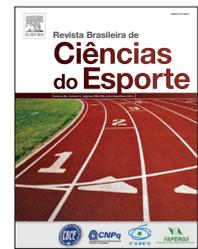




Revista Brasileira de  
**CIÊNCIAS DO ESPORTE**

www.rbceonline.org.br



ARTIGO ORIGINAL

## Efeito de três periodizações do treinamento aeróbico sobre o limiar ventilatório

Deborah Sauer<sup>a,\*</sup>, Anselmo José Perez<sup>b</sup>, Luciana Carletti<sup>b</sup>, Wallace David Monteiro<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Laboratório de Fisiologia do Exercício, Centro de Educação Física e Desportos, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil

<sup>b</sup>Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Centro de Educação Física e Desportos, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil

<sup>c</sup>Departamento de Desportos Individuais, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Recebido em 18 de julho de 2013; aceito em 24 de setembro de 2013

### PALAVRAS-CHAVE

Limiar anaeróbico;  
Consumo de oxigênio;  
Exercício;  
Aptidão física

### KEYWORDS

Anaerobic threshold;  
Oxygen consumption;  
Exercise;  
Physical fitness

**Resumo** Objetivou-se comparar o efeito do treinamento aeróbico com diferentes progressões da intensidade sobre o limiar ventilatório ( $VO_{2LV}$ ) e  $VO_{2pico}$ . Quarenta e oito homens foram distribuídos nos grupos crescente (GCRES), ondulatorio (GOND) e escalonado (GESC), e avaliados antes e após treze semanas de treinamento, realizado três vezes por semana por trinta minutos. Os limites inferior e superior da intensidade foram iguais nos três grupos (65-90% da  $FC_{máx.}$ ), porém a progressão foi estruturada diferentemente, fazendo com que as cargas de treinamento fossem distintas. Houve aumento do LV (GOND  $29 \pm 4$  vs.  $32 \pm 4$ ; GCRES  $30 \pm 4,6$  vs.  $34 \pm 5,7$ ; GESC  $32,8 \pm 4,6$  vs.  $35,7 \pm 5$ .  $mL.kg^{-1}.min^{-1}$ ) e  $VO_{2pico}$  (GOND  $52,6 \pm 7$  vs.  $57,8 \pm 10$ ; GCRES  $53 \pm 10$  vs.  $57,7 \pm 10$ ; GESC  $54 \pm 8$  vs.  $61,5 \pm 9$   $mL.kg^{-1}.min^{-1}$ ) dos três grupos, sem diferenças entre eles. Os três protocolos foram eficazes no aumento do LV e  $VO_{2pico}$  apesar das diferenças nas cargas de treinamento.

© 2014 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

### Effect of three different periodization of endurance training on ventilatory threshold

**Abstract** This study aimed to compare the effect of aerobic training with different progressions of intensity on ventilatory threshold ( $VO_{2VT}$ ) and  $VO_{2peak}$ . 48 men were divided into groups: incremental progression (INC), undulatory (UND) and stepped (STEP), and evaluated before and after 13 weeks of training, performed three times a week for 30 minutes. The lower and upper limit of the intensity were equal in all groups (65-90%  $HR_{max.}$ ), but the progression was structured differently, making the training loads were distinct. There was an increase in both, VT (UND  $29 \pm 4$  vs.  $32 \pm 4$ ; INC  $30 \pm 4.6$  vs.  $34 \pm 5.7$ ; STEP  $32.8 \pm 4.6$  vs.  $35.7 \pm 5$ .  $mL.kg^{-1}.min^{-1}$ ) and  $VO_{2peak}$  (UND  $52.6 \pm 7$  vs.  $57.8 \pm 10$ ; INC  $53 \pm 10$  vs.  $57.7 \pm 10$ ; STEP  $54 \pm 8$  vs.  $61.5 \pm 9$   $mL.kg^{-1}.min^{-1}$ ) in the three groups, with no differences between them. The three protocols were effective in increasing the VT and  $VO_{2peak}$  despite differences in training loads.

© 2014 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

\* Autor para correspondência.

E-mail: sauerdeborah@hotmail.com (D. Sauer).

**PALABRAS CLAVE**

Umbral anaeróbico;  
Consumo de oxígeno;  
Ejercicio;  
Aptitud física

**Efecto de tres periodizaciones del entrenamiento aeróbico en el umbral ventilatorio**

**Resumen** El objetivo fue comparar el efecto del entrenamiento aeróbico con diferentes progresiones de intensidad sobre el umbral ventilatorio. 48 hombres fueron divididos en grupos llamados, creciente (GCREC), ondulado (GOND) y escalonado (GESC), y evaluados antes y después de 13 semanas de entrenamiento, realizada tres veces a la semana durante 30 minutos. El límite inferior y superior de la intensidad fue similar en los tres grupos (65-90% da FCmáx.), pero el avance fue estructurado de manera diferente, haciendo las cargas de entrenamiento eran distintas. Hubo aumento del LV (GOND  $29 \pm 4$  vs.  $32 \pm 4$ ; GCREC  $30 \pm 4,6$  vs.  $34 \pm 5,7$ ; GESC  $32,8 \pm 4,6$  vs.  $35,7 \pm 5$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) y VO<sub>2</sub>pico (GOND  $52,6 \pm 7$  vs.  $57,8 \pm 10$ ; GCREC  $53 \pm 10$  vs.  $57,7 \pm 10$ ; GESC  $54 \pm 8$  vs.  $61,5 \pm 9$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) en los tres grupos, sin diferencias entre ellos. Los tres protocolos fueron eficaces en el aumento de LV e VO<sub>2</sub>pico a pesar de las diferencias en la carga de entrenamiento.

© 2014 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos los derechos reservados.

**Introdução**

O consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>máx.) é um dos principais determinantes para a mensuração da resistência aeróbia, sendo considerado modelo de referência para essa finalidade (Midgley; McNaughton; Wilkinson, 2006). Entretanto, tem sido sugerido na literatura que indicadores submáximos de esforço, como o VO<sub>2</sub> associado ao limiar ventilatório (LV) ou ao limiar de lactato (LL), representam índices mais precisos para avaliação da resistência aeróbia do que o próprio VO<sub>2</sub>máx. (Aunola *et al.*, 1988; Londeree, 1997; Gaskill *et al.*, 2001; Bosquet; Gamelim; Berthoin, 2007). O fato de que o LV pode aumentar, sem mudanças no VO<sub>2</sub>máx. (Davis *et al.*, 1979; Denis *et al.*, 1982), e que indivíduos com o mesmo VO<sub>2</sub>máx. não necessariamente sustentam a mesma porcentagem do VO<sub>2</sub> para a mesma duração do esforço (Davis *et al.*, 1979; Di Prampero *et al.*, 1986; Bosquet; Gamelim; Berthoin, 2007) demonstra mais sensibilidade do LV em relação aos efeitos do treinamento e ao nível de condicionamento, e tende a evidenciar que essa capacidade submáxima é independente do VO<sub>2</sub>máx. (Di Prampero *et al.*, 1986).

O aumento do LV com o treinamento ocorre devido a adaptações metabólicas e bioquímicas no músculo esquelético (Holloszy; Coyle, 1984), que por sua vez são dependentes da intensidade do treinamento (Poole; Gaesser, 1985).

A partir da década de 1970, observa-se um grande número de estudos avaliando os efeitos do treinamento sobre o LV de indivíduos com diferentes perfis fisiológicos (Davis *et al.*, 1979; Denis *et al.*, 1982; Ready; Quinney, 1982; Smith; O'Donnell, 1984; Gaesser; Poole; Gardner, 1984; Golden; Vaccaro, 1984; Poole; Gaesser, 1985; Gaskill *et al.*, 2001; Hansen *et al.*, 2003). Desses trabalhos embora alguns tenham abordado uma comparação entre métodos de treinamento (Poole; Gaesser, 1985) ou intensidades mais eficazes em aumentar o LV (Golden; Vaccaro, 1984; Gaskill *et al.*, 2001; Hansen *et al.*, 2003), nenhum deles discute a influência das formas de aplicação da sobrecarga na intensidade do esforço sobre as respostas adaptativas na aptidão cardiorrespiratória. A consideração do princípio da sobrecarga é importante para a maximização das adaptações ao treinamento (McNicol *et al.*, 2009). Embora esse conceito esteja apoiado principalmente em evidências empíricas e intuitivas (Borres-

sen; Lambert, 2009), está bem estabelecido que no decorrer do treinamento seja preciso superar um limiar de adaptação para o aumento dos determinantes fisiológicos.

Hickson *et al.* (1981), por exemplo, demonstraram que o VO<sub>2</sub>máx. aumenta após três semanas de treinamento de *endurance*, mas atinge um platô pela quarta semana se a intensidade inicial for mantida constante. Mc Nicol *et al.* (2009), ao compararem um regime de treinamento em que a intensidade foi progressivamente elevada, com um regime em que a intensidade foi mantida constante, verificaram que ambos os treinamentos aumentaram similarmente o VO<sub>2</sub>máx.; porém apenas o regime de aumento progressivo da intensidade foi eficaz em aumentar o VO<sub>2</sub> e a velocidade relativa ao LL. Em perspectivas diferentes, esses trabalhos salientam que as adaptações responsáveis por mudanças nos parâmetros máximos e submáximos podem ser inibidas ou atenuadas se a intensidade não é progressivamente elevada. No entanto, embora esses estudos ressaltem a importância da aplicação da sobrecarga, até o momento, o efeito de diferentes formas de periodização da progressão da intensidade sobre parâmetros associados à resistência aeróbia não foi esclarecido.

Assim, com base no estudo de Perez (2013), esse trabalho propõe três formas de periodização do incremento da intensidade: a dinâmica de progressão crescente caracterizada pelo aumento linear e contínuo da intensidade, a progressão ondulatória marcada pela presença de semanas de redução na intensidade entre os períodos de incremento e a progressão escalonada, definida pela presença de semanas de estabilização da intensidade. A diferença principal entre essas três periodizações é que a progressão crescente induz a uma maior quantidade de semanas de treinamento em intensidades mais elevadas, pelo fato dos incrementos serem menos graduais. Desse modo, tendo em vista que a magnitude do aumento do consumo de oxigênio no LV (VO<sub>2</sub>LV) é intensidade-dependente (Davis *et al.*, 1979; Londeree, 1997; Gaskill *et al.*, 2001), levantou-se a hipótese de que treinar com intensidades mais elevadas por mais tempo, por meio da progressão crescente, iria potencializar o aumento do VO<sub>2</sub>LV. Adicionalmente, levando em consideração que o incremento do VO<sub>2</sub>LV e VO<sub>2</sub>pico não necessariamente apresenta o mesmo padrão em relação à evolução temporal e quantidade de mudança (Davis *et al.*, 1979; Denis *et al.*,

1982; Smith; O'Donnel, 1984), foi hipotetizado que a magnitude das alterações no  $\text{VO}_2\text{pico}$  e  $\text{VO}_2\text{LV}$  intragrupo seriam diferentes, em favor de um aumento superior no  $\text{VO}_2\text{LV}$ .

No intuito de esclarecer tais questões, esse trabalho teve como objetivo comparar o efeito do treinamento aeróbio, com diferentes modelos de progressão da intensidade sobre o  $\text{VO}_2\text{LV}$  e  $\text{VO}_2\text{pico}$  de indivíduos saudáveis.

## Materiais e métodos

### Amostra

A amostra foi composta por 67 homens, aparentemente saudáveis, pertencentes ao Corpo de Bombeiros Militar - ES, com média de idade de  $24,4 \pm 4,6$  anos. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética, do Centro de Ciências da Saúde - CCS/UFES (Parecer n° 1.102/98). Todos os objetivos e procedimentos da pesquisa foram explicados detalhadamente aos indivíduos, que concordaram com a participação no estudo assinando um termo de consentimento livre e esclarecido em que estavam explícitos os potenciais riscos e benefícios à saúde associados ao estudo. Os indivíduos foram considerados ativos, com base na aplicação do questionário internacional de atividade física (IPAQ) versão curta, porém nenhum deles tinha participação sistemática em programas de exercícios antes do estudo. Como critérios de exclusão foram considerados: a evidência de comprometimentos osteoarticulares, doenças cardiovasculares ou metabólicas, participação em outro programa de exercícios durante o treinamento, terapia farmacológica com betabloqueadores e frequência inferior a 85% do total das sessões de treinamento. Os indivíduos foram distribuídos aleatoriamente em três grupos: grupo ondulatório (GOND,  $n = 23$ ), grupo crescente (GCRES,  $n = 22$ ) e grupo escalonado (GESC,  $n = 22$ ). Em função dos critérios de exclusão, ao final do estudo o número de indivíduos no GOND, GCRES e GESC foi 18, 15 e 15, respectivamente. O cálculo amostral realizado teve como base a variável  $\text{VO}_2\text{LV}$  em  $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , considerando um nível de confiança de 95% e um poder de 20%, capaz de detectar uma diferença de 5% entre os grupos. Para tanto, tendo como base o trabalho de Gaskill *et al.* (2001), foi utilizado no cálculo amostral um desvio-padrão de  $4,5 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  para a variável  $\text{VO}_2\text{LV}$ , o que, por sua vez, teve como resultado a necessidade de pelo menos treze indivíduos em cada grupo.

### Avaliação antropométrica

A massa corporal e a estatura foram medidas em uma balança com toesa, da marca Welmy (Santa Bárbara d'Oeste, SP, Brasil) com precisão de 0,1 kg e 0,1 cm, respectivamente. A partir desses dados foi possível calcular o índice de massa corporal ( $\text{IMC kg}/\text{altura}^2$ ).

### Teste cardiopulmonar de exercício (TCPE)

Inicialmente foi realizado um eletrocardiograma (ECG) de repouso (sistema TEB, modelo SM 400, Porto Alegre, RS,

Brasil), nas doze derivações convencionais. Após o ECG, era acoplado um pneumotacômetro na cavidade oral dos participantes, acompanhado de um clip nasal para as medidas ventilatórias, em seguida o avaliado ficava em pé durante três minutos (pré-esforço) e era realizado o TCPE, por meio do protocolo de Bruce (Bruce; Kusumi; Hosmer, 1973), em esteira com monitoração contínua da FC através do intervalo R-R obtido pelo ECG, utilizando derivações simultâneas em MC5, D2M e V2M. Foram realizados dois testes, um imediatamente antes do início do programa de treinamento (teste 1 - T1), e outro após o término (teste 2 - T2), sendo que ambos foram executados em um ambiente com temperatura controlada e no mesmo período do dia.

Os critérios para aceitar o TCPE como máximo incluíram: a) exaustão voluntária; b)  $\text{FCmáx.}$  atingida no teste estar pelo menos a 90% da prevista para a idade (220-idade); c) razão de troca respiratória (RTR) igual ou acima de 1,1 (Howley; Bassett; Welch, 1995).

### Análise dos gases expirados

A mensuração dos volumes de oxigênio e de gás carbônico (circuito aberto) foi feita pelo analisador de gases *AeroSport TEEM 100 Total Metabolic Analysis System* (Aerosport, Ann Arbor, MI, USA), com pneumotacômetro de fluxo médio (Novitsky *et al.*, 1995). A amostragem ventilatória dos gases expirados foi calculada em média de 20 segundos, sendo a análise realizada com ajuda do programa Aerograph, V 2.06. A unidade do *Aerosport TEEM 100* foi calibrada pelo método GASCAL+ZERO (calibração de circuito fechado), através de gás de calibração (cilindro de  $\%O_2$  e  $\%CO_2$  original, fornecido pelo fabricante).

### Determinação do limiar ventilatório (LV)

O LV foi determinado sempre pelos mesmos dois avaliadores e de forma independente, utilizando como critério o método visual da perda da linearidade da relação entre o consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono (*V-Slope*) (Beaver; Wasserman; Whipp, 1986). Para apoiar a confirmação do limiar pelo *V-Slope*, também foi utilizado o ponto mais baixo do equivalente ventilatório de oxigênio ( $\text{VE}/\text{VO}_2$ ) antes da elevação sustentada e sem aumento concomitante do equivalente ventilatório de dióxido de carbono ( $\text{VE}/\text{VCO}_2$ ) (Caiozzo *et al.*, 1982)

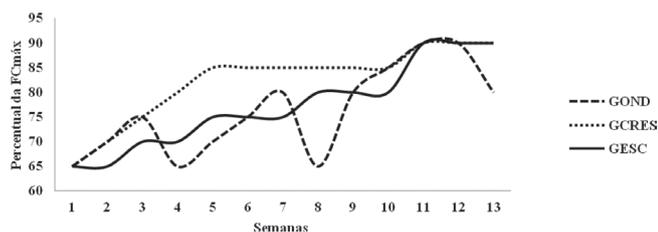
### Programa de treinamento

O programa de treinamento foi realizado por meio de caminhada e/ou corrida em percurso plano de piso asfáltico, durante treze semanas, três vezes por semana, em sessões de trinta minutos de estímulo. Para os três grupos foi utilizado o método de treinamento contínuo tendo como limite inferior e superior da intensidade entre 60-65% e 85-90% da  $\text{FCmáx.}$  atingida no TCPE, respectivamente, levando em consideração as recomendações do Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM) (Garber *et al.*, 2011). No entanto, dentro desses limites, os grupos tiveram diferentes estruturas em relação à progressão da intensidade. Na figura 1 é exibido o modelo de progressão

da intensidade de cada grupo ao longo das semanas de treinamento e na tabela 1 a descrição dos protocolos de periodização com a respectiva distribuição da intensidade. Conforme exibido na figura 1, o GCRES teve uma progressão caracterizada pelo incremento linear e contínuo da intensidade, enquanto no GOND é evidenciada a presença de semanas de redução na intensidade entre os períodos de incremento; no GESC, a presença de semanas de estabilização da intensidade entre os incrementos. Essa distribuição de intensidade fez com que o GCRES treinasse três semanas na zona de intensidade considerada como moderada (64-76% da FCmáx.) pelo ACSM e dez semanas na zona intensa (77-95% da FCmáx.); o GESC, sete semanas na zona moderada e seis semanas na zona intensa; e o GOND, oito semanas na zona moderada e apenas cinco na zona intensa. Essa diferença de carga de treinamento foi proposital, considerando a hipótese do estudo. O controle da intensidade foi efetuado por meio de monitores de frequência cardíaca (FC) da marca Polar, modelos *beat*, *accurex* e *accurex plus* (Kempele, Finlândia), conforme habitualmente padronizado (Garber *et al.*, 2011).

## Análise estatística

Após teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, utilizouse para análise intragrupo das variáveis o teste t de *Student* para dados pareados. A análise de variância de uma via (ANOVA *one way*) foi utilizada em três situações: 1) para verificar se os grupos eram equivalentes antes do treinamento (T1) em relação às características etárias e antropométricas (idade, IMC e massa corporal), VO<sub>2</sub>pico, VO<sub>2</sub>LV, percentual do VO<sub>2</sub>pico medido no LV (%VO<sub>2</sub>LV), FC no LV (FCLV) e percentual da FCmáx. medida no LV (%FCLV); 2) comparar se houve diferença entre os grupos após a intervenção (T2),



**Figura 1** Modelo de progressão da intensidade relativa à FCmáx. ao longo das treze semanas de treinamento para os grupos ondulatório (GOND), crescente (GCRES) e escalonado (GESC).

nas mesmas variáveis citadas para T1 e 3) comparação da magnitude das possíveis alterações, ou seja o delta ( $\Delta = T2 - T1$ ) das variáveis em análise, entre os três grupos. Em caso de significância estatística seriam realizadas comparações utilizando o método *post hoc* de *Tukey*. Adicionalmente, para comparar a magnitude da alteração absoluta no VO<sub>2</sub>LV e VO<sub>2</sub>pico ( $\Delta$ VO<sub>2</sub>LV e  $\Delta$ VO<sub>2</sub>pico) dentro de cada grupo, utilizou-se o teste t de *Student* para dados pareados. Em todos os testes foi adotado um nível de significância de 5%. Os dados são apresentados em média  $\pm$  desvio-padrão (DP). Os cálculos estatísticos foram realizados com o programa Sigma Stat, versão 3.5, *Systat Software Inc.* (San José, Estados Unidos).

## Resultados

Na tabela 2, estão descritas as características antropométricas e etárias. A idade dos sujeitos variou entre 20 e 43 anos, sem diferenças nas médias entre os grupos. Da mesma forma, a massa corporal e o IMC não foram diferentes entre os grupos.

Na figura 2, são exibidos dados referentes ao tempo gasto em minutos pelos grupos, durante o treinamento nas zonas de intensidade moderada e intensa. Como pode ser observado, o GOND treinou a metade do tempo que o GESC em alta intensidade. Por sua vez, o GESC treinou um terço do tempo a menos que o GCRES em alta intensidade.

A tabela 3 exhibe os dados referentes ao aumento do VO<sub>2</sub>pico nos diferentes grupos. Os três grupos partiram de valores de VO<sub>2</sub>pico similares, sendo encontrado aumento de 9,9% no GOND, 9% no GCRES e 13,5% no GESC. No entanto, a magnitude do aumento do VO<sub>2</sub>pico, ou seja, o delta das alterações, não diferiu entre os grupos, como constatado na tabela 4.

Similarmente, não havia diferença nos valores iniciais de VO<sub>2</sub>LV entre os grupos. Após o treinamento houve aumento do VO<sub>2</sub>LV para todos os grupos (tabela 3). O aumento do GOND, GCRES e GESC foi 10,6%, 13,7% e 8,8%, respectivamente. Entretanto, não houve diferenças entre os grupos, em relação à magnitude do aumento do VO<sub>2</sub>LV (tabela 4). Além disso, não houve alterações no %VO<sub>2</sub>LV, FC<sub>LV</sub> e %FC<sub>LV</sub> (tabela 3). Na tabela 4, pode-se observar que, quando comparada, a magnitude da alteração absoluta ( $\Delta$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) intragrupo, no VO<sub>2</sub>pico e VO<sub>2</sub>LV, não foi diferente no GOND e no GCRES; entretanto no GESC o aumento do VO<sub>2</sub>pico foi maior do que o encontrado no VO<sub>2</sub>LV.

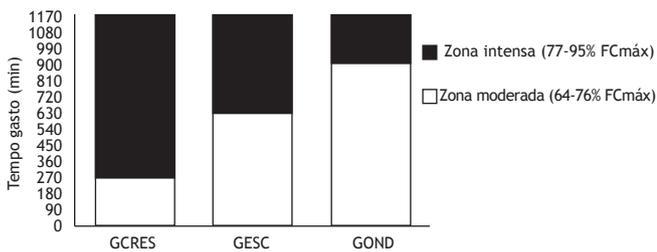
**Tabela 1** Protocolos de treinamento com a distribuição da intensidade semanal relativa à FCmáx. para cada grupo.

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
GOND	60-65%	65-70%	70-75%	60-65%	65-70%	70-75%	75-80%	60-65%	75-80%	80-85%	85-90%	75-80%	
GCRES	60-65%	65-70%	70-75%	75-80%			80-85%					85-90%	
GESC	60-65%		65-70%			70-75%			75-80%			85-90%	

**Tabela 2** Caracterização antropométrica e etária dos grupos.

Parâmetros	GOND	GCRES	GESC
Idade (anos)	24,5 ± 3,3	26,3 ± 6,6	22,5 ± 2,9
Massa Corporal (kg)	70,3 ± 10,6	69,5 ± 11	68,6 ± 14,1
Estatura (m)	1,80 ± 0,05	1,76 ± 0,06	1,75 ± 0,07
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	21,6 ± 2,9	22,3 ± 2,9	22,3 ± 4,2

Valores em média ± DP. ANOVA *one way* (diferenças não significativas entre grupos considerando  $p < 0,05$ ).



**Figura 2** Tempo gasto em minutos, pelo grupo crescente (GCRES), escalonado (GESC) e ondulatorio (GOND), respectivamente, nas zonas de intensidade relativas à FCmáx., classificadas como moderada e intensa durante as treze semanas de treinamento.

## Discussão

Este trabalho objetivou avaliar os efeitos do treinamento aeróbio com progressão de intensidade ondulatoria, crescente e escalonada sobre o VO<sub>2</sub>LV e VO<sub>2</sub>pico de indivíduos saudáveis.

Como demonstrado, houve elevação do VO<sub>2</sub>LV nos três grupos, mas sem diferença na magnitude do aumento entre eles. Assim, apesar do GCRES ter treinado com maior intensidade por mais tempo, a hipótese de que isso potencializaria o aumento do LV nesse grupo não foi confirmada. O mesmo comportamento foi verificado para o VO<sub>2</sub>pico, que aumentou de forma similar entre os três grupos.

É importante destacar que em função de divergências metodológicas (i.e., diferenças em relação a perfil da amostra, ergômetro, duração do estudo, métodos de treinamento, frequência semanal, intensidade, duração da sessão, forma de prescrição e progressão da intensidade) não foram encontrados estudos que permitissem uma comparação direta com os dados do presente trabalho. Portanto, as comparações utilizadas neste estudo partem da análise de pontos em comum e devem ser vistas com cautela.

Nesse contexto, com base na literatura disponível, o presente estudo está em contraste com a tendência observada em alguns trabalhos em mostrar maior magnitude no aumento do VO<sub>2</sub>LV nos grupos que se exercitaram com maior intensidade, por meio do treinamento intervalado (Poole; Gaesser, 1985) ou contínuo de alta intensidade (Gaskill *et al.*, 2001).

**Tabela 3** Comparação das médias dos parâmetros cardiorrespiratórios antes e após treze semanas de treinamento nos grupos ondulatorio, crescente e escalonado.

Grupos	Ondulatorio (n = 18)		Crescente (n = 15)		Escalonado (n = 15)	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
VO <sub>2</sub> pico (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	52,6 ± 6,8	57,8 ± 10,4 <sup>a</sup>	52,9 ± 10,2	57,7 ± 10,4 <sup>a</sup>	54,2 ± 8,1	61,5 ± 8,7 <sup>a</sup>
VO <sub>2</sub> LV (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	29,1 ± 4,3	32,2 ± 4,1 <sup>a</sup>	29,9 ± 4,6	34 ± 5,7 <sup>a</sup>	32,8 ± 4,7	35,7 ± 4,9 <sup>a</sup>
%VO <sub>2</sub> LV	55,5 ± 5	58,4 ± 7	58 ± 11	59,5 ± 8	61 ± 7	58,2 ± 5
FC <sub>LV</sub> (bpm)	142 ± 16	147 ± 14	146 ± 16	152 ± 14	147 ± 14	150 ± 12
%FC <sub>LV</sub>	75 ± 6	76,6 ± 5	76 ± 6	78 ± 5	75,6 ± 7	76,6 ± 6

Valores em média ± DP. Teste t de *Student* para dados pareados ANOVA *one way* (diferenças não significativas entre grupos em T1 e T2 considerando  $p < 0,05$ ). T1, Teste 1; T2, Teste 2. <sup>a</sup> $p < 0,05$  diferença significativa em relação ao pré-treinamento.

**Tabela 4** Comparação da magnitude da alteração absoluta no VO<sub>2</sub>pico ( $\Delta$ VO<sub>2</sub>pico) e VO<sub>2</sub>LV ( $\Delta$ VO<sub>2</sub>LV).

Grupos	Ondulatorio	Crescente	Escalonado
Variáveis	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$
VO <sub>2</sub> pico (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	5,2 ± 4,6	4,8 ± 7,4	7,4 ± 3,5 <sup>a</sup>
VO <sub>2</sub> LV (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	4,1 ± 2,8	4,1 ± 3,9	2,8 ± 3,4

Valores em média ± DP. ANOVA *one way* (diferenças não significativas entre grupos, considerando  $p < 0,05$ ). Teste t de *Student* para dados pareados. <sup>a</sup> $p < 0,05$  diferença significativa entre o  $\Delta$ VO<sub>2</sub>LV e  $\Delta$ VO<sub>2</sub>pico intragrupo.

Tendo em vista que o aumento do  $VO_2LV$  atinge o pico entre as primeiras oito a doze semanas de treinamento (Londeree, 1997), e que acima desse período poucas alterações são encontradas (Smith; O'Donnel, 1984; Londeree, 1997), acredita-se que a duração do presente estudo não foi um empecilho para que o aumento do  $VO_2LV$  fosse potencializado no GCRES, em relação aos outros grupos. Uma possível explicação é que tenha havido uma estabilização do desempenho do GCRES entre a oitava e décima segunda semanas de treinamento, ou seja, após o  $VO_2LV$  ter atingido o pico de aumento. Considerando esse ponto de vista, é provável que o estímulo de treinamento do GCRES no último terço do período de treinamento não tenha sido suficiente para provocar uma continuidade na evolução dos parâmetros avaliados a ponto de fazer com que esse grupo apresentasse um rendimento maior do que o GESC e o GOND na avaliação final. Entretanto, essa especulação não pode ser confirmada, tendo em vista que não foi realizado um TCPE intermediário que permitisse o acompanhamento da evolução do  $VO_2LV$  e  $VO_2pico$ , o que por sua vez constitui uma limitação do presente estudo.

Adicionalmente, embora tenha sido postulado como hipótese que as adaptações produzidas pelas três periodizações no  $VO_2pico$  e no  $VO_2LV$  seriam diferentes, em favor de um aumento superior no  $VO_2LV$ , essa suposição não foi confirmada. O  $VO_2pico$  apresentou um aumento proporcional ao encontrado no  $VO_2LV$  no caso do GOND e GCRES, e superior ao aumento do  $VO_2LV$  no GESC, tendo como consequência a ausência de alterações no  $\%VO_2LV$  dos três grupos. Similarmente, outros autores também encontraram aumento no  $VO_2LV$  sem modificação do  $\%VO_2LV$ , em função de o aumento proporcional ou superior do  $VO_2máx./pico$  ter mascarado a alteração no LV relativo ao máximo (Ready; Quinney, 1982; Poole; Gaesser, 1985). Como resultado, os valores finais do  $\%VO_2LV$  dos sujeitos do presente estudo continuaram dentro do intervalo encontrado na literatura para indivíduos saudáveis e destreinados que fica entre 45% e 65% do  $VO_2máx./pico$  (Balady *et al.*, 2010).

Por outro lado, vários trabalhos demonstraram um aumento do  $\%VO_2LV$ , indicando que houve um aumento mais pronunciado no  $VO_2LV$  em relação ao  $VO_2máx.$  (Davis *et al.*, 1979; Smith; Odonnel, 1984; Poole; Gaesser, 1985) ou aumento do  $VO_2LV$  sem alterações no  $VO_2máx.$  (Denis *et al.*, 1982). Embora em contraste com o presente estudo, os resultados desses trabalhos corroboram com a premissa de que o treinamento de resistência aeróbia tende a aumentar o  $VO_2LV$  em uma extensão maior do que o  $VO_2máx.$  (Jones; Ehrsam, 1982; Aunola *et al.*, 1988; Basset; Howley, 2000). No entanto, considerando que a magnitude da alteração do  $VO_2LV$  e do  $VO_2máx.$  sofre influência do nível de aptidão inicial, do estímulo e da quantidade de semanas de treinamento empregada, nem sempre o LV aumenta em uma extensão maior do que o  $VO_2máx.$ , como pôde ser constatado no presente estudo. O trabalho de Gaesser, Poole e Gardner (1984), por exemplo, demonstrou um rápido aumento no  $VO_2máx.$  e nenhuma mudança no  $VO_2LV$  com apenas três semanas de treinamento realizado em 70% do  $VO_2máx.$ , seis vezes na semana, durante trinta minutos, por sujeitos destreinados, o que indica que a duração do estudo pode alterar a interpretação dos efeitos do treinamento, já que a evolução temporal das mudanças no  $VO_2LV$  e no  $VO_2máx.$  é dissociada.

Há consenso na literatura de que o aumento do  $VO_2LV$  e do  $VO_2máx.$  ocorre mediado por mecanismos diferentes (Gaesser; Poole; Gardner, 1984; Holloszy; Coyle, 1984; Smith; O'Donnel, 1984). Enquanto o  $VO_2máx.$  aumenta em resposta a adaptações cardiorrespiratórias centrais associadas com a elevação do débito cardíaco e a consequente melhora da oferta de oxigênio aos músculos (Basset; Howley, 2000), as adaptações periféricas associadas ao aumento da capacidade oxidativa muscular são responsáveis pelo aumento do LV (Gaesser; Poole; Gardner, 1984; Holloszy; Coyle, 1984; Smith; O'Donnel, 1984; Basset; Howley, 2000). É em função dessa diferença de mecanismos que a dissociação na evolução temporal (Gaesser; Poole; Gardner, 1984; Smith; O'Donnel, 1984) e na quantidade de mudança de ambas as variáveis em resposta ao treinamento tem sido fundamentada (Davis *et al.*, 1979; Denis *et al.*, 1982).

Embora o desenho metodológico não permita comparações diretas com o presente estudo, é importante destacar o trabalho de Gaskill *et al.* (2001), que, ao comparar três grupos de indivíduos sedentários que treinaram três vezes por semana, por vinte semanas, em intensidades acima, abaixo e próximas ao LV, verificou que todos aumentaram o  $VO_2máx.$  similarmente, embora a elevação do  $VO_2LV$  tenha sido superior no grupo que treinou acima do LV. Isso indica que há uma dependência maior da intensidade para o aumento do LV do que para a elevação do  $VO_2máx.$  Além disso, eles demonstraram que a magnitude da alteração absoluta no  $VO_2LV$  (i.e., delta) do grupo que treinou acima do LV foi significativamente maior do que no  $VO_2máx.$ , enquanto no grupo que treinou abaixo do LV o aumento do  $VO_2máx.$  foi superior ao aumento do  $VO_2LV$ , o que é comparável ao constatado no GESC. Por outro lado, no grupo que treinou próximo ao LV, Gaskill *et al.* (2001) verificaram um aumento proporcional entre o  $VO_2LV$  e o  $VO_2máx.$ , similarmente ao que foi encontrado para o GOND e GCRES. Os autores concluíram que, embora a intensidade do treinamento relativa ao LV não afete o aumento do  $VO_2máx.$ , ela é determinante para a magnitude do aumento do LV.

De fato, tem sido salientado com frequência na literatura que o treinamento em intensidades acima do LV tende a produzir maior aumento do  $VO_2LV$  do que treinamentos realizados abaixo desse ponto (Davis *et al.*, 1979; McLellan; Skinner, 1981; Golden; Vaccaro, 1984; Londeree, 1997; Gaskill *et al.*, 2001; Meyer *et al.*, 2005). Nesse sentido, apesar de o nível de condicionamento inicial influenciar no aumento do  $VO_2LV$ , parece haver um consenso de que a intensidade seja determinante, sendo possível também que o LV individual demarque o limite inferior da intensidade necessária para que ocorram alterações nessa variável.

Embora no presente estudo a prescrição não tenha sido realizada com base no LV individual, se considerarmos que o valor médio inicial e final do percentual da FC medida no LV ( $\%FC_{LV}$ ) foi de 75% para os três grupos, poder-se-ia inferir que todos os grupos iniciaram as duas primeiras semanas de treinamento em uma FC inferior ao LV (65-70% da  $FCmáx.$ ). No entanto, como o GCRES teve um incremento mais rápido no percentual da  $FCmáx.$ , sugere-se que esse grupo passou mais tempo treinando em intensidades acima do LV (i.e., possivelmente a partir da quarta semana, quando começa a se exercitar acima de 75% da  $FCmáx.$  figura 1), o que, por sua vez, levaria a especular que o efeito do treinamento no GCRES deveria ser superior em relação ao GESC e GOND,

embora essa hipótese não tenha sido confirmada. Infelizmente, não foi possível discriminar exatamente o momento em que os grupos treinaram abaixo, próximo ou acima do seu LV individual e quanto tempo permaneceram em cada zona relativa ao LV, em função de a prescrição ter sido realizada por meio da FCmáx. De acordo com Davis *et al.* (1979), no estudo de muitos fenômenos fisiológicos, existe um potencial de confusão quando se atribui aos indivíduos taxas de trabalho correspondendo a uma dada fração do máximo, tendo em vista que o estresse metabólico do exercício será maior para aqueles trabalhando acima do seu LV individual, em comparação com aqueles que treinaram abaixo do seu LV. Apesar disso, embora a prescrição por meio da FCmáx. seja criticada pela possibilidade de falta de uniformidade em relação ao estresse metabólico (Davis *et al.*, 1979), tendo em vista que a utilização do LV para a prescrição sofre limitações com relação ao alto custo da avaliação, o acesso pouco frequente e a necessidade de avaliadores treinados, os métodos da FCmáx. e FC de reserva ainda são os mais utilizados fora dos ambientes laboratoriais, tornando necessária a realização de mais estudos que utilizem esses parâmetros de prescrição.

Contudo, o presente trabalho permite afirmar que a progressão mais rápida do intervalo de intensidade correspondente a 65% e 90% da FCmáx., ao longo de treze semanas, por meio da periodização crescente, não foi superior no incremento do  $VO_2LV$  e  $VO_2pico$  em relação aos protocolos com progressão escalonada e ondulatória, na amostra estudada. Isto é, considerando um período de treze semanas, apenas cinco semanas de treinamento na zona intensa (76-95% da FCmáx.) como realizado pelo GOND, foram suficientes para obter um aumento do  $VO_2LV$  e  $VO_2pico$  de magnitude similar a dos grupos que treinaram seis ou dez semanas na zona intensa (GESC e GCRES, respectivamente). Tendo em vista que o intervalo de intensidade, a duração das sessões e a frequência semanal dos estímulos utilizados tiveram como base as orientações do ACSM (Garber *et al.*, 2011), acredita-se que os achados desse estudo possam apresentar grande validade externa com relação às formas de periodizar a progressão da intensidade do treinamento contínuo, objetivando o incremento da aptidão cardiorrespiratória, sugerindo também a necessidade de maior controle sobre a periodização.

Finalmente, considerando que protocolos de progressão da intensidade mais graduais, como o ondulatório e o escalonado, podem ser mais bem tolerados sem interferir na magnitude do aumento da aptidão cardiorrespiratória, sugere-se que esses dois modelos sejam priorizados para indivíduos destreinados.

## Conclusões

Os protocolos de periodização da progressão da intensidade escalonado e ondulatório apresentaram a mesma eficácia que o crescente no aumento do  $VO_2LV$  e  $VO_2pico$ , apesar da menor carga total de treinamento.

## Financiamento

O presente trabalho contou com o financiamento da CAPES (modalidade bolsa de Mestrado).

## Referências

- Aunola, S. *et al.* Muscle metabolic profile and oxygen transport capacity as determinants of aerobic and anaerobic thresholds. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Turku, v. 57, n. 6, p. 726-34, 1988.
- Balady, G.J. *et al.* Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, v. 122, p. 191-225, jun. 2010.
- Basset, D.R.; Howley, E.T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Knoxville, v. 32, n. 1, p. 70-84, jan. 2000.
- Beaver, W.L.; Wasserman, K.; Whipp, B.J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of Applied Physiology*, v. 60, n. 6, p. 2.020-2.027, jun. 1986.
- Borresen, J.; Lambert, M.I. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, Cape Town, v. 39, n. 9, p. 779-795, 2009.
- Bosquet, L.; Gamelin, F.X.; Berthoin, S. Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? *European Journal of Applied Physiology*, Montreal, v. 100, n. 3, p. 363-369, jun. 2007.
- Bruce, R.A.; Kusumi, F.; Hosmer, D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American Heart Journal*, v. 85, n. 4, p. 546-562, abr. 1973.
- Caiozzo, V. *et al.* A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *Journal of Applied Physiology*, v. 53, n. 5, p. 1.184-9, nov. 1982.
- Davis, J.A. *et al.* Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. *Journal of Applied Physiology*, v. 46, n. 6, p. 1.039-1.046, jun. 1979.
- Denis, C. *et al.* Effect of 40 weeks of endurance training on the anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, v. 3, n. 4, p. 208-14, nov. 1982.
- Di Prampero, P.E. *et al.* The energetics of endurance running. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, v. 55, n. 3, p. 259-266, 1986.
- Gaesser, G.A.; Poole, D.C.; Gardner, B.P. Dissociation between  $VO_{2max}$  and ventilatory threshold responses to endurance training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, v. 53, n. 3, p. 242-7, 1984.
- 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. 1.334-59, jul. 2011.
- Gaskill, S.E. *et al.* Changes in ventilatory threshold with exercise training in a sedentary population: the HERITAGE Family Study. *International Journal of Sports Medicine*, Missoula, v. 22, n. 8, p. 586-92.
- Golden, H.P.; Vaccaro, P. The effects of endurance training intensity on the anaerobic threshold. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 24, n. 3, p. 205-11, set. 1984.
- Hansen, G. *et al.* Efficacy of prescribing endurance training intensity using the ventilatory equivalents for oxygen and carbon dioxide in untrained men and women. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, v. 11, n. 1, p. 23-32, jun. 2003.
- Hickson, R.C. *et al.* Time course of the adaptive responses of aerobic power and heart rate to training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 13, n. 1, p. 17-20, 1981.
- Holloszy, J.O.; Coyle, E.F. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology*, v. 56, n. 4, p. 831-838, abr. 1984.
- Howley, E.T.; Bassett, D.R.; Welch, H.G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports Exercise*, v. 27, n. 9, p. 1.292-301, set. 1995.
- Jones, N.L.; Ehsam, R.E. The anaerobic threshold. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, v. 10, n. 1, p. 49-83, jan. 1982.
- Londree, B.R. Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Columbia, v. 29, n. 6, p. 837-843, jun. 1997.

- McLellan, T.M.; Skinner, J.S. The use of the aerobic threshold as basis of training. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, v. 6, n. 4, p. 197-201, dez. 1981.
- Mcnicol, A.J. *et al.* The effects of increased absolute training intensity on adaptations to endurance exercise training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, Ballarat, v. 12, n. 4, p. 485-9, ago. 2009.
- Midgley, A.W.; McNaughton, L.R.; Wilkinson, M. Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners? Empirical research findings, current opinions, physiological rationale and practical recommendations. *Sports Medicine*, Hull, v. 36, n. 2, p. 117-32, 2006.
- Novitsky, S. Validity of a new portable indirect calorimeter: the *AeroSport TEEM 100*. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Ann Arbor, v. 70, n. 5, p. 462-7, 1995.
- Perez, A.J. Efeitos de diferentes modelos de periodização do treinamento aeróbio sobre parâmetros cardiovasculares, metabólicos e composição corporal de bombeiros militares. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 363-376, set. 2013.
- Poole, D.C.; Gaesser, G.A. Response of ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training. *Journal of Applied Physiology*, v. 58, n. 4, p. 1.115-1.121, abr. 1985.
- Ready, A.E.; Quinney, H.A. Alterations in anaerobic threshold as the result of endurance training and detraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 14, n. 4, p. 292-296, 1982.
- Smith, D.A.; O'Donnel, T.V. The time course during 36 weeks endurance training of changes in  $\text{VO}_2\text{max}$ . and anaerobic threshold as determined with a new computerized method. *Clinical Science*, London, v. 67, n. 2, p. 229-36, ago. 1984.