

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS**

RAFAELLA CAMPOS MOTTA

**EFEITOS DO TREINAMENTO COM KETTLEBELL NA EFICIÊNCIA
VENTILATÓRIA**

VITÓRIA - ES

2019

RAFAELLA CAMPOS MOTTA

**EFEITOS DO TREINAMENTO COM KETTLEBELL NA EFICIÊNCIA
VENTILATÓRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito final para obtenção do grau de Licenciado em Educação Física.

Orientador (a): Prof^ª. Dr^ª. Luciana Carletti

VITÓRIA - ES

2019

RAFAELLA CAMPOS MOTTA

**EFEITOS DO TREINAMENTO COM KETTLEBELL NA EFICIÊNCIA
VENTILATÓRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito final para obtenção do grau de Licenciado em Educação Física.

Trabalho Defendido e Aprovado em: 09 de dezembro de 2019.

COMISSÃO EXAMINADORA

Profª Drª Luciana Carletti
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Profª Ms. Carla Zimerer
Universidade Federal do Espírito Santo

Profª Drª Karine Jacon Sarro
Universidade Estadual de Campinas

AGRADECIMENTOS

Meu primeiro e mais importante agradecimento é a Deus, que cuida de mim e me prepara para cada fase da minha vida, e com este trabalho não foi diferente. Fiz muito mais do que pensaria ser capaz, tudo Dele, por Ele e para Ele. Agradeço muito à minha família, meus pais, Edimar e Ana Claudia, que me apoiaram tanto principalmente em momentos de dificuldade e desânimo, me motivando a prosseguir, e minha irmã, Larissa, que é minha amiga e doou tanto tempo e esforço para me ouvir e me ajudar, dispondo de tanto conhecimento para me ajudar a chegar até aqui.

Agradeço ao meu noivo, Felipe, que foi e tem sido um suporte imensurável em todas essas etapas, me ouvindo, aconselhando, sendo paciente, me ajudando em tudo o que pode, estando presente não só nos momentos importantes, mas também nos simples e rotineiros.

Sou grata à minha professora orientadora, Luciana, por tanto cuidado e zelo ao me ensinar tudo o que eu aprendi. Sempre com paciência e carinho ao esclarecer dúvidas e corrigir erros, me impressionou com tanta simplicidade em passar o grande conhecimento que possui. Meu muito obrigada. Agradeço também à Carla, pela disposição em mostrar passo-a-passo do treinamento realizado, esclarecer tantas dúvidas que tive e se importar tanto comigo até nos pequenos detalhes. Obrigada a todas as meninas do grupo de treinamento, Sabrina, Camila e Lenice pelo companheirismo, pelas risadas nos dias corridos e por toda ajuda sempre que precisei. Agradeço à professora Karine Sarro, que mesmo à distância, dispôs seu tempo para avaliar e contribuir com este trabalho. Minha gratidão a todos!

Nota da autora

Esse estudo será apresentado no formato de artigo científico, com o intuito de submissão no periódico Motriz: Revista de Educação Física.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do delineamento do estudo.....	15
Figura 2 – Identificação do <i>slope</i> do VE/VCO ₂ de uma participante. Regressão linear da relação VCO ₂ (eixo X) e Ventilação (eixo Y)	17
Figura 3 – <i>Slope</i> da VE/VCO ₂ Pré e Pós programa de treinamento com kettlebell.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização das participantes.....	14
Tabela 2 – Comparação das respostas ao treinamento durante o teste cardiopulmonar de exercício.....	20

RESUMO

A eficiência ventilatória (EV), reflete o volume de ar a ser mobilizado pelos pulmões para eliminar o CO₂. Uma melhor EV pode impactar em menor trabalho dos sistemas de fornecimento de energia durante o exercício, ou seja, em uma respiração mais econômica. A execução do treinamento de força com kettlebell (KB), inclui um padrão de respiração que estimula a potência dos músculos respiratórios, e que possivelmente aumenta a força destes, melhorando a EV durante o exercício. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de um treinamento com KB na EV e nos parâmetros de aptidão cardiorrespiratória. O treinamento foi realizado com 16 mulheres jovens saudáveis, por um período de 10 semanas. Os exercícios principais abordados nos treinos foram: o *swing* bilateral e o agachamento (*front squat*). Testes cardiopulmonares de exercício foram realizados antes e depois do TKB para avaliar o desempenho ventilatório e cardiopulmonar no esforço submáximo e máximo. No esforço submáximo, observa-se que a velocidade se manteve igual, porém o tempo de duração do teste aumentou significativamente (14%). Constatou-se também um aumento nos níveis de estresse metabólico, indicado pelo aumento da ventilação (14,4%), Produção de CO₂ - VCO₂ (12,6%), frequência cardíaca - FC (6,0%), frequência respiratória - FR (12,5%), equivalente ventilatório de O₂ - VE/VO₂ (9,2%) e equivalente ventilatório de CO₂ - VE/VCO₂ (5,3%). O consumo de oxigênio (VO₂) se manteve semelhante e a pressão do O₂ no ar expirado (PetO₂) apresentou um aumento discreto (3,8%). No momento de esforço máximo, foi observada elevação tanto no tempo (10%) quanto na carga aplicada ao teste (V - velocidade) (8,8%), assim como nas variáveis VO₂ (8%), VE (10,6%), VCO₂ (7,2%), FR (11,6%), e PetO₂ (1,7%). A FC, o VC (volume corrente), o VE/VO₂, VE/VCO₂ e a PetCO₂ não apresentaram diferença significativa antes e depois do TKB no esforço máximo. Conclui-se que o programa de TKB estudado é eficiente para melhorar a aptidão cardiorrespiratória, mas não apresenta efeitos na melhoria da EV.

Palavras Chave: Treinamento com kettlebell, eficiência ventilatória, músculos respiratórios.

ABSTRACT

Ventilatory efficiency (EV) reduces air volume and is mobilized by the lungs to eliminate CO₂. Better EV can impact less work on energy supply systems during exercise, ie, more economical breathing. Performing kettlebell strength training (KB) includes a breathing pattern that stimulates the respiratory muscles and increases the strength of these forces, improving the EV during exercise. The aim of this study was to evaluate the effects of KB training on EV and cardiorespiratory capacity parameters. The training was conducted with 16 healthy young women in a period of 10 weeks. The main exercises addressed in the training were: bilateral swing and front squat. Cardiopulmonary exercise tests were performed before and after TKB to assess ventilatory and cardiopulmonary performance at submaximal and maximal exertion. In the final effort, make sure that the speed is kept equal but the test time increased (14%). There was also an increase in metabolic stress levels, indicated by increased ventilation (14.4%), CO₂ production - VCO₂ (12.6%), heart rate - HR (6.0%), respiratory rate - RR (12.5%), ventilatory equivalent of O₂ - VE / VO₂ (9.2%) and ventilatory equivalent of CO₂ - VE / VCO₂ (5.3%). Oxygen uptake (VO₂) maintained inhaled and expired O₂ pressure (PetO₂) showed a slight increase (3.8%). At the moment of maximum effort, there was an increase in time (10%) and load applied to the test (V - speed) (8.8%), as well as in the variables VO₂ (8%), LV (10.6%), VCO₂ (7.2%), FR (11.6%), and PetO₂ (1.7%). HR, CV (tidal volume), VE / VO₂, VE / VCO₂ and PetCO₂ did not differ significantly before and after TKB at maximum effort. It is concluded that the studied TKB program is efficient to improve cardiorespiratory fitness, but has no effects on the improvement of EV.

Keywords: Kettlebell training, ventilatory efficiency, respiratory muscles.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 MÉTODOS	15
2.1 PARTICIPANTES.....	15
2.3 DELINEAMENTO DO ESTUDO	16
2.4 ANTROPOMETRIA	16
2.5 TESTE CARDIOPULMONAR DE EXERCÍCIO (TCPE).....	17
2.6 IDENTIFICAÇÃO DO LIMAR ANAERÓBIO VENTILATÓRIO (LAV).....	17
2.7 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA VENTILATÓRIA.....	18
2.8 PROTOCOLO DE TREINAMENTO	19
2.9 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	20
3 RESULTADOS	21
4 DISCUSSÃO	25
5 CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A eficiência da ventilação pode impactar em um menor trabalho dos sistemas de fornecimento de energia durante o exercício (BOUTELLIER; PIWKO, 1992), uma vez que um volume ventilatório reduzido para eliminar a mesma quantidade de CO₂ implica em uma respiração mais econômica, ou seja, em redução do consumo energético (VO₂) para os músculos respiratórios. Esse fator pode aumentar a disponibilidade de O₂ que é utilizado pelos músculos esqueléticos em atividade, podendo ser útil para se executar esforço físico de maneira mais confortável (RIBEIRO et al, 2012) ou para favorecer indivíduos com limitações clínicas (PRADO et al., 2015).

A eficiência ventilatória (EV) é mensurada pelo equivalente ventilatório para o dióxido de carbono (VE/VCO₂) durante o teste progressivo, que reflete o volume de ar a ser mobilizado pelos pulmões para eliminar o CO₂ (BALADY et al., 2010). Essa variável é também extensivamente aplicada para diagnóstico de limitações no sistema cardiorrespiratório, pois o comportamento de inclinação (*slope*) >30, durante um teste progressivo pode indicar a presença de limitações ventilatórias frente a patologias como: insuficiência cardíaca, hipertensão pulmonar e doença pulmonar obstrutiva crônica (BALADY et al., 2010). Há também estudos que definem uma resposta ventilatória anormal a partir de um *slope* > 34, para caracterizar limitações respiratórias em pacientes com insuficiência cardíaca (CHUAN et al, 1997).

Contudo, independente da presença de patologias, há redução da eficiência ventilatória com a idade (KOCH et al., 2009). Portanto, se precocemente o exercício aprimorar essa variável, é possível que ocorra um desfecho mais favorável para um envelhecimento saudável. Além disso, a American Heart Association (AHA) recentemente sugeriu que o *slope* da VE/VCO₂ também pode ser útil para detectar a presença de doença cardiovascular subclínica antes da manifestação dos sintomas, em indivíduos aparentemente saudáveis (ROSS et al., 2016).

Sabe-se que o treinamento físico tem efeitos discretos nas variáveis ventilatórias quando se trata de indivíduos saudáveis, mas para populações clínicas os resultados são mais perceptíveis (CHLIF et al., 2017, PRADO et al., 2015). Embora se observe efeitos positivos em indivíduos saudáveis que praticaram treinamento aeróbio por 13 semanas

com progressão de carga (SAUER et al., 2014), esses resultados ainda são contraditórios, pois para um protocolo de treino de intensidade ondulatória realizado em cicloergômetro por 6 semanas, não se evidencia efeitos nas variáveis ventilatórias (MOUROT et al., 2004). Mesmo que ambos os estudos tratem de exercícios aeróbios, é importante destacar que a diferença entre os resultados seja devido à diferença de mobilização de grupamentos musculares entre a corrida em esteira e o cicloergômetro, o que pode ter provocado distinções nos efeitos.

Contudo, estudos indicam que modalidades que evocam um controle respiratório mais consciente e coordenado podem apresentar efeitos positivos na respiração, mesmo para indivíduos saudáveis, pois mostram melhorias na mecânica da respiração para modalidades como Yoga, praticada por 6 semanas (CHANAVIRUT et al., 2006) e Pilates praticado por 12 semanas (CAMPOS et al., 2019).

Nesse sentido, a execução do treinamento de força com kettlebell (TKB), um equipamento de origem russa do início do século XVIII, inclui um padrão de respiração que estimula a potência dos músculos respiratórios, auxiliando na correta execução dos movimentos e protegendo a coluna vertebral principalmente na porção lombar (TSATSOULINE, 2006). Também se observa durante a sessão de TKB um estímulo respiratório mais pronunciado na frequência respiratória (FR) na ventilação (VE) e no consumo de oxigênio (VO_2), quando comparado à corrida em esteira ergométrica (ŠENTIJA, VUČETIĆ, DAJAKOVIĆ, 2017).

Portanto, é possível que o TKB possa ativar com mais intensidade os grupamentos musculares da respiração, podendo aumentar a força de músculos respiratórios que, por sua vez, pode acarretar uma melhora na EV durante o exercício. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo é avaliar os efeitos de um TKB na EV e nos parâmetros de aptidão cardiorrespiratória.

2 MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES - CAAE 43203015.8.0000.5542). Todas as participantes consentiram em participar do estudo, assinando o termo de consentimento livre e esclarecido.

2.1 PARTICIPANTES

Participaram 16 voluntárias, estudantes da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), caracterizadas na Tabela 1. Foi exigido que as participantes não tivessem nenhuma experiência anterior com kettlebell, que tivessem 80% de presença nas sessões (sendo possível substituir as ausências em outros dias da semana) e que tivessem condições físicas apropriadas para realizar o treinamento. Não foi incluída nenhuma fumante, hipertensa ou que fizesse uso de medicamento, suplemento ergogênico ou nutricional que pudesse afetar o metabolismo ou o desempenho no exercício. Essas informações foram coletadas por meio de um questionário aplicado às voluntárias.

Tabela 1 - Caracterização das participantes.

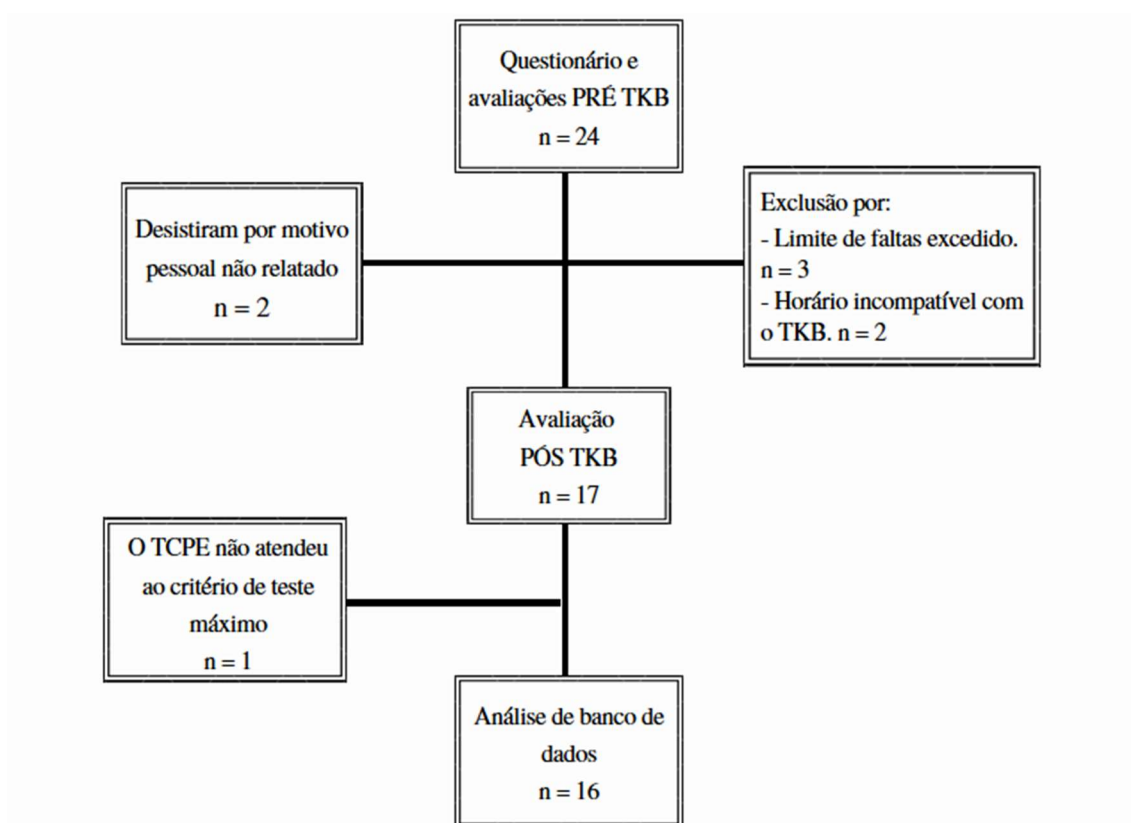
	PRÉ	PÓS	Valor de p
Idade (anos)	25 ± 5,37	-	-
Estatura (cm)	1,66 ± 0,04	-	-
% Gordura	24,18 ± 6,58	23,48 ± 6,45	0,00*
Massa corporal (kg)	61,95 ± 11,93	62,49 ± 11,31	0,00*
Massa magra (kg)	46,4 ± 6,20	47,3 ± 6,08	0,00*
IMC (kg.m ⁻²)	22,38 ± 3,75	22,58 ± 3,55	0,00*
VO ₂ máx (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	35,13 ± 5,10	37,94 ± 4,49	0,00*

Valores apresentados em média ± desvio padrão. N = 16. PRÉ: Valores pré treinamento; PÓS: Valores pós treinamento; p: diferença significativa; % Gordura: porcentagem de gordura corporal; IMC: Índice de Massa Corporal.

2.3 DELINEAMENTO DO ESTUDO

As participantes foram encaminhadas ao Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFEX) da UFES para executar a anamnese e a avaliação cardiológica. Considerando os critérios de inclusão e exclusão, eram em seguida direcionadas para as avaliações e o período de treinamento, conforme apresentado no fluxograma (Figura 1). Ao final das sessões, assim como anteriormente ao treinamento, as participantes foram submetidas a uma avaliação antropométrica e um teste cardiopulmonar.

Figura 1 – Fluxograma do delineamento do estudo.



PRÉ TKB: PRÉ Treinamento com Kettlebell; PÓS TKB: PÓS Treinamento com Kettlebell; TCPE: Teste Cardiopulmonar de Exercício.

2.4 ANTROPOMETRIA

A massa corporal e a estatura foram medidas por meio de balança antropométrica digital com estadiômetro (Marte Ltda., modelo LC200, MG), para cálculo do índice de massa corporal (IMC; $\text{kg} \cdot \text{estatura}^{-2}$).

Aferiu-se também as dobras cutâneas (adipômetro Cescorf, Mitutoyo, Porto Alegre - RS), para cálculo do percentual de gordura e massa magra, utilizando o protocolo de Jackson; Pollock (1980) de sete dobras: subescapular, tricipital, peitoral, axilar média, suprailíaca, abdominal e femoral.

2.5 TESTE CARDIOPULMONAR DE EXERCÍCIO (TCPE)

O teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) foi realizado na esteira Inbra Sport Super ATL (Porto Alegre, Brasil) para, a partir dele, obter-se a medida direta do VO_2 máx e determinar variáveis como o consumo de oxigênio (VO_2), a produção de dióxido de carbono (CO_2), a razão de troca respiratória ($\text{RTR} = \text{VCO}_2/\text{VO}_2$) e as variáveis que serão analisadas com enfoque, ventilação pulmonar (VE), os equivalentes respiratórios de oxigênio (VE/VO_2) e dióxido de carbono (VE/VCO_2). Foi utilizado o protocolo de Bruce no teste, que determina inicialmente uma velocidade de 1,7 milhas por hora (mph) e uma inclinação de 5 ou 10%, sendo que a inclinação de 5% não é utilizada com indivíduos condicionados. No decorrer do teste, a inclinação foi aumentada em 2% e a velocidade em 0,8mph a cada 3 minutos, até que se alcançasse a inclinação de 18% e a velocidade de 5mph, ou a fadiga voluntária.

O analisador metabólico de gases *Cortex Metalyzer 3b* (Leipzig, Alemanha) foi utilizado para analisar, a partir da coleta respiração a respiração, as variáveis ventilatórias, com o auxílio do programa Metasoft™. Houve acompanhamento de um cardiologista durante todo o teste e incentivo verbal para os sujeitos na fase final do teste para que alcançassem o esforço máximo, identificado, por sua vez, pela presença de pelo menos três dos seguintes critérios: 1) exaustão voluntária; 2) 90% da frequência cardíaca máxima atingida ($220 - \text{idade}$); 3) obtenção de RER igual ou superior a 1,10; 4) consumo máximo de oxigênio, observado pelo conceito de platô ou pico (HOWLEY, 1995).

2.6 IDENTIFICAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO VENTILATÓRIO (LAV)

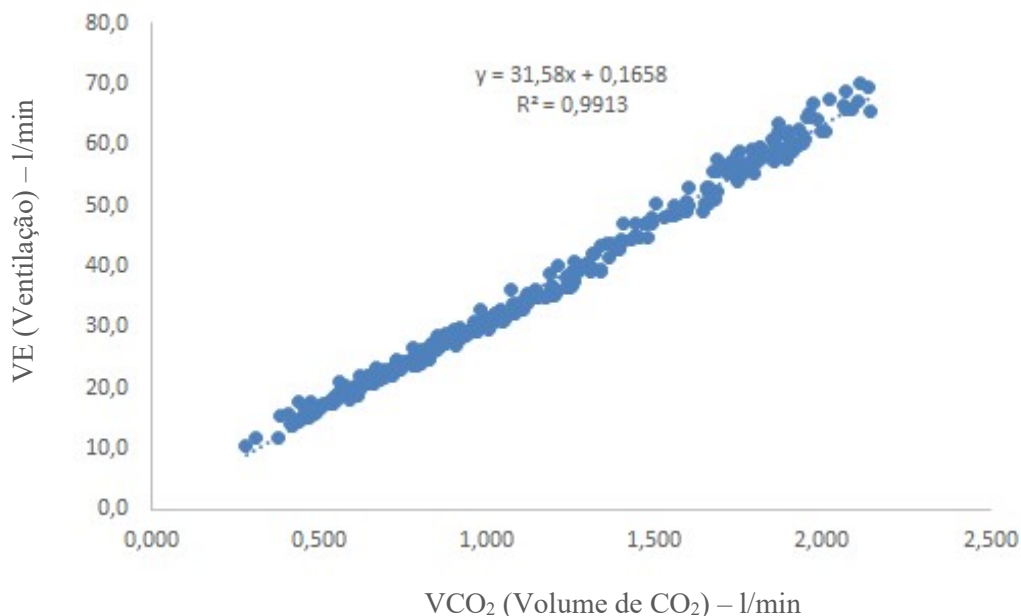
Três avaliadores experientes analisaram identificaram o limiar ventilatório de maneira independente e cega. Os dados foram analisados após dois minutos do TCPE,

para evitar erros advindos pelo atraso nos ajustes cardiorrespiratórios do início do exercício (WASSERMAN et al., 2005). Utilizou-se como critério de identificação computadorizada do LAV o aumento do VCO_2 em relação ao VO_2 (V -slope). Enquanto que o método de identificação visual empregado foi o aumento do equivalente ventilatório de O_2 (VE/VO_2) sem elevação do equivalente ventilatório de CO_2 (VE/VCO_2), (VEq). O comportamento de elevação da $PetO_2$, sem queda na $PetCO_2$ foi utilizado como critério secundário na identificação do LAV

2.7 DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA VENTILATÓRIA

Para quantificar a eficiência ventilatória calculou-se o *slope* da VE/VCO_2 ao longo do TCPE, por meio de regressão linear (Figura 2). Os valores dos dois minutos iniciais da VE/VCO_2 foram excluídos para se evitar o efeito do atraso inicial nos ajustes ventilatórios. Os dados foram coletados em amostras de valores médios de 30 segundos.

Figura 2 – Identificação do *slope* do VE/VCO_2 de uma participante. Regressão linear da relação VCO_2 (eixo X) e Ventilação (eixo Y).



2.8 PROTOCOLO DE TREINAMENTO

O protocolo de treinamento foi aplicado em 3 dias na semana (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira) por 10 semanas. Todas as sessões foram iniciadas com um período de aquecimento, constituído por alongamentos dinâmico, e encerradas com um desaquecimento, com alongamentos passivos e ativos. Aquecimento e desaquecimento tiveram duração de 5 minutos cada.

Antes do início do treinamento, foi realizada uma familiarização, com a duração de duas semanas, que consistiu em exercícios educativos para que as participantes assimilassem os movimentos e adquirissem a técnica correta dos exercícios do método KB que compuseram o plano de treinamento: o *swing* bilateral e o agachamento (*front squat*).

Após a familiarização, iniciou-se o treinamento com a fase Específica I (duração de 2 semanas). Durante esta fase, foi adotada a proporção de 30 segundos de estímulo e 30 segundos de intervalo. Foram realizadas duas séries, com cinco estímulos de *swing* e três estímulos de agachamento, respectivamente, com um intervalo de dois minutos entre as séries. Essa proporção de estímulo:intervalo foi mantida até o fim do treinamento.

Na quinta semana, a fase Específica II (duração de 4 semanas) foi iniciada, com 3 séries compostas por 5 estímulos, alternando *swing* e agachamento com dois minutos de intervalo entre cada série, sendo 3 estímulos de *swing* e 2 de agachamento.

A fase Específica III (duração de 4 semanas), foi iniciada na nona semana e foi semelhante à Específica II, diferindo-se apenas no intervalo entre as séries, que passou a ser de 1 minuto.

A progressão da intensidade do exercício do TKB, com quilagem inicialmente equivalente a 8kg, foi aumentada em 4 kg, cada vez que os seguintes critérios foram atendidos: 1) PSE – Percepção Subjetiva do Esforço, 2) cadência do *swing* e 3) execução da técnica. As participantes avaliaram o próprio esforço 5 minutos após o final de cada sessão de acordo com a escala de Borg de 10 pontos, na qual 0 corresponde a muito fraco e 10 um esforço muito, muito forte (BORG, 1982). Quando a avaliação da PSE foi ≤ 5 (BORG, 1982), a cadência de *swings* ≥ 23 repetições a cada 30 segundos de estímulo e a

técnica foi realizada corretamente, a carga era implementada (TATSOULINE, 2006; FUSI et al, 2017).

Além disso, a frequência cardíaca foi monitorada por um frequencímetro (POLAR® T31-CODED, Finlândia) no início da sessão, no final do saquecimento, no início e final de cada estímulo e ao final do desaquecimento.

2.9 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para as análises dos dados obtidos, foi realizado o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a distribuição de normalidade, o teste t de *Student* para comparar dados paramétricos e o teste de *Wilcoxon* pareado para dados não-paramétricos. O nível de significância adotado em todas as análises foi de 5% com o intervalo de confiança de 95%. Foi utilizado o *software* IBM SPSS *Statistics Version 2.0* para a realização das análises acima citadas.

3 RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta as respostas cardiorrespiratórias em dois momentos do exercício: submáximo (LAV) e esforço máximo. No esforço submáximo, observa-se que a velocidade se manteve igual, porém o tempo de duração do teste aumentou significativamente (14%). Constatou-se também, nesse mesmo momento, um aumento nos níveis de estresse metabólico, indicado pelas variáveis VE (14,4%), VCO₂ (12,6%), FC (6,0%), FR (12,5%), VE/VO₂ (9,2%) e VE/VCO₂ (5,3%). O VO₂ relativo se manteve semelhante nos dois momentos, e a PetO₂ apresentou um aumento discreto (3,8%). No momento de esforço máximo, foi possível observar uma elevação tanto no tempo (10%) quanto na carga aplicada ao teste (V) (8,8%), assim como nas variáveis VO₂ (8%), VE (10,6%), VCO₂ (7,2%), FR (11,6%), e PetO₂ (1,7%). A FC, o VC, o VE/VO₂, VE/VCO₂ e a PetCO₂ não apresentaram diferença significativa antes e depois do TKB no esforço máximo.

Tabela 2 – Comparação das respostas ao treinamento durante o teste cardiopulmonar de exercício.

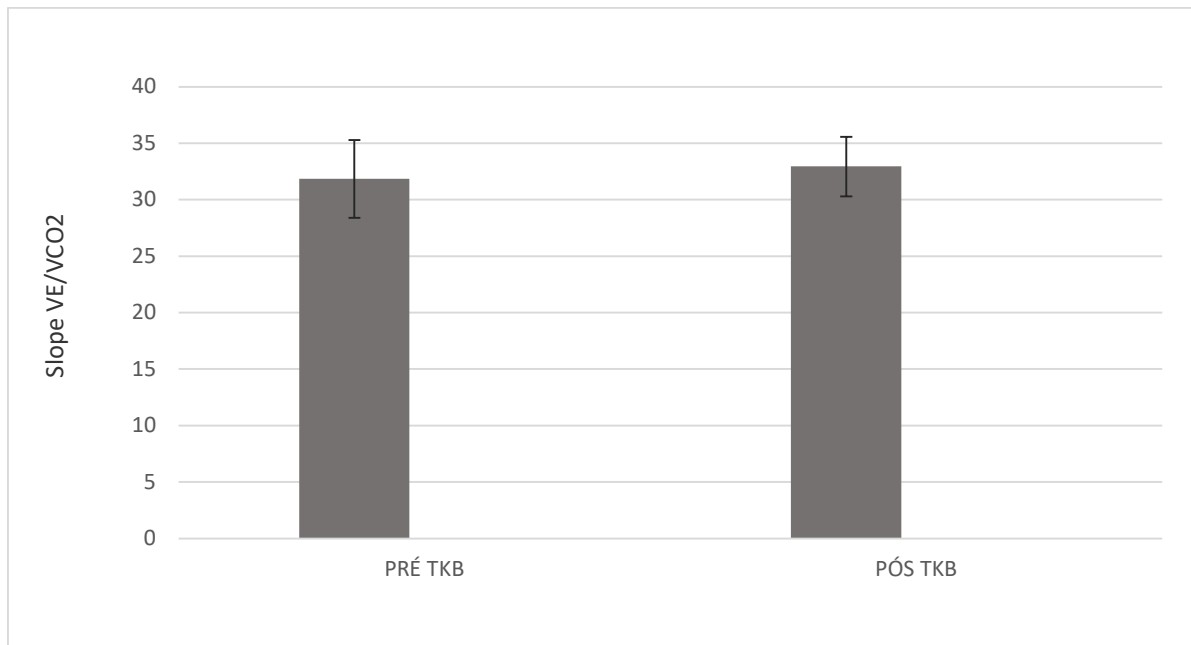
	LAV			Esforço Máximo		
	PRÉ	PÓS	P	PRÉ	PÓS	P
t (min)	4,5 ± 1,11	5,13 ± 0,94*	0,03	11,22 ± 1,67	12,34 ± 1,93*	0,00
V (km.h ⁻¹)	4,00 [0,00]	4,00 [0,00]	0,33	6,80 [1,20]	7,40 [1,20]*	0,04
FC (bpm)	134 ± 18	142 ± 13*	0,04	190 ± 9	192 ± 10	0,67
FC (%)	70,43 ± 8,02	74,08 ± 7,11	0,06	-	-	-
VO ₂ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	19,50 ± 3,10	20,69 ± 3,52	0,10	35,13 ± 5,10	37,94 ± 4,49*	0,00
VO ₂ (%)	56,02 ± 9,03	54,47 ± 6,08	0,48	-	-	-
VC (l)	1,08 [0,40]	1,08 [0,62]	0,50	1,82 ± 0,42	1,85 ± 0,37	0,33
FR (n°/min)	24 ± 3	27 ± 4*	0,00	43 ± 4	48 ± 8*	0,01
VE (l/min)	27,69 ± 7,82	32,36 ± 9,93*	0,01	78,9 ± 19,8	87,3 ± 19,1*	0,001
VE/VO ₂	21,13 ± 1,37	23,07 ± 1,84*	0,00	34,50 ± 3,83	35,18 ± 2,26	0,38
VE/VCO ₂	26,85 ± 1,80	28,26 ± 1,82*	0,03	30,23 ± 1,88	31,26 ± 1,95	0,11

VCO ₂ (l/min)	0,95 ± 0,25	1,07 ± 0,32*	0,03	2,49 ± 0,63	2,67 ± 0,59*	0,01
PetO ₂ (mmHg)	100,98 ± 2,25	104,82 ± 3,61*	0,00	115,23 ± 3,17	117,17 ± 2,13*	0,02
PetCO ₂ (mmHg)	37,75 [2,00]	37,00 [3,00] *	0,00	35,56 ± 2,43	34,38 ± 2,21	0,15

Valores apresentados em média ± desvio padrão ou mediana [amplitude interquartil]. LAV: Limiar Anaeróbio Ventilatório; PRÉ: PRÉ treinamento; PÓS: PÓS treinamento; p: diferença significativa; t: tempo; V: velocidade; FC: frequência cardíaca; VO₂: consumo de oxigênio relativo à massa corporal; VC: volume corrente; FR: frequência respiratória; VE: ventilação; VE/VO₂: equivalente ventilatório de oxigênio; VE/VCO₂: equivalente ventilatório de gás carbônico; VCO₂: volume de gás carbônico liberado; PetO₂: pressão do oxigênio no ar expirado; PetCO₂: pressão do gás carbônico no ar expirado.

A comparação do *slope* da VE/VCO₂ do teste não exibiu nenhuma modificação com o treinamento com KB ($31,85 \pm 3,45$ vs $32,94 \pm 2,64$; $p = 0,265$) (Figura 3).

Figura 3 – *Slope* da VE/VCO₂ Pré e Pós programa de treinamento com kettlebell.



4 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos de um TKB na EV e nos parâmetros de aptidão cardiorrespiratória. A EV é um indicador da economia da respiração, principalmente quando analisado o *slope* do comportamento dessa variável ao longo de um TCPE (BALADY et al., 2010). A hipótese de que haveria uma melhoria da EV com o TKB, considerando o intenso trabalho da musculatura respiratória, evocada por essa modalidade, não foi confirmada. A literatura destaca que as adaptações respiratórias ao treinamento aeróbio podem ocorrer em decorrência de redução na sensibilidade do metaborreflexo inspiratório, relacionado a aumento da capacidade oxidativa, da força e da resistência à fadiga, dos músculos respiratórios (RIBEIRO; CHIAPPA; CALLEGARO, 2012). Embora esses parâmetros não tenham sido analisados no presente estudo, era esperado que esses efeitos já descritos na literatura pudessem impactar na EV.

É possível que nossos achados não tenham sido condizentes com o que se esperava por se tratarem de mulheres jovens e saudáveis, que realizaram um esforço respiratório específico para o treinamento de força, sendo que os dados para cálculo da EV (*slope* da VE/VCO₂) foram coletados no TCPE, que consiste em um tipo de esforço diferente da especificidade do treinamento executado.

Ao contrário do que se esperava, nossos achados demonstraram que, na intensidade do limiar ventilatório (LAV), houve maior solicitação metabólica no esforço demonstrada pelo aumento nas variáveis de FC, FR, VE e naquelas relacionadas à troca gasosa, como VE/VO₂, VE/VCO₂, PetO₂ e menor PetCO₂. Esses resultados somados ao aumento no tempo para se atingir o limiar, sugerem uma participação anaeróbia mais significativa para realizar trabalho, possivelmente sem incremento na capacidade de tamponamento do lactato sanguíneo, após o treinamento.

O tamponamento do lactato é principalmente realizado pelo sistema tampão do bicarbonato de sódio (NaHCO₃⁻), que produz cerca de 22 ml adicionais de CO₂ para cada miliequivalente de ácido láctico tamponado pelo NaHCO₃⁻ durante o exercício (WASSERMAN, BEAVER; WHIPP, 1985). Dessa forma, a quantidade de CO₂ produzida aumenta quando a energia é fornecida predominantemente por vias anaeróbias, também denominado CO₂ não metabólico. Portanto, quando há tamponamento eficiente

ocorre a elevação da ventilação afinada com o aumento na produção de CO₂ não metabólico, ou seja, observa-se estabilidade na VE/VCO₂. Porém, quando a capacidade de tamponamento é exaurida com a progressão do exercício, que reduz a [NaHCO₃⁻] plasmático, instaura-se a acidose metabólica, caracterizada pelo aumento da concentração de íons hidrogênio livres ([H⁺]). O impulso respiratório também aumenta, causando hiperventilação em decorrência dos estímulos de acúmulo de H⁺ que sensibiliza os quimiorreceptores periféricos (WASSERMAN, BEAVER; WHIPP, 1985), e resulta em elevação da VE/VCO₂, aumento adicional da VE/VO₂ e queda da PetCO₂. Especula-se que no atual estudo, mesmo ainda não estando na intensidade da acidose metabólica, que corresponde ao limiar ventilatório II ou ponto de compensação ventilatória, o fato de as participantes após o TKB terem suportado um tempo adicional na mesma velocidade do LAV do período pré TKB, pode ter levado a maior solicitação do tamponamento e por isso uma resposta de acidose maior.

Foi observado também, aumento do VO_{2máx} (8,32%) que explica parcialmente os incrementos na capacidade de realizar trabalho no esforço máximo (tempo de duração do teste: 10,29% e velocidade máxima: 5,49%), pois a elevação da VE (11,92%) foi superior, possivelmente por efeito do aumento do VCO₂ e queda do pH, porém esse último não foi analisado neste estudo. Essas informações nos levam a sugerir que há também um aumento na capacidade anaeróbia de produção de trabalho no esforço máximo.

Falatic et al. (2015) também constataram melhoria no VO_{2máx} com programas de TKB, mas com elevações menores do que a de nosso estudo (6,3%), provavelmente por diferenças no programa de treinamento e na duração do treino (4 semanas) e pela amostra ser composta por atletas, que geralmente possuem uma menor amplitude de adaptação. No presente estudo evidenciou-se aumento de 8,32% no VO_{2máx}, mas isso não refletiu no *slope* da VE/VCO₂, o que demonstra a ausência de adaptações ventilatórias ao longo do esforço progressivo, mesmo com melhorias na aptidão cardiorrespiratória. Destaca-se ainda que os valores de *slope* da VE/VCO₂ encontrados no presente estudo (31,85 ± 3,45 vs 32,94 ± 2,64), poderiam classificar as participantes como fora dos valores de normalidade, se considerado o ponto de corte apresentado por Balady et al. (2010) (*slope* > 30), mas não para CHUAN et al. (1997) (*slope* > 34). Contudo, valores semelhantes também foram encontrados na literatura atribuídos a mulheres jovens saudáveis (MOUROT et al., 2004), o que sugere que esses pontos de corte apresentados são úteis apenas para indivíduos com patologias.

5 CONCLUSÃO

Levando em consideração a discussão apresentada, conclui-se que o programa de TKB estudado é eficiente para melhorar a aptidão cardiorrespiratória, mas não apresenta efeitos na melhoria da EV.

REFERÊNCIAS

BALADY, Gary J. et al. Clinician's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults. **Circulation**, [s.l.], v. 122, n. 2, p.191-225, 13 jul. 2010. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1161/cir.0b013e3181e52e69>.

BARBOSA, F P; CRUZ, M do S L. Protocolo de rampa vs escalonado: análise do consumo de oxigênio e frequência cardíaca em jovens. **R. bras. Ci. e Mov** 2016;24(2):81-88.

BELTZ, N.; ERBES, D.; PORCARI, J. P.; MARTINEZ, R.; DOBERSTEIN, S.; FOSTER, C. Kettlebell training on aerobic capacity, muscular strength, balance, flexibility, and body composition. **Journal of Fitness Research**, v. 2, n. 2, 2013.

BOUTELLIER, Urs; PIWKO, Paul. The respiratory system as an exercise limiting factor in normal sedentary subjects. **European Journal Of Applied Physiology And Occupational Physiology**, Zurich, Switzerland, p.145-152, 14 out. 1992.

CAMPOS, Jeniffer L. et al. Effects of mat Pilates training and habitual physical activity on thoracoabdominal expansion during quiet and vital capacity breathing in healthy women. **The Journal of Sports Medicine And Physical Fitness**, [s.l.], v. 59, n. 1, p.1-15, dez. 2018. Edizioni Minerva Medica. <http://dx.doi.org/10.23736/s0022-4707.17.07908-7>

CHANAVIRUT, R et al. Yoga exercise increases chest wall expansion and lung volumes in young healthy thais. **Thai Journal of Physiological Sciences**, Khon Kaen, Thailand, v. 19, n. 1, p.1-7, abr. 2006.

CHEN, Hung-ting et al. Effects of 8-week kettlebell training on body composition, muscle strength, pulmonary function, and chronic low-grade inflammation in elderly women with sarcopenia. **Experimental Gerontology**, [s.l.], v. 112, p.112-118, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.exger.2018.09.015>.

CHLIF, Mehdi; CHAOUACHI, Anis; AHMAIDI, Said. Effect of Aerobic Exercise Training on Ventilatory Efficiency and Respiratory Drive in Obese Subjects. **Respiratory Care**, [s.l.], v. 62, n. 7, p.936-946, 25 abr. 2017. Daedalus Enterprises. <http://dx.doi.org/10.4187/respcare.04923>.

CHUA, Tuan Peng et al. Clinical Correlates and Prognostic Significance of the Ventilatory Response to Exercise in Chronic Heart Failure. **Journal Of The American College Of Cardiology**. Londres, Inglaterra, p. 1585-1590. jun. 1997.

DANIELS, J. T., YARBROUGH, A., FOSTER, C.: Changes in VO₂ max and running performance with training. **European Journal Applied Physiology**. n. 39, p. 249-254, 1978.

ECKERT, R. M.; SNARR, R. L. Kettlebell training: a brief review. **Jornal of Sport and Human Performance**, v. 14, n. 3, p. 1-10, 2016.

FUSI, Flor et al. Respostas cardiopulmonares agudas ao exercício com kettlebell. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, [s.l.], v. 39, n. 4, p.408-416, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbce.2017.08.002>.

KOCH, B. et al. Reference values for cardiopulmonary exercise testing in healthy volunteers: the SHIP study. **European Respiratory Journal**, [s.l.], v. 33, n. 2, p.389-397, 17 set. 2008. European Respiratory Society (ERS). <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.00074208>.

KATCH, V., WELTMAN, A., SADY, S., FREEDSON, P.: Validity of the relative percent concept for equating training intensity. **European Journal of Applied Physiology**. n. 39, p. 219-227 1978.

MCARDLE, William D.; KATCH, Frank I.; KATCH, Victor L.. **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano**. 5. ed. Nova Iorque: Guanabara Koogan, 2001. 1113 p.

MOUROT, L, et al. Evaluation of Fitness Level by the Oxygen Uptake Efficiency Slope After a Short-Term Intermittent Endurance Training. **International Journal Of Sports Medicine**, [s.l.], v. 25, n. 2, p.85-91, fev. 2004. Georg Thieme Verlag KG. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2004-819943>

RIBEIRO, Jorge P.; CHIAPPA, Gaspar R.; CALLEGARO, Carine C.. Contribuição da musculatura inspiratória na limitação ao exercício na insuficiência cardíaca: mecanismos fisiopatológicos. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 16, n. 4, p.261-267, ago. 2012.

PRADO, Dm et al. The influence of aerobic fitness status on ventilatory efficiency in patients with coronary artery disease. **Clinics**, [s.l.], v. 70, n. 1, p.46-51, 9 fev. 2015. Fundacao Faculdade de Medicina. [http://dx.doi.org/10.6061/clinics/2015\(01\)09](http://dx.doi.org/10.6061/clinics/2015(01)09).

SAUER, Deborah; PEREZ, Anselmo José; CARLETTI, Luciana. Efeito do treinamento sobre a eficiência ventilatória de indivíduos saudáveis. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [s.l.], v. 20, n. 6, p.470-473, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1517-86922014200601814>.

ŠENTIJA, Davor; VUČETIĆ, Vlatko; DAJAKOVIĆ, Stipo. Can an incremental kettlebell swinging test be used to assess aerobic capacity? **Kinesiology in Physical Conditioning**, Zagreb, Croatia, p.656-658, 2017.

SILVA, P. et al. A importância do limiar anaeróbio e do consumo máximo de oxigênio (VO₂ máx) em jogadores de futebol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 5, n. 11, p. 225–232, 1999.

TEGTBUR, Uwe; BUSSE, Martin W.; BRAUMANN, Klaus M.. Estimation of a individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine And Science In Sports And Exercise**, Hannover, Germany, p.620-627, set. 1992.

THOMAS, J. F.; LARSON, K. L.; HOLLANDER, D. B.; KRAEMER, R. R. Comparison of two-hand kettlebell exercise and graded treadmill walking: effectiveness as a stimulus for cardiorespiratory fitness. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Lincoln, v. 28, n. 4, p. 998-1006, 2014.

TSATSOULINE, Pavel. **Enter the Kettlebell!**: Strength Secret of Soviet Supermen. St. Paul, Mn: Dragon Door Publications, Inc, 2006. 177 p.

WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Detecting the Threshold of Anaerobic Metabolism in Cardiac Patients During Exercise *. **The American Journal of Cardiology**, Dallas, v. 14, p. 844–852, 1964.

WASSERMAN, Karlman; BEAVER, William L.; WHIPP, Brian J.. Mechanisms and patterns of blood lactate increase during exercise in man. **Medicine And Science In Sports And Exercise**, Torrance, Ca, v. 18, n. 3, p.344-352, out. 1985.

