

GEORGE ANDRÉ CORDEIRO

**A VELOCIDADE CRÍTICA COMO PREDITOR DE DESEMPENHO AERÓBIO NA
MODALIDADE DA MARCHA ATLETICA NO GÊNERO MASCULINO ENTRE 16-38
ANOS**



Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Pós-Graduação *Lato-Sensu*, Especialização em Fisiologia do Exercício, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

**CURITIBA
2007**

GEORGE ANDRÉ CORDEIRO

**A VELOCIDADE CRÍTICA COMO PREDITOR DE DESEMPENHO AERÓBIO NA
MODALIDADE DA MARCHA ATLÉTICA NO GÊNERO MASCULINO ENTRE 16-38
ANOS**

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso Pós-Graduação *Lato Sensu*, Especialização em Fisiologia do Exercício, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Orientador Ms. Heriberto Colombo e co-orientador PhD Sergio Gregório da Silva.

**CURITIBA
2007**

Com carinho dedico este estudo,
especialmente a minha esposa “Isa”,
que com seu amor me faz procurar novos tesouros.

Ao meu filho Yuri, meu diamante
descobrimo o mundo.

E a minha mãe Denise, jóia rara
que dedica sua vida para a felicidade dos filhos.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Heriberto Colombo, que com muita disposição e amizade compartilhou o conhecimento;

Ao professor Sérgio Gregório da Silva, que acreditou neste trabalho;

Ao professor Ivo da Silva, companheiro de atletismo, que com grande motivação, sempre esteve pronto para me auxiliar;

Aos demais professores, que me motivaram a ultrapassar mais este obstáculo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE GRÁFICOS	vi
LISTA DE ABREVIATURAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1.0 INTRODUÇÃO	10
1.1 Apresentação do problema.....	10
1.2 Objetivo Geral.....	12
1.3 Objetivos Específico.....	12
1.4 Hipóteses.....	13
2.0 REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 Marcha Atlética.....	14
2.2 Índices Fisiológicos.....	16
2.3 Velocidade Crítica.....	18
3.0 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Deliniamento da Pesquisa.....	20
3.2 População e Amostra.....	20
3.3 Instrumentos e Procedimentos.....	21
3.4 Tratamento dos Dados	24
4.0 RESULTADOS	25
5.0 DISCUSSÃO	28
6.0 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	33
ANEXOS	39

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Médias e desvios-padrão para idade, massa corporal, estatura, IMC, tempo predito e obtido nos 5000 e 10000 metros marcha atlética e $VO_{2máx}$ 25

TABELA 2 – Médias e desvios-padrão em minutos do desempenho obtido na prova de 5000 e 10000 metros marcha atlética e desempenho predito pela VC (velocidade crítica) 25

TABELA 3 – Coeficientes de Correlação de Pearson da VC e $VO_{2máx}$ com o tempo obtido nas provas de 5000 e 10000 metros marcha atlética 26

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Determinação da velocidade crítica, equação da reta 22

GRÁFICO 2 – Determinação da velocidade crítica, equação da reta 23

LISTA DE ABREVIATURAS

VC	- Velocidade crítica
m/s	- Metros por segundo
Km/h	- Quilômetros por hora
min.	- minutos
MLSS	- Máximo estado estável de lactato (maxima lactate steady state) Máximo estado estável de lactato sanguíneo (maximal lactate steady state)
MLACSS	- state
CTAn	- Capacidade de trabalho anaeróbio
LAn	- Limiar anaeróbio
mM	- Milimol
l/min	- Litros por minuto
PC	- Potência Crítica
TTE	- Tempo de exaustão
AWC	- Trabalho aeróbio
VO₂	- Consumo de oxigênio
VO_{2máx}	- Consumo máximo de oxigênio
CNS	- Conselho nacional de saúde
Cbat	- Confederação brasileira de atletismo
IAAF	- International association athletics federations
ATP-PC	- Adenosina trifostato e fosfato de creatina
ATP	- Adenosina trifosfato
IMC	- Índice de massa corporal

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo comparar o tempo obtido nas provas de 5000 e 10000m marcha atlética com tempo predito pela velocidade crítica, e verificar a associação da velocidade crítica e a capacidade aeróbia ($VO_{2máx}$) com o desempenho aeróbio (tempo das provas de 5000 e 10000m). A amostra foi composta por 7 atletas do gênero masculino com idade entre 16-38 anos. A velocidade crítica foi calculada pelo modelo trabalho *versus* tempo em dois tiros de 1000m e 2000m em velocidade máxima. O $VO_{2máx}$ foi obtido através do teste de 2000m e cálculo indireto utilizando a velocidade média. O desempenho aeróbio foi obtido utilizando o melhor tempo de competição da temporada 2007. Utilizou-se a estatística descritiva, teste *t-student* e a correlação produto-momento de *Pearson*, adotando $p < 0,05$. O desempenho obtido e o predito pela velocidade crítica foram semelhantes (5000m: $23,50 \pm 1,29$ min. versus $24,58 \pm 0,96$ min., $p = 0,18$; 10000m: $48,14 \pm 2,02$ min. versus $49,17 \pm 1,92$ min., $p = 0,40$). Foram observadas correlações inversamente significativas entre velocidade crítica e desempenho aeróbio (5000m: $r = - 0,84$, $p = 0,01$; 10000m: $r = - 0,83$, $p = 0,01$), e entre o $VO_{2máx}$ e o desempenho aeróbio (5000m: $r = - 0,86$, $p = 0,01$; 10000m: $r = - 0,91$, $p = 0,00$). Os resultados deste estudo indicaram que a velocidade crítica é uma ótima

ferramenta para controle do treinamento e predição do desempenho aeróbio em atletas de marcha atlética do gênero masculino, independente da idade cronológica.

Palavras chave: Velocidade crítica, desempenho aeróbio, marcha atlética.

ABSTRACT

The aim of present study was to compare achieved times in a 5000m and 10000m racewalk with predicted times from critical speed, and verify any association between critical speed and $VO_{2máx}$ with the aerobic performance (achieved time in 5000m and 10000m). The sample consisted of 7 male racewalkers, aged 16 to 38 years old. The critical speed was calculated using time versus work model, performed in the 1000m e 2000m maximum speed. The value of $VO_{2máx}$ measured using 2000m racewalk test and indirectly calculated using average speed. The aerobic performance was determined from best-achieved race time obtained in the season 2007. Statistical procedures used were descriptive analyses, Student's *t*-tests and *Pearson* moment correlation, with significance level set at $p < 0,05$. There were no significant differences in achieved times and predicted times by critical speed (5000m: 23.50 ± 1.29 min. versus 24.58 ± 0.96 min., $p = 0.18$; 10000m: 48.14 ± 2.02 min. versus 49.17 ± 1.92 min., $p = 0.40$). Inversely significant relationships were observed between critical speed and aerobic performance (5000m: $r = - 0.84$, $p = 0.01$, 10000m: $r = - 0.83$, $p = 0.01$), and between the value of $VO_{2máx}$ and aerobic performance (5000m: $r = - 0.86$, $p = 0.01$, 10000m: $r = - 0.91$, $p = 0.00$). The results indicate that critical speed is a great instrument to control of aerobic training and

predictor aerobic performance in male racewalkers, irrespective of the chronological age.

Keys Words: critical speed, aerobic performance, racewalk.

1.0 - INTRODUÇÃO

1.1 - Apresentação do Problema

A marcha atlética é uma prova do atletismo onde o atleta deve manter um contato ininterrupto com o solo durante sua progressão, exigindo muito treinamento e dedicação, visto que as provas oficiais variam entre 5 e 50 km com duração média de 4 horas. O atleta tem que apresentar uma ótima preparação específica para a prova como também uma técnica de oscilação do quadril bastante apurada para cumprir a distância da prova sem ser desclassificado pela arbitragem (PERSINA, 1980).

Alguns estudos sobre gastos energéticos e metabólicos na marcha atlética são descritos em Holmann & Hettinger (1983), McArdle et al. (2003), os quais citam que as provas de marcha são desenvolvidas a uma velocidade de 11,5-14,8 km/h; e para um homem de 70 Kg, o gasto energético é equivalente a um consumo de oxigênio de 900 ml/min. O atleta de alto nível, nas velocidades supracitadas, pode atingir um consumo de oxigênio maior do que um corredor em velocidade similar. Os marchadores de classe internacional atingem um consumo de oxigênio médio de 4,0-4,5 l/min durante a prova.

Atualmente existem diversos protocolos elaborados e validados para predição do desempenho de corridas de longa duração (McDERMOTT et al., 1993; KRANENBURG & SMITH, 1996; DENADAI et al., 2003). Todavia, nenhum destes foi elaborado levando em conta a especificidade da modalidade da marcha atlética, visto que é uma atividade diferente da corrida, onde o atleta mantém um dos pés o tempo todo em contato com o solo, não ocorrendo à flutuação como na corrida.

Dentre os preditores de desempenho mais utilizados estão o limiar anaeróbio (DENADAI et al., 2000; GRECO et al., 2002; PAPOTI et al., 2005) e o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) (LÉGER et al., 1988; DENADAI, 2000; DENADAI et al., 2003; PAPOTI et al., 2005). Porém estes métodos de avaliação dependem de instrumentos sofisticados e de alto custo e complexo manuseio. Neste sentido, com o objetivo de buscar um método simples de avaliação do desempenho aeróbio e prever o limiar anaeróbio Monod & Scherrer (1965), propuseram um método eficaz para avaliação da potência crítica ou da velocidade crítica, termo este mais comum na literatura como um indicador que apresenta o desempenho expresso em valores médios de velocidade em metros por segundo, correspondente à especificidade da modalidade desempenhada. Método este elaborado e validado a partir das associações encontradas entre as concentrações de lactato sanguíneo e limiar ventilatório (DENADAI, 2000; BILLAT et al., 2004; NAKAMURA et al., 2005; CACHEL, 2006; VASCONCELOS et al., 2007). Devido a sua eficiência e custo nulo de aplicação, a velocidade crítica proporciona uma importante ferramenta para prescrição e controle do treinamento (GRECO et al., 2003).

Dessa maneira, este indicador indireto e não invasivo se apresenta como um método alternativo e eficiente para a determinação e controle da intensidade de esforço da corrida que pode ser mantida por um tempo indeterminado, sem o aparecimento de fadiga, sendo correspondente a um máximo estado estável do

lactato – MLSS (4 mM) (SID-ALI et al. 1991; DENADAI et al., 1997; HILL & FERGUSON, 1999; DEKERLE et al., 2005).

Além disso, esta velocidade (m/s) pode ser interpretada como a mais alta intensidade de esforço que pode ser mantida por um longo período de tempo durante o exercício, com a predominância da síntese aeróbia de ATP como fonte de energia para manutenção desta intensidade e sem a ocorrência de exaustão (MONOD & SCHERRER, 1965; ERIKSON et al., 1971; WILMORE & COSTILL, 2001, McARDLE, 2003). O conceito de velocidade crítica é baseado na relação hiperbólica entre intensidades predeterminadas e seus respectivos tempos de exaustão os quais apresentam vantagens, como a facilidade de aplicação e avaliação de um grande número de atletas (GRECCO et al., 2002)

Com relação à validade de predição deste método, McDermoth et al. (1993) demonstram que a velocidade crítica determinada através dos tempos obtidos nas distâncias de 400, 800 e 1600 m em pista de atletismo apresenta uma alta correlação com o desempenho da corrida de 10000 metros ($r = - 0,92$). Hill (1993) afirma que a velocidade crítica utilizada como um preditor de desempenho aeróbio parece não sofrer influência do nível de condicionamento e idade, portanto representa um método válido para a utilização em diferentes fases do treinamento e faixas etárias.

Os testes para acompanhamento de treinamento e de desempenho são bastante escassos no que diz respeito à marcha atlética, muitas vezes são utilizados parâmetros de corrida e caminhada, não apresentando especificidade para com a modalidade (HOLLMANN & HETTINGER, 1983; McARDLE et al., 2003).

O valor da velocidade crítica é um parâmetro que pode auxiliar aos treinadores de marcha atlética a prescrever, avaliar e controlar o treinamento de seus atletas (GRECO et al., 2002; DENADAI et al., 2003; VASCONCELOS et al., 2007).

Segundo Grecco et al. (2002) a distância utilizada na determinação da velocidade crítica interfere no valor obtido independente da idade cronológica e a determinação desta distância, a qual pode influenciar a validade da pesquisa. Todavia, apesar da facilidade de utilização da velocidade crítica como preditor do desempenho aeróbio, não existem estudos relativos à marcha atlética.

1.2 – Objetivo Geral

O objetivo do presente estudo foi comparar o tempo obtido nas provas de 5000 e 10000 metros marcha atlética com o tempo predito pela velocidade crítica, bem como verificar a associação da velocidade crítica e a capacidade aeróbia ($VO_{2máx}$) com o desempenho aeróbio (tempo obtido das provas de 5000 e 10000 metros) e atletas do gênero masculino com idade entre 16 e 38 anos.

1.3 – Objetivos Específicos

Determinar a velocidade crítica na marcha atlética através de um teste de 1000 e 2000 metros em atletas de marcha atlética do gênero masculino.

Determinar a capacidade máxima aeróbia por um método indireto mediante a aplicação de teste de 2000 metros em atletas de marcha atlética do gênero masculino.

Determinar as possíveis diferenças entre o tempo de prova de 5000 e 10000 metros obtidos em competição e o predito pela velocidade crítica, em atletas de marcha atlética do gênero masculino.

Verificar a associação entre a velocidade crítica e a potência aeróbia ($VO_{2máx}$) com o tempo de prova de 5000 e 10000 metros obtidos em competição nos atletas de marcha atlética do gênero masculino.

1.4 – Hipóteses

H¹ – Os atletas de marcha atlética do gênero masculino na faixa etária entre 16-38 anos não apresentarão diferenças significativas entre o tempo obtido na prova de 5000 e 10000 metros em competição e o tempo predito pela velocidade crítica.

H² - Os atletas de marcha atlética do gênero masculino na faixa etária entre 16-38 anos apresentarão uma associação significativa entre a velocidade crítica e a potência aeróbia ($VO_{2máx}$) com os tempos obtidos na prova de 5000 e 10000 metros.

H³ - Os atletas de marcha atlética do gênero masculino na faixa etária entre 16-38 anos apresentarão diferenças significativas entre o tempo obtido na prova de 5000 e 10000 metros em competição e o tempo predito pela velocidade crítica.

H⁴ - Os atletas de marcha atlética do gênero masculino na faixa etária entre 16-38 anos não apresentarão uma associação significativa entre a velocidade crítica e a potência aeróbia ($VO_{2máx}$) com os tempos obtidos na prova de 5000 e 10000 metros.

2.0 - REVISÃO DE LITERATURA

A avaliação e o controle do treinamento são fundamentais para o desenvolvimento físico e técnico dos atletas em todas as modalidades, e existem alguns esportes que ainda estão em desenvolvimento em nosso país. É o caso da marcha atlética, que apesar de ser uma prova do cronograma do atletismo olímpico, e ser praticada há bastante tempo, sofre ainda com uma baixa quantidade de praticantes e certo preconceito pela técnica empregada, e a falta de provas oficiais. Poucos também são os treinadores nacionais especializados nesta prova, que

requer muito entendimento técnico para que o atleta não seja desclassificado por incorreções dos movimentos.

Os métodos utilizados no presente estudo foram atribuídos a sua praticidade e reprodutibilidade, além de um custo nulo para a sua aplicação.

Embora a marcha atlética seja diferente do caminhar cotidiano, ambos tem as mesmas características fundamentais. A técnica especial da marcha atlética é consequência do mais intenso ritmo das passadas (SCHMOLINSKI, 1982).

2.1 – Marcha Atlética

A marcha atlética é definida por Pernisa (1980) e Schmolinski (1982) como uma progressão executada passo a passo, mantendo-se o contato de um dos pés com o solo, é considerada por muitos como a prova das mais estressantes do atletismo devido aos movimentos executados ininterruptamente durante horas. É uma prova bastante praticada em países europeus e sul-americanos, mas no Brasil em apenas alguns estados ela é apoiada e estimulada.

De forma semelhante à corrida, a marcha atlética exige do atleta as qualidades de resistência de velocidade, resistência e força (BOLLOUIM, 1985). Barros (1978) afirma que o atleta deve manter o seu tronco ligeiramente inclinado para frente para não provocar a perda de contato do pé com o solo. A movimentação dos quadris depende da sua boa mobilidade, o que determina a naturalidade e a facilidade das passadas. Como a colocação dos pés tem que ser feito quase em uma linha reta, isso faz com que o quadril se desloque de um lado para outro, que facilita o gesto total do marchador e provoca certo rebolado que é a maior característica desta prova.

Segundo o livro de regras da Confederação Brasileira de Atletismo (Cbat) – IAAF (International Association of Athletics Federations) (regra número 230):

A marcha atlética é uma progressão de passos, executados de tal modo que o atleta mantenha um contato contínuo com o solo, não podendo ocorrer (a olho nu) a perda do contato com o mesmo. A perna que avança deve estar reta (ou seja, não flexionada no joelho) desde o momento do primeiro contato com o solo, até a posição ereta vertical. (Cbat-IAAF, p. 81)

Em relação à ação das pernas, Whitehead (1982) refere-se que o joelho da perna da frente deverá manter-se reto, sem curvar, quando a perna atinge a posição vertical e que o calcanhar do pé anterior deverá contatar o solo antes de o pé posterior elevar-se do solo. Durante esta fase, a perna posterior deverá se manter estendida tanto tempo quanto possível a fim de ajudar a manutenção da velocidade do corpo e a obter um efeito impulsor por meio da perna da frente e propulsor pela ação da perna de trás. A eficiência dessa propulsão depende, todavia, da movimentação correta dos pés.

Os atletas que praticam a marcha atlética, num processo de treinamento especializado, sabem e devem estar preparados que sempre estarão correndo o risco de ser desclassificado por erros técnicos observados pelos árbitros, o atleta mais tecnicamente evoluído não necessita de prestar atenção consciente as regra da marcha, pode e deve concentrar-se inteiramente no ritmo e no resultado a obter. O recorde mundial dos 20 Km foi batido recentemente por um atleta russo em uma prova surpreendente (IAAF - International Association of Athletics Federations, 2007).

Esta prova é classificada como de resistência geral aeróbia e depende principalmente da capacidade dos sistemas cardiovascular, respiratório e metabólico, assim como da qualidade da coordenação típica dos movimentos (HOLLMANN & HETTINGER, 1983; WEINECK, 1999; McARDLE et al., 2003).

Devido a fatores limitantes do desempenho parcialmente diferentes, a resistência geral aeróbia é dividida em resistência geral aeróbia curta, média e longa duração em uma divisão temporal dos diferentes tipos de resistência. Na teoria de treinamento Weineck (1999) demonstra que ocorre uma divisão e a marcha atlética se enquadra na resistência de longa duração I (cerca de 10 a 30 min.) para provas 5 Km, resistência de longa duração II (cerca de 30 a 90 min.) provas de 10 e 20 Km e resistência de longa duração III (mais de 90 min.) provas de 20 a 50 Km.

Para bons resultados na marcha atlética, os atletas devem desenvolver um programa de treinamento com ênfase na resistência aeróbia, também trabalho de força para a melhoria da economia de movimentos, que permite aos músculos trabalharem em períodos longos com o mínimo de esforço possível, e um trabalho de resistência de velocidade para manutenção de um alto ritmo de prova (SCHMOLINSKI, 1982).

2.1 – Índices Fisiológicos

A identificação de índices fisiológicos que possam prever o desempenho tem duas importantes aplicações dentro da área da avaliação e treinamento esportivo. A primeira é que se podem selecionar indivíduos com determinadas características, que potencialmente poderão apresentar maior rendimento em determinados esportes. A outra, é que o treinamento físico no que diz respeito à aplicação de sobrecarga (intensidade x volume) poderá ser planejado e executado de acordo com as demandas do esporte, particularmente em relação aos seus aspectos metabólicos (DENADAI et al., 2004).

Na marcha atlética a principal fonte de energia é proveniente do ATP produzido pelo sistema aeróbio. Os sistemas do ácido láctico e do ATP-PC também contribuem, porém apenas no início do exercício, durante alguns minutos, aumentando exponencialmente o consumo de oxigênio, antes de alcançar um estado estável; ocorrendo um déficit de oxigênio durante este período. Após o consumo de oxigênio alcançar este platô (cerca de 3 a 4 minutos), mantém-se estável durante toda a duração do exercício. Portanto este mecanismo reflete um equilíbrio entre a energia de que os músculos ativos necessitam e a produção de ATP pelo metabolismo aeróbio. Neste sentido, se o esforço durante o exercício se mantém dentro deste estado estável, as reações que consomem oxigênio fornecem energia para toda a extensão do exercício, sendo todo lactato produzido é oxidado ou transformado pelo fígado novamente em glicose pelo ciclo de Cori, e possivelmente nos rins. Por esse motivo, o ácido láctico sanguíneo não se acumula em níveis de acidose metabólica, e a pequena quantidade de ácido láctico acumulado previamente, se mantém relativamente constante até o final da atividade. Teoricamente, após alcançar este estado estável de metabolismo aeróbio, o exercício poderia progredir indefinidamente; um bom exemplo disso é observado durante as corridas de longa duração e com a marcha atlética, que em virtude deste mecanismo fisiológico é possível chegar até o final da prova. No entanto, existem outros fatores que conduzem a este tipo de fadiga como baixos níveis de glicose sanguínea; fadiga muscular local devida à depleção dos depósitos musculares de glicogênio; perda de água (desidratação) e eletrólitos, que resulta em aumento da temperatura corporal (HOLLMANN & HETTINGER, 1983; McARDLE et al., 2003).

Durante vários anos o VO_{2max} tem sido um parâmetro de predição de desempenho preferencial para muitos investigadores na avaliação de atletas durante exercício, baseados na hipótese de haver uma forte relação com a capacidade de desempenho de endurance. Na literatura encontramos diversos estudos demonstrando que atletas de endurance apresentam valores elevados de VO_{2max} , na marcha atlética = $73,2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$; meio-fundo = $75,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$; maratona = $72,0 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (BILLAT et al., 2004; DENADAI & ORTIZ, 2004).

Nas últimas décadas o limiar anaeróbio (LAn) tem sido alvo de diversas investigações dentro da fisiologia do exercício, uma vez que é considerado um referencial, superando inclusive o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) para a prescrição da intensidade do treinamento, controle dos efeitos do treinamento e predição de desempenho (SVEDAHL & McINTOSH, 2003).

Heck et al. (1985); Denadai et al., (2003), propuseram a identificação da máxima fase estável de lactato sanguíneo (MLACSS), que pode ser definida como a maior intensidade de exercício de carga constante em que ainda existe equilíbrio entre a taxa de liberação e remoção de lactato no sangue, empregando um valor fixo de 4 mM. Critério este muito utilizado, pois não precisa de exaustivos testes para a sua determinação. Todavia existem outros estudos como o de Greco et al., (2002) e Cachel, (2006) demonstraram que a concentração da lactato correspondente à MLACSS pode variar entre os indivíduos e pode ser dependente do tipo de exercício realizado.

Para se avaliar os treinamentos e se prever resultados em competições, vários aspectos de determinação de lactato sanguíneo requerem o uso de equipamentos sofisticados, disponíveis apenas a um pequeno número de atletas de elite. Deste modo, alguns estudos buscaram validar outros índices que possam ser utilizados na avaliação aeróbia, sem envolver a coleta de sangue e a utilização de materiais que tenham custo elevado. Um destes índices é a potencia crítica ou a velocidade crítica (VC), o qual foi proposto no presente estudo.

2.3 - Velocidade Crítica

Definida como a mais alta intensidade de exercício que teoricamente pode ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão. Seu conceito é baseado na relação hiperbólica entre intensidades pré-determinadas e seus respectivos tempos

de exaustão. Especificamente para corrida, Kranenburg & Smith (1996) e Ortiz et al. (2003) verificaram que a velocidade crítica pode ser obtida pela regressão linear entre distâncias fixas e seus respectivos tempos, sendo que a VC corresponde ao coeficiente angular da reta obtida. Portanto, a determinação da potência crítica pode ser protocolo-dependente. Alguns estudos (VANDERWALLE et al., 1989; McDERMOTT et al., 1993) têm verificado que a escolha das cargas empregadas na sua predição pode determinar diferentes valores de potência crítica. Para a VC, essa influência da seleção de cargas (distâncias) ainda não foi avaliada na marcha atlética. Esse aspecto pode ser particularmente importante quando se utiliza a VC para a prescrição da intensidade do treinamento.

Embora alguns estudos tenham verificado que a VC é um bom preditor do desempenho em corridas de longa duração segundo Kindermann et al. (1979); Hughson et al. (1984); Denadai et al. (2003). Todavia não foram encontrados estudos com resultados e informações sobre a validade da velocidade crítica em prever resultados em provas e treinamentos específicos da marcha atlética.

A VC apresenta inúmeras vantagens, como a facilidade de aplicação e análise de grande número de atletas e pode ser realizada durante os treinamentos e, principalmente sem a necessidade da utilização de materiais caros e de difícil acesso (GRECO et al., 2003). Esses fatores devem ser levados em conta, principalmente quando avaliamos uma prova do atletismo pouco difundida e em desenvolvimento ainda no Brasil.

Segundo Hill (1993); Vasconcelos et al. (2007), a velocidade crítica pode ser considerada como um preditor do desempenho aeróbio e parece não sofrer influência do nível de condicionamento e da idade cronológica; também não existem classificações e critérios pré-estabelecidos para a realização dos testes. Em exercício no cicloergômetro, a relação entre a força (potência) e o tempo de exaustão, é descrito por um modelo hiperbólico (MORITANI et al., 1981). Para corredores, a relação entre intensidade (velocidade) e o tempo de exaustão é também descrito por este modelo hiperbólico (HUGHSON et al., 1984; HOUSH et al., 1992; PEPPER et al., 1992; SMITH & JONES, 2004). Em Hill & Ferguson (1999) Tempo de exaustão (TTE) é a função da capacidade do trabalho aeróbio (AWC) e a velocidade crítica na fórmula:

$$\text{TTE} = \text{AWC} \cdot (\text{velocidade} - \text{VC})^{-1}$$

Existem diferentes métodos não-invasivos utilizados para predizer a resposta ao lactato sanguíneo durante o exercício, dentre eles a VC tem apresentado elevados índices de correlação com a intensidade correspondente a 4 mM de lactato sanguíneo e com o desempenho aeróbio (GRECO et al.,2003).

A VC corresponde a uma intensidade limítrofe de esforço que pode ser sustentada com estado estável de VO_2 e de lactato (SID-ALI et al.; 1991). Acima dessa intensidade, essas variáveis atingem valores de pico, prenunciando a ocorrência da exaustão. A exaustão em corridas acima da velocidade crítica coincide com o esgotamento total das capacidades de corrida anaeróbia. A capacidade de corrida anaeróbia é descrita como a distância máxima percorrida à custa do metabolismo anaeróbio (NAKAMURA et al., 2005).

Greco et al. (2002) concluíram que a distância utilizada na determinação da VC interfere no valor obtido independente da idade cronológica, podendo provocar diferentes adaptações quando utilizada para prescrição de treinamento.

As aplicações da velocidade crítica estão sendo descritas em vários trabalhos recentes como de Greco et al. (2002); Denadai et al. (2003); Vasconcelos et al. (2007) que em seus estudos sobre a velocidade crítica concluíram que os coeficientes de correlação da VC com o desempenho aeróbio, indicam que esta metodologia pode ser utilizada como ferramenta precisa de controle da capacidade aeróbia.

3.0 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Delineamento da Pesquisa

O presente estudo teve um caráter quase-experimental *ex-post facto* comparativo correlacional foi empregado segundo Thomas & Nelson, 2007, adotando um processo de amostragem não-probalístico por conveniência. Todos os sujeitos foram informados sobre os procedimentos utilizados, possíveis benefícios e

riscos atrelados à execução do estudo, condicionando posteriormente a sua participação de modo voluntário através da assinatura do termo de consentimento livre e informado.

Na primeira sessão foram conduzidas as medidas antropométricas, peso e estatura e entrevista para identificar os fatores de inclusão e possíveis fatores de exclusão. Na segunda sessão foi realizado um teste 1000 metros e após 30 minutos de intervalo foi realizado um teste de 2000 metros para posterior levantamento da velocidade crítica através da fórmula de Kranenburg & Smith (1996).

Neste delineamento a análise dos dados investigou as possíveis diferenças entre o tempo obtido em competição de marcha atlética nos 5000 e 10000 metros com o predito pela VC, e verificou a associação entre a variável independente VC e a variável dependente tempo obtido em competição e entre a variável independente ($VO_{2máx}$) e a variável dependente tempo obtido em competição de 5000 e 10000 metros marcha atlética.

3.2 - População e Amostra

A seleção da amostra foi realizada de forma não-probalística por conveniência, sendo composta por 7 atletas de marcha atlética do gênero masculino, registrados na Confederação Brasileira de Atletismo (Cbat) e participantes regulares das competições nacionais dois clubes do Paraná e Santa Catarina.

O recrutamento inicial dos possíveis participantes foi realizado através de convites pessoais e aos seus treinadores. Todos os sujeitos foram informados sobre os procedimentos utilizados, possíveis benefícios e riscos atrelados à execução do estudo, condicionando posteriormente a sua participação de modo voluntário através da assinatura do termo de consentimento livre e informado (Anexo nº 1). O protocolo de pesquisa foi delineado conforme as diretrizes propostas na Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisas envolvendo seres humanos (CNS, 1996).

Os seguintes critérios de inclusão foram estabelecidos: (a) condição prévia de atleta federado na confederação brasileira de atletismo (Cbat); (b) auto-relato de nenhuma modificação ocorrida nos padrões de treinamento habitual durante os últimos seis meses antecedentes as avaliações; (c) auto-relato de nenhum

tratamento medicamentoso e distúrbios de saúde ou músculo-esquelético nos últimos seis meses antecedentes as avaliações (Anexo nº 2). Os critérios de exclusão foram estabelecidos da seguinte forma: os sujeitos que porventura não completassem uma das sessões dos testes.

3.3 - Instrumentos e Procedimentos

Na primeira sessão foram conduzidas as medidas antropométricas, peso e estatura e entrevista para identificar os fatores de inclusão e possíveis fatores de exclusão, e orientando os sujeitos para evitar o de alguma forma de suplementação que pudesse a vir intervir no resultado dos testes como álcool, café, carboidratos, creatina por um período de 24 horas antecedentes aos testes. A segunda sessão foi realizada em pista sintética de 400m, onde após um aquecimento em torno 15 minutos, os sujeitos foram posicionados no ponto de largada da pista de atletismo para realização de teste um 1000 metros, sendo que a largada foi realizada através de um sinal sonoro emitido pelo avaliador e o atleta era incentivado durante todo o decorrer do percurso no menor tempo possível e melhor técnica possível, visto que em tiros curtos é muito difícil permanecer o tempo todo na técnica correta pela intensidade e distância da prova, registrando o tempo através de um cronômetro digital com precisão de segundos, da marca Timex® Ironmam 584. Após 30 minutos de intervalo foi realizado um teste de 2000 metros em intensidade máxima, conforme procedimentos supracitados, onde os tempos foram registrados para posterior levantamento da VC através da fórmula de Kranenburg & Smith (1996).

A determinação da VC é possível a partir da aplicação de modelos matemáticos, como regressão linear entre a distância percorrida e seu respectivo tempo (HILL, 1993). Para isso pelo menos dois testes de corridas máximas com suas respectivas durações, entre 1-3 minutos e 10-15 minutos devem ser aplicados (POOLE, 1988). Baseado nestes estudos supracitados as distâncias de 1000 e 2000 metros foram escolhidas pelo fato de que o tiro de 1000 metros possui uma característica mista entre o componente anaeróbio e aeróbio e o de 2000 metros já possui uma característica mais acentuada do componente aeróbio, portanto, as diferenças de tempo e distância entre os dois permitem detectar a velocidade crítica em m/s, sendo o ponto de transição aeróbio-anaeróbio, então isto fica destacado com a escolha destas duas distâncias.

A VC foi determinada através da inclinação da reta de regressão entre as duas coordenadas das distâncias e seus respectivos tempos (KRANENBURG & SMITH, 1996). Este modelo de regressão de duas coordenadas que apresenta uma confiabilidade de $r = 0,98$ quando correlacionado com modelo de quatro coordenadas (HOUSH et al., 1990). Nesta fórmula proposta por Kranenburg & Smith (1996), a inclinação da reta indica a intensidade de corrida correspondente à VC, onde a mesma pode ser obtida pela seguinte fórmula: $VC \text{ (m/s)} = (2^{\text{a}} \text{ distância} - 1^{\text{a}} \text{ distância}) / (2^{\text{o}} \text{ tempo} - 1^{\text{o}} \text{ tempo})$. Nos gráficos de 1 e 2 são apresentados dois exemplos desta amostra de marchadores do gênero masculino, onde a inclinação da reta representa a intensidade de marcha correspondente a VC.

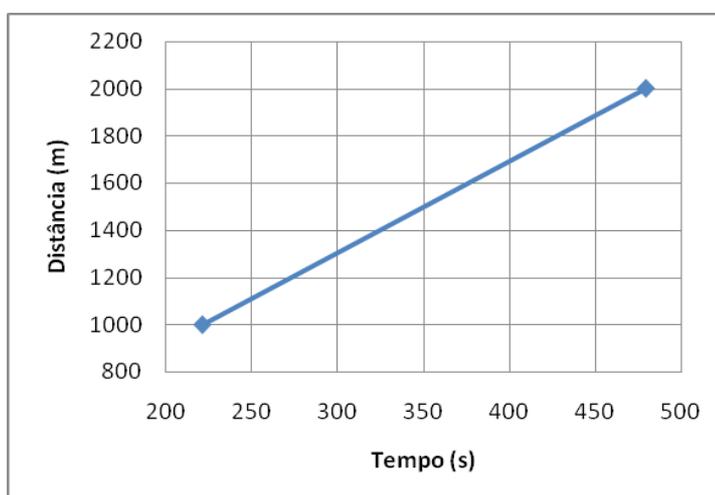


Gráfico 1. Determinação da velocidade crítica (VC), segundo Kranenburg e Smith (1996), para um indivíduo do gênero masculino. $VC = 3,88 \text{ m/s}$.

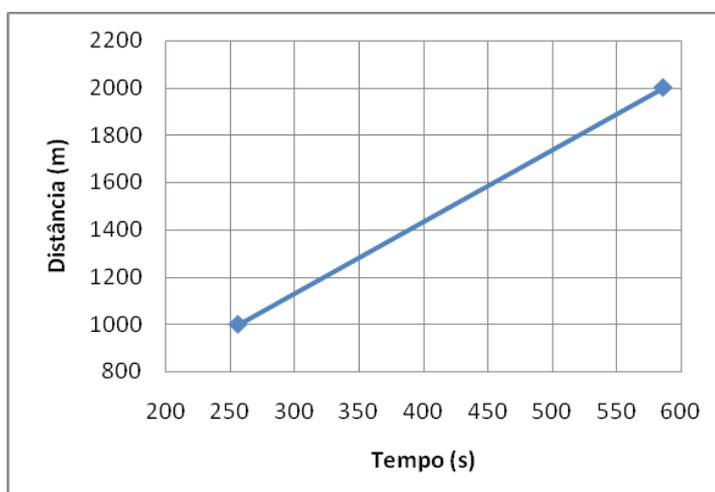


Gráfico 2. Determinação da velocidade crítica (VC), segundo Kranenburg e Smith (1996), para um indivíduo do gênero masculino. VC= 3,03 m/s.

O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) foi determinado através do método proposto por Arcelli (1996), que desenvolveu uma equação para estimativa indireta específica para a marcha atlética, utilizando 8 atletas de elite internacional para elaboração da equação, levando em consideração que esta atividade possui características específicas, diferenciando da caminhada e da corrida, onde o atleta é obrigado a manter um pé em contato com o solo durante toda a realização da prova, ficando em contato em média 22-24 centésimos de segundo, e ocorrendo uma grande oscilação dos quadris, não podendo assim ser utilizadas fórmulas desenvolvidas para caminhada que tem um contato maior com o solo durante cada passo, e a corrida além de ter um menor contato com o solo, possui um momento de flutuação onde os dois pés não estão em contato com o solo. A equação foi desenvolvida utilizando a velocidade média (Km/h) do marchador para estimativa do seu $VO_{2m\acute{a}x}$ desenvolvido durante a prova:

$$VO_{2m\acute{a}x} = 5,12 \times V - 16,9$$

Utilizou-se um tiro de 2000 m e seu respectivo tempo obtido para calcular a velocidade média em Km/h para ser lançada na equação proposta e obter o consumo máximo de oxigênio de forma indireta.

3.4 - Tratamento dos dados

Foi empregado teste Kolmogorov-Smirnov para testar a normalidade da amostra. Os dados foram apresentados em média e desvio-padrão. Um teste *t-student* pareado para verificar possíveis diferenças entre o tempo predito e obtido. Uma correlação produto-momento de Pearson foi empregada para verificar possíveis associações entre as variáveis. O nível de significância assumido foi de $p < 0,05$. O programa estatístico utilizado foi *SPSS for Windows* versão 13.0.

4.0 - Resultados

Os dados seguiram um padrão de normalidade segundo os testes de Kolgomorov-Smirnov. Na tabela 1, é apresentado a caracterização dos atletas, em média e desvio-padrão. Observa-se que a velocidade crítica, neste grupo de sete atletas federados de marcha atlética, apesar de apresentarem uma variabilidade na idade (16-38 anos), apresentam resultados similares com relação à VC, obtendo uma média de $3,42 \pm 0,37$.

Tabela 1. Média e desvio-padrão para idade, massa corporal, estatura, IMC, tempo predito e obtido nos 5000 e 10000 metros marcha atlética e $VO_{2m\acute{a}x}$.

Variáveis	Médias/DP	Mínimo	Máximo
Idade	23,14 ± 7,31	16	38
Massa Corporal	66 ± 11,70	52,00	83,00
Estatura	174,5 ± 7,77	165,00	186,00
IMC	21,59 ± 2,83	18,69	25,80
VC (m/s)	3,42 ± 0,37	3,03	4,03
Tempo Predito 5000 m (min)	24,58 ± 2,54	20,66	27,50
Tempo Obtido 5000 m (min)	23,50 ± 3,42	18,53	28,00
Tempo Predito 10000 m (min)	49,17 ± 5,08	41,30	55,00
Tempo Obtido 10000 m (min)	48,14 ± 5,36	41,00	57,00
$VO_{2m\acute{a}x}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	50,87 ± 8,88	39,04	65,02

Na tabela 2, são apresentados os valores do teste *t-student*, comparando as médias em minutos do desempenho aeróbio obtido durante competição pelos atletas e o predito pela velocidade crítica.

Tabela 2. Média e desvio-padrão em minutos do desempenho obtido na prova de 5000 e 10000 metros marcha atlética e desempenho predito pela VC (velocidade crítica).

Prova	Desempenho Obtido	Desempenho Predito (VC)	t	p	df
5000 metros	23,50 ± 1,29	24,58 ± 0,96	1,487	0,188	6
10000 metros	48,14 ± 2,02	49,17 ± 1,92	0,905	0,400	6

$p < 0,05$ = diferença dos tempos no mesmo grupo

Com relação à prova de 5000 metros marcha atlética, o tempo predito e obtido não foram estatisticamente diferentes, $p = 0,188$. Com relação à prova de 10000 metros marcha atlética, o tempo predito e obtido também não foram estatisticamente diferentes, $p = 0,400$. Com base nestes resultados observou-se que os tempos preditos pela VC e os obtidos foram semelhantes, não apresentando diferenças significativas entre os mesmos, sugerindo que a VC é um ótimo preditor de desempenho para a prova de 5000 e 10000 metros marcha atlética para atletas do gênero masculino.

Na tabela 3, são apresentados os coeficientes de correlação da velocidade crítica (VC) e o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) com o desempenho obtido durante competição pelos atletas de marcha atlética.

Tabela 3. Coeficientes de Correlação de Pearson da VC e $VO_{2máx}$ com o tempo obtido nas provas de 5000 e 10000 metros marcha atlética.

Variáveis	Desempenho Obtido			
	5000 metros	p	10000 metros	p
VC	(r = - 0,846)*	0,016	(r = - 0,839)*	0,018
$VO_{2máx}$	(r = - 0,868)*	0,011	(r = - 0,919)**	0,003

*p<0,05, **p<0,01

O coeficiente de correlação de Pearson demonstrou que a VC obteve uma alta correlação com o tempo obtido em competição de 5000 metros marcha atlética (r = - 0,846), p = 0,016; e também uma alta correlação com o tempo obtido em competição de 10000 metros (r = - 0,839), p = 0,018. Demonstrando que a VC é um ótimo preditor de desempenho para as provas de 5000 e 10000 metros marcha atlética para o gênero masculino, alcançando resultados similares aos encontradas nas modalidades de corrida de longa distância. Com relação ao $VO_{2máx}$, apresentou uma alta correlação com o tempo obtido em competição de 5000 metros marcha atlética (r = - 0,868), p = 0,011; e também uma alta correlação com o tempo obtido em competição de 10000 metros (r = - 0,919), p = 0,003. Podemos então afirmar que o $VO_{2máx}$ apresenta-se como uma associação com o desempenho aeróbio em competição.

As correlações inversamente significativas da VC com o desempenho em competição nas distâncias de 5000 e 10000 metros marcha atlética em atletas do gênero masculino, sugerem que enquanto aumenta a velocidade crítica, isto é, quanto maior for à velocidade crítica, menor será o tempo obtido em competição e conseqüentemente maior o desempenho em competição. O mesmo acontecendo com o $VO_{2máx}$, indicando que a melhora neste componente resulta num melhor desempenho em competição em modalidades aeróbias, ou seja, quanto maior o $VO_{2máx}$ menor o tempo obtido durante a prova.

5.0 - Discussão

Na atualidade, o modelo de velocidade crítica vem sendo amplamente aplicado em diversas modalidades, tanto para predição de desempenho como para controle do treinamento. Todavia a utilização destas equações para modelar o desempenho aeróbio da marcha atlética é singular e original, não havendo na literatura estudos relatando este método esta modalidade. A aferição da velocidade crítica poderá trazer importantes considerações práticas para a avaliação da aptidão

específica e controle do treinamento da marcha atlética além de predizer o seu desempenho.

Segundo Wakayoshi et al. (1992) e Denadai et al. (2000) protocolos não invasivos e de fácil aplicação têm sido propostos, destacando-se a aplicação de modelos matemáticos que possibilitem a identificação da velocidade crítica (VC) a partir da relação distância-tempo em testes de desempenho realizados em corrida, natação e ciclismo. No presente estudo a VC foi utilizada para predição do tempo de competição das provas de 5000 e 10000 metros marcha atlética, e para comparação com o tempo obtido. Verificou-se que a VC pode predizer os resultados obtidos em provas de 5000 e 10000 metros na marcha atlética. Os resultados apresentaram que o tempo obtido por atletas do gênero masculino foram semelhantes aos preditos pela VC para 5000 metros ($p = 0,188$) e para 10000 metros ($p = 0,400$) conforme tabela 2.

A relação entre a velocidade e a duração do esforço até a exaustão tem sido objeto de muitos estudos recentes. Nesse sentido, o modelo de VC vem sendo um dos métodos mais utilizados, uma vez que descreve adequadamente a resposta dos sistemas, aeróbio e anaeróbio, ao exercício máximo exaustivo, além do que sua validade fisiológica tem sido atestada por diversos estudos (HILL, 1993; MORTON & BILLAT, 2000; SMITH & JONES, 2004).

Alguns estudos que mais se assemelham à marcha atlética, no caso a corrida de longa duração, verificaram que a VC é um bom preditor de desempenho (HUGHSON et al., 1984; KRANENBURG & SMITH, 1996; SIMÕES, 2005), resultados estes semelhantes aos encontrados no presente estudo.

Segundo Bishop et al. (1998) verificaram que a combinação de cargas que permitiam tempo de exaustão entre 68 e 193 segundos determinaram a VC em bicicleta ergométrica com maior eficiência do que cargas em que o tempo de exaustão entre 193 e 485 segundos (201 e 164 watts, respectivamente).

A determinação da distância a ser percorrida para se calcular a VC é muito importante, visto que a influência da seleção das cargas para determinação da VC ocorre principalmente quando o tempo de exaustão permitido pela carga é inferior a três minutos (BISHOP et al., 1998). Esse fenômeno ocorreria em função da "inércia aeróbia", pois durante o exercício o consumo de oxigênio aumenta de forma monoexponencial até atingir a fase estável após três a quatro minutos. Se esta fase não é considerada, a relação entre a potência e o tempo é modificada

(VANDERWALLE et al., 1989). O mesmo deve acontecer para a determinação dos percursos para o cálculo da VC, onde são usadas distâncias fixas e não tempo de exaustão.

O metabolismo aeróbio está sujeito a certas características fisiológicas peculiares, através de métodos invasivos sugeriram que a VC pode ser compreendida como o MLSS (máximo estado estável de lactato), ocorrendo um predomínio da utilização do sistema oxidativo de fornecimento de energia, no qual a taxa de remoção do lactato sanguíneo é equivalente a produção, fazendo com que o indivíduo mantenha a intensidade de esforço constante sem o aparecimento da fadiga (MONOD & SCHERRER, 1965; HIYANE et al., 2006).

Para a marcha atlética não há registros de determinação de VC, mas para a corrida, Hughson et al. (1984) investigando durante exercício em esteira rolante, encontraram uma correlação moderada ($r = - 0,67$) com a desempenho na prova de 10000 metros. Kranenburg e Smith (1996) determinaram que a VC em teste de pista (distância x tempo) é válida, apresentando valores de alta correlação com a VC determinada na esteira rolante (velocidades pré-estabelecidas x tempo de exaustão). Estes resultados em relação à VC determinada em pista, também foram sugeridos por Hill (2001) com apenas duas distâncias (1500 e 5000 metros), sendo válida para determinar a VC obtida na esteira em corredores de endurance.

A correlação encontrada no presente estudo ($r = - 0,846$) para a prova de 5000 metros e de ($r = - 0,839$) para os 10000 metros marcha atlética, o que sugere para estas distâncias fixas determinadas, a VC apresentou uma alta correlação com os tempos obtidos, sendo um ótimo preditor de desempenho para a modalidade de marcha atlética no gênero masculino. Correlacionando-se inversamente com o tempo obtido, ou seja, quanto maior a VC melhor o desempenho durante a prova da marcha atlética no gênero masculino, conforme tabela 3. Estes achados corroboram com os estudos de Florence & Weir (1997); Vasconcelos et al. (2007) que apresentaram correlações significativas da VC e $VO_{2máx}$ com o desempenho em competição de longa duração ($r = - 0,76$, $r = - 0,52$, respectivamente). Sendo que estes autores sugeriram que a VC pode ser utilizada como um método preciso de controle da capacidade aeróbia de atletas e que poderia manter esta intensidade por um tempo ~30 minutos, favorecendo o desempenho na prova.

Segundo Vasconcelos et al. (2007) após avaliarem adolescentes do gênero masculino submetidos à corrida de 1600 metros, obtiveram coeficientes maiores de

correlação entre a VC e o desempenho aeróbio ($r = - 0,52$), e entre o $VO_{2máx}$ com o desempenho aeróbio ($r = - 0,14$), com isso concluiu que a VC é um instrumento poderoso para a prescrição e controle de treinamento aeróbio. O presente estudo corrobora com estes resultados no que diz respeito à utilização da VC para predição de resultados e controle de treinamento, porém, discordando com os resultados obtidos com o $VO_{2máx}$ que apresentou também alta correlação com o tempo obtido nos 5000 e 10000 metros marcha atlética de ($r = - 0,868$) e ($r = - 0,919$) respectivamente.

Greco et al. (2002) em seu estudo sobre a validade da VC na natação concluíram que a VC depende da distância do percurso independente da idade cronológica, podendo provocar diferentes adaptações quando utilizada para prescrição de treinamento, afirmando que os resultados entre que a VC e o LAn (4mM) são dependentes da distância empregada na determinação da VC em adolescentes (10 a 15 anos). Para os de marcha atlética testados no presente estudo a idade cronológica (16-38 anos) não representou um fator determinante no resultado da VC como predição de resultado em competição e acompanhamento de treinamento, tendo em vista a variabilidade da idade desta amostra, demonstrando que a VC pode ser utilizada como um preditor de desempenho independente da idade.

De acordo com Simões et al. (2005) a VC é um método válido e preciso para a avaliação e predição do desempenho para corredores de longa duração. No que se refere à marcha atlética, o modelo de VC utilizado no presente estudo indica que este é um poderoso instrumento para a prescrição e controle do treinamento aeróbio para o gênero masculino, possuindo uma alta precisão de trabalho. O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), apesar da limitação de sua mensuração através de um método indireto, apresentou uma alta correlação com o desempenho durante a competição de marcha atlética para o gênero masculino (5000 metros $r = - 0,868$; 10000 metros $r = - 0,919$), sugerindo a sua eficiência na predição de desempenho. No entanto alguns autores afirmam (GEITHNER et al., 2004; SILVA et al., 2005; PAPOTI et al., 2005) que o $VO_{2máx}$ possui uma influência genética, portanto, a modificação desta variável fisiológica pelo treinamento tem um limite biológico, fator este não verificado para a VC, que demonstrou ser um método preciso para previsão do desempenho.

Contudo, devemos destacar algumas limitações do presente estudo, como não ter sido feito controle de variáveis intervenientes como motivação, ansiedade, possíveis influências de fatores ambientais (temperatura e umidade relativa do ar); e aplicabilidade dos resultados somente para o gênero masculino. Neste sentido, futuros estudos devem ser conduzidos observando tais limitações e as controlando, além de aplicar no gênero feminino com intuito de verificar se o método da VC se comporta da mesma maneira.

6.0 – Conclusão

Baseando-se nos resultados do presente estudo, pode se afirmar que a velocidade crítica mensurada através das distâncias de 1000 e 2000 metros e seus respectivos tempos, apresentou-se como um ótimo preditor do desempenho nas provas de 5000 e 10000 metros marcha atlética para o gênero masculino, em virtude da não ocorrência de diferença significativa entre o desempenho predito com o obtido. Os coeficientes de correlação da VC com o desempenho aeróbio na marcha

atlética indicaram que este método de avaliação pode ser utilizado como uma ferramenta para o controle nos treinamentos e também para predição do desempenho em competições, independente da faixa etária.

Referências

ARCELLI, E. Il Costo Energetico Della Marcia. In: Le Gare Sulle Medie e Lunghe Distanze - **Riviste Atletica Studi, Federazione Italiana di Atletica Leggera**, Supl. 3-4: 218-222, 1996.

BARROS, N. **O atletismo**. São Paulo: A Gazeta Maçônica, 1978.

BILLAT, V.; SIRVENT, P.; LEPRETE, P. M.; KORALSZTEIN, J. P. Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in máster endurance-runners. **Archives European Journal of Physiology**. 447: 875-883, 2004.

BISHOP, D.; JENKINS, D. G.; HOWARD, A. The critical power is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen. **International Journal Sports Medicine**.19: 125-129, 1998.

BOLLOUIM, A. **Atletismo: velocidade, meio-fundo, fundo, vallas, marcha**. 2ª Ed.Barcelona: Hispano Europea. 1985.

CACHEL, H. F. Preditores do desempenho na natação máster. 2006. 66 f. Dissertação (Mestrado na Educação Física) – Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba.

Cbat – IAAF. **Regras de atletismo**. Manaus: Confederação Brasileira de Atletismo. – IAAF (regra número 230, 2006-2007): p. 81.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. **Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos**. Brasília: Ministério da Saúde, 1996.

DEKERLE, J.; NESI, X.; LEFEVRE, T.; DEPRETZ, S.; SIDNEY, M.; HUOT MARCHAND, F.; PELAYO, P. **Stroking Parameters in Front Crawl Swimming and Maximal Lactate Steady State Speed**. **International Journal Sports Medicine**. 26: 53-58, 2005.

DENADAI, B. S. **Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo**. 1ª Ed. Rio Claro Motriz; 2000.

DENADAI, B. & ORTIZ, M. M. Índices fisiológicos associados com a performance aeróbia em corredores da endurance: efeitos da duração da prova. **Revista Brasileira de Medicina do esporte**. 10(5): 405-407, 2004.

DENADAI, B. S.; ORTIZ, M. J.; STELLA, S.; MELLO, M. T. Validade da velocidade crítica para determinação dos efeitos do treinamento no limiar anaeróbio em corredores de endurance. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**. 3(1): 16-23, 2003.

DENADAI, B. S.; GRECO, C. C.; DONEGA, M. R. Comparação entre a velocidade de limiar anaeróbio e a velocidade crítica em nadadores com idade entre 10 e 15 anos. **Revista Paulista de Educação Física**. 11(2): 128-133, 1997.

ERIKSON, B. O.; KARLSSON, J.; SALTIN, B. Muscle metabolites during exercise in pubertal boys. **Acta Pediatrics Scandinavica**. 217: 154-157, 1971.

FLORENCE, S. I.; WEIR, J. P. Relationship of critical velocity to marathon running performance. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. 75: 274-278, 1997.

GEITHNER, C. A.; THOMIS M. A.; VANDEN EYNDE B.; MAES, H. H. M.; MALINA, R. M.; BEUNEN, G. P, et al. Growth in Peak Aerobic Power during Adolescence. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 36(9): 1616-1624, 2004.

GRECO, C. C.; DENADAI, B. S.; PELLEGRINOTTI, I. L.; FREITAS, A.; GOMIDE, E. Limiar anaeróbio e velocidade crítica determinada com diferentes distancias em nadadores de 10 a 15 anos: relação com a desempenho e a resposta do lactato sanguíneo em testes de endurance. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 9(1): 2-8, 2003.

GRECO, C. C.; BIANCO, A.; GOMIDE, E.; DENADAI, B. S. Validity of the critical speed to determine blood lactate response and aerobic performance in swimmers aged 10-15 years. **Science Sports Kent**. 17(6): 306-308, 2002.

HIYANE, W. C.; SIMÕES, H. G.; CAMPBELL, C. G. Velocidade crítica como um método não invasivo para estimar a velocidade de lactato mínimo no ciclismo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 12(6): 381-385, 2006.

HECK, A.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of de 4 mmol/L lactate threshold. **International Journal Sports Medicine**. 6: 117-30, 1985.

HILL, D. W. The critical power concept. **Sports Medicine**. 6: 237-254, 1993.

HILL, D. W.; FERGUSON, A. physiological description of critical velocity. **European Journal Physiology**. 79:290-293, 1999.

HILL, D.W. Aerobic and anaerobic contributions in middle distance running events. **Motriz**. 7: 63-67, 2001.

HOLLMANN, W.; HETTINGER, Th. **Medicina do esporte**. São Paulo: Manole, 1983.

HOUSH, D.J.; HOUSH, T.J.; BAUGE, S.M. A methodological consideration for determination of critical power and anaerobic work capacity. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. 61(4): 406-409, 1990.

HOUSH, T.J.; JOHNSON, G. O.; McDOWELL, S. L.; HOUSH, D. J.; PEPPER, M. L. The relationship between anaerobic running capacity and peak plasma lactate. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. 32: 117-122, 1992.

HUGHSON, R. L.; OROK, C. J.; STAUDT, L. E. A high velocity treadmill running test to assess endurance running potential. **International Journal of Sports Medicine**. 5: 23-25, 1984.

IAAF - INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ATHLETICS FEDERATIONS. **Notícias**. Disponível em: <http://www.iaaf.org>. Acesso em 30 de setembro de 2007.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology**. 42: 25-34, 1979.

KRANENBURG, K. J. & SMITH, D. J. Comparison of critical speed determined from track running and treadmill tests in elite runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 28: 614-618, 1996.

LÉGER, L. A.; MERCIER, D.; GADOURY, C.; LAMBERT, J. The multistage 20-meter shuttle run test for aerobic fitness. **Journal of Sports Sciences**. 6: 93-101, 1988.

McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do Exercício – Energia, Nutrição e Desempenho Humano**. 5ª ed., Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, 2003.

McDERMOTT, K. S.; FORBES, M. R.; HILL, D. W. Application of the critical Power concept to outdoor running. **Medicine and Science Sports and Exercise**. 25(5): S109, 1993.

MONOD, H. & SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**. 8: 329-338, 1965.

MORITANI, T.; NAGATA, A.; de VRIES, H. A.; MURO, M. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**. 24: 339-350, 1981.

MORTON, R. H.; BILLAT, V. Maximal endurance time at VO₂max. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 32: 1496-1504, 2000.

NAKAMURA, F. Y.; GANCEDO, M. R.; SILVA, L. A.; LIMA, J. R.; KOKUBUN, E. Utilização do esforço percebido na determinação da velocidade crítica em corrida aquática. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 11(1): 1-5, 2005.

ORTIZ, M. J.; STELLA, S.; MELLO, M. T.; DENADAI, B. S. Efeitos do treinamento de alta intensidade sobre a economia de corrida em corredores de endurance. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. 11: 53-6, 2003.

PAPOTI, M.; ZAGATTO, A. M.; MENDES, O. C.; GOBATTO, C. A. Utilização de métodos invasivo e não invasivo para determinação das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**. 5(1): 7-14, 2005.

PEPPER, M. L.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G. O. The accuracy of the critical velocity test for predicting time de exhaustion during treadmill running. **International Journal Sports Medicine**. 13: 121-124 1992.

PERNISA, H. **Atletismo: desporto base**. 2 ed. Juiz de Fora: Edith e Marcos, 1980

POOLE, D.C.; WARD, S.A.; GARDNER, G.W.; WHIPP, B.J. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics**. 31: 1265-1279, 1988.

SCHMOLINSKI, G. **Atletismo**. Lisboa: Estampa, 1982.

SID-ALI, B., VanDEWALLE, H., CHAÏR, K., MOREAUX, A., MONOD, H. Lactate steady state and distance-exhaustion time relationship in running. **Archive International Physiological Biochemistry**. 99: 297-301, 1991.

SILVA, L. G. M.; PACHECO, M. E.; CAMPBELL, C. S. G.; BALDISSERA, V.; SIMÕES, H. G. Comparação entre protocolos diretos e indiretos de avaliação da aptidão aeróbia em indivíduos fisicamente ativos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 11(4): 1-4, 2005.

SIMÕES, H. G.; DENADAI, B. S.; BALDISSERA V.; CAMPEBEL C. S.; HILL D. W. Relationships and significance of lactate minimum, critical velocity, heart rate deflection and 3 000 m track-tests for running. Dec; **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. 45(4): 441-451, 2005.

SMITH, C.; JONES A. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. **European Journal of Applied Physiology**. 85: 10-26, 2004.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B. R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. **Canadian Journal Applied Physiology**, 28(2): 299-323, 2003.

THOMAS, J.R. e NELSON, J.K. **Métodos de Pesquisa em Atividade Física**. 5ª ed. Ed. Artmed, 2007.

VANDERWALLE, H.; KAPITANIAK, B.; GRUN, S.; RAVENEAU, S.; MONOD, H. Comparison between a 30-s-all-out test and a time-work test on a cycle ergometer. **European Journal of Applied Physiology**. 58: 375-381, 1989.

VASCONCELOS, I. Q. A.; MESCARENHAS, L. P. G.; ULBRICH, A.Z.; STABELIN, NETO, A.; BOZZA, R.; CAMPOS, W. A velocidade crítica como preditor de desempenho aeróbio em crianças. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**. 9(1): 44-49, 2007.

WAKAYOSHI, K.; IKUTA, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; MORITANI, T., MUTOH, Y., et al. Determination and validity of critical velocity as and index of swimming performance in the competitive swimmer. **European Journal of Applied Physiology** 64: 153-157, 1992.

WEINECK J. **Treinamento Ideal**. São Paulo, Ed. Manole 1999.

WILMORE, J. H. e COSTILL, D. L. **Metabolismo e Sistemas Energéticos Básicos. Fisiologia do Esporte e do Exercício**. 2ª ed. São Paulo, Ed. Manole, 2001.

WHITEHEAD, N. **Atletismo**. Coleção Desporto, 1982.

ANEXOS