1.8 Análise estatística

A estatística descritiva foi apresentada na forma de mediana e quartis (25 e 75), devido a distribuição não-normal para a maioria das variáveis dependentes avaliadas pelos testes de Kolmogorov-Smirnov.

No repouso, foi realizada a análise comparativa dos índices dos iR-R, FC, PAS, PAD e SD1 nas posições supina, ortostática na posição supina e ortostática por meio do teste *Wilcoxon signed-rank test*. No exercício, comparamos a FC, VO<sub>2</sub>, Velocidade atingida e reserva cronotrópica no LV2 e pico por meio do *Wilcoxon signed-rank test*.

Para testar a hipótese de correlação da atividade parassimpática na posição supina e ortostática, e sua reatividade com a VO<sub>2</sub>, Velocidade atingida e reserva cronotrópica nos momentos de LV2 e pico do esforço adotou-se a correlação de o teste de Spearman. Além disso, usamos o Bootstrap, método usado para calcular intervalos de confiança de 95% com correção de viés e acelerados (BCa) com mil amostras para derivar um estimador robusto das análises do coeficiente de correlação.

Para testar a hipótese de comparação entre os grupos (dividido em 1º e 3º tercís) de VO<sub>2</sub>, velocidade atingida e reserva cronotrópica corrigidos para condição de repouso, atividade parassimpática e reatividade parassimpática, foi adotado o teste de Mann-Whitney.

Quando as probabilidades bicaudais das ocorrências de cada comparação instituída foram  $\leq 5\%$  ( $p \leq 0,05$ ), as diferenças entre elas foram consideradas estatisticamente significativas.

A magnitude destas diferenças foi avaliada pelo tamanho de efeito (TE). O TE (Rosenthal, R., 1991) foi calculado pela fórmula:  $TE = Z / \sqrt{N}$ . Sendo os seguintes valores representando o tamanho de efeito, conforme abaixo descrito:

- ❖  $0,10 \leq r < 0,3$  - efeito pequeno;
- ❖  $0,3 \leq r < 0,5$  - efeito médio;
- ❖  $r \geq 0,50$  – efeito grande.

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

## RESULTADOS

Os resultados do estudo serão apresentados em 3 tópicos, com base na variável estudada e na análise empregada. Acreditamos que isso facilitará a compreensão dos achados deste estudo.

No primeiro tópico, serão abordados os dados relativos à descrição das características amostrais por meio de variáveis fisiológicas obtidas no repouso, atividade e modulação cardiovagal e durante o esforço, que exhibe os ajustes e capacidade cardiopulmonar durante o esforço incremental máximo, portanto, as variáveis utilizadas são: FC, PAS, PAD, FR, SD1, iRR, VO<sub>2</sub>, Vel e Reserva.

No segundo tópico, serão apresentadas as análises de correlação entre a atividade parassimpática na posição supina, ortostática e sua reatividade após a mudança postural ativa com o consumo de oxigênio, com a velocidade e a reserva cronotrópica, registradas no ponto de compensação respiratória e no pico do esforço durante o teste incremental. Portanto, as variáveis utilizadas nesta análise foram: VO<sub>2</sub>LV2, VO<sub>2</sub>pico, VelLV2, Velpico, ResLV2, Respico, SD1sup, SD1ort e  $\Delta$ SD1ort-sup.

No último tópico, foram realizadas duas análises estatísticas distintas. Na primeira análise, a amostra foi dividida, a partir dos valores da atividade vagal na posição supina, por meio dos tercís: o tercil inferior e o superior. Em seguida, foi realizada a análise comparativa entre o consumo de oxigênio, a velocidade e a reserva cronotrópica nos momentos de LV2 e do pico do esforço, entre os grupos (tercil inferior vs. tercil superior).

Na segunda análise estatística, foi realizada semelhante comparação, no entanto a amostra foi dividida, a partir dos valores da reatividade vagal registrado após EOA, em dois tercís: o tercil inferior e o superior.

Na tabela 1 e 2, os dados são evidenciados através de média, mediana, desvio padrão, quartis inferiores e superiores, valores máximos e mínimos.

## **1.9 Atividade e reatividade parassimpática no repouso e a capacidade cardiopulmonar no esforço**

### **1.9.2 Repouso**

Para caracterização das variáveis amostrais fisiológicas, as mulheres foram avaliadas em 2 condições fisiológicas distintas: posição supina e ortostática. Na tabela 1, estão apresentados os dados de estatística descritiva das variáveis: idade, índice de massa corporal (IMC), frequência cardíaca (FC), pressão arterial (PA) e frequência respiratória (FR). As variáveis apresentadas aqui na seção de métodos, serão descritas por média, mediana, desvio padrão, quartil inferior e superior, e valores máximo e mínimo.

A média de idade das voluntárias foi de 24 anos, e IMC de 23,4 kg/m<sup>2</sup>. A frequência cardíaca apresentou valor médio de 70 bpm na posição supina, com valores extremos de 43-91 bpm. Na mesma medida, na posição ortostática, o valor médio foi de 86 bpm, com valores extremos de 54-111 bpm.

Para pressão arterial, a média da pressão arterial sistólica foi de 112 bpm na posição supina, e 113 bpm na posição ortostática, com valores extremos de 97-128 bpm e 97-129 bpm, respectivamente. A média da pressão arterial diastólica foi de 68 bpm na posição supina, e 73 bpm na posição ortostática, com valores extremos de 53-82 bpm e 61-89 bpm, respectivamente.

O discreto aumento da PAD após a mudança postural se deve ao aumento da resistência vascular periférica. Já a PAS tende a sofrer menor variação, uma vez que o aumento da FC contribui para preservar o volume sistólico (Guyton e Hall, 2021). Portanto, considerando esses ajustes podemos afirmar que a dinâmica cardiovagal no repouso e sua reatividade foram consideradas “normais”, ou seja, apresentou resposta fisiológica na avaliação da atividade/reatividade cardiovagal.

A frequência respiratória, na posição supina, apontou valor médio de 15 incursões respiratórias por minuto, com valores extremos de 10-22 irpm. Na posição ortostática, apontou valor médio de 16 respirações por minuto, com valores extremos de 11-26 irpm.

Na condição de supino, todos os níveis de PA, FC e FR estavam dentro da faixa normalidade (GUYTON e HALL, 2021).

Na tabela 2, estão descritos os valores da atividade cardiovagal, dos intervalos R-R, no repouso durante 5 minutos (posições supina e ortostática). Observa-se que o valor médio de SD1ort foi menor que o de SD1sup, 39,4 ms vs. 17 ms, respectivamente (-15,6%;  $p < 0,05$ ). A variação absoluta de SD1 foi de -22,5 ms, o que evidencia a retirada cardiovagal após mudança postural. É interessante notar que, todos os participantes expressaram retirada da atividade vagal após EOA, com uma amplitude que varia de -0,5 ms a -97,9 ms.

Ainda sobre a variabilidade dos iRR, verifica-se valor médio de 874 ms para o iRR na posição supina. Este valor médio diminui na posição ortostática para 708,6 ms.

Vale ressaltar, que todos estes valores estão dentro da faixa de normalidade e que os ajustes fisiológicos observados frente ao estresse ortostático são considerados normais e esperados.

**TABELA 01.** Estatística descritiva amostra da idade, variáveis antropométricas e fisiológicas (n = 54) nas posições supina e ortostática.

	Idade	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	FC (bpm)		PAS (mmHg)		PAD (mmHg)		FR (irpm)	
			Sup	Ort	Sup	Ort	Sup	Ort	Sup	Ort
Média	24	23,4	70	86	112	113	68	73	15,9	16
DP	4,6	2,6	9,6	11,1	7,1	8,3	6	7,8	3,5	3,3
Máx	37	30	91	111	128	129	82	89	22,0	26
Qlt Sup	26,0	25,1	76	94	117	119	72	78	18,0	18,0
Mediana	24,0	23,0	69	86	112	113	68	73	16,0	15,0
Qlt Inf	21	21,6	64	79	108	106	64	67	13,0	13,0
Mín	18	19	43	54	97	97	53	61	10,0	11,0

IMC = Índice de massa corporal (kg/m<sup>2</sup>); sup = posição supina; ort = posição ortostática; FC = frequência cardíaca (bpm); PAS = pressão arterial sistólica (mmHg); PAD = pressão arterial diastólica (mmHg); FR = Frequência respiratória (incursões respirações/minuto); DP = desvio-padrão; Máx = máximo; Qlt Sup = quartil superior; Qlt Inf = quartil inferior; Mín = mínimo.

**TABELA 02.** Estatística descritiva amostral (n= 54 indivíduos) da atividade vagal e dos intervalos R-R, todos estes no repouso (supino e ortostático). Assim como, a reatividade parassimpática (variação absoluta da posição supina para ortostática) frequência cardíaca máxima.

	iRR (ms)		SD1(ms)		
	Sup	Ort	Sup	Ort	$\Delta$ abs
Média	874	708,6	39,4	17	-22,5
DP	135,9	102	22	8,5	19,1
Máx	1395	1115	117,3	58	-0,5
Qlt Sup	941,5	754,3	50,1	19,5	-11,1
Mediana	868,5	692,5	34,6	15,6	-15,6
Qlt Inf	782	638,2	22,9	11,5	-30,7
Mín	658	539	11,4	3,7	-97,9
p*	< 0,01		< 0,01		

SD1 = desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento-a-batimento; sup = posição supina; ort = posição ortostática;  $\Delta$ abs = diferença absoluta de SD1ort-sup; iRR = intervalo RR; DP = desvio-padrão; Máx = máximo; Qlt Sup = quartil superior; Qlt Inf = quartil inferior; Mín = mínimo; p\*: teste de Wilcoxon.

### 1.9.3 Esforço

Na tabela 3, foram descritos os valores do consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ), da velocidade e da reserva cronotrópica, no ponto de compensação respiratória e no pico do esforço incremental.

Com relação ao consumo de oxigênio (tabela 3), no ponto de compensação respiratória nota-se que a média de consumo de oxigênio foi de  $33,4 \text{ mL/kg}\cdot\text{min}^{-1}$  nas voluntárias avaliadas. Ainda no LV2, a média de velocidade atingida foi de  $8,6 \text{ km/h}$ , e a reserva cronotrópica registrada foi de  $109,7 \text{ bpm}$ . Vale destacar também, que na tabela 2, observa-se que o valor médio do consumo de oxigênio relativo na condição basal foi de  $9,6 \text{ mL/kg}\cdot\text{min}^{-1}$ .

No pico do esforço (tabela 3), foi registrado aumento médio ( $P < 0.01$ ) do consumo de oxigênio para  $36 \text{ mL/kg}\cdot\text{min}^{-1}$ , tal qual a velocidade e a reserva cronotrópica,  $9,8 \text{ km/h}$  e  $118,3 \text{ bpm}$ . Portanto, levando em consideração os dados do *Cooper institute* (Cooper institute, 1997) os indivíduos avaliados têm nível médio de aptidão física classificados como bom para o  $\text{VO}_2$  pico relativo.

A dinâmica do comportamento do  $\text{VO}_2$  se assemelhou com a dinâmica cronotrópica nas diferentes condições funcionais ao longo de todo o teste de esforço, portanto, os ajustes fisiológicos observados foram considerados normais. Vale ressaltar também, na tabela 3, que o valor médio da frequência cardíaca máxima foi  $187 \text{ bpm}$ .

**TABELA 03.** Estatística descritiva amostral (n= 54 indivíduos) da frequência cardíaca, do consumo de oxigênio relativo, da velocidade atingida durante o esforço e reserva cronotrópica no ponto de compensação respiratória e no pico do esforço.

	FC (bpm)		VO <sub>2</sub> (mL/kg.min)		Vel (km/h)		Reserva (bpm)	
	LV2	Pico	LV2	Pico	LV2	Pico	LV2	Pico
Média	177	187	33,4	36	8,6	9,8	109,7	118,3
DP	11,6	8,3	4,7	5	1	1,2	15,2	12,5
Máx	199	202	43,2	46	12	12,5	140	149
Qlt Sup	186	193	36,5	39,7	9	10,5	118,5	125,5
Mediana	179	188	33	35,4	8,5	9,5	110	118
Qlt Inf	170	180	30,9	32,6	8	9	110,5	109,5
Mín	144	170	22,1	24	6,5	7	69	95
p*	< 0,01		< 0,01		< 0,01		< 0,01	

FC = Frequência cardíaca; VO<sub>2</sub> = Consumo de oxigênio relativo; Vel = Velocidade atingida; Reserva = Reserva cronotrópica; LV2 = Ponto de compensação respiratória; Pico = Pico do esforço; DP = desvio-padrão; Máx = máximo; Qlt Sup = quartil superior; Qlt Inf = quartil inferior; Mín = mínimo; p\*: teste de Wilcoxon.

#### **1.9.4 Análises comparativas (Repouso vs. esforço)**

Nas tabelas 1 e 2, foram efetuadas comparações entre as variáveis fisiológicas em diferentes condições experimentais. As comparações foram feitas em 2 condições diferentes por meio do teste de Wilcoxon, de forma pareada.

Como observado na tabela 1, foram realizadas comparações dos iRR e das pressões sistólicas e diastólicas na posição supina e ortostática. Foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre estas condições para o IRR e PAD ( $p < 0,01$ ). Entretanto, para a PAS não foram encontradas diferenças estatísticas significativas.

Para SD1, as avaliações também foram realizadas nas posições supina e ortostática. Após comparados os diferentes estados fisiológicos, destaca-se que foram observadas diferenças estatísticas significativas entre todas as condições tanto para SD1, quanto para FC ( $p < 0,01$ ).

Na tabela 2, o  $VO_2$  e a FC foram comparadas no limiar ventilatório e no pico. Foi achada diferenças estatísticas significativas entre as diferentes condições ( $p < 0,01$ ) para as duas variáveis. Assim como, a velocidade e reserva cronotrópica foram comparadas os pontos do limiar ventilatório e pico. Dessa forma, descobrimos que também existem diferenças estatísticas significativas entre os diferentes pontos de avaliação ( $p < 0,01$ ).

### **1.10 Correlação entre a atividade e reatividade cardiovagal no repouso com a capacidade cardiopulmonar no esforço incremental máximo**

Na tabela 3 e figuras 1, 2 e 3, foi utilizado o teste de correlação de Spearman para correlacionar as variáveis que expressam a atividade e reatividade cardiovagal no repouso com as variáveis que expressam a capacidade cardiopulmonar durante o exercício.

Na tabela 3 e na figura 1, destaca-se que foram encontradas correlações positivas entre a atividade cardiovagal na posição supina com o  $\text{VO}_2$  no ponto de compensação respiratória e no pico do esforço, grau de correlação de 0,35 e 0,32, respectivamente, e nível de significância de  $p < 0,01$  para ambos.

Em seguida, foram confirmadas correlações positivas entre a atividade cardiovagal na posição supina com a velocidade atingida no ponto de compensação respiratória e no pico do esforço, grau de correlação de 0,28 e 0,26, respectivamente, e nível de significância de  $p = 0,02$  e  $p = 0,03$ , respectivamente.

Na sequência, foi constatada correlação positiva entre a atividade cardiovagal na posição supina com a reserva cronotrópica no ponto de compensação respiratória, e correlação positiva com a reserva cronotrópica no pico do esforço, grau de correlação de 0,54 e 0,7, respectivamente, e nível de significância de  $p < 0,01$  para ambos.

Na tabela 3 e na figura 2, foram demonstradas correlações positivas entre a atividade cardiovagal na posição ortostática com a reserva cronotrópica no ponto de compensação respiratória e no pico do esforço, grau de correlação de 0,26 e 0,25, respectivamente, e nível de significância de  $p = 0,03$  para ambos.

Por outro lado, não foram encontradas correlações entre a atividade cardiovagal na posição ortostática com o consumo de oxigênio atingido no ponto de compensação respiratória e no pico do esforço, nível de significância de  $p = 0,25$  e  $p = 0,08$ , respectivamente. Assim como, não foram encontradas correlações entre a atividade cardiovagal na posição ortostática com a velocidade atingida no ponto de compensação respiratória e no pico do esforço, nível de significância de  $p = 0,4$  e  $p = 0,32$ , respectivamente.

Na tabela 3 e na figura 3, foram observadas correlações positivas entre a reatividade cardiovagal da posição supina para ortostática com o consumo de oxigênio atingido no ponto de compensação respiratória e no pico do esforço, grau de correlação de 0,34 e 0,25, respectivamente, nível de significância de  $p < 0,01$  e  $p = 0,03$ , respectivamente.

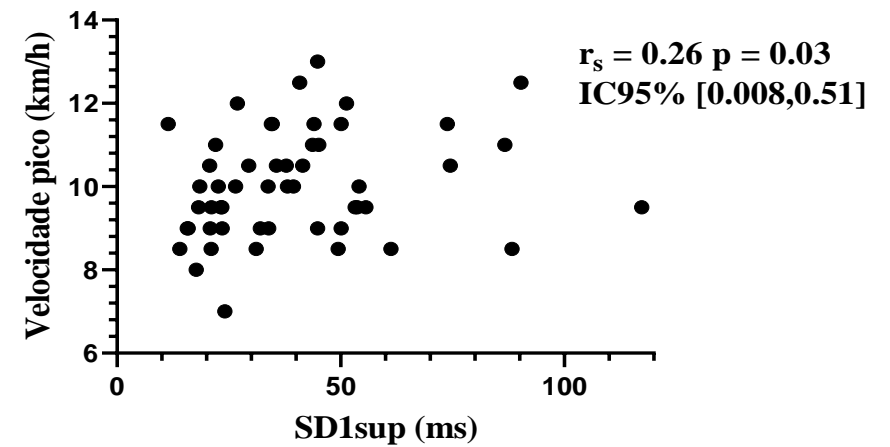
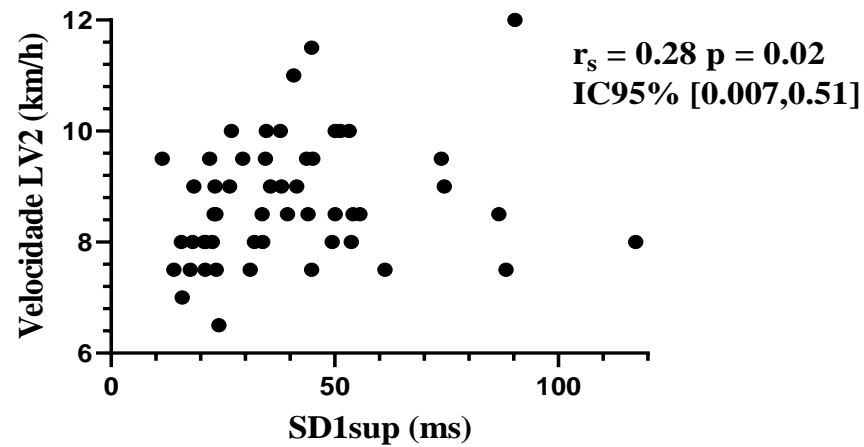
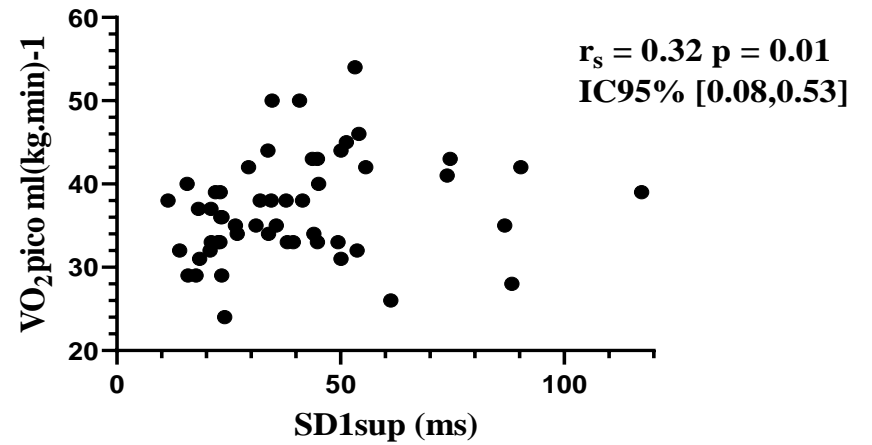
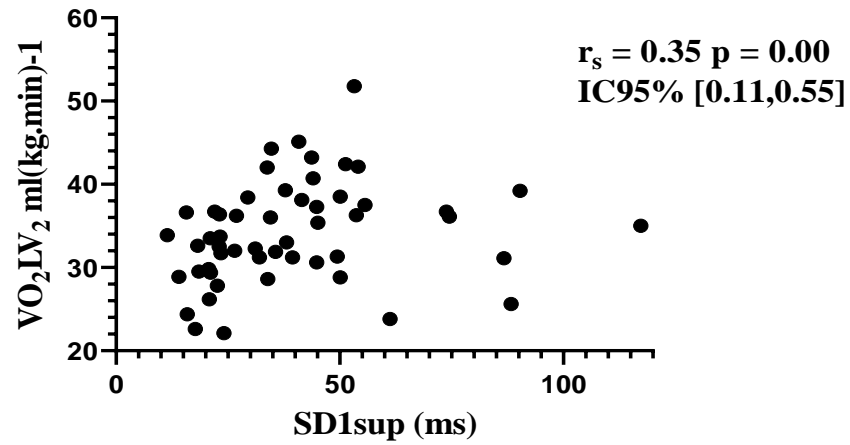
Ainda nesta tabela e figura, encontramos correlações positivas entre a reatividade cardiovagal da posição supina para ortostática com a velocidade atingida no ponto de compensação respiratória e no pico do esforço, grau de correlação de 0,3 e 0,27, respectivamente, nível de significância de  $p = 0,01$  e  $p = 0,02$ , respectivamente.

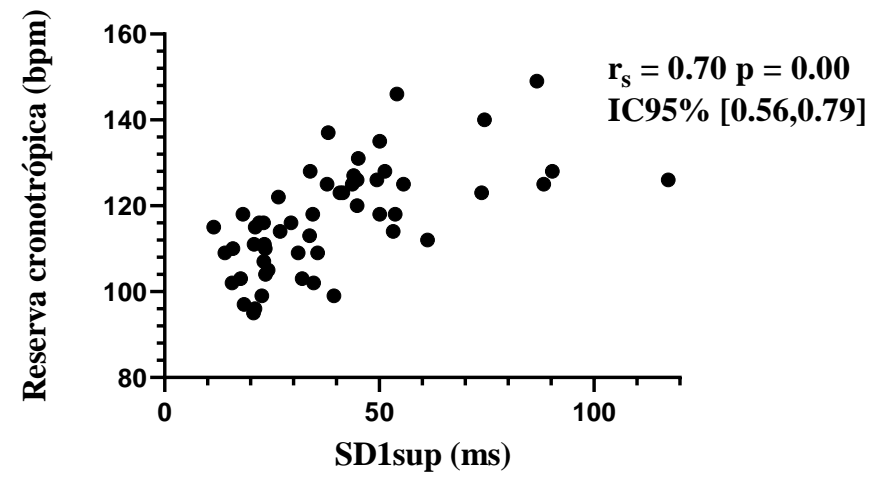
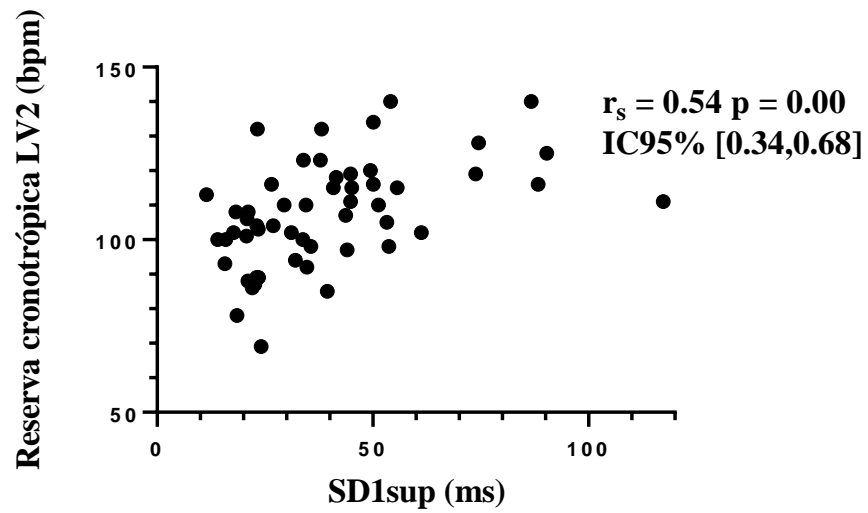
Seguidamente, também foi observado correlação positiva entre a reatividade cardiovagal da posição supina para ortostática com a reserva cronotrópica no ponto de compensação respiratória, grau de correlação de 0,51, e correlação positiva entre a reatividade cardiovagal da posição supina para ortostática com a reserva cronotrópica no pico do esforço, grau de correlação de 0,69, nível de significância de  $p < 0,01$  para ambos.

**TABELA 04.** Correlação entre a atividade parassimpática na posição supina, ortostática e a reatividade parassimpática com o consumo de oxigênio, velocidade e reserva cronotrópica, registradas no ponto de compensação respiratória e pico durante o teste de esforço máximo.

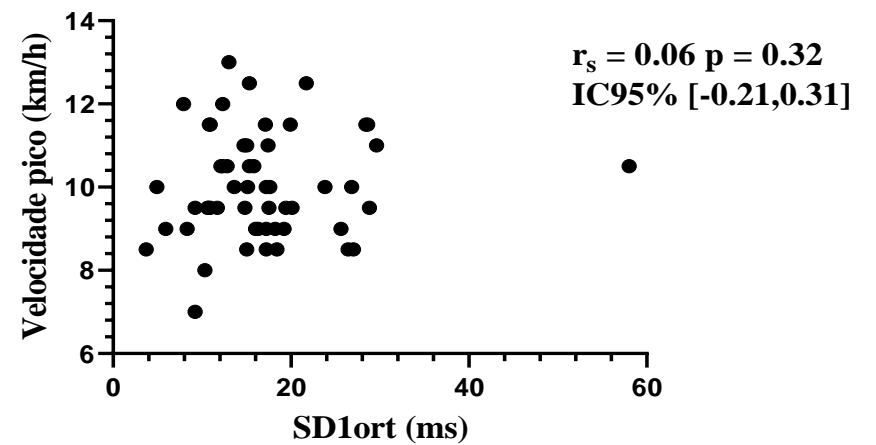
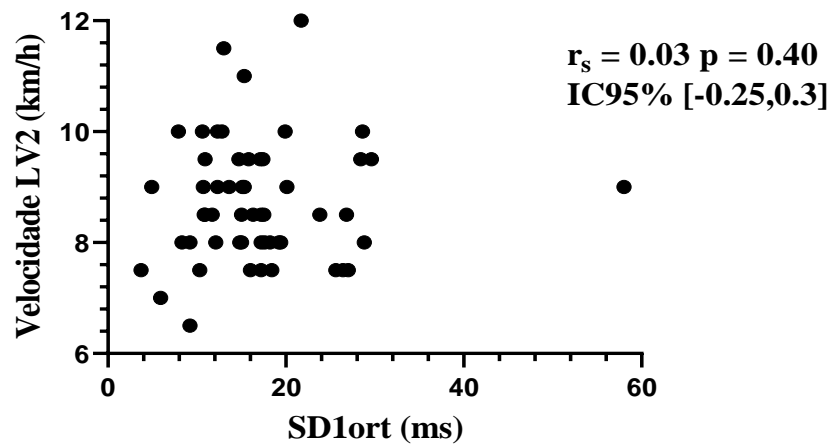
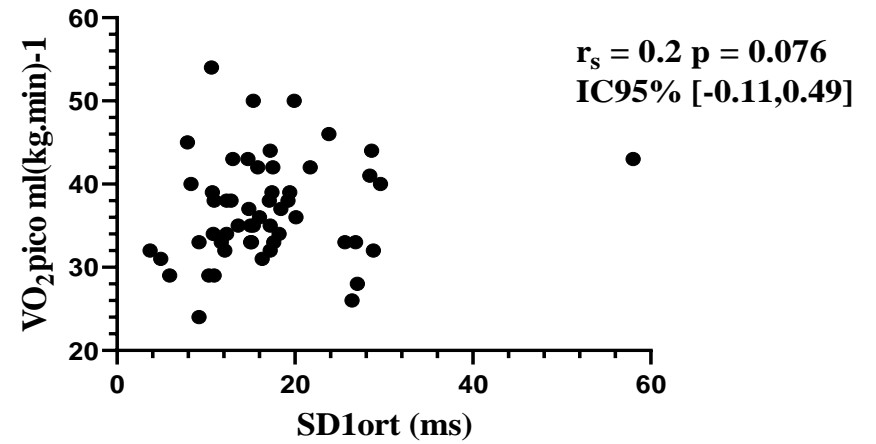
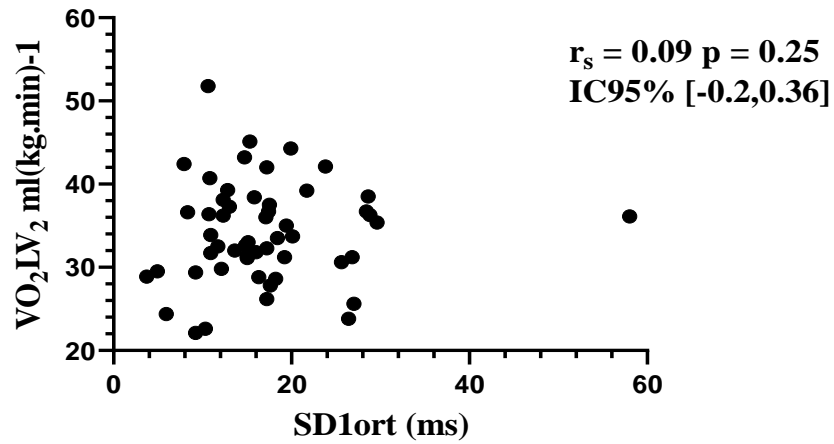
	VO <sub>2</sub> LV2		VO <sub>2</sub> pico		VelLV2		Velpico		ResLV2		Respico	
	r <sub>s</sub>	p	r <sub>s</sub>	p	r <sub>s</sub>	p	r <sub>s</sub>	p	r <sub>s</sub>	p	r <sub>s</sub>	p
SD1sup	0,3*	<0,01	0,32*	<0,01	0,28*	0,02	0,26*	0,03	0,54*	<0,01	0,7*	<0,01
SD1ort	0,09	0,3	0,2	0,1	0,03	0,4	0,06	0,3	0,26*	0,0	0,25*	0,0
Δ SD1 <sub>Ort-sup</sub>	0,34*	<0,01	0,25*	0,3	0,3*	0,01	0,27*	0,0	0,51*	<0,01	0,7*	<0,01

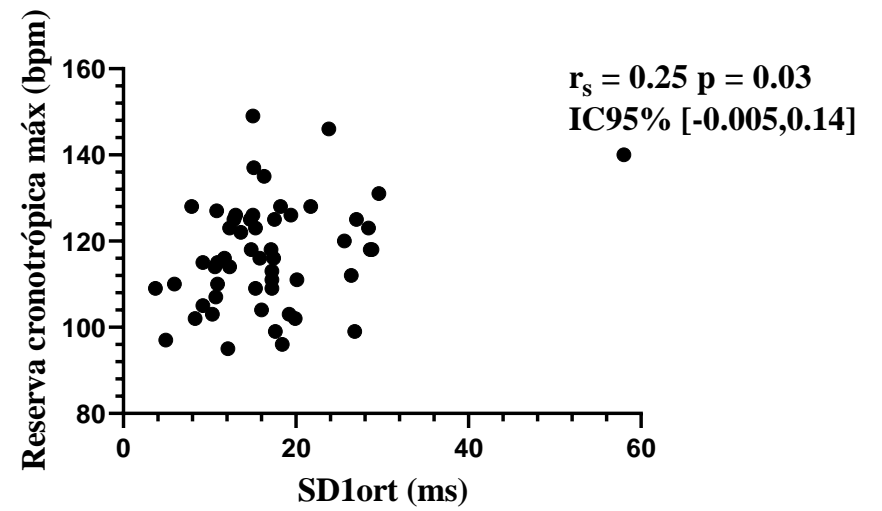
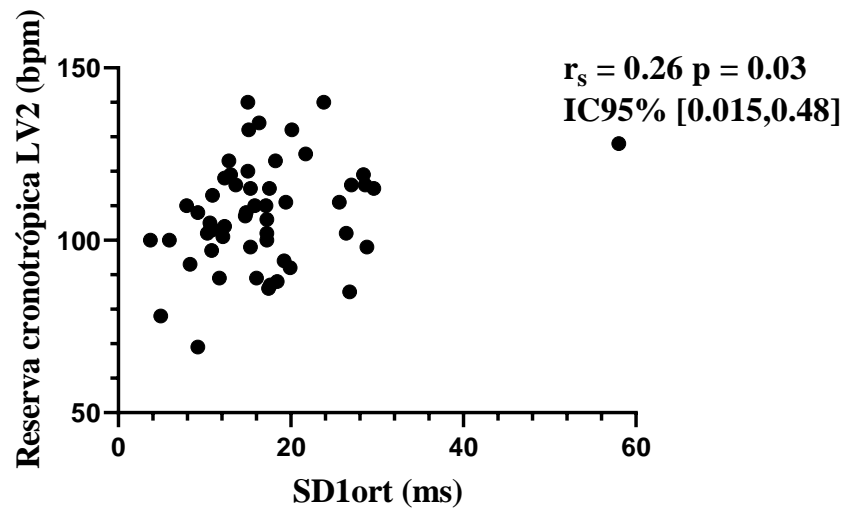
SD1 = desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento-a-batimento; sup = posição supina; ort = posição ortostática; Δ SD1Ort-sup = reatividade vagal; Vel = Velocidade; Res = Reserva cronotrópica; LV2 = Limiar ventilatório. Teste de correlação de Spearman Unilateral; P<0,05.



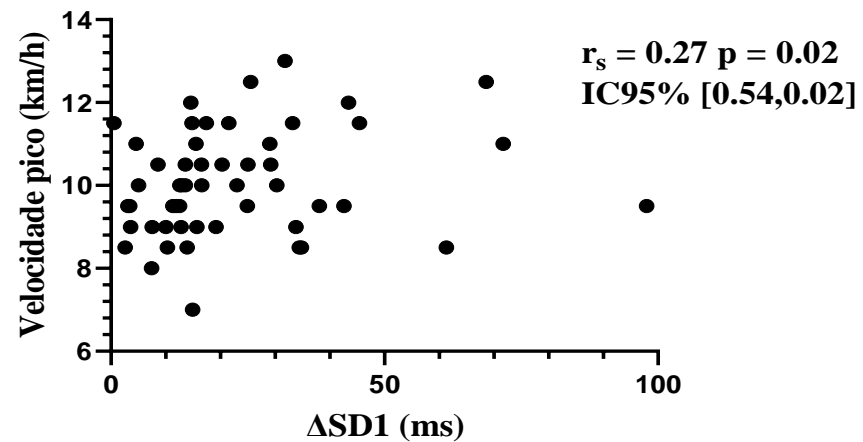
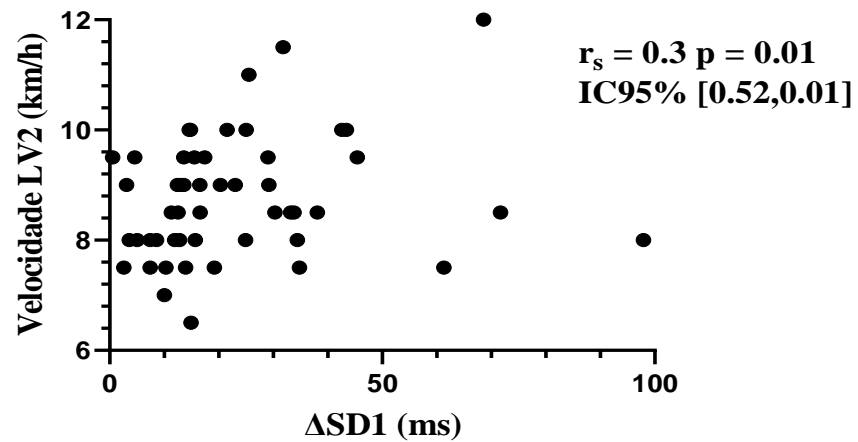
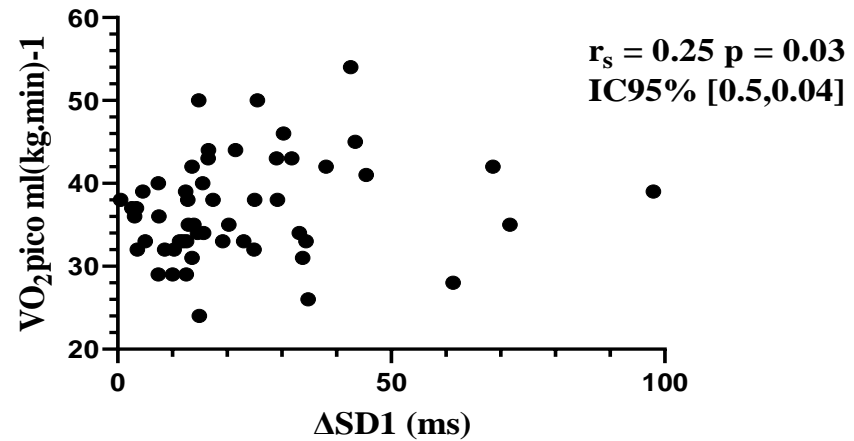
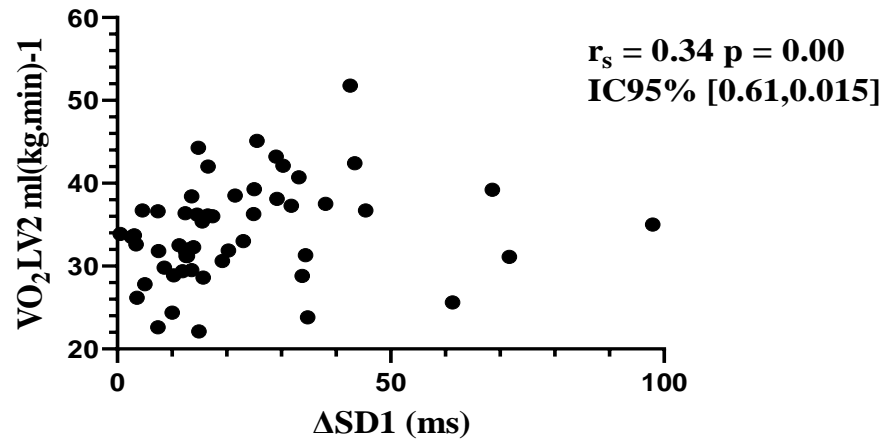


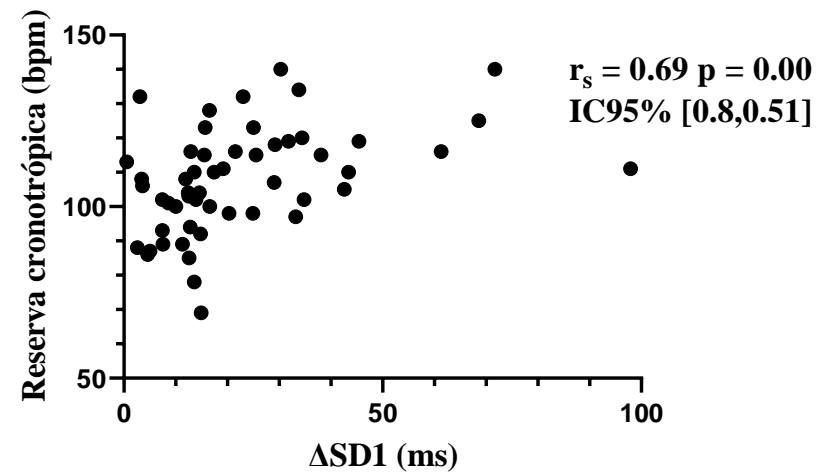
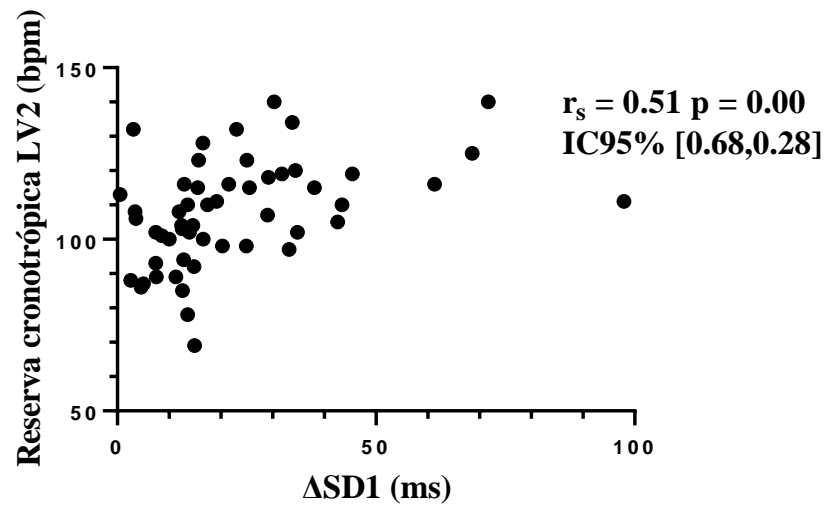
**FIGURA 07.** Correlação entre a atividade parassimpática na posição supina com o consumo de oxigênio relativo, velocidade e reserva cronotrópica, registradas no ponto de compensação respiratória e pico durante o teste de esforço máximo.





**FIGURA 08.** Correlação entre a atividade parassimpática na posição ortostática com o consumo de oxigênio relativo, velocidade e reserva cronotrópica, registradas no ponto de compensação respiratória e pico durante o teste de esforço máximo.





**FIGURA 09.** Correlação entre a reatividade parassimpática com o consumo de oxigênio, velocidade e reserva cronotrópica, registradas no ponto de compensação respiratória e pico durante o teste de esforço máximo.

### **1.11 Comparação do consumo de oxigênio, da velocidade e da reserva cronotrópica no limiar ventilatório e no pico do esforço dos grupos de maior e menor atividade e reatividade parassimpática no repouso**

Na figura 4, verifica-se a análise comparativa do consumo de oxigênio, da velocidade e da reserva cronotrópica no ponto de compensação respiratório e no pico do esforço após a amostra ser dividida em 2 grupos (n=18) em função dos tercís (1ºtercil vs. 3º tercil). No tercil inferior, estão as voluntárias com valores reduzidos de atividade cardiovagal na posição supina (SD1sup). No tercil superior, estão as voluntárias com valores mais elevados de SD1sup.

Neste contexto, podemos observar que, no LV2 e no pico do esforço foram encontradas diferenças significativas nos valores do consumo de oxigênio entre os grupos, ao modo que, o grupo com maior atividade cardiovagal na posição supina apresentou valores mais elevados de  $VO_2$  comparativamente ao grupo com menor atividade cardiovagal,  $p = 0,02 - 0,03$  e tamanho de efeito moderado de 0,36 a 0,39.

Ainda na figura 4, podemos observar que no LV2, não foram encontradas diferenças significativas nos valores de velocidade atingida entre os grupos, apesar de tendência a diferença significativa ( $p=0,06$ ) para maior velocidade no grupo com maior atividade cardiovagal na posição supina (3º tercil).

Da mesma forma, não foi encontrado, no pico do esforço diferença significativas ( $p=0,15$  – tamanho de efeito 0,24) no pico do esforço para os valores de velocidade atingida entre os grupos.

Por outro lado, observou-se que, no LV2 e no pico do esforço, houve diferenças significativas nos valores da reserva cronotrópica entre os grupos, de modo que, o grupo com maior atividade cardiovagal na posição supina apresentou valores mais elevados de reserva cronotrópica comparativamente ao grupo com menor atividade parassimpática,  $p < 0,01$  e tamanho de efeito de 0,65 a 0,80. Na figura 5, foram separados 2 grupos (n=18) por tercís. No tercil inferior, estão as voluntárias com valores menores de reatividade cardiovagal da posição supina para ortostática ( $\Delta$  SD1). No tercil superior, estão as voluntárias com valores mais elevados de  $\Delta$  SD1. Após a divisão dos grupos, foi feita uma comparação das distribuições dos valores de  $VO_2$ , Velocidade atingida e Reserva cronotrópica no limiar ventilatório e no pico.

Em outras palavras, no LV2 comparamos o grupo de tercil inferior com o tercil superior, para os valores de  $VO_2$ , Velocidade atingida e Reserva cronotrópica. O mesmo procedimento foi realizado no pico do esforço.

Partindo para os resultados desta análise, podemos observar que, no LV2, foram encontradas diferenças significativas nos valores de  $VO_2$  entre os grupos ao modo que, o grupo com maior reatividade cardiovagal após EOA apresentou valores mais elevados de  $VO_2$  comparativamente ao grupo com menor reatividade cardiovagal,  $p < 0,01$  e tamanho de efeito de 0,48.

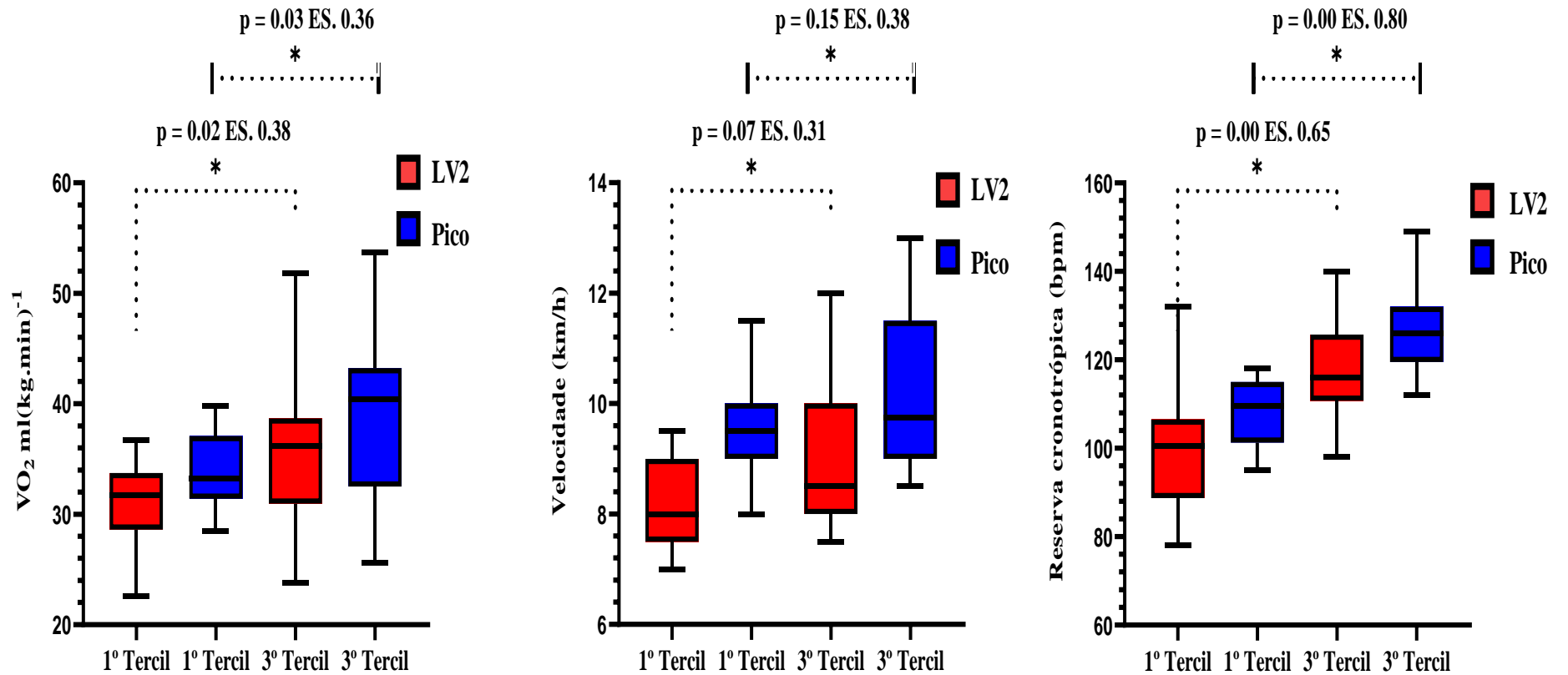
Da mesma forma, verifica-se que, no pico do esforço, foram encontradas diferenças significativas nos valores de  $VO_2$  entre os grupos ao passo que, o grupo com maior reatividade cardiovagal após EOA apresentou valores mais elevados de  $VO_2$  comparativamente ao grupo com menor reatividade cardiovagal,  $p = 0,02$  e tamanho de efeito de 0,39.

Ainda na figura 4, foi verificado que, no LV2, foram encontradas diferenças significativas nos valores de velocidade atingida entre os grupos com isso, parece que o grupo com maior reatividade cardiovagal após EOA apresenta valores significativamente mais elevados de velocidade atingida comparativamente ao grupo com menor reatividade cardiovagal,  $p = 0,01$  e tamanho de efeito de 0,43.

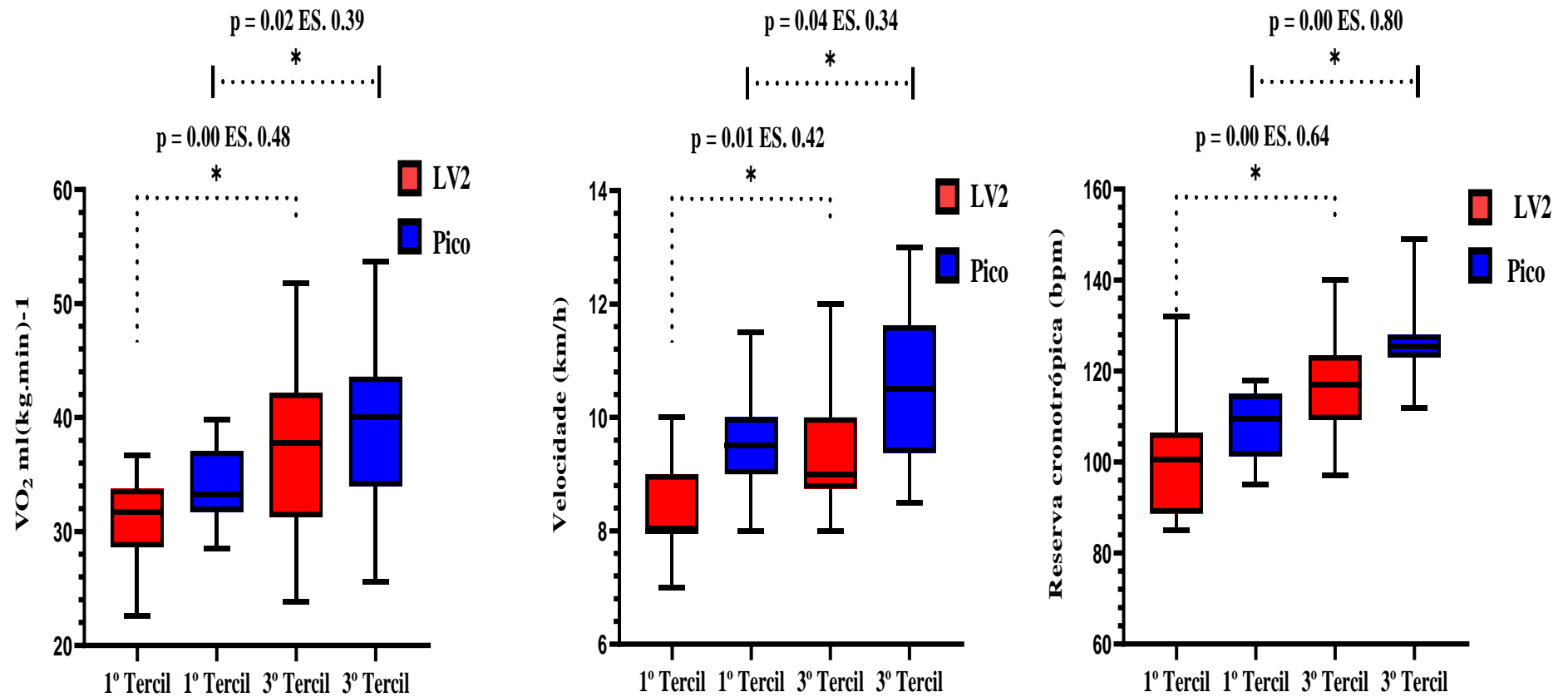
Da mesma forma, foi encontrado, no pico do esforço, diferenças significativas nos valores de velocidade atingida entre os grupos logo, parece o grupo com maior reatividade cardiovagal após EOA apresentou valores mais elevados de velocidade atingida comparativamente ao grupo com menor reatividade cardiovagal,  $p = 0,04$  e tamanho de efeito de 0,34.

Por outro lado, observou-se, no LV2, diferenças significativas nos valores de reserva cronotrópica entre os grupos, de modo que, o grupo com maior reatividade após EOA apresentou valores mais elevados de reserva comparativamente ao grupo com menor reatividade,  $p < 0,01$  e tamanho de efeito de 0,64.

Em seguida, também foi verificado, no pico do esforço, diferenças significativas nos valores de reserva cronotrópica entre os grupos, ao passo que, o grupo com maior reatividade após EOA apresentou valores mais elevados de reserva comparativamente ao grupo com menor reatividade cardiovagal,  $p < 0,01$  e tamanho de efeito de 0,80.



**FIGURA 10.** Valores de mediana e percentis 25 e 75 do consumo de oxigênio, velocidade atingida e reserva cronotrópica dos grupos de 1º e 3º tercil de SD1sup. Os grupos de 1º e 3º tercil foram comparadas pelo teste de MannWhitney Unilateral, \*  $p \leq 0.05$ . ES: Tamanho de efeito.



**FIGURA 11.** Valores de mediana e percentis 25 e 75 do consumo de oxigênio, velocidade atingida e reserva cronotrópica dos grupos de 1º e 3º tercil de  $\Delta$ SD1. Os grupos de 1º e 3º tercil foram comparadas pelo teste de MannWhitney Unilateral, \*  $p \leq 0.05$ . ES: Tamanho de efeito.

## **Discussão**

Conforme apresentado anteriormente, o presente estudo teve como objetivo principal verificar a correlação entre a atividade e reatividade cardiovagal no repouso com a competência cardiorrespiratória durante o esforço incremental máximo. A hipótese alternativa de que encontraríamos correlação entre a atividade e reatividade cardiovagal no repouso com a competência cardiorrespiratória no esforço incremental máximo foi confirmada

### **- Caracterização da amostra:**

O presente estudo analisou uma amostra composta exclusivamente por mulheres jovens, com idades entre 18 e 27 anos, consideradas aparentemente saudáveis. Essa classificação foi baseada em avaliação física (parâmetros fisiológicos de repouso), autorrelato (ausência de diagnóstico prévio de doenças) e análise do traçado eletrocardiográfico no repouso. A escolha por participantes do sexo feminino justifica-se pela importância de compreender as particularidades fisiológicas dessa população no contexto da modulação autonômica cardíaca e da competência cardiorrespiratória.

Mulheres jovens apresentam características autonômicas e hormonais específicas que influenciam o controle cardiovascular e a resposta ao esforço físico, tornando fundamental a investigação direcionada. O presente estudo, portanto, contribui para o avanço do conhecimento sobre a associação entre a modulação vagal em repouso e o desempenho cardiorrespiratório durante teste de esforço incremental máximo, com foco em um grupo fisiologicamente singular e ainda pouco valorizado em protocolos de avaliação funcional.

### **1.12 Correlação entre a atividade/ reatividade parassimpática no repouso com a capacidade cardiopulmonar no esforço**

Nossos resultados revelaram achados interessantes sobre a relação entre a modulação cardiovagal em repouso, tanto em condição estacionária quanto em resposta a um estímulo agudo, e os índices de aptidão cardiopulmonar durante o teste de esforço incremental máximo em mulheres saudáveis. Ainda que os dados contribuam para o

campo, é importante reconhecer que a natureza transversal do estudo e o tamanho amostral relativamente limitado impedem conclusões generalizáveis.

Especificamente, observamos correlações positivas entre a atividade vagal na posição supina e variáveis indicadoras de desempenho aeróbico, como o  $VO_2$ , a reserva cronotrópica e a velocidade alcançada tanto no ponto de compensação respiratória quanto no pico do esforço. As correlações com o  $VO_2$  ( $r = 0,35$  no PCR e  $r = 0,32$  no pico) e com a velocidade ( $r = 0,28$  no PCR e  $r = 0,26$  no pico) foram classificadas como fracas, porém estatisticamente significativas, sugerindo uma associação fisiológica entre a atividade parassimpática em repouso e a capacidade de suporte ventilatório e mecânico ao esforço. Já os coeficientes observados com a reserva cronotrópica foram de magnitude moderada ( $r = 0,54$  no PCR) e forte ( $r = 0,70$  no pico), indicando uma relação mais robusta entre o tônus vagal em repouso e a responsividade cronotrópica ao esforço, o que é coerente com a forte influência autonômica sobre essa variável.

Esses achados sugerem que uma maior atividade vagal em repouso está associada a melhor capacidade cardiopulmonar durante o exercício, especialmente no que se refere à dinâmica da frequência cardíaca. A maior magnitude das correlações com a reserva cronotrópica pode ser explicada pelo fato de essa variável ser diretamente modulada pelo sistema nervoso autônomo, refletindo o equilíbrio entre a retirada vagal e o aumento simpático (WHITE; RAVEN, 2014). Por outro lado, o  $VO_2$  e a velocidade dependem também de múltiplos fatores centrais e periféricos como o transporte e a difusão de oxigênio, a economia de movimento, o limiar ventilatório e o estado de treinamento, o que pode diluir a força da associação com a atividade vagal em repouso (Santisteban et al. 2022).

Vale ressaltar que, embora as magnitudes das correlações não tenham sido elevadas para todos os desfechos, o padrão consistente de associações positivas reforça a interpretação de que a modulação vagal em repouso reflete, ao menos parcialmente, a eficiência funcional do sistema cardiovascular durante o esforço. Além disso, outras variáveis fisiológicas que não foram diretamente mensuradas neste estudo, como a função diastólica, a perfusão muscular ou a sensibilidade barorreflexa, podem também mediar essa associação (Guimarães et al., 2006).

Da mesma forma, identificamos correlação positiva entre a atividade vagal na posição ortostática e a reserva cronotrópica nesses mesmos pontos de intensidade do

esforço ( $r = 0,26$  no PCR e  $r = 0,25$  no pico), ambas de magnitude fraca, mas significativas. No entanto, ao contrário da posição supina, a atividade vagal em ortostase não se correlacionou com o  $VO_2$  nem com a velocidade alcançada, o que indica que o padrão de associação entre o tônus vagal e a aptidão aeróbica pode variar conforme a condição postural.

Essa diferença pode ser explicada pelas alterações fisiológicas que acompanham a mudança de posição corporal. A ortostase representa um estímulo gravitacional agudo, que aciona mecanismos compensatórios mediados principalmente por reflexos barorreceptores (CONVERTINO et al., 2014). Esses ajustes incluem a retirada rápida do tônus vagal e a ativação simpática para manutenção da pressão arterial e do retorno venoso (CONVERTINO et al., 2014). Como consequência, a variabilidade da frequência cardíaca na postura ortostática tende a ser mais homogênea entre os indivíduos, reduzindo a sensibilidade da medida para identificar diferenças funcionais no desempenho aeróbico.

Por outro lado, a posição supina representa um estado autonômico mais estável, no qual o tônus vagal basal é mais livremente expresso e reflete de forma mais acurada a modulação individual do sistema parassimpático (Marães, 2010). Isso pode explicar por que apenas na posição supina foram observadas correlações significativas e mais amplas com o  $VO_2$  e a velocidade no esforço. A maior sensibilidade dessa condição para revelar diferenças individuais no controle autonômico reforça sua aplicabilidade como ferramenta investigativa na análise do condicionamento cardiorrespiratório.

Além da análise estática da modulação autonômica, exploramos também a reatividade cardiovagal, ou seja, a variação da atividade vagal entre as posições supina e ortostática como um marcador da capacidade de ajuste do sistema nervoso autônomo (SNA) frente a um desafio fisiológico agudo. Nossos dados mostraram correlações positivas entre essa reatividade e todos os principais indicadores de competência cardiopulmonar no esforço:  $VO_2$ , reserva cronotrópica e velocidade atingida no ponto de compensação respiratória e no pico do teste. As correlações com o  $VO_2$  ( $r = 0,34$  no PCR e  $r = 0,25$  no pico) e com a velocidade ( $r = 0,30$  no PCR e  $r = 0,27$  no pico) foram de magnitude fraca, porém consistentes e estatisticamente significativas. Já as correlações com a reserva cronotrópica foram classificadas como moderada ( $r = 0,51$  no PCR) e forte ( $r = 0,69$  no pico), reforçando a influência da reatividade vagal sobre a resposta cronotrópica ao esforço.

Esses resultados indicam que a reatividade vagal pode refletir uma maior capacidade adaptativa do organismo ao estresse cardiovascular induzido pelo exercício. A diferença na magnitude das correlações entre os desfechos reforça essa ideia: enquanto a reserva cronotrópica é fortemente dependente da regulação autonômica, o  $VO_2$  e a velocidade resultam de um conjunto mais amplo de sistemas fisiológicos que atuam de forma integrada. Ainda assim, o padrão consistente de correlações sugere que tanto a atividade quanto a reatividade vagal em repouso são marcadores funcionais válidos da competência cardiorrespiratória em mulheres jovens saudáveis.

Portanto, os resultados demonstram que a análise da modulação autonômica em repouso não deve se limitar ao estado estacionário, mas deve incluir também a resposta do SNA frente a estímulos agudos, como o estresse ortostático ativo. Essa abordagem oferece uma perspectiva mais completa da regulação autonômica, revelando como sua dinâmica pode influenciar o desempenho durante o exercício (RIVAROLA; SCANAVACCA, 2019). Ainda que os dados devam ser interpretados à luz das características específicas da amostra estudada, os achados discutidos nesta seção sugerem potenciais aplicações futuras na avaliação funcional de mulheres saudáveis e fornecem subsídios para o desenvolvimento de investigações mais amplas sobre o papel do controle autonômico na aptidão cardiopulmonar.

### **1.13 Comparação do consumo de oxigênio, da velocidade e da reserva cronotrópica no limiar ventilatório e no pico do esforço dos grupos de maior e menor atividade e reatividade parassimpática no repouso.**

Na seção anterior, discutimos sobre a relação positiva entre a atividade e a reatividade cardiovagal em repouso com a competência cardiopulmonar durante o exercício incremental. No entanto, permanecia incerta o sentido dessa associação: indivíduos com maior atividade ou reatividade cardiovagal teriam, de fato, melhor desempenho cardiopulmonar durante o esforço? Essa capacidade estaria mais vinculada à modulação cardiovagal absoluta no repouso ou à flexibilidade autonômica, ou seja, à responsividade da modulação cardiovagal frente ao estresse?

Com o objetivo de esclarecer essa questão, comparamos os índices de consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), a velocidade atingida e a reserva cronotrópica (RC) no segundo limiar ventilatório (LV2) e no pico do esforço entre os grupos com maior (3º tercil) e menor (1º tercil) atividade e reatividade cardiovagal em repouso. Essa análise partiu do pressuposto de que tanto a modulação autonômica basal quanto sua capacidade de resposta frente ao estresse agudo se relacionam diretamente a resposta cardiovascular, metabólica e cronotrópica durante o exercício, especialmente em intensidades submáximas e máximas.

Os resultados revelaram diferenças significativas no  $VO_2$  e na RC no LV2 e no pico do esforço entre os grupos com maior versus menor modulação cardiovagal no repouso supino. Portanto, as participantes com maior modulação cardiovagal apresentaram valores mais elevados para esses parâmetros, enquanto aqueles com menor modulação cardiovagal apresentaram desempenho inferior. No entanto, a velocidade atingida no LV2 e no pico não diferiu significativamente entre os grupos, sugerindo que a modulação cardiovagal no supino tem maior influência sobre variáveis metabólicas e cronotrópicas do que sobre a economia de corrida (velocidade final) no teste.

Quanto à reatividade cardiovagal, definida pela resposta autonômica à mudança postural ativa, também observamos diferenças significativas nos valores de  $VO_2$ , RC e velocidade atingida no LV2 e pico do esforço. Indivíduos com maior reatividade apresentaram melhor desempenho cardiopulmonar, reforçando a hipótese de que a flexibilidade autonômica em repouso está associada à eficiência do sistema cardiorrespiratório durante o esforço.

Vale mencionar que esses achados têm implicações clínicas e funcionais importantes, considerando que os parâmetros obtidos no teste cardiopulmonar máximo são frequentemente utilizados como referência para avaliação funcional e prescrição de exercício (CARVALHO et al., 2024). Portanto, nossos resultados sugerem que valores mais elevados de  $VO_2$ , velocidade e RC estão positivamente associados tanto à modulação cardiovagal em repouso quanto à sua reatividade. Ou seja, o desempenho aeróbico durante o esforço parece depender não apenas da atividade autonômica basal, mas também da capacidade de adaptação frente a um estressor agudo, como o gerado pela mudança postural ativa.

Essa associação foi ainda mais evidente quando comparamos diretamente os subgrupos com alta versus baixa modulação e reatividade cardiovagal. As participantes com maior flexibilidade autonômica apresentaram  $VO_2$ , velocidade e RC mais elevados em ambos os momentos do teste, indicando maior competência cardiorrespiratória. Os nossos achados corroboram e reforçam a utilidade da avaliação da modulação cardiovagal em repouso e sua reatividade como possíveis indicadores indiretos de desempenho aeróbico (GARCIA, 2023; TAMBURÚS et al., 2014). No mesmo sentido, Perandini et al. (2010) investigaram a associação entre os índices de reatividade vagal autonômica e a velocidade aeróbia máxima atingida durante um teste incremental máximo em atletas.

Do ponto de vista fisiológico, os achados sugerem que a habilidade do sistema nervoso autônomo de ajustar rapidamente a modulação cardiovagal diante de uma mudança postural pode refletir sua “flexibilidade funcional”. Essa capacidade de resposta rápida é fundamental para a retirada cardiovagal e ativação simpática subsequente, essenciais para o aumento da frequência cardíaca, débito cardíaco e consumo de oxigênio durante o esforço físico (CONVERTINO et al., 2014).

Corroborando com essa interpretação, estudos anteriores de nosso grupo (FONSECA, 2024; MOLINA, 2021) já haviam apontado que a atividade/reatividade cardiovagal em repouso está positivamente associada à recuperação da frequência cardíaca no pós-esforço. Nosso estudo avança ao demonstrar que essa relação também se observa com a competência cardiopulmonar durante o exercício, sugerindo que a modulação vagal influencia não apenas a recuperação, mas também o desempenho ao longo de todo o teste, independentemente do  $VO_{2máx}$ .

Sob uma perspectiva aplicada, os resultados apoiam o uso da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), obtida em repouso com simples protocolos de mudança postural, como uma ferramenta prática para inferir a competência cardiorrespiratória. Essa abordagem pode ser especialmente útil em contextos nos quais o teste de esforço não é viável, permitindo triagens rápidas e de baixo custo (Ribeiro et al., 2004).

Embora estudos anteriores já tenham explorado a relação entre modulação cardiovagal e desempenho aeróbico (CAMPOS et al., 2016; VIEIRA et al., 2012), muitos foram realizados com homens ou populações mistas. Nosso estudo, ao focar exclusivamente em mulheres, amplia o conhecimento específico sobre esse grupo.

Notavelmente, trabalhos como o de TAMBURÚS et al. (2014) mostraram que mulheres fisicamente ativas apresentam maior modulação vagal em repouso, associada a melhor desempenho aeróbico.

Em estudo recente com adultos mais velhos com deficiência intelectual, observou-se que a prática regular de exercícios físicos por seis meses promoveu melhorias significativas tanto na modulação autonômica parassimpática quanto na capacidade cardiorrespiratória. Esses achados reforçam a ideia de que a modulação parassimpática está relacionada com a capacidade cardiorrespiratória (FONT-FARRÉ et al., 2024).

Outro importante estudo, avaliou 1.293 homens idosos, foi observado relação entre o tônus vagal e diferentes medidas independentes de desempenho aeróbico, incluindo a pico de oxigênio, o limiar anaeróbico, a carga de trabalho prevista e o pulso de oxigênio Machhada et al. (2017).

Em relação à RC, nossos resultados estão alinhados com os achados de ANJOS-ANDRADE et al. (2010) e VITTORIO et al. (2010), que indicam que uma menor resposta cronotrópica pode estar relacionada a disfunções autonômicas, mesmo em populações saudáveis. Além disso, estudos prévios conduzidos com homens por nosso grupo já haviam demonstrado correlação positiva entre RC e reatividade cardiovagal (GARCIA, 2023), sendo está a primeira evidência robusta dessa associação em mulheres.

Assim, o presente estudo contribui para a literatura ao propor que a modulação cardiovagal em repouso e sua reatividade sejam consideradas como ferramentas complementares na avaliação da função autonômica cardíaca. Essa avaliação integrada envolvendo repouso, reatividade e recuperação já é preconizada por autores como LABORDE et al. (2018) e THAYER et al. (2012), que defendem uma abordagem mais holística para o entendimento do controle autonômico cardíaco.

Do ponto de vista da aplicabilidade, nossos achados sugerem o desenvolvimento futuro de modelos de regressão que estimem o desempenho cardiorrespiratório a partir de medidas simples de VFC em repouso-reatividade. Tais modelos podem se tornar ferramentas acessíveis para avaliação funcional e prescrição de exercício, especialmente em populações em que o teste de esforço não é possível ou viável.

Acreditamos que os resultados deste estudo podem servir como ponto de partida para futuras investigações que venham a desenvolver métodos práticos, acessíveis e reprodutíveis para estimar a aptidão funcional em repouso e prever a competência cardiorrespiratória durante o esforço. Embora o teste cardiopulmonar em esteira permaneça como padrão ouro para avaliação da capacidade aeróbica, seu alto custo e complexidade operacional ainda limitam sua aplicabilidade na rotina clínica. Nesse sentido, os achados apresentados aqui podem contribuir para embasar estratégias mais acessíveis em estudos posteriores.

A constatação de que a modulação vagal em repouso e sua reatividade se associam positivamente ao desempenho aeróbico durante o esforço máximo reforça o potencial da VFC como marcador funcional da competência cardiorrespiratória. Nesse contexto, torna-se relevante considerar estratégias práticas e acessíveis para sua mensuração fora do ambiente laboratorial. A popularização de aplicativos de smartphone, como *ithlete*<sup>TM</sup>, *Elite HRV* e *HRV4Training* tem viabilizado a coleta de dados de VFC em repouso de maneira simples, validada e com boa reprodutibilidade em condições clínicas e de campo (Plews et al., 2017).

Tais ferramentas têm sido recomendadas como alternativas viáveis para o monitoramento diário do estado autonômico, especialmente em contextos como o treinamento esportivo, a reabilitação cardiovascular e a vigilância da recuperação física, possibilitando ajustes individualizados com base na resposta autonômica basal (Stone et al. 2021). Assim, a aplicação dos achados deste estudo transcende o ambiente de pesquisa, contribuindo para práticas baseadas em evidência com potencial de incorporação em tecnologias vestíveis e aplicativos móveis.

Reconhecemos, no entanto, que nosso estudo apresenta limitações. Os resultados não são generalizáveis para atletas, idosas ou mulheres com características clínicas distintas das da amostra estudada. Além disso, como utilizamos apenas o teste em esteira, os achados não podem ser extrapolados para outros ergômetros. Priorizamos a validade interna, cientes de que estudos adicionais são necessários para ampliar a validade externa dos achados.

## Conclusão

Concluimos que a competência cardiopulmonar durante o exercício está positivamente associada à modulação/reatividade cardiovagal em repouso. Portanto, a maior competência cardiopulmonar avaliada no LV2 e no pico do esforço por diferentes índices fisiológicos de fato parece estar associada a uma elevada modulação cardiovagal na posição supina e sua grande reatividade (redução) após o estresse ortostático ativo — e vice-versa.

Esses achados sugerem que a modulação autonômica basal pode atuar como um preditor da competência cardiorrespiratória em mulheres saudáveis. A associação observada reforça a relevância da avaliação da VFC como ferramenta para o monitoramento da saúde cardiovascular.

Por fim, a presente pesquisa contribui para a compreensão da interação entre a modulação autonômica cardíaca no repouso com a regulação das respostas cardiovasculares frente ao exercício incremental máximo em mulheres jovens saudáveis. Futuramente, os presentes achados poderão ter implicações práticas na otimização de intervenções baseadas em exercício físico e no aprimoramento de estratégias para o acompanhamento do condicionamento aeróbico e da saúde cardíaca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anjos-Andrade FD, Sousa AC, Barreto-Filho JA, Alves EO, Nascimento-Júnior AC, de Santana NO, et al. Chronotropic incompetence and coronary artery disease. *Acta Cardiol.* 2010;65(6):631-8.
2. Araújo, M. K.; Barros, R. C. M.; Menezes Junior, A. S. Physical training in athletes: analysis of cardiac autonomic modulation. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2021.
3. Aspenes ST, Nilsen TI, Skaug EA, Bertheussen GF, Ellingsen Ø, Vatten L, Wisløff U (2011) Peak oxygen uptake and cardiovascular risk factors in 4631 healthy women and men. *Med Sci Sports Exerc* 43(8):1465–1473. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31820ca81c>.
4. ATAIDE-SILVA, T. et al. The relationship between ventilatory and lactate thresholds in running. *Frontiers in Physiology*, v. 9, art. 1320, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01320>.
5. Balady, G. J. et al. Clinician’s Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults. *Circulation*, v. 122, n. 2, p. 191–225, 2010.
6. BALKE, B.; WARE, R. W. An experimental study of physical fitness of Air Force personnel. *United States Armed Forces Medical Journal*, v. 10, n. 6, p. 675–688, jun. 1959.
7. BAU, Paulo Fernando Dotto. *Repercussões cardiovasculares da ingestão aguda de álcool*. 2009. 162 f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde: Cardiologia e Ciências Cardiovasculares) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/17223>.
8. BEDA, A.; et al. Low-frequency heart rate variability is related to the breath-to-breath variability in the respiratory pattern. *Psychophysiology*, v. 51, n. 9, p. 858–865, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24423137/>.
9. Bellenger CR, Fuller JT, Thomson RL, Davison K, Robertson EY, Buckley JD. Monitoring athletic training status through autonomic heart rate regulation: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*. 2016;46:1461-86.
10. BERNARDES NETO, Roque. Uma estratégia prática para monitoramento individualizado de treino: carga de treino, função autonômica cardíaca, altura de salto e

- humor em atletas juvenis de saltos ornamentais. 2022. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade de Brasília, Brasília, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/45336>.
11. Billman, G. E. Heart rate variability - a historical perspective. *Frontiers in Physiology*, v. 2, p. 86, 2011.
  12. Billman, G. E. The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. *Frontiers in Physiology*, v. 4, p. 26, 2013.
  13. BONNEMEIER, H. et al. Circadian profile of cardiac autonomic nervous modulation in healthy subjects: differing effects of aging and gender on heart rate variability. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, v. 14, n. 8, p. 791-799, 2003. DOI: 10.1046/j.1540-8167.2003.03078.x.
  14. Boutcher SH, Stein P. Association between heart rate variability and training response in sedentary middle-aged men. *Eur J Appl Physiol* 1995; 70:75-80.
  15. Buchheit M, Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2006;291(1):H451-H458.
  16. BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports Medicine*, v. 43, n. 5, p. 313–338, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>.
  17. Campos MF, Vieira S, Ambrozini ARP, Catai AM, Quitério RJ (2016) Modulação autonômica da frequência cardíaca e capacidade funcional aeróbica em hemiparéticos. *Rev Bras Med Esporte* 22(6):451–455.
  18. Carnethon MR, Liao D, Evans GW, Cascio WE, Chambless LE, Heiss G. Correlates of the shift in heart rate variability with an active postural change in a healthy population sample: The Atherosclerosis Risk In Communities study. *American heart journal*. 2002;143(5):808-13.
  19. Carvalho T, Freitas S et al (2024) Diretriz Brasileira de Ergometria em População Adulta – 2024. *Arq Bras Cardiol* 121(3):e20240110. <https://doi.org/10.36660/abc.20240110>
  20. CHEN, Z. et al. Assessing the validity of oscillometric device for blood pressure measurement in a large population-based epidemiologic study. *Journal of the American Society of Hypertension: JASH*, v. 11, n. 11, p. 730- 736.e4, nov. 2017.
  21. CONVERTINO, V. A. et al. Neurohumoral mechanisms associated with orthostasis: reaffirmation of the importance of baroreflexes. *Frontiers in Physiology*, [S. l.], v. 5, p. 236, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00236>.

22. COOPER INSTITUTE. *Physical fitness assessments and norms for adults and law enforcement*. Dallas: The Cooper Institute, 1997.
23. Diretriz Brasileira de Reabilitação Cardiovascular – 2020. *Arq Bras Cardiol.* 2020;. 114(5):943-987.
24. DISHMAN, R. K. et al. Heart rate variability, trait anxiety, and perceived stress among physically fit men and women. *International Journal of Psychophysiology*, v. 37, n. 2, p. 121–133, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(00\)00085-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(00)00085-4).
25. ESCO, M. R.; et al. Relationship between post-exercise heart rate variability and skinfold thickness. *SpringerPlus*, v. 2, n. 1, p. 389, 2013. Disponível em: <https://springerplus.springeropen.com/articles/10.1186/2193-1801-2-389>.
26. FANG, S.-C.; WU, P.-S.; TSAI, P.-S. Heart rate variability and risk of all-cause death and cardiovascular events in patients with cardiovascular disease: a meta-analysis of cohort studies. *Biological Research for Nursing*, Thousand Oaks, v. 22, n. 1, p. 45-56, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/1099800419877442>.
27. FARAH, Breno Quintella. *Variabilidade da frequência cardíaca como indicador de risco cardiovascular em jovens*. *Arq. Bras. Cardiol.*, v. 115, n. 1, p. 2, jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.36660/abc.20200444>.
28. FAUDE, O. et al. Lactate threshold concepts: How valid are they? *Sports Medicine*, v. 39, p. 469–490, 2009.
29. Fonseca, R. X. Relação entre a função autonômica cardíaca no repouso, supino e ortostático, e a recuperação da frequência cardíaca após o exercício. 2021. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade de Brasília, Brasília, 2021.
30. Fonseca, R.X., Gomes da Cruz, C.J., Soares, E.M.K.V.K. et al. Post-exercise heart rate recovery and its speed are associated with resting-reactivity cardiovagal modulation in healthy women. *Sci Rep* 14, 5526 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51842-w>.
31. Garcia, Giliard Lago. Efeito da atividade parassimpática de repouso na modulação autonômica cardíaca durante o esforço e na recuperação em jovens adultos. 2023. Tese (Doutorado em Educação Física) — Universidade de Brasília, Brasília, 2023.
32. GOLDBERGER, J. J. et al. Autonomic nervous system dysfunction: JACC focus seminar. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 73, n. 10, p. 1189-1206, 2019.
33. Grant CC, Clark JR, Van Rensburg DCJ, Viljoen M (2009) Relationship between exercise capacity and heart rate variability: supine and in response to an orthostatic stressor. *Auton Neurosci* 151(2):186–188. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2009.08.015>.

34. GRASSI, G. et al. The sympathetic nervous system alterations in human hypertension. *Circulation Research*, v. 116, n. 6, p. 976–990, 2015.
35. GUIMARÃES, J. I. et al. Diretriz de reabilitação cardiopulmonar e metabólica: aspectos práticos e responsabilidades. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, São Paulo, v. 86, n. 1, p. 74–92, jan. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2006000100011>.
36. GUYTON, Arthur C.; HALL, John E. *Tratado de fisiologia médica*. 14. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2021.
37. Hautala, A. J. et al. Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, v. 285, n. 4, p. H1747-H1752, 2003.
38. Jones, A. M.; Carter, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, v. 29, p. 373–386, 2000.
39. JOYNER, M. J.; COYLE, E. F. Endurance exercise performance: The physiology of champions. *Journal of Physiology*, v. 586, p. 35–44, 2008.
40. KAMIYA, A.; KAWADA, T.; SUGIMACHI, M. Systems physiology of the baroreflex during orthostatic stress: from animals to humans. *Frontiers in Physiology*, v. 5, p. 256, 2014. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2014.00256/full>.
41. Kandel, E. R. et al. *Principles of Neural Science*. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2012.
42. KEMP, A. H.; QUINN, C. R.; FELMINGHAM, K. L. Impact of depression and antidepressant treatment on heart rate variability: A review and meta-analysis. *Biological Psychiatry*, v. 67, n. 11, p. 1067–1074, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2009.12.012>.
43. Kiviniemi AM, Hautala AJ, Kinnunen H, Nissilä J, Virtanen P, Karjalainen J, Tulppo MP (2010) Daily exercise prescription on the basis of HR variability among men and women. *Med Sci Sports Exerc* 42(7):1355-1363 <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181cd5f0d>
44. KLEIGER, R. E. et al. Heart rate variability: measurement and clinical utility. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, v. 10, n. 1, p. 88-101, 2005.
45. KOKKINOS, P. et al. Cardiorespiratory fitness and mortality risk across the spectra of age, race, and sex. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 80, n. 6, p. 598–609, 9 ago. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.05.031>.
46. KUBIOS. Preprocessing of HRV data. Kubios, 2021. Disponível em: <https://www.kubios.com/blog/preprocessing-of-hrv-data/>.

47. Kuo, T. B.; Yang, C. C.; Chou, L. K. Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, v. 277, n. 6, p. H2233-H2239, 1999. DOI: 10.1152/ajpheart.1999.277.6.H2233.
48. Laborde S, Mosley E, Mertgen A (2018) Vagal tank theory: The three Rs of cardiac vagal control functioning – resting, reactivity, and recovery. *Front Neurosci* 12:458 <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00458>
49. Lauer MS, Okin PM, Larson MG, Evans JC, Levy D. Impaired heart rate response to graded exercise: prognostic implications of chronotropic incompetence in the Framingham Heart Study. *Circulation*. 1996;93(8):1520-6.
50. Laitinen T, Niskanen L, Geelen G, Länsimies E, Hartikainen J. Age dependency of cardiovascular autonomic responses to head-up tilt in healthy subjects. *J Appl Physiol* (1985). 2004 Jun;96(6):2333-40. doi: 10.1152/jappphysiol.00444.2003. Epub 2004 Feb 6.
51. Low, P. A.; et al. Autonomic function testing: a key tool for clinicians. *Journal of Clinical Neurophysiology*, v. 30, p. 80-94, 2013.
52. Malik, M. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*, v. 93, p. 1043–1065, 1 mar. 1996.
53. Manresa-Rocamora A, Flatt AA, Casanova-Lizón A, Ballester-Ferrer JA, Sarabia JM, Vera-Garcia FJ, et al. Heart rate-based indices to detect parasympathetic hyperactivity in functionally overreached athletes. A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2021;31(6):1164-82.
54. MANZANO, Beatriz Martins; VANDERLEI, Luiz Carlos Marques; RAMOS, Ercy Mara; RAMOS, Dionei. Efeitos agudos do tabagismo sobre a modulação autonômica: análise por meio do plot de Poincaré. *Arq. Bras. Cardiol.*, v. 96, n. 2, p. 154-160, fev. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2011005000013>.
55. MARÃES, V. R. F. S. Frequência cardíaca e sua variabilidade: análises e aplicações. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 33–42, 2010. Disponível em: <https://www.elsevier.es/es>. Acesso em: 16 jun. 2025.
56. Marinho, F. B. M. Relação entre modulação autonômica cardíaca de repouso e posicionamento tático em jogadores de futebol amador. 2021. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2021.
57. MAZAHARI, Reza; SCHMIED, Christian; NIEDERSEER, David; GUAZZI, Marco. Parâmetros do teste cardiopulmonar de exercício na população atlética: uma revisão.

- Journal of Clinical Medicine*, v. 10, n. 21, p. 5073, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34768593/>.
58. Meyer, T. et al. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters--theory and application. *International Journal of Sports Medicine*, v. 26 Suppl 1, p. S38-48, fev. 2005.
59. MEZZANI, Alessandro et al. Standards for the use of cardiopulmonary exercise testing for the functional evaluation of cardiac patients: a report from the Exercise Physiology Section of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, v. 16, n. 3, p. 249-267, jun. 2009. doi: 10.1097/HJR.0b013e32832914c8.
60. Molina GE, Porto LG, Fontana KE, Junqueira LF Jr (2013) Unaltered R-R interval variability and bradycardia in cyclists as compared with non-athletes. *Clin Auton Res* 23(3):141-148 <https://doi.org/10.1007/s10286-013-0196-8>
61. Molina GE, Porto LG, Fontana KE, Junqueira LF Jr (2016) Post-exercise heart-rate recovery correlates to resting heart-rate variability in healthy men. *Clin Auton Res* 26(6):415-421 <https://doi.org/10.1007/s10286-016-0372-8>
62. Molina GE, Cruz CJG, Fontana KE, Soares EMKVK, Porto LGG, Junqueira LF Jr (2021) Post-exercise heart rate recovery and its speed are associated with cardiac autonomic responsiveness following orthostatic stress test in men. *Scand Cardiovasc J*:1-13 <https://doi.org/10.1080/14017431.2021.1878295>
63. Morlin MT, da Cruz CJG, Guimarães FER, da Silva RAS, Porto LGG, Molina GE. High-Intensity Interval Training Combined with Different Types of Exercises on Cardiac Autonomic Function. An Analytical Cross-Sectional Study in CrossFit® Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023;20(1):634.
64. Myers, J.; Arena, R.; Cahalin, L. P.; Labate, V.; Guazzi, M. Cardiopulmonary exercise testing in heart failure. *Current Problems in Cardiology*, v. 40, n. 8, p. 322-372, ago. 2015. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2015.01.009.
65. NEDER, J. A.; NERY, L. E. Teste de exercício cardiopulmonar: fundamentos e aplicação clínica. São Paulo: Artes Médicas, 2003.
66. 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.

67. PESTANA, E. R. et al. Effect of different phases of menstrual cycle in heart rate variability of physically active women. *Sport Sci Health*, v. 14, n. 2, p. 297–303, 2018.
68. PORTO, Andrey Alves; GONZAGA, Luana Almeida; BENJAMIM, Cicero Jonas R.; BUENO JR, Carlos Roberto; GARNER, David M.; VANDERLEI, Luiz C. M.; FERREIRA, Celso; VALENTI, Vitor Engrácia. Efeitos agudos da bebida energética sobre parâmetros autonômicos e cardiovasculares em indivíduos com diferentes capacidades cardiorrespiratórias: um ensaio controlado, randomizado, crossover e duplo-cego. *Arq. Bras. Cardiol.*, v. 119, n. 4, p. 9, out. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.36660/abc.20210625>.
69. PORTO, L. G. G.; JUNQUEIRA, 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: PACE*, v. 32, n. 1, p. 43–51, jan. 2009.
70. PRINS, A. et al. Practical guide to cardiopulmonary exercise testing in adults. *Respiratory Research*, v. 22, art. 29, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12931-021-01895-6>.
71. RAMOS, J. S. et al. Changes in the second ventilatory threshold following individualised versus standardised exercise prescription among physically inactive adults: a randomised trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 7, 3962, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19073962>.
72. RIBEIRO, Antonio Luiz P.; FERREIRA, Lídia Magda; OLIVEIRA, Enilce de; CRUZEIRO, Paulo C. F.; TORRES, Rosália Moraes; ROCHA, Manoel Otávio Costa. Estresse ortostático ativo e arritmia sinusal respiratória em chagásicos com função sistólica global do ventrículo esquerdo preservada. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 83, n. 1, p. 21–27, jul. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abc/a/N9DVMVmHyxkjrZv6hTY9VG/>.
73. RIVAROLA, E.; SCANAVACCA, M. Modulação autonômica cardíaca – a busca por uma técnica definitiva. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, São Paulo, v. 112, n. 6, p. 834-842, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abc/a/cSkXx4x44D7RJDvecVvKnmYQ/?lang=pt>. Acesso em: 16 jun. 2025.
74. Rosenthal, R. (1991). *Meta-analytic procedures for social research*. Sage Publications.
75. ROSS, R. et al. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the American Heart

- Association. *Circulation*, v. 134, n. 24, p. e653–e699, 13 dez. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000461>.
76. ROSSI, F. E.; et al. Impact of obesity on autonomic modulation, heart rate and blood pressure in obese young people. *Autonomic Neuroscience*, v. 193, p. 138–141, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1566070215300138>.
77. SANTISTEBAN, K. J.; LOVERING, A. T.; HALLIWILL, J. R.; MINSON, C. T. Sex differences in VO<sub>2</sub>max and the impact on endurance-exercise performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Basel, v. 19, n. 9, art. 4946, apr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19094946>.
78. SHINOHARA, T. et al. Exaggerated reactivity of parasympathetic nerves is involved in ventricular fibrillation in J-wave syndrome. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, Hoboken, v. 28, n. 3, p. 321–326, mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/jce.13135>.
79. Silva, Aline & Martins, Lilian. (2024). Prescrição de treinamento físico baseado na variabilidade da frequência cardíaca: uma questão de saúde e de desempenho. *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education*. 93. 153-160. 10.37310/ref.v93i3.2961.
80. Stratton JR, Levy WC, Caldwell JH, Jacobson A, May J, Matsuoka D, Madden K. Effects of aging on cardiovascular responses to parasympathetic withdrawal. *J Am Coll Cardiol*. 2003 Jun 4;41(11):2077-83. doi: 10.1016/s0735-1097(03)00418-2.
81. SUN, Xing-Guo; HANSEN, James E.; GARATACHEA, Nuria; STORER, Thomas W.; WASSERMAN, Karlman. Ventilatory efficiency during exercise in healthy subjects. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 166, n. 11, p. 1443–1448, 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12450934/>.
82. Tamburús NY, Silva SA, Fontana KE, Vanderlei LCM, Pastre CM (2014) Relação entre a variabilidade da frequência cardíaca e VO<sub>2</sub>pico em mulheres ativas. *Rev Bras Med Esporte* 20(5):386-390 <https://doi.org/10.1590/1517-86922014200501991>.
83. TANNER, V. et al. Agreement Between Heart Rate Variability–Derived vs. Ventilatory and Lactate Thresholds: A Systematic Review with Meta-Analyses. *Sports Medicine – Open*, v. 10, art. 109, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00768-8>.
84. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996) Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur Heart J* 17(3):354-381 <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a014868>

85. Thayer, J. F.; Åhs, F.; Fredrikson, M.; Sollers, J. J.; Wager, T. D. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, v. 36, n. 2, p. 747-756, 2012.
86. TSUJI, H. et al. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events: The Framingham Heart Study. *Circulation*, v. 94, n. 11, p. 2850-2855, 1996.
87. VANDENBERK, B.; HAEMERS, P.; MORILLO, C. The autonomic nervous system in atrial fibrillation-pathophysiology and non-invasive assessment. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, Lausanne, v. 10, art. 1327387, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1327387>.
88. Vanderlei, L. C. M.; Pastre, C. M.; Hoshi, R. A.; Carvalho, T. D.; Godoy, M. F. Analysis of heart rate variability in the time and frequency domains: a methodological review. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*. 2009;24(2):194-204.
89. Vieira S, Felix ACS, Quitério RJ (2012) Variabilidade da frequência cardíaca e carga máxima atingida no teste de esforço físico dinâmico em homens idosos. *Rev Bras Med Esporte* 18(6):357-361 <https://doi.org/10.1590/S1517-86922012000600004>
90. Vittorio TJ, Zaretzky J, Cortes T et al (2010) Association between endothelial function and chronotropic incompetence in subjects with chronic heart failure receiving optimal medical therapy. *Echocardiography* 27(3):294-299. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8175.2009.01016.x>
91. WAN, H.; BUNSAWAT, M.; AMANN, M. Autonomic cardiovascular control during exercise. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, v. 324, n. 6, p. H921–H935, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00085.2023>.
92. WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *The American Journal of Cardiology*, v. 14, p. 844–852, dez. 1964.
93. Wei M, Gibbons LW, Kampert JB, Nichaman MZ, Blair SN. Low cardiorespiratory fitness and physical inactivity as predictors of mortality in men with type 2 diabetes. *Ann Intern Med*. 2000;132(8):605–611. doi: 10.7326/0003-4819-132-8-200004180-00002.
94. Wei M, Kampert JB, Barlow CE, Nichaman MZ, Gibbons LW, Paffenbarger RS, Jr, et al. Relationship between low cardiorespiratory fitness and mortality in normal-weight, overweight, and obese men. *JAMA*. 1999;282(16):1547–1553. doi: 10.1001/jama.282.16.1547.

95. WHITE, D. W.; RAVEN, P. B. Neural control of heart rate during dynamic exercise: revisited. *The Journal of Physiology*, [S. l.], v. 592, n. 12, p. 2491–2500, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2014.271858>.
96. WOO, M. A.; STEVENSON, W. G.; MARDER, C. M.; COLLIER, K.; GOLDBERGER, A. L. Patterns of beat-to-beat heart rate variability in advanced heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 23, n. 3, p. 733–740, 1992.
97. YAZBEK JR., P. et al. Ergoespirometria: teste de esforço cardiopulmonar, metodologia e interpretação. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 77, n. 5, p. 482-487, 1998.
98. Zuttin RS, Moreno MA, César MC, Martins LEB, Catai AM, Silva E (2008) *Brazilian Journal of Physical Therapy* 12(1):7-12 <https://doi.org/10.1590/S1413-35552008000100003>

## **Anexos**

### **1- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE**

O (a) Senhor(a) está sendo convidado(a) a participar do projeto: **CONCORDÂNCIA ENTRE O PRIMEIRO LIMAR VENTILATÓRIO E O LIMAR 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



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

caminhando na esteira para que a frequência cardíaca e pressão arterial retornem 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 anormalidades 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 à 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.

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



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

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 \_\_\_\_\_.