

VO₂ máx estimado e sua velocidade correspondente predizem o desempenho de corredores amadores

Estimated VO₂max and its corresponding velocity predict performance of amateur runners

Tony Meireles Santos^{1,2}

Allan Inoue Rodrigues^{1,2,3}

Camila Coelho Greco⁴

Alan Lima Marques⁵

Bruno Souza Terra^{2,6}

Bruno Ribeiro Ramalho Oliveira^{1,2}

Resumo – Observa-se, nos últimos anos, um importante crescimento do número de praticantes de corrida com proporcional aumento da adesão destes às provas de rua. Nesta população, a identificação dos determinantes do desempenho parece ser necessária para otimização do tempo dedicado ao treinamento. O objetivo do estudo foi estabelecer a associação do consumo máximo de oxigênio (VO₂ máx) estimado, da velocidade crítica (VC) e da velocidade do VO₂ máx (V_{VO2máx}), com os desempenhos nas provas de 3,6 km em subida e 10 e 21,1 km no plano. Doze corredores amadores (9 homens) com 36 ± 5 anos de idade foram submetidos a quatro testes: 1 e 5 km de corrida, no plano; 3,6 km de corrida, com inclinação (≈8%); e um teste para determinação indireta do VO₂ máx. A VC foi determinada através da relação linear entre a distância e o tempo de corrida dos dois primeiros testes. Os sujeitos participaram de duas provas oficiais de 10 km e 21,1 km. A V_{VO2máx} foi estimada a partir do VO₂ máx, através de equações metabólicas. O VO₂ máx apresentou a melhor associação com o desempenho da corrida em 10 e 21,1 km no plano. Já na subida, a V_{VO2máx} apresentou melhor associação. Considerando todas as provas, a variável com maior média associativa foi o VO₂ máx (0,91±0,07), seguido do V_{VO2máx} (0,90±0,04) e VC (0,87±0,06), respectivamente. Este estudo demonstrou elevadas associações entre variáveis fisiológicas estabelecidas por métodos indiretos, de baixo investimento e alta praticidade, com o desempenho da corrida em 10 e 21,1 km, no plano, e 3,6 km, em subida.

Palavras-chave: Aptidão física; Corrida; Desempenho atlético.

Abstract – In recent years, there has been a substantial increase in the number of runners, with a proportional increase in their involvement in amateur street competition. Identification of the determinants of performance in this population appears necessary for optimization of time devoted to training. The objective of this study was to ascertain the association between estimated maximal oxygen uptake (VO₂max), critical velocity (CV) and VO₂max velocity (V_{VO2max}) and athletic performance in the 3.6 km (uphill) and 10 and 21.1 km (flatland) events. Twelve amateur runners (nine male), mean age 36 ± 5 years underwent five tests: 1 and 5 km race on level ground, 3.6 km race with slope (≈8%), and indirect VO₂max measurement. CV was determined from the linear relationship between distance and run time on the first two tests. The subjects then took part in two official 10 km and 21.1 km (half marathon) races. V_{VO2max} was calculated from the VO₂max through a metabolic equation. VO₂max showed the best association with running performance in the 10 and 21.1 km events. For the uphill race, V_{VO2max} showed a better association. Overall, the variable with the highest average association was VO₂max (0.91±0.07), followed by V_{VO2max} (0.90±0.04) and VC (0.87±0.06). This study showed strong associations between physiological variables established by low-cost, user-friendly indirect methods and running performance in the 10 and 21.1 km (flatland) and 3.6 km (uphill) running events.

Key words: Athletic performance; Running; Physical fitness.

1 Universidade Gama Filho.
Programa de Pós Graduação em
Ciências do Exercício e do Esporte.
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

2 Universidade Gama Filho.
Laboratório Performance, Rio de
Janeiro, RJ, Brasil

3 Universidade Estácio de Sá.
Departamento de Educação Física.
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

4 Universidade Estadual Paulista.
Rio Claro, SP, Brasil

5 Clube de Corrida Speed, Rio de
Janeiro, RJ, Brasil

6 Marinha do Brasil. Centro
de Educação Física Almirante
Adalberto Nunes. Rio de Janeiro,
RJ, Brasil

Recebido em 02/09/11
Revisado em 20/10/11
Aprovado em 30/10/11



Licença
Creative Commons

INTRODUÇÃO

O crescimento dos praticantes de corrida de rua pode ser observado pelo aumento do número de provas, causado, principalmente, pelo maior envolvimento de praticantes recreacionais¹. Considerando a dedicação destes praticantes ao treinamento e a busca dos melhores resultados com base em suas potencialidades, parece interessante, mesmo para esse grupo de indivíduos, a identificação dos fatores determinantes do desempenho e suas variáveis relacionadas com o intuito de otimizar os tempos dedicados ao treinamento.

Dentre as variáveis tradicionalmente investigadas sobre o tema, há tempos o $VO_{2máx}$ vem sendo utilizado para prever o desempenho aeróbio² em distâncias, variando entre três³ e 90 km^{4,5}. As evidências têm mostrado que a associação do $VO_{2máx}$ com o desempenho aeróbio é alta (entre 0,70 e 0,91) e significativa quando o grupo de indivíduos investigado apresenta habilidades atléticas heterogêneas^{3,4,6}. Em grupos com habilidades mais homogêneas, os níveis de correlação observados são menores⁷, sendo menor a capacidade do $VO_{2máx}$ de discriminar o desempenho atlético dos indivíduos investigados.

A velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio ($V_{VO2máx}$), definida como a mínima velocidade na qual o $VO_{2máx}$ é atingido durante um teste incremental⁸, representa a associação entre a economia de corrida e o $VO_{2máx}$. A $V_{VO2máx}$ vem sendo apontada como um importante índice preditor do desempenho aeróbio^{6,9}, em especial, entre indivíduos com $VO_{2máx}$ semelhante. Outra variável que tem sido utilizada para prever o desempenho é a potência crítica, originalmente demonstrada utilizando grupos musculares sinérgicos¹⁰ e posteriormente, adaptada para o ciclo ergômetro¹¹. Sua definição está associada à mais alta intensidade de exercício que pode ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão¹⁰. Em modalidades com limitação da quantificação da potência gerada (corrida, natação etc.), têm sido utilizada a velocidade crítica (VC)¹². Este índice tem apresentado significativas correlações com o desempenho de 400 m na natação ($r = 0,86$)¹², desempenho em 10 km de corrida ($r = 0,92$)¹³ e o desempenho na maratona ($r = -0,87$)¹⁴.

Dentre os estudos investigados, a grande maioria têm se dedicado à utilização de atletas de alto desempenho, aplicando métodos diretos para determinação das variáveis independentes. Considerando o aumento progressivo dos praticantes de corrida com objetivos recreacionais, torna-se necessário investigar o poder do $VO_{2máx}$, da $V_{VO2máx}$ e da VC, determinada no plano, na predição do desempenho de corrida em terreno plano e inclinado, uma vez que estas variáveis têm importante aplicabilidade para a otimização dos treinos.

O objetivo do estudo foi estabelecer a associação entre a VC, $V_{VO2máx}$ e $VO_{2máx}$ estimados com os desempenhos nas provas de 3,6 km em subida, 10 km e 21,1 km. Têm-se como hipótese que todos os índices fisiológicos estudados terão alta e significativa associação com o desempenho de corrida nas diferentes provas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Desenho experimental

Foram analisadas as etapas preparatórias de uma equipe de corrida que participou de uma prova de revezamento de 600 km, entre as cidades de São Paulo (SP) e Rio de Janeiro (RJ), ocorridas entre 22/07 e 15/08 de 2009. Os sujeitos foram submetidos a quatro testes (1 km e 5 km de corrida no plano, 3,6 km de corrida com inclinação e um teste para determinação do $VO_{2máx}$) e participaram de duas provas oficiais (10 km e 21,1 km). Os testes e as provas ocorreram no mesmo período do dia, com variação aproximada de três horas.

Na primeira visita (22/07/2009, 17,2 °C e 79% de umidade relativa), os sujeitos foram submetidos à mensuração da frequência cardíaca (FC) em repouso (Polar RS 400, Polar® Electro, Finlândia), e ao teste para determinação do $VO_{2máx}$. Na segunda visita, foi realizado o teste de 5 km em pista de rua (08/08/2009, 21,7 °C e 79%). Na terceira visita (15/08/2009), foi realizado o teste de subida de 3,6 km em uma via de corrida em plano inclinado. Na quarta visita (26/08/2009, 18,8 °C e 85%) foi realizado o teste de 1 km. Em todos os testes, os participantes foram orientados a realizar um aquecimento livre de 15 min.

Sujeitos

Os sujeitos integravam uma equipe representante de uma consultoria de corrida do Rio de Janeiro. De um universo de 225 corredores recreacionais, foram selecionados nove homens e três mulheres, que representaram a equipe da consultoria na prova de revezamento de 600 km. A organização da prova determinou que doze corredores fosse o número máximo de participantes por equipe. As características dos sujeitos estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos sujeitos e os tempos para cada distância.

Variáveis	Homens (n = 9)	Mulheres (n = 3)	Combinado (n = 12)
Demográfica			
Idade (anos)	36,0 ± 5,0	36,0 ± 5,2	36,0 ± 4,8
Antropométricas			
Massa corporal (kg)	68,1 ± 11,2	50,3 ± 2,8	63,6 ± 12,6
Estatura (cm)	173,8 ± 10,5	159,3 ± 4,9	170,2 ± 11,3
Gordura Percentual (%)	10,2 ± 4,8	15,6 ± 2,0	11,5 ± 4,8
Aeróbias			
$VO_{2máx}$ (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	62,4 ± 7,4	53,3 ± 4,7	60,1 ± 7,8
$V_{VO2máx}$ (km.h ⁻¹)	17,8 ± 2,1	15,0 ± 0,7	17,1 ± 2,2
VC (km.h ⁻¹)	15,7 ± 1,4	12,5 ± 0,9	14,9 ± 1,9
Tempos de prova (min)			
3,6 km Subida	22,1 ± 9,2	31,0 ± 2,6	24,3 ± 8,9
10 km	37,4 ± 5,2	45,0 ± 4,4	39,3 ± 5,9
21,1 km	89,7 ± 13,9	112,3 ± 4,0	95,3 ± 15,7

DP = desvio padrão; $VO_{2máx}$ = consumo máximo de oxigênio; $V_{VO2máx}$ = velocidade do $VO_{2máx}$; VC = velocidade crítica. Dados representados como média ± desvio padrão

Foram incluídos os corredores que obtiveram o melhor desempenho nas últimas provas (10 e 21,1 km), além disso, foram excluídos da equipe os indivíduos que, ao longo do período de testes, apresentaram alguma complicação de saúde. Vinte e quatro horas antes de cada teste, os sujeitos foram orientados a evitar exercícios de alta intensidade, e três horas antes, a ingerir alimentos sólidos. A hidratação foi permitida ad libitum.

Os testes foram administrados pela comissão técnica da equipe. Os dados utilizados no presente experimento foram extraídos dos resultados oficiais de prova e dos bancos de dados da equipe responsável pela sua aquisição, que autorizou sua utilização para elaboração do presente estudo. Todos os voluntários assinaram um termo de consentimento, autorizando a utilização de suas informações para fins de pesquisa. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Gama Filho (protocolo # 098.2010).

Procedimentos

• Antropometria

Foram determinados a massa corporal, estatura (Tanita BC553, EUA) e o percentual de gordura^{15,16}, com um adipômetro científico da marca Sanny® (American Medical do Brasil Ltda., São Bernardo do Campo, SP), para descrição da amostra. Foram mensuradas as dobras cutâneas de peito, coxa e abdome nos homens e tríceps, suprailíaca e coxa nas mulheres conforme proposto por Jackson e Pollock^{15,16}.

• Determinação do VO_{2máx}

A medida do consumo máximo de oxigênio ocorreu em 22/07/2009, entre oito e 10 horas da manhã. O protocolo utilizado foi adaptado a partir do método de Swain et al.¹⁷. O teste foi realizado em uma pista de asfalto plana projetada para a prática de corrida de rua em um percurso com perímetro de 252,5 m (GPS Garmin Edge® 305, Garmin Ltd., Olathe, USA).

Após 10 min em posição supina para a determinação da FC de repouso (Polar RS 400, Polar® Electro, Finlândia), os sujeitos foram orientados a realizar ao menos dois estímulos de corrida com no mínimo seis minutos de duração, de modo que o final do teste ocorresse no marco zero. O primeiro estímulo foi realizado em velocidade estável a uma intensidade definida como “muito leve, leve” pela escala de percepção subjetiva de esforço (PSE)¹⁸. Após o término do primeiro estímulo, os sujeitos eram imediatamente orientados a correr novamente em velocidade estável, porém em intensidade “moderada”. Ensaios preliminares do nosso grupo demonstraram a necessidade da administração de múltiplos estímulos para o ajuste da intensidade em estado de equilíbrio, considerando a natural tendência dos sujeitos a superestimar a velocidade inicial de teste e conseqüentemente, a velocidade de estabilização. Os sujeitos corriam com monitoração contínua da FC (Polar RS 400, Polar® Electro, Finlândia) e a cada volta eram solicitados a informar a PSE e FC, além de terem os seus tempos parciais registrados para a monitoração da velocidade em estado de equilíbrio. Quando necessário, os sujeitos eram solicitados a

corrigir sua velocidade de teste. O objetivo do teste foi estabelecer uma associação entre a FC e a velocidade de corrida, em estado de equilíbrio, entre 70% e 85% da frequência cardíaca de reserva (FC_{reserva}). Caso esta intensidade não fosse alcançada, estímulos mais intensos com 6 min de duração eram administrados. A distância percorrida, o tempo equivalente despendido e a intensidade do esforço pelo método de reserva foram utilizados na estimativa do $VO_{2\text{máx}}$ (Eq. 1). A $V_{VO_{2\text{máx}}}$ foi estimada pela equação do American College of Sports Medicine¹⁹.

$$VO_{2\text{máx}} = (\text{Distância} / \text{Tempo} \times 0,2) / ((FC_{\text{carga}} - FC_{\text{rep}}) / (FC_{\text{máx}} - FC_{\text{rep}})) + 3,5 \quad \text{Eq. 1}$$

onde: $VO_{2\text{máx}}$ = consumo máximo de oxigênio, em $\text{mL} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$; **Distância** = distância total percorrida múltipla de 252,5 m no último estímulo realizado, em metros; **Tempo** = tempo total decorrido para totalizar a referida distância, em min; FC_{carga} = FC média das duas últimas passagens pelo marco zero, em bpm; FC_{rep} = FC de repouso, após 10 min em posição supina, em bpm; $FC_{\text{máx}}$ = FC máxima alcançada no teste de 1 km.

• Velocidade Crítica

Foram utilizados para determinação da VC os tempos dos desempenhos nas distâncias de 1 km e 5 km em terreno plano. Os testes foram realizados em dias diferentes e em ordem previamente descrita. Os sujeitos foram instruídos a percorrer individualmente as distâncias estabelecidas no menor tempo possível. A VC foi determinada em uma planilha de cálculo elaborada no programa Microsoft® Excel for Windows, versão 2007 (Microsoft® Corporation, EUA) através da relação linear entre a distância e o tempo de corrida, sendo correspondente ao coeficiente angular da reta de regressão linear¹³.

• Prova de Subida

Para avaliação do desempenho em subida, foi selecionada uma via em plano inclinado da cidade do Rio de Janeiro (Vista Chinesa). A largada em conjunto ocorreu no marco zero e a chegada no mirante da Vista Chinesa. A distância do percurso foi de 3,6 km, com variação de altitude de 300 m (GPS Garmin Edge® 305, Garmin Ltd., Olathe, USA), com inclinação média de 8,3%.

• Provas planas

Para a seleção dos corredores que comporiam a equipe principal, os sujeitos participaram de duas provas do calendário de corridas da cidade do Rio de Janeiro. A prova de 10 km ocorreu em 26/07/2009 (18,8° C e 85%) enquanto a meia maratona (21,1 km) ocorreu em 06/09/2009 (23,2 °C e 70%). O desempenho foi determinado pelo tempo oficial de prova fornecido pela organização do evento.

Análise estatística

As variáveis analisadas foram apresentadas pela média \pm desvio padrão e testadas para normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Uma regressão linear pelo método *step wise* foi utilizada para verificar a associação entre a VC, $VO_{2\text{máx}}$, $V_{VO_{2\text{máx}}}$ e os desempenhos nas provas de 3,6 km em subida,

10 km e 21,1 km. Para cada associação estabelecida, foi determinado o erro padrão da estimativa. Devido ao tamanho da amostra, foi apresentado à estimativa do intervalo de confiança de 95%. Os coeficientes de correlação foram interpretados por meio da escala de magnitudes proposta por Hopkins (www.sportsci.org): < 0,1, trivial; 0,1 - 0,3, pequeno; 0,3 - 0,5, moderado; 0,5 - 0,7, grande; 0,7 - 0,9, muito grande; > 0,9, quase perfeito. As análises foram realizadas no programa SPSS, versão 17.0 (SPSS Inc., USA), com nível de significância ajustado em $P \leq 0,05$.

RESULTADOS

Além das características dos sujeitos investigados, os tempos médios para cada distância analisada encontram-se descritos na Tabela 1. Os resultados das associações investigadas, bem como os respectivos erros padrões de estimativa estão reportados na Tabela 2.

Tabela 2. Associação entre as distâncias de 3,6 km, 10 km e 21 km e as variáveis aeróbias (n = 12)

Variáveis	Desempenho		
	T _{Vista Chinesa} (3,6 km subida)	T _{10 km}	T _{21,1 km}
VO _{2máx}			
r	-0,83**	-0,95**	-0,96**
95% IC	(-0.95 a -0.48)	(-0.98 a -0.83)	(-0.99 a -0.88)
EPE (min)	5	1,7	3,9
V _{VO2máx}			
r	-0,93**	-0,86**	-0,92**
95% IC	(-0.98 a -0.78)	(-0.96 a -0.56)	(-0.97 a -0.74)
EPE (min)	3,2	3	6,3
VC			
r	-0,82*	-0,86**	-0,93**
95% IC	(-0.94 a -0.47)	(-0.96 a -0.57)	(-0.98 a -0.76)
EPE (min)	5,4	2,9	5,9

T = tempo; EPE = erro padrão da estimativa; VO_{2máx} = consumo máximo de oxigênio; V_{VO2máx} = velocidade do VO_{2máx}; VC = velocidade crítica; IC - intervalo de confiança; * P < 0,01; ** P < 0,001.

A variável que apresentou maior poder de predição foi o VO_{2máx} para as distâncias de 10 km e 21,1 km, demonstrando, também, forte e significativa associação com a distância de 3,6 km em subida. A V_{VO2máx} demonstrou estar significativamente correlacionada com todas as distâncias analisadas, sendo que a maior associação foi com o tempo para completar os 3,6 km de subida. Para VC, os níveis de correlação foram ligeiramente menores em relação às outras duas variáveis investigadas.

DISCUSSÃO

O principal achado deste estudo indica o VO_{2máx} estimado indiretamente como a variável com melhor associação com o desempenho da corrida nas duas distâncias planas investigadas. Para o desempenho na subida, a V_{VO2máx} apresentou melhor associação. O nível heterogêneo de aptidão aeróbia da amostra pode ter contribuído para os resultados de associação tão elevados, assim como observado em outros estudos^{3,4}. Como limitação, as variáveis

independentes foram determinadas por método indireto. Apesar de não ser tão fidedigno quanto um método direto, é de fácil determinação e custo menor, com maior aplicabilidade em contexto mercadológico em que o acesso a equipamentos torna-se restrito. Sendo assim, o uso do método indireto aumenta a validade externa do estudo e suporta a utilização desta abordagem ao acompanhamento de atletas recreacionais.

Apesar de estudos anteriores já terem demonstrado baixa associação do $VO_{2\text{máx}}$ com o desempenho no teste de tempo limite na intensidade de $V_{VO_{2\text{máx}}}$ ²⁰, as associações observadas no presente estudo para o $VO_{2\text{máx}}$ suportam outras evidências, que indicavam sua importância na determinação do desempenho aeróbico em provas variando entre 10 e 42 km^{4,21}. Costill et al.²¹, demonstraram em corredores uma alta e significativa correlação inversa ($r = -0,91$) entre o $VO_{2\text{máx}}$ e o tempo para completar 16 km. McLoughlin et al.²² observaram em corredores bem treinados uma associação de $-0,90$ com o tempo para completar 16 km. Em corredores, foi reportado que o $VO_{2\text{máx}}$ e o tempo de desempenho em 5 km eram significativamente correlacionados ($r = -0,86$; $P < 0,001$)²³, semelhante aos achados de Farrel et al.⁴, com associação significativa ($P < 0,05$) em diferentes distâncias: 3,2 km ($r = -0,83$), 9,7 km ($r = -0,86$), 15 km ($r = -0,89$), 19,3 km ($r = -0,91$) e 42,2 km ($r = -0,91$). Por fim, Grant et al.⁶ com corredores bem treinados ($r = -0,70$) e Slattery et al.³ com triatletas ($r = -0,80$) reportaram significativas associações, entre o desempenho na corrida de 3 km e o $VO_{2\text{máx}}$.

As correlações apresentadas no presente estudo são discretamente superiores às observadas em estudos prévios, especialmente para 10 e 21,1 km. Possivelmente pela diferença na estratégia de determinação do $VO_{2\text{máx}}$, uma vez que o presente estudo se utilizou de uma abordagem baseada em estimativa a partir de um teste de campo e da associação entre a velocidade em estado de equilíbrio e a intensidade do esforço estabelecida pelo método de reserva da FC. Considerando a característica de colinearidade entre essas duas variáveis ($r = 0,91$; $P = 0,01$), é possível que o $VO_{2\text{máx}}$ estimado no presente estudo tenha se beneficiado estatisticamente da associação característica da $V_{VO_{2\text{máx}}}$ com o desempenho na corrida³. O fato do teste para estimativa do $VO_{2\text{máx}}$ ter sido feito em pista e não na esteira, pode ter contribuído para uma melhor associação entre as variáveis tipicamente aeróbicas, analisadas no presente estudo, e o desempenho na corrida.

A $V_{VO_{2\text{máx}}}$ apresentou uma alta e significativa correlação com o tempo para 3,6 km de subida. Também se mostrou alta e significativamente relacionada com as distâncias de 10 e 21,1 km. Resultados de associação semelhantes foram reportados por Grant et al.⁶, em que a $V_{VO_{2\text{máx}}}$ estava significativamente correlacionada com a velocidade média em 3 km ($r = 0,86$). Em triatletas, foi demonstrado que o desempenho de 3 km estava significativamente associado à $V_{VO_{2\text{máx}}}$ ($r = -0,91$; $P < 0,05$)³. Scott e Houmard²³ reportaram que a $V_{VO_{2\text{máx}}}$ estava altamente relacionada com o desempenho em um teste contra relógio simulado de 5 km ($r^2 = 0,94$; $P < 0,001$) e em uma competição oficial de 5 km ($r^2 = 0,89$; $P < 0,001$). McLoughlin et al.²² demonstraram em corredores bem treinados, heterogêneos

em relação ao $VO_{2máx}$, que a $V_{VO_{2máx}}$ foi o melhor preditor do desempenho de 16 km ($r = -0,97$).

Em estudo prévio²⁴, a VC foi correlacionada com o desempenho nas distâncias de 1 ($r = -0,75$), 10 ($r = -0,85$) e 21,1 km ($r = -0,79$). Os autores reportaram que a VC seria um bom preditor do desempenho, semelhante à velocidade máxima alcançada em um teste progressivo máximo nas distâncias de 10 ($r = -0,85$ vs. $0,84$) e 21,1 km ($r = -0,79$ vs. $-0,78$). Outro estudo¹³ demonstrou associação entre a VC e a velocidade média em uma corrida de 9,8 km ($r = 0,92$). Observamos correlações significativas semelhantes entre a VC e o tempo nas distâncias de 3,6 km em subida, 10 e 21 km no plano. Além disso, a VC foi um índice determinado com base em desempenhos aeróbios, isso pode ter ajudado, em parte, a explicar as correlações encontradas. Os resultados do presente estudo confirmam informações prévias sobre a qualidade deste índice de desempenho.

A partir das correlações encontradas por este estudo, entre as variáveis tipicamente aeróbias e as distâncias investigadas, foi possível perceber que a associação do $VO_{2máx}$ e da VC melhoram em função do aumento da distância investigada, suportando a hipótese de que a VC é a máxima velocidade que pode ser mantida por um longo período de tempo. Já a $V_{VO_{2máx}}$ apresentou melhor associação na menor distância de prova, entretanto, deve-se considerar que a menor distância investigada foi desempenhada em subida com $\approx 8\%$ de inclinação. Sabe-se que a utilização da inclinação em atividades de corrida aumenta o componente metabólico e neuromuscular da atividade²⁵. Em estudo prévio²⁵, foi reportado aumento na ativação muscular e no déficit de oxigênio para uma mesma intensidade de estímulo. Os autores concluíram que este déficit aumentado seria devido à maior atividade muscular dos membros inferiores. Paavolainen et al.²⁶, que investigaram a predição do desempenho em atividade feita em aclave ($\approx 12\%$), observaram associação significativa entre a velocidade de pico em plano horizontal com a velocidade no teste não aeróbio máximo de corrida (V_{MART}) ($r = 0,85$), concentração sanguínea de lactato no mesmo teste ($r = 0,49$) e velocidade máxima em 30 m ($r = 0,78$), mas não com o $VO_{2máx}$ ($r = 0,36$). Já para a velocidade de pico em plano inclinado foram reportadas correlações significativas de $r = 0,78$ com o $VO_{2máx}$, $r = 0,61$ com o V_{MART} e $r = 0,53$ com a velocidade máxima em 30 m. Os autores concluíram que as variáveis relacionadas aos fatores de potência muscular demonstraram melhor relação com o desempenho no plano, enquanto o $VO_{2máx}$ com o desempenho em subida. Os resultados do presente estudo não corroboram os de Paavolainen et al.²⁶, pois a $V_{VO_{2máx}}$ apresentou melhor associação com o desempenho em aclave. É possível que a utilização por estes autores da $V_{VO_{2máx}}$ a 0% e $\approx 12\%$ como indicador do desempenho tenha influenciado os resultados, uma vez que esta variável não é considerada uma manifestação do desempenho e sim um indicador dele. No presente estudo, utilizou-se uma manifestação de desempenho (tempo para 3,6 km em aclave). Já foi reportado que a $V_{VO_{2máx}}$ tem a capacidade de contemplar de maneira integrada os metabolismos aeróbios e não aeróbios de produção energética^{7,27},

além de estar associada à economia de corrida^{6,28,29}. Isto pode explicar, parcialmente, o melhor poder preditivo em distância reduzida realizada em inclinação.

CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou elevadas associações entre variáveis fisiológicas estabelecidas por método indireto, de baixo investimento e alta praticidade, com o desempenho da corrida em 10 e 21,1 km no plano e 3,6 km em subida. O $VO_{2máx}$ estimado foi a variável com maiores associações, sendo potencialmente o melhor preditor das provas no plano. Para a condição de subida, a $V_{VO_{2máx}}$ apresentou melhor poder preditivo. Este é o primeiro estudo a estabelecer associação entre variáveis relacionadas ao desempenho aeróbio e o desempenho da corrida em alicive. A VC se apresentou alta e significativamente associada a todas as distâncias estudadas, demonstrando ser um adequado preditor do desempenho aeróbio. A abordagem utilizada para testagem aeróbia deste estudo demonstra ser de adequada praticidade para técnicos e indivíduos envolvidos em atividades de corrida recreacionais sem fins competitivos profissionais.

Agradecimentos

Os autores agradecem o empenho de Renato de Carvalho Guerreiro na composição do presente documento e declaram não haver qualquer conflito de interesses. Não foi solicitado suporte financeiro para este projeto. Tony Meireles Santos recebe apoio financeiro da Fundação Carlos Chagas de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ E-26/110.153/2010 e E-26/190.127/2010) e Bruno Ribeiro Ramalho Oliveira recebe apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq 130310/2011-5).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Salgado JVV, Chacon-Mikahil MPT. Corrida de Rua: Análise do crescimento do número de provas e de praticantes. *Conexões* 2006;4(1):100-9.
2. Bassett DR, Jr., Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(1):70-84.
3. Slattery KM, Wallace LK, Murphy AJ, Coutts AJ. Physiological determinants of three-kilometer running performance in experienced triathletes. *J Strength Cond Res* 2006;20(1):47-52.
4. Farrell PA, Wilmore JH, Coyle EF, Billing JE, Costill DL. Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med Sci Sports* 1979;11(4):338-44.
5. Noakes TD, Myburgh KH, Schall R. Peak treadmill running velocity during the VO_2 max test predicts running performance. *J Sports Sci* 1990;8(1):35-45.
6. Grant S, Craig I, Wilson J, Aitchison T. The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. *J Sports Sci* 1997;15(4):403-10.
7. Noakes TD. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20(4):319-30.
8. Billat VL, Blondel N, Berthoin S. Determination of the velocity associated with the longest time to exhaustion at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999;80(2):159-61.

9. Lacour JR, Padilla-Magunacelaya S, Barthelemy JC, Dormois D. The energetics of middle-distance running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1990;60(1):38-43.
10. Monod H, Scherrer J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics* 1965;8:329-38.
11. Moritani T, Nagata A, deVries HA, Muro M. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics* 1981;24(5):339-50.
12. Wakayoshi K, Ikuta K, Yoshida T, Udo M, Moritani T, Mutoh Y, et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;64(2):153-7.
13. Kranenburg KJ, Smith DJ. Comparison of critical speed determined from track running and treadmill tests in elite runners. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28(5):614-8.
14. Florence S, Weir JP. Relationship of critical velocity to marathon running performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997;75(3):274-8.
15. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 1978;40(3):497-504.
16. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc* 1980;12(3):175-81.
17. Swain DP, Parrott JA, Bennett AR, Branch JD, Dowling EA. Validation of a new method for estimating VO₂max based on VO₂ reserve. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(8):1421-6.
18. Borg G. Borg's Perceived exertion and pain scales. Champaign, IL: Human Kinetics 1998.
19. ACSM. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 8th ed. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins 2010.
20. Ribeiro LG, Santos TM, Lima JRP, Novaes JS. Determinantes do tempo limite na velocidade correspondente a VO₂Max em indivíduos fisicamente ativos. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2008;10(1):69-75.
21. Costill DL, Thomason H, Roberts E. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med Sci Sports Exerc* 1973;5(4):248-52.
22. McLaughlin JE, Howley ET, Bassett DR, Jr., Thompson DL, Fitzhugh EC. Test of the classic model for predicting endurance running performance. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42(5):991-7.
23. Scott BK, Houmard JA. Peak running velocity is highly related to distance running performance. *Int J Sports Med* 1994;15(8):504-7.
24. Kolbe T, Dennis SC, Selley E, Noakes TD, Lambert MI. The relationship between critical power and running performance. *J Sports Sci* 1995;13(3):265-9.
25. Sloniger MA, Cureton KJ, Prior BM, Evans EM. Anaerobic capacity and muscle activation during horizontal and uphill running. *J Appl Physiol* 1997;83(1):262-9.
26. Paavolainen L, Nummela A, Rusko H. Muscle power factors and VO₂max as determinants of horizontal and uphill running performance. *Scand J Med Sci Sports* 2000;10(5):286-91.
27. Houmard JA, Costill DL, Mitchell JB, Park SH, Chenier TC. The role of anaerobic ability in middle distance running performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1991;62(1):40-3.
28. Daniels JT. A physiologist's view of running economy. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17(3):332-8.
29. Morgan DW, Baldini FD, Martin PE, Kohrt WM. Ten kilometer performance and predicted velocity at VO₂max among well-trained male runners. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21(1):78-83.

Endereço para correspondência

Tony Meireles dos Santos
 Laboratório Performance,
 Universidade Gama Filho
 Rua Manoel Vitorino 553, Piedade,
 Rio de Janeiro, RJ, 20748-900, Brasil.
 Tel/FAX: 55 21 2599 7138
 E-mail: tonyms@prohealth.com.br