



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

**CARLA ZIMERER**

**EFEITOS DE 10 SEMANAS DE HIIT COM *KETTLEBELL* NA APTIDÃO AERÓBIA  
DE MULHERES JOVENS SAUDÁVEIS**

**Orientador:** Prof. Dr. Rodrigo Luiz Vancini.

VITÓRIA

2022

**CARLA ZIMERER**

**EFEITOS DE 10 SEMANAS DE HIIT COM *KETTLEBELL* NA APTIDÃO AERÓBIA  
DE MULHERES JOVENS SAUDÁVEIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Física do Centro de Educação Física e Desportos, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para a defesa de Doutorado em Educação Física.

**Orientador:** Prof. Dr. Rodrigo Luiz Vancini

VITÓRIA

2022

Z71e Zimerer, Carla, 1984-  
EFEITOS DE 10 SEMANAS DE HIIT COM  
KETTLEBELL NA APTIDÃO AERÓBIA DE MULHERES  
JOVENS SAUDÁVEIS / Carla Zimerer. - 2022.  
62 f. : il.

Orientador: Rodrigo Luiz Vancini.  
Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade Federal  
do Espírito Santo, Centro de Educação Física e Desportos.

1. Exercício Físico. I. Vancini, Rodrigo Luiz. II. Universidade  
Federal do Espírito Santo. Centro de Educação Física e Desportos.  
III. Título.

CDU: 796

---

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Deus vivo e poderoso, ao qual me concedeu Sua grande graça, presença e amor. Para Ele toda honra e glória por tudo para sempre! Nosso esforço individual jamais será suficiente sem que a bondade de Deus nos alcance. Por todo vale que andei, Ele sempre esteve comigo. Todas as vezes em que caí, Sua mão forte me levantou. Sempre que chorei, Ele me consolou. Sempre que pequei, Ele me perdoou. Sempre que me senti cansada, Ele me deu renovos. Sempre que fui falha, pequena e incapaz, Ele me capacitou. Sempre que fui apenas Carla, Ele foi tremendamente Deus! E sempre será! Pois, ainda que uma mãe se esqueça do seu filho que mama, de sorte que não se compadeça do fruto do seu ventre, ainda assim Deus não se esquecerá de nós (Isaías 49:14-15). Pereceria sem dúvida, se não cresse que veria a bondade do Senhor na terra dos viventes (Salmos 27:13). Obrigada, Deus meu em quem eu confio!

Agradeço a meu marido, Taciano Cabrini, por todo apoio, desde os desafios vividos acerca do casamento no início, toda privação gerada pela pandemia no meio e os alagamentos da nossa casa no final do doutorado. Obrigada por ser comigo uma família raiz, forte e firmada sobre a rocha!

Agradeço a minha família por todo apoio do qual sempre necessitei. Em especial, a meu querido pai, Glaudiston Faustini Zimerer (em memória), pela enorme e inestimável herança de sabedoria, alegria e fé. Ele sempre vislumbrou para mim um futuro que eu não era capaz de enxergar. Esse futuro é hoje, aqui e agora! Obrigada Sr. Neno! Agradeço igualmente ao ser humano mais iluminado, doce e amável que conheci nessa vida, Adelia Blank Zimerer, por ser a menina dos olhos de Deus e a minha pequeninona.

Agradeço a meu orientador Rodrigo Luiz Vancini, por ter me dado uma oportunidade única de cursar um doutorado sem que eu precisasse mudar de cidade e abrir mão dos cuidados a minha querida mãe. Se hoje escrevo essas palavras, foi porque ele me abriu as portas e depositou em mim grande confiança.

Agradeço à querida amiga Luciana Carletti, por todo apoio técnico e, especialmente, humano. Foi por meio de sua dedicação, acolhimento e amor que eu tive toda e qualquer condição de realizar minha pesquisa, sobretudo nos momentos mais difíceis.

Agradeço ao querido amigo Richard Diego Leite, por ser nada menos do que o fruto da minha oração.

Agradeço à doce, amada e tão espirituosa amiga Sabrina Pereira Alves, por ter vivido cada passo ao meu lado, desde o incêndio do prédio de pesquisa até as longas horas de ônibus

no caminho da universidade. Sua amizade e confiança me deram forças e coragem para que eu tentasse dar sempre o meu melhor! Agradeço também à tão eficiente equipe de coleta de dados com a qual fui presenteada, em especial à Camila Moreira e Lenice Brum Nunes, por todo comprometimento, seriedade, carinho, lealdade e laços que nos unem até os dias de hoje. Agradeço ainda à Lorena Flores e Zirlei Vidal Soares, por terem trazido novos desafios e tantas alegrias ao nosso grupo, em um momento mais que necessário. Vocês todos fizeram tudo isso valer muito a pena!

Agradeço aos colegas do LAFEX e NUPEM, por terem partilhado comigo recursos e histórias de vida. Em especial, à Rafaela Gomes, Letícia Nascimento Santos Neves e Rodrigo Freire de Almeida, por todo apoio, generosidade e colaboração nas horas mais precisas. Agradeço também aos funcionários do NUPEM, em especial ao querido Marcelo Damian, por todo incentivo e à Ambrosina Lignani, por todo verdadeiro carinho e torcida por mim.

Agradeço aos funcionários do CEFD, em especial ao professor Otávio Tavares, por ter apoiado o prosseguimento da pesquisa no período após o incêndio, e à Adenilza Matos, por ser aquela que cuidou carinhosamente de mim desde que eu era apenas uma menina entrando na universidade. Agradeço também à Beatriz Cysne, Maria da Penha Lima Freitas e Philippe Grippa por toda gentileza, doçura e prontidão em ajudar.

Agradeço ao Instituto Habilitar, em especial ao Alberto Monteiro, por ter acolhido um braço importante de nossa pesquisa de maneira tão generosa após o incêndio no NUPEM.

Agradeço às amadas pessoas do nosso grupo de fé, em especial minhas maravilhosas amigas Estela Reginatto, Joyce Fernandes, Eini Rovena Dias, Bianca Fonseca e Mariana de Oliveira, por serem um corpo firme, sustentado pelos afáveis laços de Jesus. Agradeço também imensamente a meu amado amigo e “pai adotivo”, Moacir Campos, por todo seu carinho, dedicação, intercessão e apoio a mim. Nós todos somos um cordão de três dobras (Eclesiastes 4:12).

Agradeço à Dilza Alencastre, Paulo Sarmenghi, Fabrícia Alencastre e Rodrigo Vairo, por terem me adotado como parte da família, me dando suporte e amizade verdadeira ao longo de todos esses anos.

Por fim, agradeço aos professores que aceitaram compor a banca avaliadora deste trabalho, de maneira tão gentil e colaborativa.

A todos, muito obrigada!

## EPÍGRAFE

*Por isso sinto prazer nas fraquezas, nas injúrias, nas necessidades, nas perseguições, nas angústias por amor de Cristo. Porque quando estou fraco então sou forte.*

*2 Coríntios 12:10*

## RESUMO

Protocolos de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) com *kettlebell* podem ser uma alternativa acessível para a melhoria da aptidão física de mulheres sedentárias. No entanto, são necessárias mais pesquisas sobre os benefícios deste método na aptidão aeróbia. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos do HIIT com *kettlebell* na aptidão aeróbia e na força muscular de mulheres jovens saudáveis. As participantes foram alocadas para grupo de treinamento com *kettlebell* (KB: n = 10; idade =  $25,5 \pm 2,75$  anos; altura =  $163,0 \pm 5,56$  cm) ou grupo controle (GC: n = 9; idade =  $21,00 \pm 1,50$  anos; altura =  $160,50 \pm 5,71$ ). O programa de treinamento com *kettlebell* (10 semanas) foi dividido em três fases: fase I (duas semanas), fase II (quatro semanas) e fase III (quatro semanas). O consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_2\text{máx}$ ), limiar ventilatório 1 ( $LV_1$ ) e limiar ventilatório 2 ( $LV_2$ ) foram avaliados nos períodos pré-treinamento (PRÉ), meio do treinamento (MEIO) e após o treinamento (PÓS). A força muscular máxima (1RM) e medidas antropométricas foram mensuradas no PRÉ e PÓS. O KB apresentou valores de 1RM significativamente maiores quando comparado ao GC no PÓS ( $p = 0,017$ ; TE = 0,06). O protocolo de treinamento com *kettlebell* de alta intensidade aumentou significativamente a velocidade associada ao  $\dot{V}O_2\text{máx}$  ( $v\dot{V}O_2\text{máx}$ :  $p < 0,001$ ;  $\Delta\% = 13,21$ ; TE = 0,17), velocidade associada ao  $LV_1$  ( $vLV_1$ :  $p = 0,002$ ,  $\Delta\% = 24,49$ ; TE = 0,18), percentual da frequência cardíaca no  $LV_1$  ( $\%FC\text{máx}$  no  $LV_1$ :  $p = 0,021$ ,  $\Delta\% = 14,08$ ; TE: 0,20), consumo de oxigênio no  $LV_1$  ( $\dot{V}O_2$  no  $LV_1$ :  $p = 0,047$ ,  $\Delta\% = 33,94$ ; TE = 0,07), velocidade associada ao  $LV_2$  ( $vLV_2$ :  $p = 0,005$ ,  $\Delta\% = 15,12$ ; TE = 0,16), percentual da frequência cardíaca no  $LV_2$  ( $\%FC\text{máx}$  no  $LV_2$ :  $p = 0,011$ ,  $\Delta\% = 7,75$ ; TE: 0,25), consumo de oxigênio no  $LV_2$  ( $\dot{V}O_2$  no  $LV_2$ :  $p = 0,035$ ,  $\Delta\% = 11,68$ ; TE = 0,04) no PÓS. Houve redução significativa do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  para o GC entre o MEIO e PÓS ( $p = 0,035$ ,  $\Delta\% = -4,70$ ; ES = 0,02). Em conclusão, nossos resultados demonstram que um programa de HIIT com *kettlebell* pode ser uma alternativa tempo-eficiente e de baixo custo para melhorar a capacidade aeróbia e a força muscular de mulheres jovens sedentárias.

**Palavras-chave:** carga de treinamento, treinamento intervalado, carga de *kettlebell*, consumo máximo de oxigênio, saúde cardiorrespiratória.

## ABSTRACT

Kettlebell high-intensity interval training (HIIT) protocols could be an affordable alternative for improving physical fitness in sedentary women. However, further research is needed on the benefits of this method in aerobic fitness. Therefore, the present study aimed to evaluate the effects of kettlebell HIIT on aerobic fitness and muscle strength in healthy young women. Participants were assigned to training (KB:  $n = 10$ ; age =  $25.5 \pm 2.75$  years; height =  $163.0 \pm 5.56$  cm) or control group (CG:  $n = 9$ ; age =  $21.00 \pm 1.50$  years; height =  $160.50 \pm 5.71$ ). The kettlebell training program (10 weeks) was divided into three phases: phase I (two weeks), phase II (four weeks), and phase III (four weeks). Maximum oxygen consumption ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ), ventilatory threshold 1 ( $LV_1$ ) and ventilatory threshold 2 ( $LV_2$ ) were evaluated during the pre-training (PRE), mid-training (MIDDLE) and post-training (POST) periods. Maximum muscle strength (1RM) and anthropometric measurements were measured PRE and POST. The KB presented significantly higher values than the GC in the POST ( $p = 0.017$ ; ES = 0.06). Kettlebell high-intensity interval protocol significantly increased velocity associated with  $\dot{V}O_2\text{max}$  ( $v\dot{V}O_2\text{max}$ :  $p < 0.001$ ;  $\Delta\% = 13.21$ ; ES = 0.17), velocity associated with  $LV_1$  ( $vLV_1$ :  $p = 0.002$ ,  $\Delta\% = 24.49$ ; ES = 0.18), percentage of heart rate at  $LV_1$  ( $\%HR_{\text{max}}$  at  $LV_1$ :  $p = 0.021$ ,  $\Delta\% = 14.08$ ; ES = 0.20), oxygen consumption at  $LV_1$  ( $\dot{V}O_2$  at  $LV_1$ :  $p = 0.047$ ,  $\Delta\% = 33.94$ ; ES = 0.07), velocity associated with  $LV_2$  ( $vLV_2$ :  $p = 0.005$ ,  $\Delta\% = 15.12$ ; ES = 0.16), percentage of heart rate in  $LV_2$  ( $\%HR_{\text{max}}$  at  $LV_2$ :  $p = 0.011$ ,  $\Delta\% = 7.75$ ; ES = 0.25), oxygen consumption in  $LV_2$  ( $\dot{V}O_2$  at  $LV_2$ :  $p = 0.035$ ,  $\Delta\% = 11.68$ ; ES = 0.04) in POST. There was a significant reduction in  $\dot{V}O_2\text{max}$  for the CG between MIDDLE and POST ( $p = 0.035$ ,  $\Delta\% = -4.70$ ; ES = 0.02). In conclusion, the kettlebell high-intensity interval training program can be a time-efficient and low cost alternative to improve aerobic capacity and muscle strength in sedentary young women.

**Keywords:** training load, interval training, kettlebell load, maximal oxygen consumption, cardiorespiratory health.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Linha do tempo acerca da perspectiva histórica do treinamento com <i>kettlebell</i> .....	17
<b>Figura 2-</b> Fluxograma das participantes.....	30
<b>Figura 3</b> – Exercícios de familiarização à técnica.....	34
<b>Figura 4-</b> Lactato sanguíneo durante uma sessão de cada fase do treinamento.....	41
<b>Figura 5-</b> Percentual da frequência cardíaca máxima durante uma sessão de cada fase do treinamento.....	42

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Comparações inter e intra grupos das variáveis descritivas e teste de 1RM nos momentos pré e pós- treinamento.....39
- Tabela 2** - Distribuição da carga de treinamento ao longo das semanas (n=10) .....42
- Tabela 3** - Comparações inter e intra grupos das variáveis relacionadas ao desempenho máximo obtidas no teste cardiopulmonar nos momentos pré, meio e pós-treinamento.....45
- Tabela 4** - Comparações inter e intra grupos das variáveis observadas no Limiar Ventilatório 1 nos momentos pré, meio e pós-treinamento.....46
- Tabela 5** - Comparações inter e intra grupos das variáveis observadas no Limiar Ventilatório 2 nos momentos pré, meio e pós-treinamento.....47

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1. TÉCNICA DE TREINAMENTO EM ESCADA PROPOSTA POR PAVEL TSATSOULINE (2006).....</b>	<b>19</b>
--	-----------

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Atividade Física (AF)

Consumo de Oxigênio ( $\dot{V}O_2$ )

Consumo Máximo de Oxigênio ( $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ )

Equivalente Ventilatório de Dióxido de Carbono ( $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ )

Equivalente Ventilatório de Oxigênio ( $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ )

Frequência Cardíaca (FC)

Grupo Treinamento com *Kettlebell* (KB)

Grupo Controle (GC)

*High Intensity Interval Training* (HIIT)

Limiares Ventilatórios (LVs)

Limiar Ventilatório 1 (LV<sub>1</sub>)

Limiar Ventilatório 2 (LV<sub>2</sub>)

Percentual da Frequência Cardíaca Máxima (%FC<sub>máx</sub>)

Teste Cardiopulmonar de Exercício (TCPE)

Ventilação Pulmonar ( $\dot{V}E$ )

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
REVISÃO DE LITERATURA .....	15
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>28</b>
ABORDAGEM EXPERIMENTAL DO PROBLEMA .....	28
PARTICIPANTES .....	29
PROCEDIMENTOS.....	31
Teste Cardiopulmonar de Exercício (TCPE) e $\dot{V}O_2$ máx.....	31
Limiares ventilatórios.....	31
Avaliação Antropométrica.....	32
Teste de Força Muscular (1 RM).....	32
Protocolo de treinamento com kettlebell .....	32
Caracterização da intensidade .....	36
<b>ANÁLISE ESTATÍSTICA</b> .....	<b>37</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>37</b>
Caracterização da intensidade e da carga de treinamento .....	40
Desempenho máximo .....	43
Limiar Ventilatório 1 .....	44
Limiar Ventilatório 2 .....	48
<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>48</b>
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>53</b>

## 1.1 INTRODUÇÃO

O mundo enfrenta uma pandemia de inatividade física em que as mulheres são as mais afetadas e, paradoxalmente, permanecem sub-representadas nas pesquisas sobre exercício físico (COSTELLO et al., 2014; GUTHOLD et al., 2018; SKELLY et al., 2021). Além disso, somadas à questão de gênero, há outras barreiras triviais à prática de exercício físico, como a falta de tempo, de interesse pela atividade física, de espaço físico ou o baixo nível socioeconômico (NASSIS, 2017; MARTINS et al., 2021). Portanto, é evidente a necessidade do desenvolvimento de pesquisas científicas que democratizem a prática de exercício físico para o público feminino, legitimando estratégias tempo-eficientes, diversificadas, executáveis em qualquer espaço e com baixo custo.

Nesse sentido, o HIIT é considerado uma estratégia tempo-eficiente para melhoria de aspectos importantes da saúde (e.g., aptidão aeróbia). Com sessões de curta duração (i.e., < 30 min), estímulos de alta intensidade intercalados por períodos de recuperação passiva ou ativa em intensidades mais baixas, protocolos de HIIT são comumente realizados por meio de exercícios convencionais (i.e., em esteira e bicicleta) (MACINNIS; GIBALA, 2016; MILANOVIĆ et al., 2015). Entretanto, o uso de ergômetros envolve custos elevados, espaço físico para armazenamento e instalação, o que pode dificultar o acesso mais amplo do exercício físico para a população.

Assim, protocolos de HIIT com equipamentos mais baratos, de fácil armazenamento e que dispensam instalação, como o HIIT com *kettlebell*, podem ser uma alternativa interessante. Originado na antiga União Soviética (TSATSOULINE, 2006), o treinamento com *kettlebell* é usualmente constituído por sessões de curta duração ( $\leq 30$  minutos), com estímulos de 15-60 segundos de exercício dinâmico envolvendo grandes grupamentos musculares, que podem atingir altas intensidades (FARRAR, 2010; FORTNER et al., 2014; HULSEY, 2012; THOMAS et al., 2014; WILLIAMS; KRAEMER, 2015; WESLEY; KIVI, 2017; WONG et al., 2021; ZIMERER et al., 2021). Quando comparado ao HIIT tradicional, o HIIT com *kettlebell* apresenta a vantagem de ser mais acessível, de dispensar o uso de grandes espaços ou até mesmo de calçados (TSATSOULINE, 2006; ZIMERER et al., 2021), além de promover ganhos na força muscular (JAY et al., 2011; LAKE.; LAUDER, 2012; OTTO et al., 2012; MANOCCHIA et al., 2013; RUFO-TAVARES et al., 2019; JUNIOR et al., 2022).

Evidências científicas que avaliaram uma única sessão de exercício indicam que o HIIT com *kettlebell* pode fornecer estímulo suficiente para a melhoria da aptidão aeróbia (FORTNER et al., 2014; HULSEY et al., 2012; WESLEY; KIVI, 2017; WILLIAMS; KRAEMER, 2015).

No entanto, até o momento, apenas dois estudos avaliaram os efeitos de um programa de HIIT com *kettlebell* sob este parâmetro (FALATIC et al., 2015; JAY et al., 2011). Ao avaliarem os efeitos de 8 semanas de treinamento com *kettlebell* (3 sessões semanais) na aptidão aeróbia de homens e mulheres e com prevalência de dor musculoesquelética, Jay et al. (2011) não observaram diferenças significativas no  $\dot{V}O_2\text{máx}$  dos participantes após o período de treinamento (JAY et al., 2011). Diferentemente, Falatic et al. (2015) observaram aumento de 6,4% no  $\dot{V}O_2\text{máx}$  de atletas colegiais (mulheres), utilizando um programa de treinamento com *kettlebell* de 4 semanas (3 sessões semanais) (FALATIC et al., 2015).

Alguns autores indicam que a controvérsia desses achados pode estar associada ao fato da carga externa (i.e., número de repetições, carga do *kettlebell* em quilogramas e duração da sessão) e intensidade do treinamento adotadas por de Jay e colaboradores (2011) que podem não ter sido suficientes para gerar um aumento no  $\dot{V}O_2\text{máx}$ . Entretanto, parece que uma possível imprecisão na avaliação da aptidão aeróbia no estudo de Jay et al. (2011), realizada por meio de estimativa do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  no cicloergômetro (i.e., medida indireta e submáxima), também pode ter influenciado os resultados observados (HULSEY et al., 2012; THOMAS et al., 2014; FALATIC et al., 2015). Isso porque, embora mais acessíveis, medidas estimadas para o cálculo do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  com base na frequência cardíaca (FC) podem sofrer interferência de diversos fatores (e.g., idade, economia de movimento e variações diárias da FC), o que pode levar à imprecisão na medida do  $\dot{V}O_2\text{máx}$ , com a subestimação ou superestimação dos valores obtidos (ARENA et al., 2007; MCARDLE et al., 2015).

Por esta razão, no âmbito científico, as medidas diretas de  $\dot{V}O_2\text{máx}$  (i.e., por meio de ergoespirometria) são consideradas mais precisas e recomendadas, sobretudo para detectar o efeito do treinamento (BASSETT; HOWLEY, 2000; ROSS et al., 2016). No entanto, mesmo quando a medida direta é adotada, nem sempre os valores reais do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  são atingidos, especialmente em indivíduos sedentários. Isso porque, esses indivíduos não são habituados com atividades vigorosas no cotidiano e podem solicitar a interrupção do TCPE, por razões motivacionais ou de desconforto/fadiga periférica, antes de atingirem o  $\dot{V}O_2\text{máx}$  (ARENA et al., 2007; MCARDLE et al., 2015). Nesse sentido, limiares ventilatórios (LVs), identificados por meio de trocas gasosas obtidas durante o teste cardiopulmonar (TCPE), podem funcionar como importante estratégia adicional para avaliação da aptidão aeróbia nessa população (ARENA et al., 2007).

Sabe-se que, após determinada intervenção, o aumento do percentual do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  (% $\dot{V}O_2\text{máx}$ ) nos LVs indica um aumento na relação de produção/remoção de lactato, que reflete na capacidade do indivíduo suportar o exercício físico por mais tempo. É estabelecido na

literatura que, em indivíduos sedentários, o treinamento físico de *endurance* pode gerar o aumento clínico relevante do  $\dot{V}O_2$  no  $LV_1$ , em grau semelhante ao do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  (10-25%) (ARENA et al., 2007). Do mesmo modo, estudos indicam que modalidades tradicionais de treinamento intervalado podem ser benéficas para a melhoria dos LVs de mulheres jovens não atletas (BURKE et al., 1994; CIOLAC et al., 2011). Contudo, de acordo com nosso conhecimento, nenhum estudo avaliou os efeitos do HIIT com *kettlebell* em parâmetros submáximos e máximos da aptidão aeróbia de mulheres jovens sedentárias. Nesse sentido, compreender os efeitos do HIIT com *kettlebell* nesses parâmetros pode auxiliar treinadores e praticantes na escolha de uma estratégia variada, acessível, com baixo custo e tempo de execução, para melhoria da saúde nessa população.

Portanto, o objetivo primário do presente estudo foi avaliar os efeitos do treinamento com *kettlebell* na aptidão aeróbia ( $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ ,  $LV_1$  e  $LV_2$ ) de mulheres jovens sedentárias, por meio do TCPE. Como objetivo secundário, o presente estudo pretendeu investigar os efeitos do treinamento com *kettlebell* na força muscular das participantes. A hipótese principal desse estudo é que o HIIT com *kettlebell* pode ser uma estratégia eficiente para a melhoria do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ ,  $LV_1$  e  $LV_2$ . A hipótese secundária é que este tipo de treinamento também é eficiente para melhoria da força muscular.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. TREINAMENTO COM *KETTLEBEL*: PERSPECTIVA HISTÓRICA

A primeira descrição do termo “*girya*” (i.e., *kettlebell*) consta em um antigo dicionário russo publicado em 1704. Este termo descreve um objeto de aço, similar a uma bala de canhão com uma alça, utilizado como peso de medida nas feiras e mercados. Neste contexto comercial da Rússia antiga, a unidade de medida empregada para representar a massa dos *kettlebells* era expressa em *poods* (1 *pood* equivale a 16kg). Por esta razão, até recentemente era comum que os *kettlebells* dispostos no mercado variassem somente com incrementos de 0,25 *poods* (i.e., de 4kg), conforme ocorria na antiguidade (TSATSOULINE, 2006; JAY et al., 2011).

Mas, ao decorrer do tempo, os *kettlebells* deixaram de ser apenas uma simples ferramenta nas mãos dos comerciantes russos e tornaram-se símbolo de força e de orgulho nacional russo. Movimentar um *kettlebell* como forma de exercício físico ou entretenimento tornou-se algo muito popular e comumente praticado em centros de treinamento, no exército, nas penitenciárias e até mesmo em apresentações circenses e culturais. Por esta razão, qualquer homem forte ou levantador de peso russo era chamado de *girevik*, ou “homem *kettlebell*”

(TSATSOULINE, 2006)(TSATSOULINE, 2006)(TSATSOULINE, 2006)(TSATSOULINE, 2006).

Entretanto, somente a partir do final do século XX e início do século XXI, os exercícios com *kettlebell* tornaram-se populares também no mundo ocidental, assumindo tanto a característica de treinamento resistido quanto de esporte (TSATSOULINE, 2006; ROSS et al., 2017). Parte importante do fenômeno de expansão do *kettlebell* na América pode ser fortemente atribuída ao mestre do esporte e ex-instrutor de treinamento físico das Forças Especiais Soviéticas, Pavel Tsatsouline, reconhecido como "*o rei moderno dos kettlebells*". Em 1998, Tsatsouline destacou-se ao publicar um artigo defendendo os possíveis benefícios do treinamento com *kettlebell* na aptidão física, em um popular jornal americano específico para atletas do treinamento de força. Em 2001, a editora *Dragon Door* publicou o *best-seller* inovador de Pavel, "*The Russian Kettlebell Challenge*". No mesmo período, Tsatsouline promoveu a fabricação do primeiro *kettlebell* de ferro fundido de estilo russo em solo americano e o lançamento da certificação em *kettlebell* estilo russo (RKC™), os quais tornaram-se referência na América e no mundo (TSATSOULINE, 2006; MEIGH et al., 2019). No ano de 2002, o *kettlebell* já recebia grande atenção da mídia americana. Mas, foi em 2006 que a publicação de Tsatsouline com maior destaque foi publicada: o livro "*Enter the Kettlebell*". Atualmente, este texto tem sido a base dos cursos de treinamento de *kettlebell hardstyle* (i.e., estilo russo) no mundo inteiro, além de ser o mais citado em publicações acadêmicas em inglês (TSATSOULINE, 2006; MEIGH et al., 2019). Por um lado, o motivo dessa publicação ter obtido grande destaque entre treinadores e praticantes do mundo *fitness*, está ligado ao fato do texto conter descrições detalhadas sobre os princípios do treinamento com *kettlebell*, com informações que variam desde a história do *kettlebell* até o ensino gradativo dos principais exercícios que envolvem o estilo *hardstyle* (i.e., o estilo russo e mais popular) (TSATSOULINE, 2006). Por outro lado, essa publicação apresenta o treinamento com *kettlebell* como uma estratégia excelente para treinadores e praticantes. Isso porque, a partir de uma única ferramenta de baixo custo e tempo-eficiente, seria possível alcançar melhorias da coordenação motora, agilidade, equilíbrio, frequência cardíaca de repouso, pressão arterial, hipertrofia muscular, desempenho e aptidão física em geral (i.e., força muscular, aptidão aeróbia e flexibilidade) (TSATSOULINE, 2006).

Entretanto, para promover o treinamento com *kettlebell* e seus possíveis efeitos benéficos, Tsatsouline (2006) utiliza artigos científicos russos do século XX (datados entre 1947 e 1997) (TSATSOULINE, 2006). Porém, além de apresentadas de maneira pouco detalhada no texto, essas pesquisas não foram referenciadas com clareza e apresentam acesso

limitado à comunidade científica em geral (i.e., não estão anexadas em importantes bases de dados internacionais de língua inglesa). Em contrapartida, poucos anos após a publicação de “*Enter the Kettlebell*”, o treinamento com *kettlebell* passou a receber a atenção dos pesquisadores de outros países. Em 2010, o estudo de Farrar e colaboradores, intitulado de “*Oxygen cost of kettlebell swings*” (custo de oxigênio do *swing kettlebell*) foi o primeiro a ser anexado em uma importante base de dados científicos de alcance internacional (PubMed) (FARRAR et al., 2010). A partir de então, foi inaugurada a fase atual de crescentes investigações científicas acerca do treinamento com *kettlebell* no ocidente (MEIGH et al., 2019) (Figura 1). Como consequência, nas últimas duas décadas, estudos tem discutido aspectos biomecânicos dos exercícios com *kettlebell*, bem como seus efeitos na força, potência e *endurance* muscular, aptidão aeróbia, redução da dor e de sintomas de ansiedade e depressão e aplicação no esporte (LEVINE et al., 2020; MEIGH et al., 2019; RUFO-TAVARES et al., 2020).

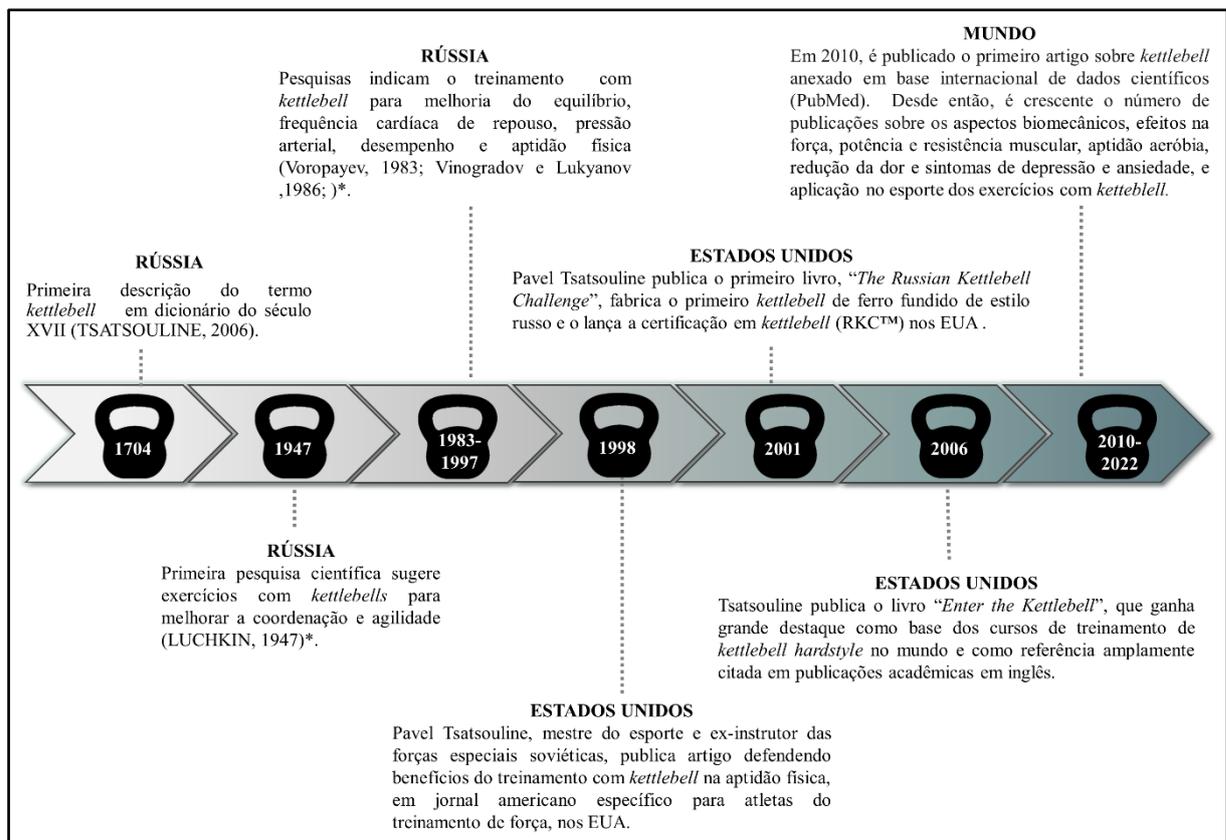


Figura 2- Linha do tempo acerca da perspectiva histórica do treinamento com *kettlebell*.

## 2.2 TREINAMENTO COM *KETTLEBELL* E A FORÇA MUSCULAR

Devido aos aspectos históricos e culturais que envolvem a origem do treinamento com *kettlebell*, é impossível dissociar a forte relação entre este tipo de treinamento e a força muscular. Essa relação é claramente evidenciada, não somente por meio *girevicks* (i.e., levantadores de *kettlebell*, reconhecidos por sua grande força na Antiga União Soviética), mas também através do relato de inúmeros levantadores de peso e fisiculturistas que se apropriaram dessa modalidade de treinamento para o aprimoramento da força muscular nas últimas décadas. Pavel Tsatsouline, intitulado o “rei do *kettlebell*” na América, afirma que “quando dizemos força, queremos dizer *kettlebell*, e quando dizemos *kettlebell*, queremos dizer força” (TSATSOULINE, 2006).

No entanto, apesar do treinamento *kettlebell* ser considerado uma antiga ferramenta para o aprimoramento da força muscular (TSATSOULINE, 2006), os estudos científicos disponíveis que atestam sua eficácia para essa variável datam apenas dos últimos 11 anos (JAY et al., 2011; LAKE; LAUDER, 2012; MANOCCHIA et al., 2013; OTTO et al., 2012; RUFO-TAVARES et al., 2019; JUNIOR et al., 2022). Ainda, esses estudos indicam um importante aspecto acerca do treinamento com *kettlebell*: a limitação acerca da prescrição da carga do treinamento. Diferentemente do treinamento resistido tradicional, cuja prescrição é orientada por importantes diretrizes (GARBER et al., 2011; BAECHLE, 2016), a determinação da carga de treinamento “ideal” para o aprimoramento da força muscular no treinamento com *kettlebell* ainda não é bem estabelecida na literatura. Isso porque, a natureza balística do treinamento com *kettlebell* parece dificultar a implementação de testes de repetição máxima, sobretudo em indivíduos iniciantes. Conseqüentemente, a carga do *kettlebell* (kg) implementada para o treinamento, inclusive nas pesquisas, é baseada muito mais em informações de natureza não científica do que em medições diretas, sem levar em conta a variabilidade individual do participante (JAY et al., 2011; MANOCCHIA et al., 2013). Do mesmo modo, não há um consenso na literatura acerca do número de repetições empregado, existindo diferentes protocolos (JAY et al., 2011; LAKE; LAUDER, 2012; OTTO et al., 2012; MANOCCHIA et al., 2013; MEIGH et al., 2019; RUFO-TAVARES et al., 2019).

Nesse sentido, a maioria dos estudos prescrevem a carga do *kettlebell* com base do proposto por Tsatsouline (2006), que consiste em cargas de 1 pood (16kg) e 0,5 pood (8kg) para homens e mulheres iniciantes, respectivamente (TSATSOULINE, 2006; MEIGH et al., 2019)(TSATSOULINE, 2006; MEIGH et al., 2019). Além disso, o autor sugere que para o treinamento eficaz da força, é importante que muitas repetições sejam realizadas com uma carga de *kettlebell* (kg) elevada. Segundo Tsatsouline (2006), uma das maneiras mais simples de atender a esse requisito é por meio da técnica que os russos chamam de “escada” (Quadro 1).

Conforme essa técnica, o participante deve escolher um *kettlebell* com o qual consiga realizar 5-8 repetições com o exercício escolhido. Em seguida, o participante deve realizar uma repetição com esse exercício, iniciando com o braço mais fraco e trocando para o braço mais forte, e realizar um descanso ao final. Após o descanso, seguindo a mesma lógica, o participante deve realizar duas repetições em cada braço e descansar. Seguidamente, três repetições devem ser realizadas em cada braço. Segundo Tsatsouline, este processo (i.e., escada) deve ser repetido por 3 vezes (totalizando 18 repetições) na primeira semana. A cada semana seguinte, uma escada deve ser adicionada, de modo que na terceira semana 30 repetições sejam realizadas. Na quarta semana, o autor sugere que o número de 5 escadas seja mantido, mas que sejam realizadas pelo menos 4 repetições na primeira escada e que este número seja mantido nas demais escadas, conforme o limite individual, buscando alcançar a meta de 5 escadas (1, 2, 3 e 4 repetições), totalizando 50 repetições. Na quinta semana, a meta é realizar 5 escadas (1, 2, 3, 4 e 5 repetições) ou 75 repetições com um *kettlebell* pesado. A partir de então, o processo deve ser reiniciado na mesma proporção da semana 1, com um *kettlebell* mais pesado (TSATSOULINE, 2006).

<b>QUADRO 1. TÉCNICA DE TREINAMENTO EM ESCADA PROPOSTA POR PAVEL TSATSOULINE (2006)</b>				
	<b>NÚMERO DE ESCADAS</b>	<b>NÚMERO DE REPETIÇÕES POR ESCADA</b>	<b>NÚMERO DE REPETIÇÕES POR SESSÃO</b>	<b>CARGA DO KETTLEBELL</b>
Semana 1	3	1, 2, 3	18	Que permita a realização de 5-8 repetições do movimento escolhido
Semana 2	4	1, 2, 3	24	Mesma da semana 1
Semana 3	5	1, 2, 3	30	Mesma da semana 1
Semana 4	5	1, 2, 3, 4	50	Mesma da semana 1
Semana 5	5	1, 2, 3, 4, 5	75	Mesma da semana 1
Semana 6	3	1, 2, 3	18	Aumentar a carga do <i>kettlebell</i>

Entretanto, os estudos encontrados na literatura que avaliam os efeitos do treinamento com *kettlebell* na força muscular não empregaram o método de escada de Pavel. Estes estudos empregaram um número bastante variado de repetições por estímulo (4-20 repetições) (MANOCCHIA et al., 2013; OTTO et al., 2012) ou o maior número possível de movimentos em um intervalo de 30s (JAY et al., 2011; LAKE; LAUDER, 2012; RUFO-TAVARES et al., 2019)(JAY et al., 2011; LAKE; LAUDER, 2012; RUFO-TAVARES et al., 2019), com protocolos bastante diversificados.

Jay et al. (2011) observaram o aumento da força muscular da parte inferior das costas (máxima contração voluntária) em homens e mulheres com prevalência de sintomas de dor musculoesquelética, após 8 semanas treinamento intervalado com *kettlebell* (3 vezes por semana). Os autores adotaram uma sessão de 10 minutos de duração, na proporção de estímulo:descanso de 30:60 e 30:30 nas 4 primeiras e 4 últimas semanas de treinamento, respectivamente. A intensidade foi aumentada por meio da execução progressiva de exercícios com maior nível de dificuldade, na ordem: I) *swing* sem carga; II) *deadlift*; III) *swing* bilateral; IV) *swing* unilateral. Além disso, o peso do *kettlebell* utilizado inicialmente (8kg para mulheres; 12kg para homens) foi aumentado à medida em que os participantes se sentiram mais confortáveis na execução do exercício de maior dificuldade (i.e., *swing* unilateral).

Lake e Lauder (2012) compararam os efeitos do treinamento com *kettlebell* de 6 semanas (2 vezes por semana) com outra modalidade (*jump squat*) na força máxima de homens jovens fisicamente ativos. Entretanto, estes autores utilizaram um treinamento intervalado com *swing kettlebell* de 12 minutos (12 estímulos de 30 segundos com 30 segundos de descanso). A carga do *kettlebell* foi de 12 kg e 16kg para participantes com massa corporal < 70kg e > 70kg, respectivamente. O grupo que treinou o *jump squat* realizou o mínimo de 4 séries com 3 *jump squats* com a carga que potencializasse a potência de pico. Os autores observaram que os grupos *kettlebell* e *jump squat* obtiveram um aumento significativo na força muscular de 12% e 7,7%, respectivamente, sem que houvesse diferença estatística entre os grupos.

Por sua vez, Otto et al. (2012) utilizaram um modelo de periodização linear (2 vezes por semana) para comparar os efeitos entre 6 semanas de treinamento com *kettlebell* e levantamento de peso na força máxima de homens saudáveis. Durante as semanas 1–3, as séries e repetições para cada exercício consistiam em: 3 x 6 (*swing kettlebell*), 4 x 4 (*swing* acelerado) e 4 x 6 (agachamento com *kettlebell*). Nas semanas 4-6, o volume aumentou para 4 x 6 (*swing kettlebell*), 6 x 4 (*swing* acelerado) e 4 x 6 (agachamento com *kettlebell*). O *kettlebell* utilizado foi de 16kg e a sobrecarga progressiva foi obtida por meio de uma combinação de aumento de volume e ênfase na técnica e na velocidade do movimento. As mesmas combinações de séries,

repetições e sobrecarga progressiva foram adotados para o treinamento com levantamento de peso, porém, a intensidade adotada foi de 80% de 1RM. Os autores observaram que os dois protocolos foram eficazes para aumento da força muscular (*back squat*). Entretanto, os ganhos observados para essa variável foram maiores no levantamento de peso quando comparado ao treinamento com *kettlebell* (13,5 vs. 4,5 %).

Similarmente, Manocchia et al. (2013) compararam a transferência de força máxima e potência do treinamento com *kettlebell* de 10 semanas (2 vezes por semana) para o levantamento de peso em homens e mulheres jovens fisicamente ativos. Os autores prescreveram a intensidade do treinamento baseados no percentual da percepção subjetiva de esforço (PSE) em uma escala de 0-10 e de acordo com o nível de dificuldade dos diversos exercícios adotados. O treinamento com *kettlebell* foi periodizado em 5 microciclos (4 dias cada): I) 2 séries de 15-20 repetições a 60-65% da PSE; II) 2 séries de 15-20 repetições a 70-75% da PSE; III) 2-3 séries de 5-10 repetições a 75-80% da PSE; IV) 2-3 séries de 4-8 repetições a 85-95% da PSE. Os autores não reportaram a carga de *kettlebell* (kg) adotada. Os resultados demonstraram que o treinamento com *kettlebell* transferiu 10% e ~30% de força e potência para os 3RM nos exercícios *clean* e *jerk* e *bench press*, respectivamente.

Recentemente, Rufo-Tavares et al. (2019) observaram que o treinamento intervalado com *kettlebell* de 12 semanas (3 vezes por semana) foi capaz de aumentar a força máxima (15,3%) e isométrica (9%) em mulheres fisicamente ativas. O treinamento foi distribuído em 5 fases: I) Adaptativa (2 semanas, 8 exercícios de familiarização à técnica, 1 série de 15 repetições para cada exercício); II) Específica I (2 semanas, 1 série com 5 estímulos de *swing* e 1 série com 3 estímulos com agachamento, 2 minutos entre séries e proporção de estímulo:descanso de 30:30s); Específica II (4 semanas, 3 séries intercalando 5 estímulos de *swing* e agachamento, 2 minutos entre séries e proporção de estímulo:descanso de 30:30s); Específica III (4 semanas, 3 séries intercalando 5 estímulos de *swing* e agachamento, 1 minuto entre séries e proporção de estímulo:descanso de 30:30s). Os autores iniciaram com um *kettlebell* de 8kg e aumentaram a carga em 4kg sempre a participante atingisse:  $PSE \leq 5$ , número de repetições nos estímulos de *swing*  $\geq 23$  e manutenção correta da técnica.

Entretanto, apesar da diversidade entre os protocolos e quilagem do *kettlebell* empregados nos estudos acima mencionados, outros autores têm se empenhado em discutir o papel da carga do *kettlebell* (kg) nas respostas agudas ao exercício. Nesse sentido, foi constatado que o uso de cargas (kg) mais elevadas do *kettlebell* parece ser potencialmente mais favorável para adaptações na força muscular (RAYMOND et al., 2018; LEVINE et al., 2020). Por exemplo, Levine e colaboradores (2020) examinaram os efeitos agudos da carga do *kettlebell*

(kg) na cinética das articulações da parte inferior do corpo em jovens adultos treinados recreativamente (homens e mulheres). Os participantes realizaram uma sessão de *swing* com *kettlebells* equivalentes a 10%, 15% e 20% de sua respectiva massa corporal. Os autores constataram que, em conformidade com o princípio da sobrecarga do treinamento, o aumento da massa do *kettlebell* pode ser mais favorável a maiores ganhos de força na musculatura do quadril e do tronco (LEVINE et al., 2020). Porém, além desse achado importante, a relativização da carga do *kettlebell* (kg) com relação à massa corporal dos participantes proposta por Levine (2020) parece ser uma maneira provisória alternativa e mais individualizada para caracterização de carga do *kettlebell* (kg), que pode colaborar com a comparação dos resultados de diferentes estudos.

## 2.3. TREINAMENTO COM *KETTLEBELL* E A APTIDÃO AERÓBIA

### 2.3.1. Aptidão aeróbia e inatividade física

Assim como a força muscular, a aptidão aeróbia é um importante parâmetro da aptidão física relacionada à saúde (GARBER et al., 2011). É bem estabelecido na literatura que a aptidão aeróbia é um forte preditor de mortalidade, visto que baixos níveis desse parâmetro estão associados a um alto risco de doença cardiovascular, acidente vascular cerebral, mortalidade atribuíveis a vários tipos de câncer e por todas as causas (GARBER et al., 2011; ROSS et al., 2016).

As diretrizes internacionais recomendam que, para o desenvolvimento e manutenção da aptidão aeróbia em pessoas adultas, o mínimo de 150 e 75 minutos semanais de AF de intensidade moderada e vigorosa, respectivamente, deve ser praticado (GARBER et al., 2011; KRAUS et al., 2019; OKELY et al., 2020). Mas, apesar da ampla divulgação da ideia de que a AF constitui o melhor “produto de compra” para a saúde pública (devido a seus inúmeros benefícios), a promoção de exercícios físicos para a população ainda constitui um grande desafio global (EKKEKAKIS et al., 2011). Dados recentes indicam que aproximadamente um quarto da população adulta mundial não consegue atingir os valores recomendados para a prática de AF. Este problema afeta de forma incisiva as mulheres, que são mais inativas quando comparadas aos homens (31,7% *versus* 23,4%) (GUTHOLD et al., 2018). Ainda assim, a população feminina permanece sub-representada nas produções científicas sobre exercício físico (COSTELLO et al., 2014; SKELLY et al., 2021). Este fato evidencia a importância da

realização de pesquisas que contribuam com a democratização da prática de exercício físico para o público feminino.

Além disso, existem outras barreiras comuns à prática de exercício físico somadas à questão de gênero (i.e., ser do sexo feminino), como a falta de tempo, de espaço físico, de interesse pela atividade física ou o baixo nível socioeconômico (MARTINS et al., 2021). Nesse sentido, nos últimos anos tem se tornado crescente o número de produções científicas que indicam o HIIT como importante aliado contra a falta de tempo (i.e., estratégia tempo-eficiente) e favorável à melhoria de parâmetros fundamentais da saúde (e.g., aptidão aeróbia). O HIIT consiste em sessões de curta duração (< 30 min), com estímulos de alta intensidade intercalados por períodos de descanso (passivo ou ativo em intensidades mais baixas), tradicionalmente realizadas por meio de ergômetros (esteira ou bicicleta) (MACINNIS; GIBALA, 2016; MILANOVIĆ et al., 2015). Entretanto, o uso desses equipamentos envolve custos mais altos, o que pode limitar o acesso do exercício físico para a população de baixo nível socioeconômico. Por outro lado, publicações científicas recentes têm proposto modalidades de HIIT diversificadas, acessíveis, de baixo custo, que demandam pequenos espaços para a execução para população em geral (e.g., treinamento com o peso corporal e com *kettlebell*) (MACHADO et al., 2019; SCHAUN et al., 2018; ZIMERER et al., 2021). Por exemplo, Schaun et al. (2018) demonstraram que um protocolo de HIIT com exercícios calistênicos (i.e., sem o uso de ergômetros caros e grandes espaços) pode ser uma alternativa interessante para o aumento da capacidade aeróbia de homens jovens saudáveis (SCHAUN et al., 2018).

Do mesmo modo, o treinamento com *kettlebell*, tradicionalmente empregado para o aumento da força muscular (TSATSOULINE, 2006), parece constituir uma alternativa tempo-eficiente e de baixo custo para o aumento da aptidão aeróbia. Entretanto, os estudos acerca dos efeitos do treinamento com *kettlebell* neste parâmetro demandam maior investigação, sobretudo em mulheres jovens, conforme será discutido no item 3.4 desta revisão.

### **2.3.2: Aptidão aeróbia: representação, mensuração e limitações**

A aptidão aeróbia é usualmente expressa por meio do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  (importante indicador de potência máxima), que representa a maior taxa em que o oxigênio pode ser absorvido e utilizado pelo corpo durante exercícios de intensidade elevada (WENGER; BELL, 1986; BASSETT; HOWLEY, 2000). O  $\dot{V}O_2\text{máx}$  pode ser mensurado por via estimada ou direta. A medida estimada (indireta) é mais acessível (i.e., dispensa o uso de um oneroso analisador metabólico) e pode ser realizada dentro ou fora de um laboratório de pesquisa/clínica médica. Esta medida

pode ser obtida a partir de fórmulas que permitem estimar o  $\dot{V}O_2$ máx com base no desempenho durante a caminhada/corrida ou na FC registrada durante ou imediatamente após o exercício. Testes para estimar o  $\dot{V}O_2$ máx com base na FC são habitualmente realizados a partir de exercício submáximo em esteira ou bicicleta ergométrica, aplicando uma relação entre a FC e o  $\dot{V}O_2$ . Contudo, esses testes são sujeitos à interferência de diversos fatores (e.g., idade, economia de movimento e variações diárias da FC), que podem levar à imprecisão na medida do  $\dot{V}O_2$ máx, com a subestimação ou superestimação dos valores obtidos (ARENA et al., 2007; MCARDLE et al., 2015).

Por outro lado, a medida direta (i.e., por ergoespirometria), embora menos prática e acessível, é mais precisa. Esta medida é realizada por meio de TCPE (normalmente em laboratórios de pesquisa ou clínicas médicas) e avalia as respostas máximas e submáximas do sistema cardiovascular e respiratório ao exercício. Durante o TCPE, a análise ergoespirométrica permite avaliar variáveis metabólicas, como o  $\dot{V}O_2$ , a produção de  $CO_2$ , a RER (razão de troca respiratória) e os LVs. Desse modo, a medida direta do  $\dot{V}O_2$ máx é uma medida objetiva, não-invasiva e altamente recomendada, tanto para o prognóstico de doenças (e.g., do sistema cardiovascular e respiratório) e de mortalidade, quanto para avaliar a aptidão aeróbia, sobretudo em decorrência do treinamento (WENGER; BELL, 1986; BASSETT; HOWLEY, 2000; ARENA et al., 2007; MCARDLE et al., 2015; ROSS et al., 2016).

Entretanto, apesar de ser considerada medida padrão ouro no âmbito científico, a avaliação direta do  $\dot{V}O_2$ máx também possui uma importante limitação quanto à aplicação em indivíduos sedentários. Essa limitação consiste no fato de que, embora critérios sejam aplicados durante o TCPE na tentativa de garantir a obtenção de um teste de esforço máximo e de uma medida mais apurada do  $\dot{V}O_2$ máx (e.g., o alcance de pelo menos 95% da frequência cardíaca máxima prevista para a idade [220-idade] ou da razão de troca respiratória  $\geq 1,10$ ) (HOWLEY et al., 1995; BILLAT et al., 2000), nem sempre os valores reais do  $\dot{V}O_2$ máx são atingidos. Isso porque, pessoas sedentárias não são familiarizadas com atividades vigorosas e, por motivos motivacionais ou de desconforto/fadiga periférica, podem solicitar a interrupção do TCPE antes de atingirem o  $\dot{V}O_2$ máx (ARENA et al., 2007; MCARDLE et al., 2015). Nesse sentido, a avaliação submáxima da aptidão aeróbia, por meio dos LV, pode ser uma importante estratégia (ARENA et al., 2007), especialmente para avaliar os efeitos do treinamento em indivíduos sedentários.

### **2.3.3 Limiares ventilatórios: conceitos e aplicação na avaliação da aptidão aeróbia**

Os limiares metabólicos constituem uma importante ferramenta para avaliar a função sistêmica integrativa do indivíduo, bem como os efeitos de um programa de treinamento na capacidade de se exercitar (ARENA et al., 2007; POOLE et al., 2021)(ARENA et al., 2007; POOLE et al., 2021).

Os LVs são marcadores metabólicos que denotam a intensidade do exercício físico em que a via predominante para o fornecimento de energia (i.e., oxidativa) passa a necessitar de uma maior suplementação da glicólise anaeróbica. Assim, o aumento da atividade glicolítica, sucedido da elevação da taxa de trabalho, ocasiona um incremento na produção de lactato [ $\text{La}^-$ ] em relação à utilização (aumento da relação lactato/piruvato) (WASSERMAN et al., 1986).

A demarcação do  $\text{LV}_1$  ocorre em função do aumento da intensidade do exercício, com consequente aumento da relação volume de dióxido de carbono/consumo de oxigênio ( $\dot{V}\text{CO}_2/\dot{V}\text{O}_2$ ). Durante o  $\text{LV}_1$ , com o incremento proporcional da ventilação ( $\dot{V}\text{E}$ ), o aumento linear do  $\dot{V}\text{O}_2$  é acompanhado do aumento da pressão parcial de oxigênio no final da expiração ( $\text{PetO}_2$ ), sem que ocorra a queda da pressão parcial de dióxido de carbono ao final da expiração ( $\text{PetCO}_2$ ). Isso é possível devido à função da isocapnia do tampão bicarbonato (i.e., compensação da acidose metabólica provocada por meio dos íons  $\text{H}^+$ , através do bicarbonato), que gera o aumento da produção dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que é eliminado pelos pulmões devido à hiperpneia (i.e., aumento da respiração). Deste modo, a relação  $\dot{V}\text{E}/\dot{V}\text{CO}_2$  e a  $\text{PetCO}_2$  não sofrem alterações, mesmo com aumento evidenciado da  $\dot{V}\text{E}/\dot{V}\text{O}_2$  e da  $\text{PetO}_2$  (WASSERMANN; MCILROY, 1964; WASSERMAN, 1984).

Diferentemente, o  $\text{LV}_2$  é marcado por um segundo aumento na  $\dot{V}\text{E}/\dot{V}\text{O}_2$ , acompanhado do aumento na  $\dot{V}\text{E}/\dot{V}\text{CO}_2$ . Isso porque, à medida que o  $\text{LV}_1$  é ultrapassado e a intensidade de exercício continua a aumentar, quimiorreceptores carotídeos (estimulados pela queda do pH sanguíneo) incitam o aumento da ventilação pulmonar. Assim, mais  $\text{CO}_2$  arterial é eliminado pelos pulmões (a uma taxa superior à de produção), resultando na diminuição da pressão do  $\text{CO}_2$  arterial e redução subsequente do pH. Deste modo, a compensação respiratória incitada pela acidose láctica, além de aumentar ainda mais o  $\dot{V}\text{E}/\dot{V}\text{O}_2$ , reflete também no aumento de  $\dot{V}\text{E}/\dot{V}\text{CO}_2$ , demarcando o  $\text{LV}_2$  (ou ponto de compensação respiratória) (WASSERMANN; MCILROY, 1964; WASSERMAN, 1984).

Neste contexto, durante o exercício físico submáximo o aumento da concentração plasmática de  $\text{La}^-$  é inversamente relacionado à aptidão física do indivíduo. Em outras palavras, a maior capacidade de produção/remoção de lactato reflete na capacidade do indivíduo suportar o exercício físico por mais tempo. Portanto, os LVs também constituem uma importante estratégia para avaliação da aptidão aeróbia, sobretudo em indivíduos sedentários que não são

habituaados a tarefas que envolvem elevadas intensidades. Para esses indivíduos, é estabelecido que o treinamento físico de *endurance* pode gerar o aumento clínico relevante do  $\dot{V}O_2$  no  $LV_1$ , em grau semelhante ao do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  (10-25%) (ARENA et al., 2007).

Do mesmo modo, estudos indicam que modalidades tradicionais de HIIT também podem evocar melhorias importantes nos LVs de indivíduos jovens saudáveis de ambos os sexos (CAMPBELL; PHILLIPS, 2021), efeito também evidenciado em amostras constituídas exclusivamente por mulheres (BURKE et al., 1994; CIOLAC et al., 2011). Ainda, modalidades não tradicionais de HIIT também tem se mostrado eficazes para gerar melhorias nos LVs em homens jovens saudáveis treinados e não treinados (SCHAUN et al., 2018; SHEYKHLOUVAND et al., 2018). Porém, dadas as possíveis diferenças entre homens e mulheres nos sistemas fisiológicos em repouso e em resposta ao exercício e a primazia observada nos estudos científicos acerca de amostras masculinas (SKELLY et al., 2021)(SKELLY et al., 2021), os efeitos de modalidades não tradicionais de HIIT nos LVs de mulheres necessitam de maior investigação.

Ainda, de maneira mais específica, utilizar os LVs como medida suplementar para avaliar os efeitos do treinamento com modalidades de HIIT não tradicionais em indivíduos não treinados, como o treinamento com *kettlebell*, pode ser uma estratégia interessante, sobretudo quando os efeitos desse tipo de treinamento na aptidão aeróbia apresentam controvérsias atribuídas ao tipo de medida empregada (ver item 3.4 desta revisão). Nesse sentido, avaliar os LVs pode colaborar com a compreensão dos efeitos do treinamento com *kettlebell* na aptidão aeróbia.

#### **2.4 Efeitos do treinamento com *kettlebell* na aptidão aeróbia**

O treinamento com *kettlebell* emergiu como uma estratégia promissora. Isso porque, o treinamento com *kettlebell* foi introduzido na América nas últimas décadas, sob a perspectiva de ser uma ferramenta acessível, de baixo custo e única para desenvolver a força muscular e aptidão aeróbia ao mesmo tempo. Diferentemente do indicado pelo ACSM na mesma época, o treinamento com *kettlebell* não necessitaria de sessões distintas para trabalhar a força e aptidão aeróbia, e isso chamou a atenção de treinadores e pesquisadores (TSATSOULINE, 2006; GARBER et al., 2011; MEIGH et al., 2019). Em outras palavras, esse tipo de treinamento cresceu em popularidade a partir da premissa de que seria necessário “treinar menos para obter resultados similares” (TSATSOULINE, 2006). Entretanto, apesar de todo *marketing*

envolvendo os possíveis benefícios do treinamento com *kettlebell*, os estudos acerca de seus efeitos adaptativos na aptidão aeróbia ainda não são conclusivos.

Atualmente, alguns estudos que avaliaram uma única sessão de exercícios com *kettlebell* indicam que a resposta de intensidade observadas pode fornecer estímulo suficiente para a melhoria da aptidão aeróbica (FARRAR, 2010; HULSEY, 2012; FORTNER et al., 2014; THOMAS et al., 2014; WILLIAMS; KRAEMER, 2015; WESLEY; KIVI, 2017). Dentre estes, Farrar et al. (2010) foram pioneiros ao publicarem os efeitos de uma sessão de treinamento com *kettlebell* na FC e  $\dot{V}O_2$ . Os autores observaram que em homens jovens saudáveis fisicamente ativos, um popular programa com *kettlebell* (i.e., *Man Maker Challenge*) com 12 minutos de *swing* contínuos foi capaz de manter os valores médios de %FC<sub>máx</sub> e % $\dot{V}O_{2máx}$  em 87 e 65, respectivamente (FARRAR et al., 2010). Similarmente, Thomas et al. (2014) observaram que um protocolo de treinamento com *kettlebell* contínuo (com *swing kettlebell* e *sumô deadlift*) produziu estresse cardiovascular similar a um protocolo de caminhada em esteira (intensidade moderada) em homens e mulheres fisicamente ativos (THOMAS et al., 2014).

Outros estudos avaliaram as respostas agudas de sessões de treinamento intermitente com *kettlebell* em homens e mulheres fisicamente ativos. Os protocolos empregados nesses estudos consistem em sessões de curta duração ( $\leq 30$  minutos), estímulos de  $<60$  segundos de exercício dinâmico envolvendo grandes grupamentos musculares e elevadas intensidades (até 90%FC<sub>máx</sub>) (HULSEY et al., 2012; FORTNER et al., 2014; WILLIAMS; KRAEMER, 2015; WESLEY; KIVI, 2017; WONG et al., 2021).

As características dos estudos supracitados permitiram que o treinamento com *kettlebell* fosse classificado como uma modalidade de treinamento intervalado de alta intensidade (i.e., HIIT com *kettlebell*) (WILLIAMS; KRAEMER, 2015). No entanto, pouco se sabe acerca das adaptações cardiorrespiratórias ao HIIT com *kettlebell*, já que os estudos ainda são escassos. Apenas dois estudos intervenção avaliaram os efeitos do treinamento HIIT com *kettlebell* na aptidão aeróbia dos participantes e os resultados são controversos (JAY et al., 2011; FALATIC et al., 2015). Jay et al. (2011) não observaram diferenças significativas no  $\dot{V}O_{2máx}$  dos participantes (homens e mulheres com prevalência de dor musculoesquelética) após 8 semanas de treinamento com *kettlebell* (3 sessões semanais). Por outro lado, Falatic et al. (2015) observaram um aumento de 6,4% no  $\dot{V}O_{2máx}$  de atletas colegiais (mulheres) após 4 semanas de treinamento com *kettlebell* (3 sessões semanais) (FALATIC et al., 2015). Por um lado, a literatura aponta que a controvérsia desses resultados pode ser atribuída a fatores relacionados ao volume (i.e., número de repetições, carga do *kettlebell* em quilogramas e duração da sessão) e intensidade de treinamento. Por outro lado, existe um apontamento contundente acerca da

possibilidade de imprecisão na medida do  $\dot{V}O_2$ máx obtida por Jay et al. (2011) por meio da estimativa do  $\dot{V}O_2$ máx no cicloergômetro (HULSEY et al., 2012; THOMAS et al., 2014; FALATIC et al., 2015). De fato, como discutido anteriormente (itens 3.2 e 3.3.), tanto medidas estimadas quanto medidas máximas aplicadas em indivíduos destreinados podem gerar vieses na interpretação dos resultados da aptidão aeróbia.

Nesse sentido, estudos acerca do HIIT com *kettlebell* devem avançar não somente em apresentar programas de exercícios detalhados com relação ao volume e intensidade (LAKE.; LAUDER, 2012; MANOCCHIA, et al., 2013), mas também em realizar uma medida apurada da aptidão aeróbia, considerando o nível de treinamento dos participantes. Portanto, além da medida direta do  $\dot{V}O_2$ máx, os LVs podem ser um importante aliado, sobretudo em mulheres jovens sedentárias.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ABORDAGEM EXPERIMENTAL DO PROBLEMA

Esta pesquisa foi realizada em parceria entre o Laboratório de Força e Condicionamento Físico (LAFEC) e o Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFEX), ambos localizados na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Este estudo de intervenção longitudinal foi desenhado para avaliar os efeitos do treinamento com *kettlebell* no  $\dot{V}O_2$ máx, no LV<sub>1</sub>, LV<sub>2</sub> e na força muscular. Para isso, as participantes foram distribuídas dois grupos: Grupo Treinamento com *Kettlebell* (KB) e Grupo Controle (GC). No período pré-treinamento (PRÉ) todas as participantes foram submetidas à avaliação das condições de saúde, do  $\dot{V}O_2$ máx, LV<sub>1</sub>, LV<sub>2</sub>, das medidas antropométricas e de força muscular. Em seguida, as participantes do KB realizaram um período de familiarização à técnica (duas semanas), seguido do treinamento com *kettlebell* com duração de 10 semanas (três sessões semanais). No meio do período meio do treinamento (MEIO), as participantes do KB foram reavaliadas quanto ao  $\dot{V}O_2$ máx, LV<sub>1</sub>, LV<sub>2</sub> (final da semana 5 de treinamento). No período pós treinamento (PÓS), o KB repetiu as mesmas avaliações empregadas no PRÉ (semana 10). As participantes do GC permaneceram sem praticar exercício físico sistematizado durante toda a intervenção e realizaram as mesmas avaliações do KB, respeitando os mesmos intervalos de tempo adotados. As avaliações PRE e PÓS consistiram em 2 visitas ao laboratório: 1) avaliação médica e TCPE até a exaustão; 2) avaliação antropométrica e teste de força muscular. As avaliações MEIO consistiram em uma única visita ao laboratório para realização do TCPE. Os

mesmos horários do dia foram respeitados para as avaliações e sessões de treinamento para cada participante, a fim de minimizar possíveis efeitos do ciclo circadiano nas medidas obtidas (AMMAR et al., 2017). Foi adotado um intervalo de 48h entre cada dia de avaliação.

### 3.2 PARTICIPANTES

Estudantes universitárias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) foram convidadas a participar do estudo através de anúncios postados em redes sociais e em murais na UFES. Os seguintes critérios de inclusão foram cumpridos: ser do sexo feminino; ter idade entre 18 e 30 anos; apresentar condições físicas adequadas aos testes e ao treinamento (mediante avaliação de um profissional médico); nunca ter praticado treinamento com *kettlebell* e estar sem praticar exercícios físicos de forma sistemática por no mínimo 3 meses; atingir adesão ao programa de exercícios  $\geq 85\%$  (apenas para o KB). Além disso, foram excluídas participantes com a aptidão aeróbia classificada como  $\geq$  “boa”, medida através do consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_2\text{máx} - \text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), de acordo com a *American Heart Association* (1972); com o índice de massa corporal ( $\text{IMC} - \text{kg/altura}^2$ )  $>29,9$ ; hipertensas, fumantes ou que utilizassem algum tipo de medicamento, suplemento ergogênico ou nutricional conhecido por afetar o metabolismo ou o desempenho no exercício; que passassem por período  $\geq 8\text{h}$  de privação de sono na noite que antecederesse as avaliações ou que participassem de outro tipo de exercício físico durante a intervenção.

Inicialmente, 87 participantes foram recrutadas para responderem o questionário de triagem. Dessas, apenas 31 foram selecionadas a participarem do estudo. Por razão das dos diferentes horários de aulas acadêmicas, as participantes foram alocadas em KB ( $n = 14$ ) e GC ( $n = 17$ ) conforme a disponibilidade individual em participar ou não do treinamento nos horários disponíveis (Figura 2). No entanto, por razões éticas, às participantes do GC foi dada a oportunidade de participação em programa de exercício resistido gratuito de 10 semanas, em horários flexíveis, ao final da pesquisa. Quatro participantes foram excluídas do KB de acordo com as seguintes razões: privação de sono  $\geq 8\text{h}$  na noite que antecedeu às avaliações pós treinamento ( $n = 1$ ); participação em outro tipo de exercício físico durante a intervenção ( $n = 1$ ); motivo pessoal não relatado ( $n = 2$ ). Ainda, oito participantes foram excluídas do GC por participação em outro tipo de exercício físico durante a intervenção ( $n = 1$ ), motivo pessoal não relatado ( $n = 4$ ) e interrupção da coleta de dados devido à pandemia do Coronavírus no Brasil ( $n = 3$ ). Deste modo, os dados de 19 participantes foram analisados (KB:  $n = 10$ ; idade =  $25,5 \pm 2,75$  anos; altura =  $163,0 \pm 5,56$  cm; GC:  $n = 9$ ; idade =  $21,00 \pm 1,50$  anos; altura =  $160,50 \pm$

5,71). Entretanto, devido à impossibilidade de identificação do  $LV_1$ , uma voluntária foi excluída do grupo KB das análises dessa variável (KB:  $n = 9$ ).

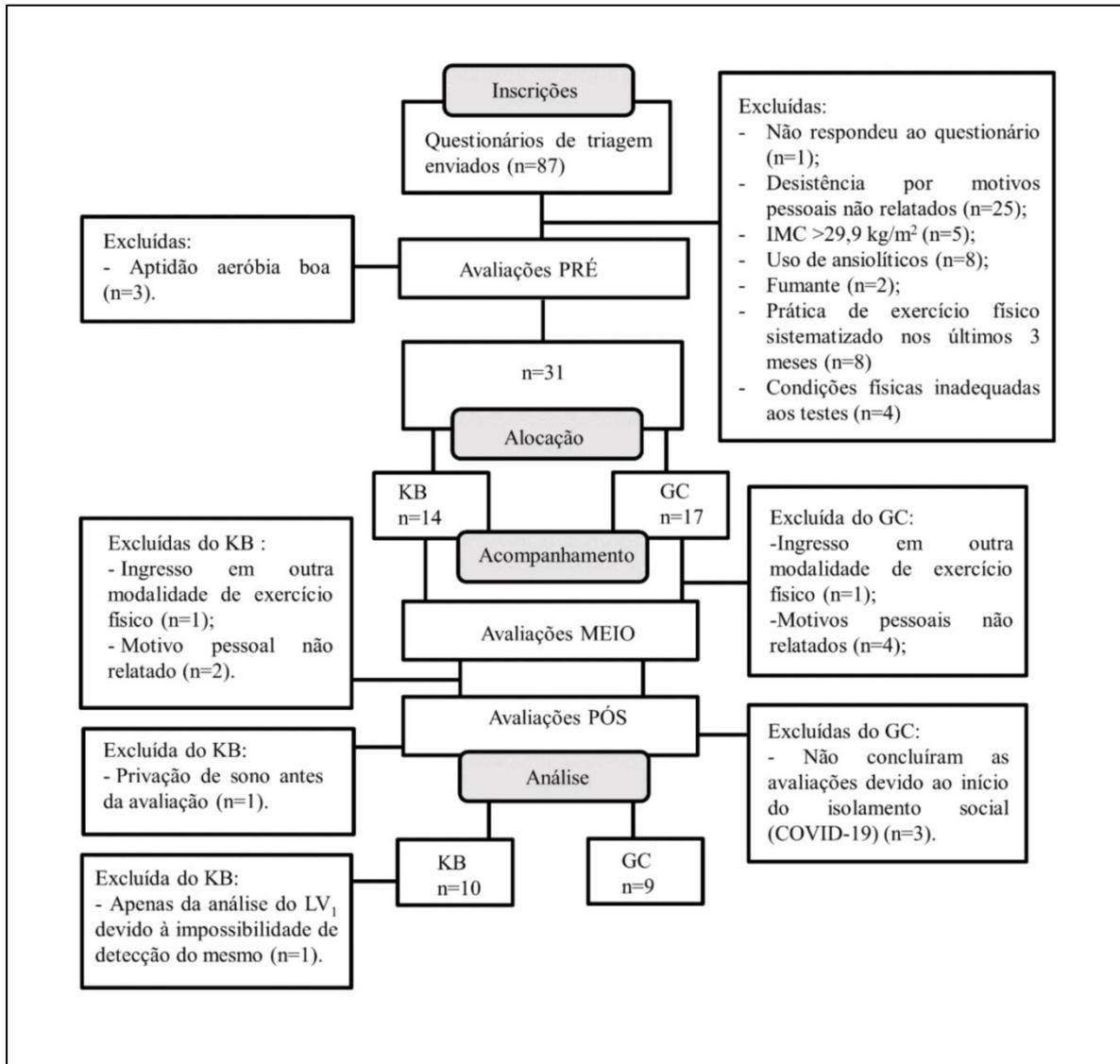


Figura 2- Fluxograma das participantes.

Durante a intervenção, as participantes foram orientadas a manter a dieta habitual até o final da intervenção e a não engajarem em qualquer tipo de exercício físico regular (> 1x por semana) não previsto neste estudo. Antes de qualquer procedimento ser realizado, as participantes receberam informações acerca dos procedimentos e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. A presente pesquisa possui a aprovação do comitê de ética da Universidade Federal do Espírito Santo (CAAE: 85684618.4.0000.5542).

### 3.3 PROCEDIMENTOS

#### 3.3.1 Teste Cardiopulmonar de Exercício (TCPE) e $\dot{V}O_2$ máx

Após avaliadas acerca das condições de saúde por um médico cardiologista, as participantes foram submetidas TCPE, para medida direta do  $\dot{V}O_2$ máx em esteira (Inbra Sport Super ATL, Porto Alegre, Brasil). Este teste possibilita determinar as variáveis respiratórias e pulmonares, fornecendo informações acerca do consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ), produção de dióxido de carbono ( $\dot{V}CO_2$ ), ventilação pulmonar ( $\dot{V}E$ ), equivalentes respiratórios de oxigênio ( $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ ) e gás carbônico ( $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ ), razão de troca respiratória ( $RER = \dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$ ). A máscara facial de silicone foi ajustada para o rosto de cada participante, permitindo a respiração pela boca e pelo nariz através do pneumotacômetro (para medida do fluxo de ar e análise dos gases expirados). O protocolo de esteira utilizado, adaptado do empregado por Schaun et al. (2018), foi constituído de um período de aquecimento de 5 minutos a  $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , seguido de um ajuste da velocidade para  $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , com aumentos progressivos da velocidade da esteira a uma taxa de  $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a cada minuto até a exaustão voluntária do participante (SCHAUN et al., 2018)(SCHAUN et al., 2018)(SCHAUN et al., 2018)(SCHAUN et al., 2018).

As variáveis ventilatórias foram mensuradas utilizando o analisador metabólico de gases *Cortex Metalyzer 3b* (Alemanha), com coleta respiração a respiração, sendo analisados pelo programa *Metasoft*<sup>TM</sup>. O teste foi acompanhado por um médico cardiologista e as participantes receberam incentivo verbal na fase final do TCPE, objetivando o alcance do esforço máximo.

A velocidade máxima da esteira rolante foi definida como a velocidade de corrida alcançada durante os últimos 30 segundos do teste. O  $\dot{V}O_2$ máx foi definido como o maior valor médio de 30 segundos do  $\dot{V}O_2$ . Pelo menos três dos seguintes critérios foram exigidos para a aceitação do teste como máximo: a) exaustão voluntária; b) atingir pelo menos 95% da frequência cardíaca máxima prevista para a idade ( $220 - \text{idade}$ ); c) obter razão de troca respiratória (RTR) igual ou acima de 1,10; e d) consumo máximo de oxigênio, observado pelo conceito de platô (BILLAT et al., 2000; HOWLEY et al., 1995).

#### 3.3.2 Limiares ventilatórios

Para identificação do  $LV_1$  e  $LV_2$  foram utilizados os dados obtidos no TCPE. O  $LV_1$  foi representado pelo ponto de quebra de  $\dot{V}CO_2$  em função de  $\dot{V}O_2$  no gráfico. Nesse ponto,

$\dot{V}E/\dot{V}O_2$  aumenta sem que ocorra um aumento de  $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ . O  $LV_2$  foi identificado entre  $LV_1$  e o  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  quando a  $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$  começa a aumentar e  $\dot{V}E/\dot{V}O_2$  continua a aumentar. Para determinar o  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}E$  no  $LV_1$  e  $LV_2$  foi utilizada a média dos últimos 20 segundos de cada nível correspondente (WASSERMAN, 1986).  $LV_1$  e  $LV_2$  foram determinados independentemente por dois investigadores experientes. No caso de discordância entre o ponto de identificação dos limiares entre dois avaliadores, um terceiro avaliador foi consultado.

### 3.3.3 Avaliação Antropométrica

Massa corporal e estatura foram avaliados por meio de balança digital e estadiômetro (MARTE, Santa Rita do Sapucaí, Brasil) e o índice de massa corporal foi calculado ( $IMC = kg/altura^2$ ). Sete dobras (subescapular, tricipital, peitoral, axilar média, suprailíaca, abdominal e femoral adipometria) foram avaliadas usando uma pinça de dobras cutâneas (CESCORF, Porto Alegre, Brazil), para análise do percentual de gordura (%G) e massa magra (%MM) por meio do protocolo de Pollock, validado para mulheres brasileiras (PETROSKI; PIRES-NETO, 1995)(PETROSKI; PIRES-NETO, 1995). Todas as medidas foram executadas pelo mesmo avaliador experiente.

### 3.3.4. Teste de Força Muscular (1 RM)

As participantes foram submetidas ao teste de uma repetição máxima (1RM) no *Leg Press* (45°) (FLEX FITNESS EQUIPAMENT, modelo Capri, São Paulo, Brasil) para mensurar a força muscular máxima. As participantes receberam instruções padronizadas acerca da técnica do exercício e realizaram aquecimento com 10 repetições, com intensidade equivalente a 50% da máxima capacidade percebida. O teste foi iniciado com intensidade equivalente a 70% da máxima capacidade percebida e a carga foi aumentada em 2,5 a 20,0 kg por tentativa, até que a participante não conseguisse completar a repetição máxima. Foram permitidas 4 tentativas, com períodos de descanso de 3 minutos. O último peso levantado com sucesso foi considerado como 1-RM (RIEBE et al., 2018).

### 3.3.5 Protocolo de treinamento com kettlebell

O treinamento adotado foi adaptado de um protocolo de 12 semanas de treinamento com *kettlebell*, previamente descrito na literatura (RUFO-TAVARES et al., 2020; ZIMERER et al., 2021). A diferença entre o protocolo deste estudo e do descrito previamente é que, no presente estudo, a fase adaptativa I foi tratada como um período de familiarização à técnica dos exercícios com *kettlebell*, devido sua natureza educativa e não intermitente (i.e., sem estímulos “*all out*”).

Durante o treinamento, as participantes foram instruídas por dois treinadores experientes e receberam encorajamento verbal para realizarem o máximo de repetições possíveis (“*all out*”) em cada série. As participantes realizaram todas as sessões de treinamento descalças, conforme sugerido por Tsatsouline (2006). Apenas três ausências consecutivas foram toleradas (uma semana de treinamento), com a reposição das sessões realizada imediatamente após o retorno da participante à rotina de treinamento. A adesão mínima às sessões de treinamento (85%) foi determinada com base em um estudo prévio sobre os efeitos do treinamento com *kettlebell* na redução e prevenção da ansiedade e depressão de mulheres jovens (RUFO-TAVARES et al., 2020). A aderência ao treinamento foi calculada da seguinte forma: (número de sessões realizadas/número total das sessões) × 100 (ORANGE et al., 2019).

#### 3.3.5.1 Familiarização

As participantes realizaram o período de familiarização (2 semanas) com o objetivo de assimilar a técnica. Os exercícios foram executados na seguinte ordem: (I) flexão e extensão de tronco, (II) *deadlift*, (III) primeira parte do swing *kettlebell*, (IV) *swing kettlebell* com a toalha, (V) *swing kettlebell*, (VI) agachamento livre de frente para a parede (VII) agachamento com *kettlebell* de frente para a parede (Figura 3).

Durante a familiarização, foi realizada uma série com 15 repetições para cada exercício, com 90 segundos de intervalo de descanso entre cada exercício. Além disso, neste período, todas as participantes foram familiarizadas com a escala para avaliação da percepção subjetiva de esforço (Borg CR-10) (BORG, 1982).

#### 3.3.5.2 Sessão de treinamento com *kettlebell*

##### *Aquecimento*

Todas as sessões foram iniciadas com exercícios de alongamento dinâmicos focando nos principais grupos musculares envolvidos nos principais exercícios da sessão (duração de 5 minutos), com 15 repetições para cada lado, na seguinte ordem: avanço com deslocamento, elevação do quadril com apoio unipodal, flexão lateral de tronco, rotação de tronco; extensão e flexão de tronco. Após a execução desses exercícios, o movimento *Farmer's Walk* com dois *kettlebells* foi realizado, com 8 e 12kg em cada mão por 20 segundos. Depois, os *kettlebells* foram trocados de mãos e as voluntárias caminharam por mais 20 segundos. Não foram realizados intervalos de descanso entre os exercícios de aquecimento.

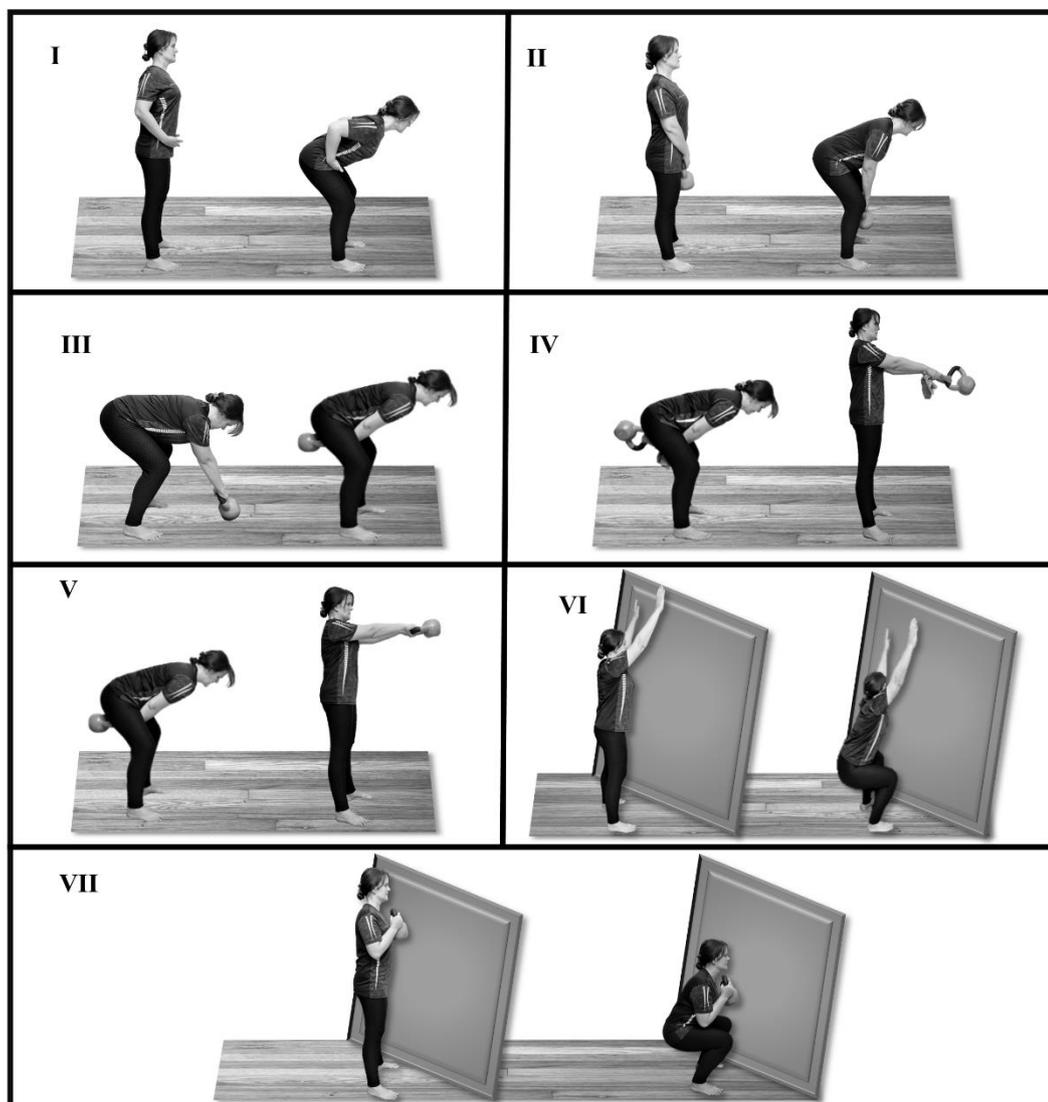


Figura 3 – Exercícios de familiarização à técnica. (I) flexão e extensão de tronco; (II) *deadlift*; (III) primeira parte do *swing kettlebell*; (IV) *swing kettlebell* com a toalha; (V) *swing kettlebell*; (VI) agachamento livre de frente para a parede; (VII) agachamento com *kettlebell* de frente para a parede.

## *Parte Principal*

### *Fase I (duas semanas)*

Durante a fase I, as participantes realizaram uma sequência de cinco séries de swing *kettlebell* (proporção de estímulo:descanso de 30:30 segundos). Em seguida, três séries de agachamento com *kettlebell* foram realizadas com a mesma proporção de estímulo:descanso. O intervalo adotado entre as sequências foi de dois minutos. Os exercícios *swing kettlebell* e agachamento foram realizados de acordo com o estilo *hard style* (estilo russo) conforme proposto por Pavel Tsatsouline (2006).

A partir dessa fase, as participantes foram instruídas a realizarem o maior número de repetições por 30 segundos e a colocarem o *kettlebell* no chão durante o intervalo de descanso. Na primeira sessão de treinamento, a carga do *kettlebell* foi de 8kg, conforme Pavel Tsatsouline propõe para mulheres iniciantes (TSATSOULINE, 2006). A partir de então, um critério individualizado para progressão da carga do *kettlebell* foi adotado. A duração da fase I foi de 19 minutos.

### *Fase II (quatro semanas)*

Durante a fase II, as participantes realizaram três sequências de cinco séries de swing e agachamento (série 1: *swing*; série 2: agachamento; série 3: *swing*; série 4: agachamento; série 5: *swing*) com 30:30 segundos de proporção de estímulo:descanso. Foi adotado um intervalo de 2 minutos entre as sequências. As sessões da fase II duraram 27,5 minutos.

### *Fase III (quatro semanas)*

Durante a fase III, as participantes realizaram três sequências de cinco séries de swing e agachamento (série 1: *swing*; série 2: agachamento; série 3: *swing*; série 4: agachamento; série 5: *swing*) com a proporção de 30:30 segundos de estímulo:descanso. O intervalo adotado entre as sequências foi de um minuto. As sessões da fase III duraram 25,5 minutos.

### *Desaquecimento*

Durante o desaquecimento, foram realizados exercícios de alongamento ativo, na seguinte ordem: flexão de tronco sentado, flexão de tronco sentado com joelho (90 graus), flexão de quadril deitado, rotação de quadril deitado. Foram utilizados adotados 30 segundos

de execução para cada movimento, de cada lado. Ao final, as participantes permaneceram deitadas (posição supina) até que o tempo total de desaquecimento fosse de 5 minutos.

### 3.3.5.3 Progressão da Carga do Kettlebell (kg)

Os seguintes critérios foram considerados para promover a progressão da carga do *kettlebell* (kg): I) percepção subjetiva de esforço (PSE)  $\leq 5$  na escala 0–10 de Borg (Borg, 1982); II) número de repetições  $\geq 23$  a cada estímulo de 30 segundos (Fusi et al., 2017); III) execução adequada da técnica dos exercícios (TSATSOULINE, 2006). Quando todos esses critérios foram atendidos, a carga do *kettlebell* foi aumentada em 4 kg ao longo do período experimental (JAY et al., 2011). Na Escala de Borg, o valor “5” foi escolhido como limite para aumento da carga do *kettlebell* para que a intensidade fosse elevada durante o treinamento. As medidas da PSE foram tomadas 5 minutos após o término de cada sessão. O número de repetições ( $\geq 23$  por série em 30 segundos) foi determinado com base em um estudo anterior, que indicou que a execução do *swing kettlebell* em ritmo similar provocou valores percentuais equivalentes a 75 e 93% do  $\dot{V}O_2$ máx e frequência cardíaca máxima (FCmáx), respectivamente (FUSI et al., 2017). Com o intuito de evitar que as participantes pudessem manipular variáveis relacionadas à progressão da carga do *kettlebell* (e.g., a PSE ou número de repetições), os critérios adotados para o aumento da carga (kg) não foram revelados às participantes.

### 3.3.6 Caracterização da intensidade

Para a caracterização da intensidade das sessões do treinamento, foram tomadas medidas de FC e lactato sanguíneo na penúltima sessão de cada fase do treinamento.

A FC de cada participante foi registrada por meio de um monitor de FC (POLAR® T31-CODED, Finlândia) e valores médios foram estabelecidos para os seguintes momentos: medida basal (após repouso de 5 minutos); final do intervalo 1; final do intervalo 2 (exceto para a fase I); imediatamente após o final da sessão.

Medidas do lactato sanguíneo foram realizadas após um período de repouso (5 minutos), ao final dos intervalos entre as séries e em 3 e 5 minutos após o final da sessão. Foram coletados 25 microlitros ( $\mu$ l) de sangue arterializado do lóbulo da orelha, sem hiperemia. O sangue foi imediatamente transferido para microtúbulos de polietileno com tampa, de 1,5ml, contendo 50 microlitros ( $\mu$ l) de fluoreto de sódio (1%), e acondicionado sob refrigeração para análise em conjunto. Para análise, foi utilizado o equipamento de dosagem de lactato YSI 2300 STAT *plus* (Ohio, USA).

## 4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis foram testadas para normalidade e homogeneidade de variâncias com os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente, e apresentadas como média  $\pm$  desvio padrão. Os efeitos do treinamento foram analisados utilizando uma Anova de duas vias com medidas repetidas. Para comparações das variáveis antropométricas e de força máxima, as medidas PRÉ e PÓS foram consideradas (2 grupos  $\times$  2 momentos). Entretanto, para as variáveis relacionadas ao esforço máximo e submáximo, as medidas PRÉ, MEIO e PÓS foram empregadas (2 grupos  $\times$  3 momentos). No caso de interações significativas, estatísticas F foram aplicadas para testar principais fatores e o teste de *post hoc* de Sidak foi empregado. As medidas relacionadas à carga externa e intensidade do treinamento foram comparadas por meio de Anova de uma via para medidas repetidas. A significância estatística foi definida a priori como  $P \leq 0,05$ , e os testes foram realizados no software SPSS v. 20.0. Adicionalmente, o *partial eta squared* ( $\eta^2 p$ ) foi adotado como estimativa de tamanho de efeito (TE). Os limites de TE adotados foram pequeno (0,01), moderado (0,06) e grande (0,14) (LAKENS, 2013).

Além disso, o cálculo de poder estatístico a priori foi realizado para determinar o tamanho da amostra, considerando a interação tempo  $\times$  grupo em três medidas (PRÉ, MEIO e PÓS). O tamanho amostral de 14 participantes (7 para cada grupo) foi determinado para obtenção de um tamanho de efeito médio (0,5) com valor de  $\alpha \leq 0,05$  e poder estatístico de 0,98. O *software* utilizado para o cálculo amostral foi o *G\*Power* versão 3.1.9.7.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 CARACTERÍSTICAS DAS PARTICIPANTES

A adesão geral ao treinamento foi de 97,8%. A comparação das características das participantes nos momentos PRE e PÓS são apresentadas na Tabela 1. Não houve interação tempo  $\times$  grupo para as variáveis antropométricas ( $p > 0,05$ ). Entretanto, foi observada uma interação tempo  $\times$  grupo significativa para força muscular ( $p < 0,05$ ; TE grande). O teste de *post hoc* indicou que a intervenção resultou no aumento significativo da força muscular (Tabela 1), com delta percentual ( $\Delta\%$ ) equivalente a 26% para o KB ( $p < 0,001$ ), sem alterações significativas para o CG ( $p = 0,117$ ,  $\Delta\% = 6,0$ ).

Tabela 2. Comparações inter e intra grupos das variáveis descritivas e teste de IRM nos momentos pré e pós-treino.

	PRÉ	PÓS	Interação Tempo x Grupo			Tempo			Grupo		
			F [df]	p-valor	$\eta^2 p$	F [df]	p-valor	$\eta^2 p$	F [df]	p-valor	$\eta^2 p$
<b>Massa corporal (kg)</b>											
GC	62,67 ± 8,88	62,20 ± 8,76	1,448 [1-17]	0,245	0,08	0,061 [1-17]	0,809	0,00	0,075 [1-17]	0,788	0,00
KB	62,95 ± 5,01	63,67 ± 4,80									
<b>Gordura (%)</b>											
GC	25,33 ± 6,18	26,16 ± 5,96	2,615 [1-17]	0,124	0,13	0,001 [1-17]	0,970	0,00	0,162 [1-17]	0,693	0,01
KB	27,23 ± 6,05	26,36 ± 4,97									
<b>Massa magra (kg)</b>											
GC	46,49 ± 5,13	46,00 ± 5,13	1,829 [1-17]	0,194	0,10	1,192 [1-17]	0,290	0,07	0,589 [1-17]	0,453	0,03
KB	42,15 ± 10,36	46,73 ± 2,62									
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>											
GC	24,30 ± 2,65	24,24 ± 2,65	0,930 [1-17]	0,348	0,05	0,376 [1-17]	0,548	0,02	0,048 [1-17]	0,829	0,00
KB	23,85 ± 3,23	24,10 ± 3,10									
<b>Leg press (kg)</b>											
GC	131,76 ± 24,04	139,60 ± 25,96	15,431 [1-17]	0,001	0,45	40,121 [1-17]	0,000	0,70	0,760 [1-17]	0,395	0,04
KB	128,85 ± 24,28	162,53 ± 29,14*									

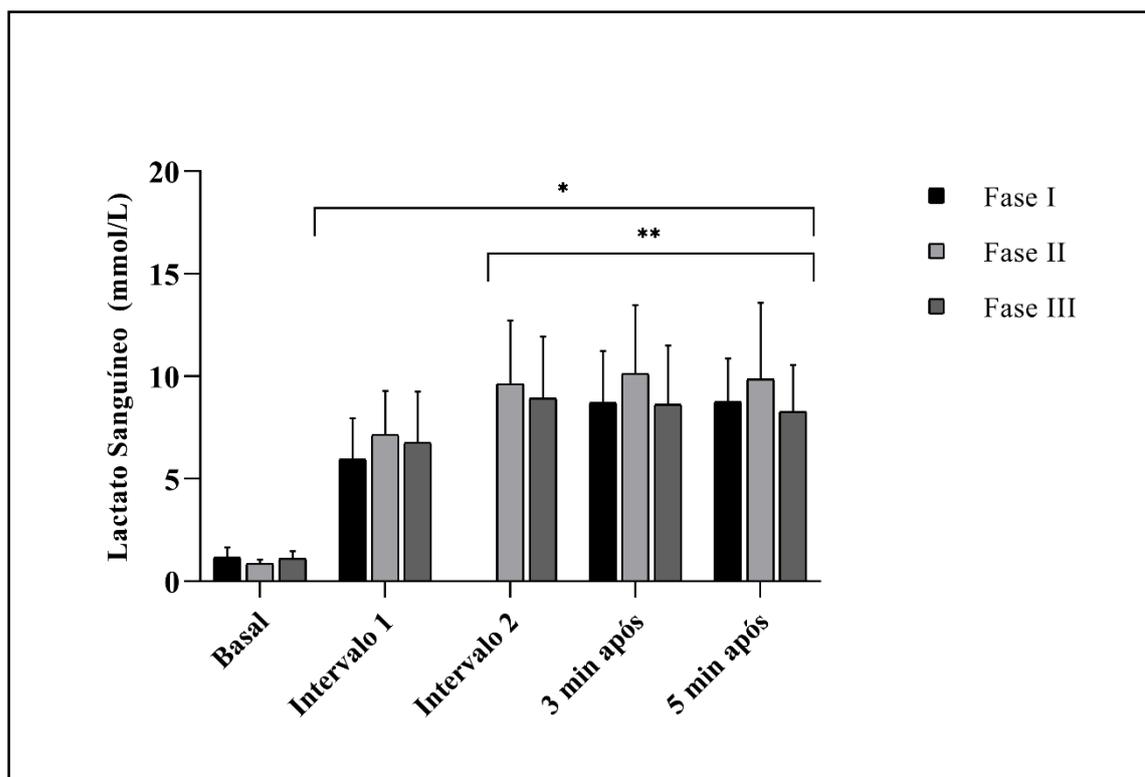
Valores médios ± DP. KB: Treinamento com *kettlebell*; GC: Grupo Controle; IMC: Índice de massa corporal; PRÉ: Pré-treino; PÓS: pós-treino; F: estatística F;  $\eta^2 p$ : *partial eta squared*; \* Diferença significativa entre grupos no momento pós ( $p < 0,05$ ).

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO DA INTENSIDADE E DA CARGA DE TREINAMENTO

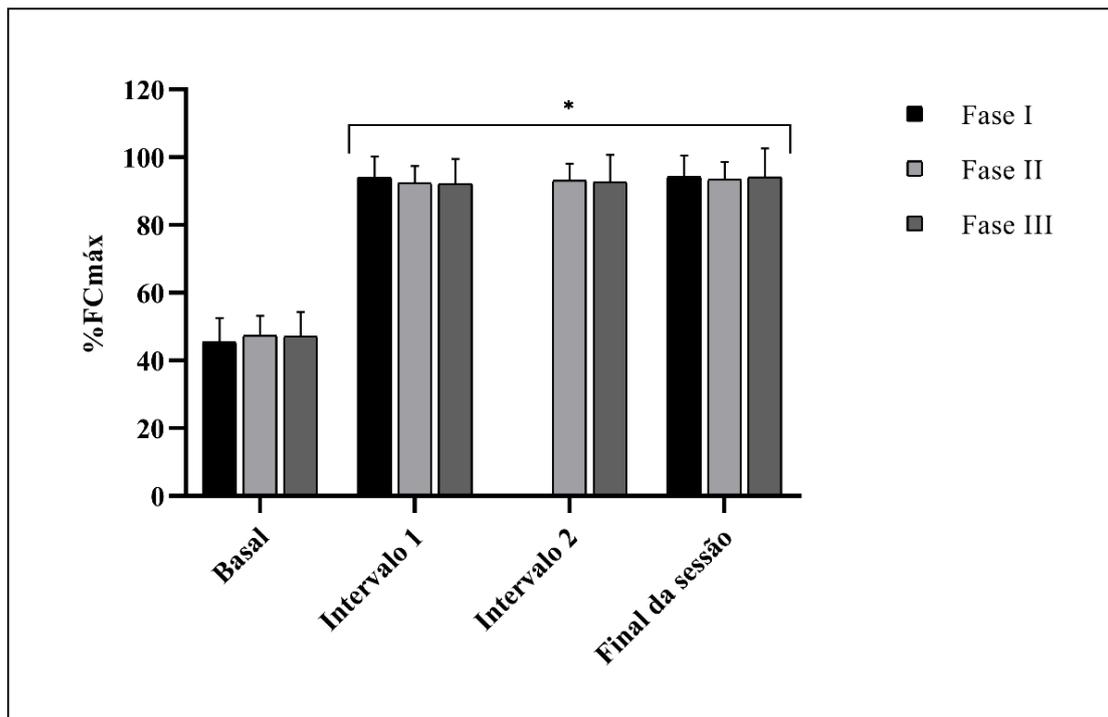
Na Figura 4 é apresentada a comparação das medidas do lactato sanguíneo em cada fase de treinamento. Na fase I, a Anova de uma via de medidas repetidas detectou diferença significativa para o lactato sanguíneo nos diferentes momentos da sessão ( $F_{(1,7 \ 15,4)} = 82,63$ ;  $p < 0,001$ ;  $TE = 0,90$ ). O teste de *post hoc* indicou aumento progressivo do lactato ao longo da sessão, visto que houve diferença significativa nas comparações entre as medidas basal vs. intervalo 1 ( $p < 0,001$ ), intervalo 1 vs. recuperação de 3 minutos ( $p = 0,001$ ) e intervalo 1 vs. recuperação de 5 minutos ( $p = 0,002$ ). Não houve diferença significativa para o lactato na comparação entre as medidas de recuperação de 3 minutos e recuperação de 5 minutos ( $p = 1,000$ ). Similarmente, na fase II, houve diferença significativa para as medidas de lactato sanguíneo da sessão ( $F_{(1,5 \ 13,5)} = 52,22$ ;  $p < 0,001$ ;  $TE = 0,864$ ), sendo observado o aumento do lactato ao longo da sessão. Os valores médios de lactato na medida basal foram estatisticamente inferiores aos observados no intervalo 1 ( $p < 0,001$ ). Ainda, os valores de lactato basal e no intervalo 1 foram estatisticamente inferiores aos observados no intervalo 2 ( $p < 0,001$ ;  $p = 0,003$ ), na recuperação de 3 minutos ( $p < 0,001$ ;  $p = 0,017$ ) e de 5 minutos ( $p < 0,001$ ;  $p = 0,023$ ). Não foram observadas diferenças significativas quando feita a comparação intervalo 2 vs. recuperação de 3 minutos ( $p = 0,984$ ), intervalo 2 vs. recuperação de 5 minutos ( $p = 0,999$ ) e recuperação de 3 minutos vs. recuperação de 5 minutos ( $p = 0,999$ ). Similarmente, durante a fase III, houve diferença significativa para as medidas de lactato sanguíneo durante a sessão ( $F_{(1,9 \ 17,0)} = 55,26$ ;  $p < 0,001$ ;  $TE = 0,86$ ). O teste de *post hoc* indicou que também houve aumento do lactato ao longo da sessão na Fase III. Os valores médios de lactato na medida basal foram estatisticamente inferiores aos observados no intervalo 1 ( $p < 0,001$ ). Ainda, os valores de lactato obtidos na medida basal e intervalo 1 foram estatisticamente inferiores quando comparados aos valores observados no intervalo 2 ( $p < 0,001$ ;  $p = 0,029$ ), na recuperação de 3 minutos ( $p < 0,001$ ;  $p = 0,075$ ) e de 5 minutos ( $p < 0,001$ ;  $p = 0,200$ ). Não foram observadas diferenças significativas quando feita a comparação intervalo 2 vs. recuperação de 3 minutos ( $p = 0,983$ ), intervalo 2 vs. recuperação de 5 minutos ( $p = 0,853$ ) e recuperação de 3 minutos vs. recuperação de 5 minutos ( $p = 0,927$ ).

Os dados relativos ao %FC<sub>máx</sub> são apresentados na Figura 5. Com relação ao %FC<sub>máx</sub>, houve diferença significativa para os valores observados na sessão da fase I ( $F_{(1,2 \ 10,2)} = 664,12$ ;  $p < 0,001$ ;  $TE = 0,99$ ). Análises de *post hoc* indicaram que os valores médios do %FC<sub>máx</sub> foram superiores aos basais no intervalo 1 ( $p < 0,001$ ) e no final da sessão ( $p < 0,001$ ). Não houve diferença significativa para o %FC<sub>máx</sub> ( $p = 0,992$ ) quando feita a comparação entre o

intervalo 1 e o final da sessão. Do mesmo modo, na fase II, houve diferença significativa entre as medidas ( $F_{(1,3 \ 11,6)} = 458,30$ ;  $p = <0,001$ ;  $TE = 0,98$ ). Os valores das medidas do  $\%FC_{\text{máx}}$  foram superiores aos basais no intervalo 1 ( $p < 0,001$ ;  $p$ ), no intervalo 2 ( $p < 0,001$ ) e no final da sessão ( $p < 0,001$ ). Não houve diferença significativa para o  $\%FC_{\text{máx}}$  quando feita a comparação intervalo 1 vs. intervalo 2 ( $p = 0,832$ ) e intervalo 2 vs. final da sessão ( $p = 0,992$ ). Similarmente, os valores do  $\%FC_{\text{máx}}$  apresentaram diferença significativa entre as medidas na Fase III ( $F_{(1,8 \ 13,9)} = 392,84$ ;  $p < 0,001$ ;  $TE = 0,98$ ). De acordo com o teste de *post hoc*, os valores das medidas do  $\%FC_{\text{máx}}$  (Figura 5) foram superiores aos basais no intervalo 1 ( $p < 0,001$ ), no intervalo 2 ( $p < 0,001$ ) e no final da sessão ( $p < 0,001$ ). Não houve diferença significativa para o  $\%FC_{\text{máx}}$  quando feita a comparação intervalo 1 vs. intervalo 2 ( $p = 0,993$ ) e intervalo 2 vs. final da sessão ( $p = 0,816$ ).



**Figura 4-** Lactato sanguíneo durante uma sessão de cada fase do treinamento. Valores médios  $\pm$  DP. \* Diferença significativa com relação à medida basal; \*\* Diferença significativa com relação ao intervalo 1 ( $p < 0,05$ ).



**Figura 5-** Percentual da frequência cardíaca máxima durante uma sessão de cada fase do treinamento. Valores médios  $\pm$  DP. \* Diferença significativa com relação à medida basal ( $p < 0,05$ ).

Na Tabela 2 são apresentados os dados de caracterização da carga externa de treinamento. A Anova de uma via de medidas repetidas detectou diferença significativa para os valores médios de repetições nas 10 semanas de treinamento ( $F_{(3,2\ 28,7)} = 54,25$ ;  $p < 0,001$ ;  $TE = 0,86$ ).

Tabela 2 - Distribuição da carga de treinamento ao longo das semanas ( $n = 10$ ).

	REP	KB (Kg)	PSE
<b>Semana 1</b>	405,70 $\pm$ 50,79	8,00 $\pm$ 0,00	3,73 $\pm$ 0,78
<b>Semana 2</b>	451,80 $\pm$ 22,66	8,40 $\pm$ 1,26	3,53 $\pm$ 0,74
<b>Semana 3</b>	818,00 $\pm$ 42,06 <sup>ab</sup>	10,80 $\pm$ 1,93	4,92 $\pm$ 1,31
<b>Semana 4</b>	784,90 $\pm$ 142,21 <sup>ab</sup>	11,20 $\pm$ 1,69 <sup>a</sup>	4,52 $\pm$ 1,15
<b>Semana 5</b>	852,20 $\pm$ 23,29 <sup>ab</sup>	12,80 $\pm$ 2,53 <sup>ab</sup>	4,80 $\pm$ 1,25
<b>Semana 6</b>	818,90 $\pm$ 89,03 <sup>ab</sup>	15,20 $\pm$ 2,53 <sup>abcd</sup>	5,90 $\pm$ 0,96 <sup>ab</sup>
<b>Semana 7</b>	709,80 $\pm$ 129,19 <sup>ab</sup>	16,40 $\pm$ 2,27 <sup>abce</sup>	5,97 $\pm$ 1,21 <sup>ab</sup>
<b>Semana 8</b>	808,80 $\pm$ 37,69 <sup>ab</sup>	16,80 $\pm$ 2,53 <sup>abcde</sup>	5,50 $\pm$ 1,22 <sup>b</sup>
<b>Semana 9</b>	804,80 $\pm$ 48,70 <sup>ab</sup>	17,60 $\pm$ 3,37 <sup>abcde</sup>	5,50 $\pm$ 1,85
<b>Semana 10</b>	799,40 $\pm$ 52,40 <sup>ab</sup>	18,40 $\pm$ 3,37 <sup>abcde</sup>	5,57 $\pm$ 2,02

Dados expressos por meio de média  $\pm$  desvio padrão. REP: números de repetições semanais; KB: *carga do kettlebell*; PSE: percepção subjetiva de esforço; <sup>a</sup> Diferença significativa com relação a semana 1 ( $p < 0,05$ ); <sup>b</sup> Diferença significativa com relação a semana 2 ( $p < 0,05$ ); <sup>c</sup> Diferença significativa com relação a semana 3 ( $p < 0,05$ ); <sup>d</sup> Diferença significativa com relação a semana 4 ( $p < 0,05$ ); <sup>e</sup> Diferença significativa com relação a semana 5 ( $p < 0,05$ ).

A análise de *post hoc* indicou que as semanas 1 e 2 apresentaram valores médios inferiores de repetições quando comparados às semanas 3 ( $p < 0,001$ ), 4 ( $p = 0,001$ ;  $p = 0,002$ ), 5 ( $p < 0,001$ ), 6 ( $p < 0,001$ ), 7 ( $p = 0,003$ ;  $p = 0,007$ ), 8 ( $p < 0,001$ ), 9 ( $p < 0,001$ ) e 10 ( $p < 0,001$ ). Não houve diferença significativa para as comparações semana 1 vs. semana 2 ( $p = 0,388$ ), semana 3 vs. semana 4 ( $p = 1,000$ ), semana 4 vs. semana 5 ( $p = 0,999$ ), semana 5 vs. semana 6 ( $p = 1,000$ ), semana 6 vs. semana 7 ( $p = 0,830$ ), semana 7 vs. semana 8 ( $p = 0,904$ ), semana 8 vs. semana 9 ( $p = 1,000$ ) e semana 9 vs. semana 10 ( $p = 1,000$ ). Com relação à carga do *kettlebell* (kg), a Anova de uma via para medidas repetidas detectou diferença significativa entre os valores médios semanais ( $F_{(3,3\ 30,0)} = 59,02$ ;  $p < 0,001$ ; TE = 0,87). De acordo com a análise de *post hoc*, não houve diferença significativa para essa variável quando feita a comparação semana 1 vs. semana 2 ( $p = 1,000$ ). Entretanto, o teste de *post hoc* indicou aumento significativo da carga do *kettlebell* (kg) quando comparadas as semanas 1 vs. semana 4 ( $p = 0,009$ ), 5 ( $p = 0,009$ ), 6 ( $p < 0,001$ ), 7 ( $p < 0,001$ ), 8 ( $p < 0,001$ ), 9 ( $p < 0,001$ ) e 10 ( $p < 0,001$ ), as semanas 2 vs. semanas 5 ( $p = 0,008$ ), 6 ( $p = 0,001$ ), 7 ( $p < 0,001$ ), 8 ( $p < 0,001$ ), 9 ( $p < 0,001$ ) e 10 ( $p < 0,001$ ), as semanas 3 vs. semanas 6 ( $p = 0,008$ ), 7 ( $p = 0,001$ ), 8 ( $p < 0,001$ ), 9 ( $p = 0,005$ ) e 10 ( $p = 0,001$ ), as semanas 4 vs. semanas 6 ( $p = 0,004$ ), 7 ( $p = 0,001$ ), 8 ( $p = 0,001$ ), 9 ( $p = 0,002$ ) e 10 ( $p < 0,001$ ) e as semanas 5 vs. semanas 7 ( $p < 0,001$ ), 8 ( $p < 0,001$ ), 9 ( $p < 0,001$ ) e 10 ( $p = 0,001$ ).

Para a PSE, a anova de duas vias de medidas repetidas detectou diferença significativa nos valores médios ao longo das semanas ( $F_{(2,7\ 23,9)} = 6,88$ ;  $p = 0,002$ ; TE = 0,43). A análise de *post hoc* demonstrou que os valores da PSE foram estatisticamente superiores apenas quando comparadas a semana 1 vs. semanas 6 ( $p = 0,002$ ) e 7 ( $p = 0,035$ ) e a semana 2 vs. 6 ( $p = 0,003$ ), 7 ( $p = 0,016$ ) e 8 ( $p = 0,022$ ). Não foram observadas diferenças significativas para as comparações da PSE entre as demais semanas ( $p > 0,05$ ).

### 5.3 DESEMPENHO MÁXIMO

Na Tabela 3 são apresentadas as comparações das variáveis relacionadas ao desempenho máximo das participantes ao longo da intervenção. Não foi detectada uma interação tempo x grupo significativa para a velocidade associada ao  $\dot{V}O_2\text{máx}$  ( $v\dot{V}O_2\text{máx}$ ) e para a  $FC\text{máx}$  ( $p > 0,05$ ). Entretanto, uma magnitude de efeito grande foi observada para a comparação da  $v\dot{V}O_2\text{máx}$ . O teste de *post hoc* demonstrou que a  $v\dot{V}O_2\text{máx}$  atingida pelo KB foi superior ao GC no momento PÓS ( $p = 0,009$ ). O aumento significativo na  $v\dot{V}O_2\text{máx}$  do KB ocorreu entre o início e final da intervenção (PRE vs. MEIO:  $p = 0,731$ ;  $\Delta\% = 5,66$ ; MEIO vs. PÓS:  $p =$

0,559;  $\Delta\% = 7,14$ ; PRE vs. PÓS:  $p < 0,001$ ;  $\Delta\% = 13,21$ ), enquanto não foram observadas diferenças significativas para o GC ( $p > 0,05$ ). Houve uma interação tempo x grupo significativa para o  $\dot{V}O_2\text{máx}$  ( $p < 0,05$ ; TE grande). O Teste de *post hoc* indicou que, ao final da intervenção, o KB apresentou valores maiores de  $\dot{V}O_2\text{máx}$  quando comparado ao GC ( $p = 0,017$ ). Contudo, o aumento percentual do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  observado para o KB ao longo da intervenção não foi significativo (PRE vs. MEIO:  $p = 0,172$ ,  $\Delta\% = 6,74$ ; MEIO vs. PÓS:  $p = 0,764$ ,  $\Delta\% = 1,34$ ; PRÉ vs. PÓS:  $p = 0,100$ ,  $\Delta\% = 8,17$ ). Diferentemente, o GC apresentou redução significativa do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  entre os momentos MEIO e PÓS ( $p = 0,035$ ,  $\Delta\% = -4,70$ ), sem redução significativa nas demais comparações entre momentos (PRÉ vs. MEIO:  $p = 0,693$ ,  $\Delta\% = -3,44$ ; PRÉ vs. PÓS:  $p = 0,116$ ,  $\Delta\% = -7,99$ ).

#### 5.4 LIMIAR VENTILATÓRIO 1

Após a intervenção, apenas o KB apresentou melhorias no desempenho no  $LV_1$  (Tabela 4). Houve uma interação tempo x grupo significativa para todas as variáveis analisadas no  $LV_1$  ( $p < 0,05$ ; TE grande). O teste de *post hoc* indicou que o KB apresentou valores superiores para velocidade associada ao  $LV_1$  ( $vVT_1$ ) quando comparado ao GC no momento PÓS ( $p = 0,033$ ). O aumento significativo da  $vVT_1$  no KB foi observado entre o início e final da intervenção (PRE vs. MEIO:  $p = 0,167$ ,  $\Delta\% = 14,29$ ; MEIO vs. PÓS:  $p = 0,393$ ,  $\Delta\% = 8,93$ ; PRÉ vs. PÓS:  $p = 0,002$ ,  $\Delta\% = 24,49$ ). Não foram observadas alterações significativas da  $vVT_1$  do GC ao longo da intervenção ( $p > 0,05$ ). Ainda, foi observado o aumento significativo do %FCmáx atingido no  $LV_1$  para o KB entre o início e final da intervenção (PRE vs. MEIO:  $p = 0,200$ ,  $\Delta\% = 9,08$ ; MEIO vs. PÓS:  $p = 0,684$ ,  $\Delta\% = 4,58$ ; PRÉ vs. PÓS:  $p = 0,021$ ,  $\Delta\% = 14,08$ ). Diferentemente, o GC apresentou redução significativa do %FCmáx no  $LV_1$  entre a metade e o final da intervenção, mas não houve diferença significativa entre os momentos PRÉ e PÓS (PRE vs. MEIO:  $p = 0,053$ ,  $\Delta\% = 11,45$ ; MEIO vs. PÓS:  $p = 0,046$ ,  $\Delta\% = -11,51$ ; PRÉ vs. PÓS:  $p = 0,987$ ,  $\Delta\% = -1,38$ ). O KB apresentou maior  $\dot{V}O_2$  no  $LV_1$  do que o GC no final da intervenção ( $p = 0,021$ ). Houve um aumento significativo do  $\dot{V}O_2$  no  $LV_1$  do KB entre o início e final da intervenção (PRE vs. MEIO:  $p = 0,892$ ,  $\Delta\% = 5,11$ ; MEIO vs. PÓS:  $p = 0,180$ ,  $\Delta\% = 27,43$ ; PRÉ vs. PÓS:  $p = 0,047$ ,  $\Delta\% = 33,94$ ). Não foram observadas diferenças significativas no  $\dot{V}O_2$  no  $LV_1$  para o GC ao longo da intervenção ( $p > 0,05$ ).

Tabela 3. Comparações inter e intra grupos das variáveis relacionadas ao desempenho máximo obtidas no teste cardiopulmonar nos momentos pré, meio e pós-treinamento.

	PRÉ	MEIO	PÓS	Interação Tempo x Grupo			Tempo			Grupo			
				F [df]	p-valor	$\eta^2 p$	F [df]	p-valor	$\eta^2 p$	F [df]	p-valor	$\eta^2 p$	
<b><math>v\dot{V}O_2</math> máx (<math>\text{km}\cdot\text{h}^{-1}</math>)</b>													
GC	10,67 ± 0,87	9,66 ± 3,07	10,22 ± 0,97	3,18			1,55			3,48			
KB	10,60 ± 1,17	11,20 ± 1,03	12,00 ± 1,56 * a	[1,27-21,6]	0,080	0,16	[1,2-21,6]	0,232	0,08	[1-17]	0,080	0,17	
<b>FC máx (minutos)</b>													
GC	199 ± 4	198 ± 5	193 ± 7	1,36			1,39			4,35			
KB	193 ± 8	191 ± 7	192 ± 8	[2-34]	0,270	0,07	[2-34]	0,263	0,08	[1-17]	0,053	0,20	
<b><math>\dot{V}O_2</math> máx (<math>\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}</math>)</b>													
GC	32,50 ± 3,18	31,38 ± 3,40	29,91 ± 2,58 <sup>b</sup>	7,46			0,37			1,10			
KB	31,22 ± 4,54	33,32 ± 3,48	33,76 ± 3,61 *	[1-31]	0,008	0,31	[1,3-22,4]	0,605	0,02	[1-17]	0,307	0,06	

Valores médios ± DP. KB: Treinamento com *kettlebell*; GC: Grupo Controle;  $v\dot{V}O_2$  máx: velocidade no  $\dot{V}O_2$  máx ; FC máx: frequência cardíaca máxima;  $\dot{V}O_2$  máx: consumo máximo de oxigênio; PRÉ: Pré-treinamento; PÓS: pós-treinamento; F: estatística F;  $\eta^2 p$ : *partial eta squared*; \* Diferença significativa entre grupos no PÓS. <sup>a</sup> Diferença significativa com relação ao PRÉ. <sup>b</sup> Diferença significativa com relação ao MEIO.

Tabela 4. Comparações inter e intra grupos das variáveis observadas no Limiar Ventilatório 1 nos momentos pré, meio e pós-treinamento.

	PRÉ	MEIO	PÓS	Interação Tempo x Grupo			Tempo			Grupo		
				F [df]	p-valor	$\eta^2 p$	F [df]	p-valor	$\eta^2 p$	F [df]	p-valor	$\eta^2 p$
<b>vLV<sub>1</sub></b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>												
GC	5,89 ± 0,33	5,67 ± 0,87	5,89 ± 0,78	3,789	0,033	0,19	3,530	0,041	0,18	1,427	0,250	0,00
KB	5,44 ± 1,01	6,22 ± 1,09	6,78 ± 0,83 * <sup>a</sup>	[2-32]			[2-32]			[1-16]		
<b>%FCmáx</b> <b>(bpm)</b>												
GC	68 ± 6	75 ± 13 <sup>a</sup>	67 ± 9 <sup>b</sup>	5,208	0,011	0,25	3,931	0,030	0,20	0,064	0,804	0,00
KB	65 ± 6	71 ± 11	75 ± 13 <sup>a</sup>	[2-32]			[2-32]			[1-16]		
<b>VO<sub>2</sub></b> <b>(ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>)</b>												
GC	15,77 ± 2,05	15,39 ± 3,52	14,12 ± 2,41	4,002	0,043	0,20	1,116	0,327	0,07	4,285	0,055	0,21
KB	15,25 ± 3,08	16,03 ± 2,92	20,43 ± 6,97 * <sup>a</sup>	[1,5-23,3]			[1,5- 23,3]			[1-16]		

Valores médios ± DP. KB: Treinamento com *kettlebell*; GC: Grupo Controle; vLV<sub>1</sub>: velocidade no limiar ventilatório 1; %FCmáx: percentual da frequência cardíaca máxima; VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio no limiar ventilatório 1; PRÉ: Pré-treinamento; PÓS: pós-treinamento; F: estatística F;  $\eta^2 p$ : *partial eta squared*; \* Diferença significativa entre grupos no PÓS; <sup>a</sup> diferença significativa com relação ao PRÉ; <sup>b</sup> diferença intra grupo significativa com relação ao MEIO.

Tabela 5. Comparações inter e intra grupos das variáveis observadas no Limiar Ventilatório 2 nos momentos pré, meio e pós-treinamento.

	PRÉ	MEIO	PÓS	Interação Tempo x Grupo			Tempo			Grupo		
				F [df]	p-valor	$\eta^2 p$	F [df]	p-valor	$\eta^2 p$	F [df]	p-valor	$\eta^2 p$
<b>vLV<sub>2</sub></b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>												
CG	8,67 ± 1,00	9,11 ± 0,93	8,22 ± 0,67	5,755	0,007	0,25	3,255	0,051	0,16	3,427	0,082	0,17
KB	8,60 ± 0,70	9,50 ± 1,80	9,90 ± 1,45 ** a	[2-34]			[2-34]			[1-17]		
<b>%FCmáx</b> <b>(bpm)</b>												
CG	92 ± 5	94 ± 3	93 ± 5	2,697	0,082	0,14	5,747	0,007	0,25	1,254	0,278	0,07
KB	87 ± 6 *	94 ± 3 <sup>a</sup>	94 ± 5 <sup>a</sup>	[2-34]			[2-34]			[1-17]		
<b>VO<sub>2</sub></b> <b>(ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>)</b>												
CG	27,62 ± 4,10	27,66 ± 3,32	25,76 ± 3,05	4,168	0,024	0,20	0,644	0,532	0,04	2,821	0,111	0,14
KB	27,11 ± 3,19	29,02 ± 2,37	30,28 ± 3,08 ** a	[2-34]			[2-34]			[1-17]		

Valores médios ± DP. KB: Treinamento com *kettlebell*; GC: Grupo Controle; vLV<sub>2</sub>: velocidade no limiar ventilatório 2; %FCmáx: percentual da frequência cardíaca máxima; VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio no limiar ventilatório 2; PRÉ: Pré-treinamento; PÓS: pós-treinamento; F: estatística F;  $\eta^2 p$ : *partial eta squared*; \* Diferença significativa entre grupos no PRÉ; \*\* Diferença significativa entre grupos no PÓS; <sup>a</sup> diferença intra grupo significativa com relação ao PRÉ.

## 5.5 LIMIAR VENTILATÓRIO 2

Os resultados demonstram que o KB apresentou melhor desempenho no  $LV_2$  do que o GC ao final da intervenção (Tabela 5). Houve uma interação tempo x grupo significativa para a velocidade associada ao  $LV_2$  ( $vLV_2$ ) e para o  $\dot{V}O_2$  associado ao  $LV_2$  ( $p < 0,05$ , TE grande). O teste de *post hoc* indicou que o KB apresentou  $vLV_2$  significativamente maior do que o GC no momento PÓS ( $p = 0,006$ ). O KB apresentou aumento da  $vLV_2$  entre o início e final da intervenção (PRE vs. MEIO:  $p = 0,092$ ,  $\Delta\% = 10,47$ ; MEIO vs. PÓS:  $p = 0,649$ ,  $\Delta\% = 4,21$ ; PRÉ vs. PÓS:  $p = 0,005$ ,  $\Delta\% = 15,12$ ). Não foram observadas diferenças significativas para o GC na comparação da  $vLV_2$  nos diferentes momentos ( $p > 0,05$ ). Ainda, ao final da intervenção, o KB apresentou maiores valores de  $\dot{V}O_2$  no  $LV_2$  quando comparado ao GC ( $p = 0,005$ ). O KB apresentou aumento do  $\dot{V}O_2$  no  $LV_2$  entre o início e final da intervenção (PRE vs. MEIO:  $p = 0,506$ ,  $\Delta\% = 7,06$ ; MEIO vs. PÓS:  $p = 0,533$ ,  $\Delta\% = 4,32$ ; PRÉ vs. PÓS:  $p = 0,035$ ,  $\Delta\% = 11,68$ ).

Não houve interação tempo x grupo para o %FCmáx no  $LV_2$  ( $p > 0,05$ ). Porém, foi observada uma magnitude de efeito grande para esta comparação e efeito principal do tempo ( $p < 0,05$ ). O teste de *post hoc* indicou que no início da intervenção, o KB apresentou valor de %FCmáx no  $LV_2$  inferior ao do GC ( $p = 0,047$ ). Porém, o KB apresentou o aumento significativo do %FCmáx no  $LV_2$  entre o início e metade e entre o início e final da intervenção (PRE vs. MEIO:  $p = 0,009$ ,  $\Delta\% = 7,27$ ; MEIO vs. PÓS:  $p = 0,979$ ,  $\Delta\% = 0,45$ ; PRÉ vs. PÓS:  $p = 0,011$ ,  $\Delta\% = 7,75$ ), enquanto não foram observadas diferenças significativas no %FCmáx no  $LV_2$  para o GC ao longo da intervenção ( $p > 0,05$ ).

## 6. DISCUSSÃO

O principal achado da presente investigação foi que apenas o KB apresentou melhorias relacionadas ao  $\dot{V}O_{2máx}$ ,  $LV_1$ ,  $LV_2$  e força muscular após 10 semanas de intervenção. Conforme a hipótese inicial do presente estudo, esses resultados destacam que o protocolo HIIT com *kettlebell* pode ser uma alternativa interessante para a melhoria da saúde de mulheres jovens sedentárias.

O protocolo de treinamento com *kettlebell* adotado no presente estudo resultou em altas intensidades em todas as fases (92 a 94%FCmáx). Esses resultados estão de acordo com estudos prévios que indicam que uma sessão de HIIT com *kettlebell* pode gerar resposta fisiológica vigorosa e, portanto, suficiente para melhoria da aptidão aeróbia (GARBER et al., 2011;

FORTNER et al., 2014; HULSEY et al., 2012; WESLEY; KIVI, 2017; WILLIAMS; KRAEMER, 2015).

Entretanto, de acordo com nosso conhecimento, apenas 2 estudos até o momento avaliaram as adaptações na aptidão aeróbia após um programa de treinamento intervalado com *kettlebell*. Falatic et al. (2015) observaram a melhoria da aptidão aeróbia de atletas colegiais (mulheres), com o aumento de 6,4% no  $\dot{V}O_2\text{máx}$ , após 4 semanas de treinamento com *kettlebell* (estímulo:descanso = 15:15 segundos; 3 sessões semanais) (FALATIC et al., 2015). Os resultados do presente estudo confirmam e estendem esses achados, demonstrando que o HIIT com *kettlebell* também pode ser empregado para a melhoria da aptidão aeróbia em mulheres jovens sedentárias. De acordo com a hipótese inicial, ao final da intervenção, o KB apresentou valores de  $\dot{V}O_2\text{máx}$  superiores aos do GC, com magnitude de efeito grande. Apesar de não significativo, o aumento percentual do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  observado no KB (~8%; efeito pequeno) pode ser considerado importante. Isso porque, a literatura indica que mulheres jovens podem perder 8% do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  em uma década, à medida que envelhecem (EDVARDSEN et al., 2013). Diferentemente, o GC apresentou redução significativa do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  (~5%; efeito moderado) entre a metade e o final da intervenção, com redução percentual de ~8% após as 10 semanas. Esses resultados indicam que o protocolo HIIT com *kettlebell* pode auxiliar a minimizar os efeitos do sedentarismo e do avanço da idade no  $\dot{V}O_2\text{máx}$  dessa população.

Ainda, apenas o KB apresentou aumento significativo na  $v\dot{V}O_2\text{máx}$  (~13%; efeito grande), apresentando valores superiores ao GC ao final da intervenção. Estes achados indicam que as participantes podem ter obtido ganhos relacionados à economia de movimento, já que foram capazes de sustentar maiores velocidades sob a mesma taxa de  $\dot{V}O_2\text{máx}$ . A economia de movimento é estabelecida por meio da soma de vários fatores (i.e., metabólicos, cardiorrespiratórios, biomecânicos e neuromusculares) que podem ser modificados através do treinamento (BARNES; KILDING, 2015). Portanto, é interessante que estudos futuros avaliem em quais desses fatores o HIIT com *kettlebell* pode gerar efeitos mais promissores.

De maneira controversa, nenhuma melhora significativa no  $\dot{V}O_2\text{máx}$  (~3%) foi observada em homens e mulheres com prevalência de dor musculoesquelética após 8 semanas de treinamento com *kettlebell* com 3 sessões semanais (estímulo:descanso de 30:60 e 30:30 segundos nas primeiras 4 e 4 últimas semanas de treinamento, respectivamente) (JAY et al., 2011). Esse achado não corrobora com os do presente estudo, que indicam um aumento percentual importante do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  e melhoria significativa do desempenho no LV<sub>1</sub> e LV<sub>2</sub>. A controvérsia entre esses achados pode estar relacionada à diferença com o tipo de avaliação da aptidão aeróbia empregada. No estudo de Jay et al. (2011) foi utilizado um teste em

cicloergômetro para a obtenção da medida indireta do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  (i.e., estimada). Esse tipo de teste é baseado na medida de valores submáximos da FC para o cálculo do  $\dot{V}O_2\text{máx}$ , e por esta razão, pode sofrer interferências de fatores como (eg., uso de medicamentos, estresse ou temperatura), tornando-se menos preciso. Por outro lado, o presente estudo adotou a medida direta do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  em esteira, com base na ergoespirometria, considerada mais sensível e precisa para detectar possíveis aumentos no  $\dot{V}O_2\text{máx}$  em decorrência do treinamento (BASSETT; HOWLEY, 2000; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2015; RIEBE et al., 2018; ROSS et al., 2016). Além disso, os participantes de ambos os estudos não eram habituados com atividades físicas vigorosas no cotidiano, e os do estudo de Jay et al. (2011) apresentavam um agravante clínico (i.e., dor musculoesquelética). Isso pode impactar nos resultados do  $\dot{V}O_2\text{máx}$ , já que nesses casos, os participantes podem solicitar a interrupção do teste por motivos de fadiga, desconforto ou desmotivação, antes mesmo de atingirem o real valor do  $\dot{V}O_2\text{máx}$  (ARENA et al., 2007; MCARDLE et al., 2015).

Adicionalmente, o presente estudo avaliou os efeitos do HIIT com *kettlebell* em parâmetros submáximos da aptidão aeróbia. Foi observada a melhoria do desempenho submáximo, com aumento do %FCmáx no LV<sub>1</sub> (14,08%),  $\dot{V}O_2$  no LV<sub>1</sub> (33,94%), vLV<sub>2</sub> (15,12%), %FCmáx no LV<sub>2</sub>(7,75%),  $\dot{V}O_2$  no LV<sub>2</sub> (11,68%) após 10 semanas. Esses resultados estão de acordo com estudos prévios que indicam que o treinamento intervalado pode gerar melhorias relacionadas aos LVs (BURKE et al., 1994; CIOLAC et al., 2011)(BURKE et al., 1994; CIOLAC et al., 2011). Ciolac et al. (2011) avaliaram os efeitos de 16 semanas de treinamento intervalado em esteira (1 minuto de caminhada a 50–60% $\dot{V}O_2\text{máx}$ : 2 minutos de corrida a 80–90% $\dot{V}O_2\text{máx}$ ; 3 vezes por semana) no LV<sub>2</sub> de mulheres jovens. Os autores observaram que o protocolo intervalado aumentou o tempo para atingir o LV<sub>2</sub> (47,0%) e  $\dot{V}O_2$  no LV<sub>2</sub> (21,1%) (CIOLAC et al., 2011). Por sua vez, Burke et al. (1994) avaliaram os efeitos de dois protocolos de HIIT em cicloergômetro (4 sessões semanais) no LV<sub>1</sub>. Os autores observaram que 7 semanas de treinamento com os protocolos de 120:120 e 30:30 segundos de estímulo:descanso foram capazes de aumentar o tempo no LV<sub>1</sub> de mulheres jovens em 18,5 a 19,5%, respectivamente (BURKE et al., 1994).

Esses resultados podem estar relacionados a um possível aumento da densidade mitocondrial do músculo esquelético das participantes. Sabe-se que o metabolismo do substrato durante o exercício submáximo é regulado pela densidade mitocondrial (MACINNIS; GIBALA, 2016). Quando o aumento do conteúdo mitocondrial ocorre em decorrência do treinamento, há uma maior dependência da oxidação de gordura e uma diminuição proporcional na oxidação de carboidratos. Desse modo, ocorre a redução da degradação do glicogênio e a

produção de lactato em uma determinada intensidade, enquanto o limiar de lactato aumenta e permite que os indivíduos se exercitem por mais tempo, aumentando o desempenho. Apesar do conteúdo mitocondrial responder de forma aguda às sessões iniciais do treinamento (6 a 7 sessões), sabe-se que a função mitocondrial (i.e., respiração por unidade de mitocôndria) se correlaciona com a capacidade aeróbia e depende de um potencial efeito do acúmulo de várias sessões de treinamento (MACINNIS; GIBALA, 2016).

As sessões de treinamento do presente estudo geraram estímulos de alta intensidade, com concentrações de lactato de ~6 a 10 mmol/L. É estabelecido que em exercícios físicos mais intensos, há um maior fluxo de hidrogênios em excesso associados ao piruvato, e a concentração de lactato se eleva rapidamente no músculo ativo e no sangue (MCARDLE et al., 2015). Fortner et al. (2014) observaram que uma sessão de HIIT com *kettlebell* de 4 minutos de duração (8 x 20:10 segundos) foi capaz de elevar a concentração de lactato a ~6 mmol/L em homens e mulheres jovens treinados em exercício resistido. Os participantes executaram estímulos “*all out*” com cargas de *kettlebell* de 4,5 e 8 kg para mulheres e homens, respectivamente. Estes valores foram similares aos observados na medida do intervalo 1 de cada fase do treinamento do presente estudo (~6 a 7 mmol/L). A semelhança nesses resultados parece ter ocorrido em função do tempo de execução dos exercícios até o intervalo 1 (4,5 minutos) ter sido similar aos de Fortner et al. (2014). Entretanto, os valores observados por estes autores foram inferiores aos notados no intervalo 2 e na recuperação das fases 2 e 3 (~8 a 10 mmol/L), em que o tempo de execução foi maior. Além disso, embora o presente estudo tenha adotado estímulos “*all out*”, a carga do *kettlebell* foi ajustada de maneira individualizada ao longo do treinamento, variando entre ~10 a 18kg entre as fases 2 e 3. Nesse sentido, a sustentação de uma carga elevada em estímulos “*all out*”, com uma sessão de duração >5 minutos parece ter induzido a concentrações mais elevadas de lactato sanguíneo no presente estudo.

Esses achados estão de acordo com o estudo de Wesley et al. (2017), que compararam as respostas fisiológicas de um protocolo de HIIT com *kettlebell* com diferentes cargas e cadências. Participantes do sexo feminino com experiência em treinamento com *kettlebell* completaram três rodadas de 5 minutos de um protocolo de *swing kettlebell* (15:15 segundos) usando um *kettlebell* de 8, 12 e 16 kg durante três sessões de teste. Cada sessão de teste usou uma cadência de 8, 10 ou 12 *swings* por intervalo de 15 segundos. Os autores observaram que a concentração de lactato variou entre ~2 e 7 mmol/L, sendo que as maiores concentrações (~5 e 7 mmol/L) foram observadas nas sessões em que a carga e cadência foram mais elevadas (12 e 16kg com 12 repetições) (WESLEY; KIVI, 2017).

Os achados do presente estudo sugerem que, apesar da experiência prévia e do nível de treinamento impactarem na tolerância ao estímulo dado durante o treinamento (WESLEY; KIVI, 2017), é possível manter altas intensidades num protocolo de HIIT com *kettlebell*, mesmo em participantes sedentárias e inexperientes. Esse é um fato importante, pois identifica um protocolo que pode ser realizado de forma segura, sem a necessidade de um ergômetro, que pode ser uma estratégia tempo-eficiente para melhoria da aptidão aeróbia nessa população. Entretanto, com base nesses achados, é importante destacar que a manipulação de variáveis como carga do *kettlebell* (kg), cadência e duração da sessão deve ser considerados durante elaboração de um programa de HIIT com *kettlebell* com o objetivo de potencializar a melhoria da aptidão aeróbia.

Adicionalmente, apenas o KB apresentou aumento no 1RM no *Leg Press* 45° (~26%; efeito grande) após a intervenção. Ainda, houve o aumento na carga do KB utilizada entre o início e final do treinamento (130%), quando o mesmo número de repetições foi mantido a partir da terceira semana de treinamento. Esse resultado corrobora com estudos prévios que indicam que 6 a 10 semanas de treinamento com KB (2 a 3 vezes por semana) são suficientes para aumentar a força muscular (JAY et al., 2011; OTTO et al., 2012; LAKE; LAUDER, 2012; MANOCCHIA et al., 2013; RUFO-TAVARES et al., 2019; JUNIOR et al., 2022). Entretanto, não houve aumento da massa magra muscular das participantes. Similarmente, Otto et al. (2012) encontraram um aumento de força sem alterações na composição corporal ao avaliar participantes com pouca ou nenhuma experiência com treinamento com *kettlebell* por seis semanas (2 vezes por semana). Esses achados indicam que conforme o período de treinamento (10 semanas), o aumento da força muscular das participantes parece ter ocorrido por via de adaptações neurais (e.g., aumento do recrutamento de fibras musculares, taxa de disparo, e sincronização de unidades motoras) (SALE, 1988; GABRIEL et al., 2006; SUCHOMEL et al., 2018).

Ainda, o presente estudo constatou que 5 semanas de HIIT com *kettlebell* não resultaram na melhoria da maioria das variáveis relacionadas à aptidão aeróbia. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que na fase I (semanas 1 e 2) foi empregado um menor volume de treinamento (número de séries e duração da sessão) e intensidade (carga do *kettlebell*). Isso foi necessário para que as participantes pudessem se habituar com a natureza balística e intermitente do treinamento, tornando sua prática mais segura. Portanto, é importante destacar que em jovens sedentárias e inexperientes, em que a adaptação aos estímulos “*all out*” com uma carga (kg) é necessária, os protocolos de HIIT com *kettlebell* com duração de 10 semanas

parecem ser mais favoráveis às adaptações na aptidão aeróbia quando é aplicada uma frequência de 3 sessões semanais.

No entanto, este estudo apresenta limitações. Por se tratar de um estudo longitudinal, não foi possível garantir que as participantes estivessem na mesma fase do ciclo menstrual durante os três momentos de avaliações. Porém, entendemos que as alterações hormonais que ocorrem em diferentes fases podem influenciar o desempenho dos testes (ELLIOTT-SALE et al., 2021). Além disso, a ingestão nutricional das participantes não foi avaliada no presente estudo. Sabe-se que alterações na dieta, como o aumento na ingestão proteica, podem impactar os resultados relacionados à composição corporal e desempenho nos testes (PASIAKOS et al., 2015). Portanto, é recomendado que estudos futuros avaliem os efeitos das fases do ciclo menstrual e da ingestão nutricional nas adaptações ao treinamento com *kettlebell*.

## **7. CONCLUSÃO**

Em conclusão, os resultados do presente estudo demonstram que um programa de HIIT com *kettlebell* é eficiente para melhorar a capacidade aeróbia e a força muscular de mulheres jovens sedentárias. Como aplicação prática, o treinamento HIIT com *kettlebell* pode ser realizado em quase todos os lugares e sem a necessidade de ergômetros específicos, facilitando sua aplicação para a população em geral.

## REFERÊNCIAS

ARENA, R. et al. Assessment of functional capacity in clinical and research settings: A scientific statement from the American Heart Association committee on exercise, rehabilitation, and prevention of the council on clinical cardiology and the council on cardiovascular nursing. **Circulation**, v. 116, n. 3, p. 329–343, jul. 2007.

BARNES, K. R.; KILDING, A. E. Running economy: measurement, norms, and determining factors. **Sports Medicine - Open**, v. 1, n. 1, 1 dez. 2015. Acesso em: 14 jul. 2022.

BASSETT, D. R.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine & Science in Sports Exercise**, v. 32, n. 1, p. 70–84, 2000.

BILLAT, V L et al. Oxygen kinetics and modelling of time to exhaustion whilst running at various velocities at maximal oxygen uptake. **European journal of applied physiology**, p. 178–187, 2000.

BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.

BURKE, J.; THAYER, R.; BELCAMINO, M. Comparison of effects of two interval-training programmes on lactate and ventilatory thresholds. **British Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 1, p. 18–21, 1994.

CAMPBELL, J.; PHILLIPS, S. M. The effects of two weeks low-volume self-regulated high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness, exercise enjoyment, and intentions to repeat. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 16, n. 2, p. 411–423, 2021.

CIOLAC, E. G. et al. Heart rate response to exercise and cardiorespiratory fitness of young women at high familial risk for hypertension: Effects of interval vs continuous training. **European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation**, v. 18, n. 6, p. 824–830, dez. 2011.

COSTELLO, J. T.; BIEUZEN, F.; BLEAKLEY, C. M. Where are all the female participants in Sports and Exercise Medicine research? **European Journal of Sport Science**, v. 14, n. 8, p. 847–851, 26 nov. 2014.

EDVARSEN, E. et al. Reference values for cardiorespiratory response and fitness on the treadmill in a 20- to 85-year-old population. **Chest**, v. 144, n. 1, p. 241–248, 2013.

EKKEKAKIS, P.; PARFITT, G.; PETRUZZELLO, S. J. The Pleasure and Displeasure People Feel When they Exercise at Different Intensities Decennial Update and Progress towards a Tripartite Rationale for Exercise Intensity Prescription. **Sports Medicine**, p. 641–671, 2011.

ELLIOTT-SALE, K. J. et al. Methodological Considerations for Studies in Sport and Exercise Science with Women as Participants: A Working Guide for Standards of Practice for Research on Women. **Sports Medicine**, v. 51, n. 5, p. 843–861, 1 maio 2021.

FALATIC, A. et al. EFFECTS OF KETTLEBELL TRAINING ON AEROBIC CAPACITY. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 7, p. 1202–1209, 2015.

FARRAR, R. E.; MAYHEW, J. L.; KOCH, A. J. Oxygen cost of kettlebells swings. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 4, p. 1034–1036, 2010.

FORTNER, H. A. et al. Cardiovascular and metabolic demands of the kettlebell swing using tabata interval versus a traditional resistance protocol. **International Journal of Exercise Science**, v. 7, n. 3, p. 179–185, 2014.

FUSI, F. et al. Respostas cardiopulmonares agudas ao exercício com kettlebell. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 39, n. 4, p. 408–416, 1 out. 2017.

GABRIEL, D. A.; KAMEN, G.; FROST, G. Neural Adaptations to Resistive Exercise Mechanisms and Recommendations for Training Practices. **Sports Medicine**, v. 36, n. 2, p. 133–149, 2006.

GARBER, C. E. et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults:

Guidance for prescribing exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334–1359, 2011.

GUTHOLD, R. et al. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1·9 million participants. **The Lancet Global Health**, v. 6, n. 10, p. e1077–e1086, 1 out. 2018.

HAFF, G. G.; TRIPLETT, N. T. **Essentials of strength training and conditioning**. 4. ed., 2016.

HOWLEY, E.T.; BASSETT, D.R.; WELCH, H.G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine and Science in Sport and Exercise**, v. 27, n. 9, p. 1292–1300, 1995.

HULSEY, C. R. et al. Comparison of kettlebell swings and treadmill running at equivalent rating of perceived exertion values. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 64, n. 5, p. 44–52, 2012.

JAY, K. et al. Kettlebell training for musculoskeletal and cardiovascular health: A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, v. 37, p. 196–203, 2011.

JUNIOR, E. R. S. T. et al. Effects of Six-week Periodized Versus Non-Periodized Kettlebell Swing Training on Strength, Power and Muscular Endurance. **International Journal of Exercise Science**, v. 15, n. 4, p. 526–540, 2022.

KRAUS, W. E. et al. Physical Activity, All-Cause and Cardiovascular Mortality, and Cardiovascular Disease. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 51, n. 6, p. 1270–1281, 1 jun. 2019.

LAKE, P. J.; LAUDER, M. A. Kettlebell swing training improves maximal and explosive strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 8, p. 2228–2233, 2012.

LAKENS, D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. **Frontiers in Psychology**, v. 4, n. 863, p. 1–12, 2013.

LEVINE, N. A. et al. Effects of kettlebell mass on lower-body joint kinetics during a kettlebell swing exercise. **Sports Biomechanics**, 2020.

MACHADO, A. F. et al. High-intensity interval training using whole-body exercises: training recommendations and methodological overview. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 39, n. 6, p. 378–383, 1 nov. 2019.

MACINNIS, M.J.; GIBALA, M. J. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. **Journal of Physiology**, v. 595, n. 9, p. 2915–2930, 2016.

MANOCCHIA, P. et al. Transference of kettlebell training to strength, power, and endurance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 2, p. 477–484, 2013.

MARTINS, L. C. G. et al. The factors related to a sedentary lifestyle: A meta-analysis review. **Journal of Advanced Nursing**, v. 77, n. 3, p. 1188–1205, 2021.

MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano**. 8. ed. Philadelphia: 2015.

MEIGH, N. J. et al. Kettlebell training in clinical practice: A scoping review. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 11, n. 1, 3 set. 2019.

MILANOVIC, Z.; SPORIŠ, G.; WESTON, M. Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO<sub>2</sub>max Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. **Sports Medicine**, v. 45, n. 10, p. 1469–1481, 2015.

ORANGE, S. T. et al. Short-Term Training and Detraining Effects of Supervised vs. Unsupervised Resistance Exercise in Aging Adults. **Journal of strength and conditioning research**, v. 33, n. 10, p. 2733–2742, 1 out. 2019.

OTTO, W. H. et al. Effects of weightlifting vs. kettlebell training on vertical jump, strength, and body composition. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 5, p. 1199–1202, 2012.

PASIAKOS, S. M.; MCLELLAN, T. M.; LIEBERMAN, H. R. The Effects of Protein Supplements on Muscle Mass, Strength, and Aerobic and Anaerobic Power in Healthy Adults: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 45, n. 1, p. 111–131, 1 jan. 2015.

PETROSKI, E.L.; PIRES-NETO, C. S. Validity of anthropometric equations for the estimation of body density in women. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 1, n. 2, p. 67–73, 1995.

POOLE, D. C. et al. The anaerobic threshold: 50+ years of controversy. **Journal of Physiology**, v. 599, n. 3, p. 737–767, 1 fev. 2021.

RAYMOND, L. M.; RENSHAW, D.; DUNCAN, M. J. Acute hormonal response to kettlebell swing exercise differs depending on load, even when total work is normalized. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 00, n. 00, p. 1–9, 2018.

RIEBE, D. et al. **ACMS's Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 10. ed. Baltimore: 2018.

ROSS, J. A. et al. External kinetics of the kettlebell snatch in amateur lifters. **PeerJ**, v. 2017, n. 3, 2017.

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.

RUFO-TAVARES, W. et al. Short-term detraining is not enough to reduce positive adaptations of kettlebell training on power and strength variables in physically active women. **Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche**, v. 178, n. 1–2, p. 56–65, 1 jan. 2019.

RUFO-TAVARES, W. et al. Effects of kettlebell training and detraining on mood status and sleep and life quality of healthy women. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 24, n. 4, p. 344–353, 1 out. 2020.

SALE, G. D. Neural adaptation to resistance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 20, n. 5, p. 135–144, 1988.

SCHAUN, G. Z. et al. Sixteen weeks of whole-body high-intensity interval training induce similar cardiorespiratory responses compared with traditional high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training in healthy men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 00, n. 00, p. 1–13, 2018.

SHEYKHOLOVAND, M. et al. Low-volume high-intensity interval versus continuous endurance training: Effects on hematological and cardiorespiratory system adaptations in professional canoe polo athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 7, p. 1852–1860, 2018.

SKELLY, L. E.; BAILLEUL, C.; GILLEN, J. B. Physiological Responses to Low-Volume Interval Training in Women. **Sports Medicine - Open**, v. 7, n. 1, 1 dez. 2021.

SUCHOMEL, T. J. et al. The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. **Sports Medicine**, v. 48, n. 4, p. 765–785, 2018.

THOMAS, J. F. et al. Comparison of Kettlebell Exercises and Graded Treadmill Walking: An Effective Stimulus for Cardiorespiratory Fitness. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 46, n. 5, p. 998–1006, 2014.

TSATSOULINE, Pavel. **Enter the kettlebell: strength secret of the soviet supermen**. Dragon Door Publications, 2006.

WASSERMAN, K. The Anaerobic Threshold: Definition, Physiological Significance and Identification The Anaerobic Threshold and Its Relation to Lactate Metabolism Definition. **Advances in Cardiology**, v. 35, n. 1, p. 1–23, 1986.

WENGER, H. A.; BELL, G. J. The Interactions of Intensity, Frequency and Duration of Exercise Training in Altering Cardiorespiratory Fitness. **Sports Medicine**, v. 3, p. 346–356, 1986.

WESLEY, C.; KIVI, D. The Effects of Kettlebell Mass and Swing Cadence on Heart Rate, Blood Lactate, and Rating of Perceived Exertion during an Interval Training Protocol. **International Journal of Sports Science**, v. 2017, n. 3, p. 122–127, 2017.

WILLIAMS, B. M.; KRAEMER, R. R. Comparison of Cardiorespiratory and Metabolic Responses in Kettlebell High-Intensity Interval Training Versus Sprint Interval Cycling. **Journal of Strength and Conditioning Research** , v. 29, n. 12, p. 3317–25, 2015.

WONG, A. et al. CARDIAC AUTONOMIC AND BLOOD PRESSURE RESPONSES TO AN ACUTE BOUT OF KETTLEBELL EXERCISE. **Journal of Strength and Conditioning Research** , 2021.

ZIMERER, C. et al. Home-Based Kettlebell Exercise and Coronavirus Outbreak: Practical Suggestions. **Strenght and Conditioning Journal** , v. 00, n. 00, p. 1–6, 2021.

## ARTIGO 1

# Home-Based Kettlebell Exercise and Coronavirus Outbreak: Practical Suggestions

Carla Zimerer, MSc,<sup>1</sup> Sabrina Pereira Alves, MSc,<sup>1</sup> Weverton Rufo-Tavares, MSc,<sup>1</sup> Luciana Carletti, PhD,<sup>1</sup> Claudio Andre Barbosa de Lira, PhD,<sup>2</sup> Marília S. Andrade, PhD,<sup>3</sup> Ricardo B. Viana, PhD,<sup>2</sup> Paulo Gentil, PhD,<sup>2</sup> and Rodrigo L. Vancini, PhD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Educação Física e Desportos, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brazil; <sup>2</sup>Faculdade de Educação Física e Dança, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brazil; and <sup>3</sup>Departamento de Fisiologia, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brazil

## ABSTRACT

The coronavirus pandemic and the adopted social isolation to contain the virus spread led to several negative consequences including the decrease in the population's physical activity levels and increased physical inactivity and sedentary behavior. Home-based physical exercise assumes fundamental importance to maintain physical activity and fitness levels. Among the various exercise possibilities of home-based exercise, the kettlebell exercise can be a useful and low-cost tool. The kettlebell is a round-shaped steel or cast-iron weight, commonly described as resembling a cannonball with a handle whose dimensions increase with weight that varies from 2 to 92 kg. Kettlebell exercise offers an opportunity to train multiple muscles through functional exercises that could be performed at home to improve and maintain health-related physical fitness (e.g., cardiorespiratory capacity, muscle strength, and body composition) and mental health. In addition, kettlebell exercise (with a progressive increase in training overload) could be

an alternative of home-based exercise program for the general population during pandemic outbreaks.

## INTRODUCTION

Coronavirus disease (COVID-19), caused by Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2), represents a serious issue to public and global health-care systems (27). Unfortunately, there is still no effective treatment or vaccine for COVID-19. Thus, social distancing and isolation and hygiene measures are aspects of fundamental importance to contain the virus spread (4,5). In this vein, closed spaces and gathering should also be avoided because they facilitate the spread of the disease. For this reason, in many countries, local authorities determined the closure of gyms and sports clubs.

Consequently, there is an increase in the levels of physical inactivity, which negatively impact the health status, physical fitness, and mental health of the general population with and without morbidities (18,20). Ammar et al. (1) demonstrated a negative effect of home confinement on physical activity levels and a significant increase in sitting time during the COVID-19 pandemic, which is indicative

of a more sedentary lifestyle. Phillipou et al. (20) pointed out that there is potential for adverse psychological and health consequences related to the COVID-19 pandemic due to potentially reduced exercising and increased binge eating and restricting behaviors. Narici et al. (18) report that the COVID-19 pandemic is promoting a health crisis due to self-isolation and home-confinement that can last for several weeks to months, which represents negative physiological challenges. Muscle wasting occurs rapidly (2 days of physical inactivity); glucose homeostasis is affected in a few days of step reduction and bed rest, which has the consequence of reducing insulin sensitivity; and aerobic capacity is impaired at all levels of the oxygen cascade, from the cardiovascular system, including peripheral circulation, to skeletal muscle oxidative function; and positive energy balance increased ability to store fat during physical inactivity is associated with fat deposition (8), associated with systemic inflammation and activation of antioxidant defenses, exacerbating muscle loss.

## KEY WORDS:

coronavirus; pandemic; kettlebell; home-based exercise; physical exercise

Address correspondence to Rodrigo L. Vancini, rodrigoluihvancini@gmail.com.

## ARTIGO 2

<b>Physiology &amp; Behavior</b> <b>Effects of a 10-week kettlebell training load distribution on strength and aerobic capacity in recreationally trained women</b> --Manuscript Draft--	
<b>Manuscript Number:</b>	PHB-D-22-00355
<b>Article Type:</b>	Research Paper
<b>Keywords:</b>	exercise training; female; interval training; physical fitness; physical exertion; weight lifting
<b>Corresponding Author:</b>	Carla Zimerer UFES: Universidade Federal do Espirito Santo BRAZIL
<b>First Author:</b>	Carla Zimerer
<b>Order of Authors:</b>	Carla Zimerer Sabrina Pereira Alves Raquel Casagrande Khéde Weverton Rufo-Tavares Luciana Carletti Rodrigo Luiz Vancini Anselmo José Perez Richard Diego Leite
<b>Abstract:</b>	<p><b>Purpose</b></p> <p>To characterize the dynamic distribution of training loads in a kettlebell program and evaluate its effects on muscle strength and aerobic capacity.</p> <p><b>Methods</b></p> <p>Fourteen recreationally active women with no kettlebell training experience (age: 25.86 ± 5.35 years; VO<sub>2</sub> max = 35.14 ± 5.58 mL/kg/min; body mass= 62.13 ± 13.40 kg; height= 164.75 ± 5.77 cm; body mass index (BMI)= 22.68 ± 3.99 kg/m<sup>2</sup>) completed a 10-week kettlebell training program. The kettlebell training program was divided into three phases: phase I (two weeks), phase II (four weeks), and phase III (four weeks). Maximum muscle strength (1RM) and aerobic fitness (VO<sub>2</sub> max) measurements were performed before (Pre) and after (Post) training. The external and internal loads were represented by the session's total volume and perceived exertion method.</p> <p><b>Results</b></p> <p>An increase in maximum strength (p&lt;0.001; Δ%=23.73; ES=0.87) and VO<sub>2</sub> max (p=0.004; Δ%=9.63; ES=0.57) was observed when comparing Pre and Post measurements. There was an increase in total volume when phases I and II (p&lt;0.001; Δ%=455.00; ES=10.02), phases I and III (p&lt;0.001; Δ%=566.00; ES=8.42), and phases II and III (p&lt;0.001; Δ%=19.98; ES=1.44) of the training were compared. The internal load values increased significantly between phases I and II (p&lt;0.001; Δ%=113.53; ES=3.71). However, there was no difference when comparing phases II and III (p=0.796; Δ%=4.17; ES=0.31).</p> <p><b>Conclusions</b></p> <p>Ten weeks of kettlebell training were sufficient to increase the participants' maximum strength and aerobic capacity. The distribution of loads indicates an adaptation to the stress imposed by the external load in phase III of training.</p>
<b>Suggested Reviewers:</b>	Stuart McGill