

# Efeito do tempo de intervalo da amostra ventilatória na variabilidade do consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$ máx) em jogadores de futebol profissional

Paulo Roberto Santos Silva<sup>1</sup>, Angela Romano<sup>1</sup>, Ana Maria Visconti<sup>2</sup>,  
Alberto Alves de Azevedo Teixeira<sup>2</sup>, Carla Dal Maso Nunes Roxo<sup>3</sup>,  
Gilberto da Silva Machado<sup>3</sup>, Luciana Collet Winther Rebello<sup>4</sup> e Jorge Mendes de Sousa<sup>5</sup>

Centro de Medicina Integrada, Seção de Fisiologia da Associação Portuguesa de Desportos, São Paulo, Brasil

## RESUMO

O propósito deste estudo foi verificar, em futebolistas profissionais, o impacto de sete intervalos de tempo sobre a variável fisiológica consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  máx). Dezoito jogadores de futebol com média de idade de  $24 \pm 4$  anos (18-31), peso de  $72,5 \pm 5,9$ kg (62-83) e estatura de  $176,5 \pm 7,0$ cm (164-188) foram submetidos a teste ergométrico máximo em esteira rolante, utilizando-se protocolo escalonado contínuo. A resposta de frequência cardíaca (FC) foi registrada por meio de um eletrocardiógrafo computadorizado de 12 derivações simultâneas. A ventilação pulmonar ( $V_E$ ), o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), a produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ) e a razão de troca respiratória (RER) foram calculadas a partir de valores medidos por um sistema espirométrico computadorizado. Os resultados deste estudo demonstraram que houve variabilidade significativa do  $VO_2$  máx ( $p < 0,05$ ) somente quando se comparou a resposta instantânea respiração-a-respiração (*breath-by-breath*) em relação aos outros intervalos de tempos analisados (10, 20, 30, 40, 50 e 60 segundos), respectivamente. Concluindo, durante o exercício de intensidade progressiva, observou-se que o aumento do  $VO_2$  foi proporcional à diminuição do intervalo de tempo da coleta ventilatória. O tempo de intervalo maior subestimou esse aumento. Assim, sugere-se que o avaliador utilize intervalos mé-

dios na faixa de tempo entre 10 e 60 segundos, pois não foi verificada diferença estatística significante entre esses intervalos.

**Palavras-chave:** Consumo máximo de oxigênio. Ergoespirometria. Intervalo de tempo. Futebolistas profissionais. Medicina esportiva.

## ABSTRACT

*Effect of time intervals of ventilatory sampling in the variability of maximum oxygen uptake in professional soccer players*

*The purpose of this investigation was to verify the impact of seven ventilatory time intervals on the maximum oxygen uptake ( $VO_2$  max) in professional soccer players. Eighteen male soccer players aged  $24.4 \pm 4$  (18-31), weight  $72.5 \pm 5.9$  kg (62-83) and height  $176.5 \pm 7$  cm (164-188) were submitted to a maximum exercise test on treadmill, using the continuous protocol. The heart rate response was recorded by means of computerized ECG with 12 leads, simultaneously. The respiratory exchange ratio, carbon dioxide production, oxygen uptake and pulmonary ventilation were calculated by means of the spirometric computerized system. The results of this study demonstrated that there was significant variability ( $p < 0.05$ ) in  $VO_2$  max only when it was compared instantaneously and by breath-by-breath response, in relation to other intervals analyzed (10, 20, 30, 40, 50 and 60 seconds, respectively). In conclusion, the authors observed that  $VO_2$  max increases were proportional to those found in the ventilatory sample intervals during the progressive intensity exercise. However, the higher time interval underestimated its increase. Thus, the authors suggest that the investigator should utilize mean intervals in a range between 10 and 60 seconds, since no significant statistic difference was verified among these intervals.*

**Key words:** Maximum oxygen uptake. Spiroergometry. Time interval. Professional soccer players. Sports medicine.

1. Fisiologista.
2. Médico do Esporte.
3. Fisioterapeuta.
4. Nutricionista.
5. Presidente de Medicina.

## Endereço para correspondência:

Paulo Roberto Santos Silva  
Associação Portuguesa de Desportos  
Centro de Medicina Integrada  
Rua Comendador Nestor Pereira, 33 – Canindé  
03034-070 – São Paulo, SP  
Tel. (011) 225-0400 – R. 224/228 – 6331-6481 (Resid.)  
Fax (011) 228-8449

## INTRODUÇÃO

Várias marcas e modelos<sup>1-23</sup>, de microprocessadores existentes no mercado têm sido utilizados na avaliação da aptidão cardiorrespiratória e metabólica de indivíduos com diferentes graus de capacidade funcional.

O teste ergoespirométrico computadorizado, conhecido também como teste cardiopulmonar, é um teste ergométrico convencional com a utilização da análise de troca gasosa ventilatória ou gases expirados<sup>1-3</sup>.

A tecnologia sofisticada desse método permite rapidez na aquisição dos resultados, com cálculos instantâneos e médios sobre a mesma variável e no mesmo indivíduo durante o exercício. Ao mesmo tempo, as facilidades obtidas na velocidade de aquisição e precisão dos dados levantam dúvidas e questionamentos sobre os procedimentos mais adequados a serem utilizados na escolha do intervalo de tempo de coleta da amostra ventilatória.

Alguns estudos<sup>1-3</sup> têm analisado a variabilidade na resposta de parâmetros ventilatórios de acordo com o intervalo de tempo fixado em segundos, instantaneamente através da técnica respiração-a-respiração (*breath-by-breath* – BxB) ou a um fixado número de respirações e suas implicações em alterar índices utilizados para classificar aptidão funcional como o limiar anaeróbio ventilatório e o consumo máximo de oxigênio. Portanto, segundo alguns estudos<sup>1-3</sup>, os resultados encontrados de acordo com o intervalo de tempo utilizado podem determinar variações nos valores máximos de  $\text{VO}_2$  superiores a 20%. Além disso, Miles *et al.*<sup>24</sup>, comparando diversas variáveis em quatro sistemas metabólicos utilizados em ergoespirometria durante exercício, constataram que o parâmetro  $\text{VO}_2$  variou 22% (45 a 55  $\text{mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) entre eles. Apesar disso, os sistemas apresentaram excelente reprodutibilidade.

Para testar a possível variabilidade em nossos atletas, submetemos 18 jogadores de futebol profissional à avaliação ergoespirométrica computadorizada pré-participação à competição mais importante desse esporte em nosso país.

Foi objetivo deste estudo investigar em futebolistas profissionais a variabilidade do consumo máximo de oxigênio ( $\text{VO}_2$  máx) obtido em sete condições de intervalo de tempo (respiração-a-respiração [BxB], 10s, 20s, 30s, 40s, 50s e 60s) de coleta pelo método ventilatório durante exercício progressivo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados 18 jogadores de futebol profissional, todos do sexo masculino, com média de idade de  $24 \pm 4$  anos (18-31), peso de  $72,5 \pm 5,9\text{kg}$  (62-83), estatura de  $176,5 \pm 7,0\text{cm}$  (164-188) e área de superfície corpórea de  $1,91 \pm 0,15\text{m}^2$  (1,70-2,18). As condições ambientais durante a realização dos testes foram as seguintes: temperatura ambiente de  $21,8 \pm 1,2^\circ\text{C}$  (20-24), pressão barométrica de  $702,7 \pm 1,4\text{mmHg}$  (700-705) e umidade relativa do ar de  $52,1 \pm 14,9\%$  (28-71). Todos os atletas eram pertencentes ao Departamento de Futebol Profis-

sional da Associação Portuguesa de Desportos – SP, Brasil em preparação para o Campeonato Brasileiro de Futebol.

Os atletas foram submetidos à avaliação eletrocardiográfica em repouso e durante o teste de esforço por meio da monitoração de 12 derivações simultâneas segundo Mason & Likar, com modificação da derivação (D1 para  $\text{MC}_5$ ) utilizando-se eletrocardiógrafo computadorizado da marca *Heart-Ware* modelo 6.4. A pressão arterial (PA) foi medida por método auscultatório indireto utilizando-se esfigmomanômetro aneróide da marca *Tycos*.

A ventilação pulmonar ( $\text{V}_E$ ), o consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ), a produção de dióxido de carbono ( $\text{VCO}_2$ ) e a razão de troca respiratória (RER) foram calculadas por meio de valores medidos por um sistema computadorizado de análise de troca gasosa (respiração-a-respiração *breath-by-breath* [B x B]) da marca *MedGraphics Corporation* modelo *CPX Express*. O volume ventilatório foi medido por um pneumotacógrafo bidirecional de pressão diferencial modelo *PreVent* da marca *MedGraphics*. A calibração foi feita antes e após cada teste com uma seringa de 3 litros para ser empregado fator de correção que determinará o volume respiratório. As frações expiradas de oxigênio ( $\text{FEO}_2$ ) foram medidas por uma célula de zircônio de resposta rápida ( $< 90\text{ms}$ ) e elevada precisão ( $\pm 0,1\%$ ) e as frações de dióxido de carbono ( $\text{FECO}_2$ ) pelo princípio infravermelho não dispersante de resposta rápida ( $< 130\text{ms}$ ) e precisão absoluta de  $\pm 0,1\%$ . A calibração foi feita antes e após cada teste com mistura conhecida de  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  e balanceada com nitrogênio ( $\text{N}_2$ )<sup>25-27</sup>. Para estudar a variabilidade do consumo máximo de oxigênio, foi analisado o impacto em sete intervalos de tempo (B x B, 10s, 20s, 30s, 40s, 50s e 60s) sobre esta variável fisiológica.

A determinação da capacidade física máxima foi verificada realizando-se um teste de esforço em esteira rolante da marca *Inbramed*, modelo *10.100-ATL*, de velocidade ( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) e inclinação (%) variáveis, utilizando-se protocolo escalonado contínuo e inclinação fixa de 3%. Nesse protocolo o atleta ficou dois minutos em repouso, foi aquecido durante quatro minutos nas velocidades de 4, 5, 6 e  $7\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$  por um minuto. O teste iniciou-se com  $8\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$  e incrementos de  $1\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$  a cada dois minutos até a exaustão do atleta. A fase de recuperação durou quatro minutos e foi realizada com velocidades controladas a 60, 50, 40 e 30% da velocidade máxima atingida pelo atleta. A percepção subjetiva ao esforço foi verificada em cada estágio do teste pela escala linear de 15 pontos (6 a 20) de Borg<sup>28</sup>.

**Tratamento estatístico:** Foi utilizada análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas e, em caso de F significativa entre as médias, foi empregado o teste *pós-hoc* de Bonferroni. Foi fixado nível de significância de  $p < 0,05$ <sup>29</sup>.

## RESULTADOS

A variabilidade do  $\text{VO}_2$  máx analisado pela média do tempo de intervalo quando se comparou a diferença do intervalo

B x B com os outros intervalos de tempos foi altamente significativa ( $p < 0,05$ ) (tabelas 1 e 2). Foi observado que o aumento do  $VO_2$  máx era inversamente proporcional ao encurtamento do intervalo de tempo quando se utilizou o intervalo B x B, ou seja, à medida que se encurtou o tempo de coleta, o  $VO_2$  cresceu e, quando se aumentou o tempo, ele diminuiu (tabela 1). Essa resposta fica bem evidente quando observamos o comportamento do desvio-padrão (gráfico 1).

Contudo, quando se compararam os demais intervalos de tempo (10s, 20s, 30s, 40s e 50s), as diferenças entre eles não foram significantes.

Portanto, a diferença significativa no  $VO_2$  máx ( $p < 0,05$ ) foi somente observada entre a forma instantânea B x B ( $68,24\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) e não em relação aos outros intervalos de tempo, quando comparados entre eles (tabela 2).

## CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS

Os avanços em equipamentos tecnológicos para avaliação de parâmetros ventilatórios durante exercício em condições estáveis e/ou crescentes têm sido utilizados com frequência

TABELA 1

Consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  máx) de acordo com o intervalo de tempo da amostra gasosa ventilatória em futebolistas profissionais (n = 18)

Tempo de intervalo	$VO_2$ [ $\text{mlO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ]
B x B	$68,24 \pm 7,89^*$
10s	$64,57 \pm 5,84$
20s	$64,72 \pm 6,27$
30s	$64,46 \pm 6,09$
40s	$64,37 \pm 6,09$
50s	$64,34 \pm 6,09$
60s	$63,75 \pm 4,93$

Os resultados significam a média e o desvio-padrão. ANOVA \*  $p < 0,05$ ; B x B = respiração-a-respiração.

TABELA 2

Comparação da variabilidade do consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  máx) de acordo com o intervalo de tempo da amostra gasosa ventilatória em futebolistas profissionais (n = 18)

	B x B	10s	20s	30s	40s	50s	60s
B x B	*	*	*	*	*	*	*
10s		-	-	-	-	-	-
20s			-	-	-	-	-
30s				-	-	-	-
40s					-	-	-
50s						-	-
60s							-

ANOVA = \*  $p < 0,05$ ; - NS; B x B = respiração-a-respiração.

em vários centros ao redor do mundo. Entretanto, as facilidades verificadas na aquisição e precisão dos dados são questionadas na medida em que esses aparelhos possuem dispositivos que possibilitam a manipulação dos resultados através de cálculos realizados de acordo com o interesse do avaliador. Além disso, quando se comparam as mesmas variáveis provenientes em aparelhos de marcas diferentes, os resultados apresentam considerável variação. Portanto, esses aspectos podem criar dificuldades nas interpretações dos exames.

Nossos resultados demonstraram que o valor da variável analisada instantaneamente, por meio da técnica respiração-a-respiração, mostrou instabilidade, ou seja, variabilidade muito grande do  $VO_2$ , não representando a estabilidade necessária para interpretação mais real e adequada do resultado do teste. Portanto, é necessário estabelecer o valor médio de cálculo da variável ventilatória que será utilizada para registro e interpretação dos resultados após o término do teste. Em nosso caso específico, não houve diferença significativa entre o valor médio do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) quantificado pelo cálculo nos tempos de 10s, 20s, 30s, 40s, 50s e 60s, respectivamente. Entretanto, quando se utilizou o valor medido instantaneamente, a diferença foi altamente significativa ( $p < 0,05$ ).

Mathews *et al.*<sup>2</sup>, estudaram a variabilidade do  $VO_2$  em duas marcas conhecidas (MGC e SensorMedics), utilizando dois e três intervalos de tempo, respectivamente. Quando eles compararam o intervalo BxB contra 15 e 60 segundos, no equipamento MGC, a variação aumentou 19 e 22%, respectivamente. Entretanto, a comparação feita com os resultados obtidos no aparelho da SensorMedics entre os intervalos 15 e 60 segundos, a diferença entre eles foi de somente 3,5%, ou seja, 2,48 vs. 2,57 $\text{LO}_2\cdot\text{min}^{-1}$ . Esses resultados mais uma vez confirmam o estudo de Miles *et al.*<sup>24</sup> sobre a influência do fabricante no equipamento.

É importante salientar que não há grande variação no valor do  $VO_2$  quando o exercício é realizado em intensidade estável (*steady-state*), ou seja, o impacto sobre o intervalo de tempo

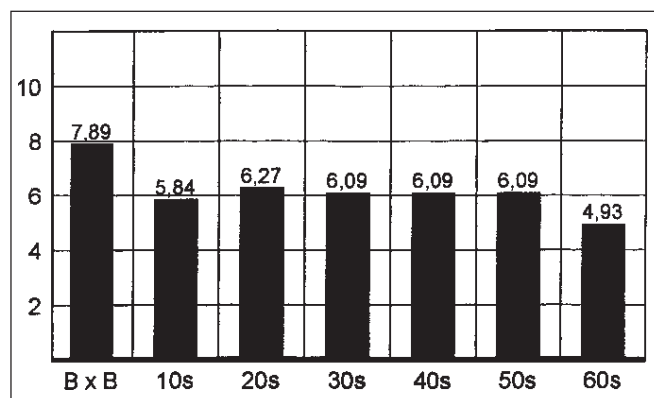


Gráfico 1 - Variabilidade do consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  máx) pelo desvio-padrão de acordo com o intervalo de tempo da amostra ventilatória em futebolistas profissionais (n = 18)

não causa grande variação no resultado. Todavia, em teste de intensidade rápida e crescente, em que não se permite estabilidade ventilatória, as variações são mais acentuadas quanto maior o encurtamento do intervalo de tempo.

Há considerável utilização de vários tipos de intervalos de tempo médio na coleta de dados ventilatórios por diversos autores<sup>1,3,30-36</sup>. Com exceção do intervalo BxB, que superestima o dado, não há consenso quanto ao melhor tempo médio a ser utilizado. Contudo, é no mínimo razoável orientar o avaliador para padronizar o tempo escolhido e o registro no estudo.

A maior implicação prática da variabilidade do dado é a comparação dos resultados em equipamentos de marcas e com tempos de registros diferentes. Pois, como foi verificado por alguns autores<sup>2,24</sup>, ela ocorre de maneira significativa em diversas variáveis ventilatórias e não só no  $VO_2$ . Apesar disso, os equipamentos reproduzem os resultados com boa correlação e confiabilidade.

Concluindo, durante o exercício de intensidade progressiva, observou-se que o aumento do  $VO_2$  cresceu à medida que se diminuiu o tempo de intervalo da coleta ventilatória. Ao contrário, o  $VO_2$  foi subestimado quando o tempo de intervalo era maior. Assim, sugere-se que o avaliador utilize tempo de intervalo médio entre 10 e 60 segundos, pois não foi verificada diferença estatística significativa entre esses intervalos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. de língua inglesa Humberto Blancato por sua colaboração na correção gramatical do *Abstract*.

## REFERÊNCIAS

1. Dwyer GB, Kaminsky LA, Whaley MH. Ventilatory threshold and peak  $VO_2$  measurements using various breath by breath data averaging methods. *J Cardiopulm Rehabil* 1993;13:(Abstract)349.
2. Matthews JI, Colonel MC, Bush BA, Morales FM. Microprocessor exercise physiology systems vs. a nonautomated system: a comparison of data output. *Chest* 1987;92:696-703.
3. Myers J, Walsh D, Sullivan M, Froelicher V. Effect of sampling on variability and plateau in oxygen uptake. *J Appl Physiol* 1990;68:404-10.
4. Innovision A/S – Amis 2000 Medical Mass Spectrometer System: Lindvedvej 75 DK-5260 Odense S – Denmark.
5. Medical Graphics Corporation [MGC] – CPX Express – Cardiorespiratory Diagnostic Systems. 350 Oak Grove Parkway – St. Paul, MN 55127-8599 USA.
6. Erich Jaeger GmbH – Oxycon Alpha: P.O. Box 5846 D-97008 Wuerzburg – Germany.
7. Collins – Collins – GS – Gas Exchange Module – 220 Wood Road, Braintree, MA – USA.
8. Vacu-Med: 4483 – Gas Exchange – McGrath Street # 102 – Ventura, CA 93003 – USA.
9. Quinton instrument Co. 2121 Terry Avenue, Seattle, WA 98121-2791 USA.
10. Cosmed Srl – Pulmonary function equipment. K2 and K4. Via Piani di Monte Savello, 37 Casella postale n° 3 – 00040 – Pavona di Albano – Roma – Italy.
11. SensorMedics Corporation – Vmax. Series – Metabolic Measurement Cart. 22705 Savi Ranch Parkway Yorba Linda, California 92687 – 4609 USA.
12. Ametek Process & Analytical Instruments Division. 150 Freeport Road, Pittsburgh, PA 15238 USA.
13. Marquette Electronics Inc. Monitoring Division The MGA-1100 Mass Spectrometer Gas Analysis USA. 8200 West Tower Avenue – Milwaukee, Winsconsin 53223.
14. Pulmo Kard GmbH – Ergospirometriesystemen Gahlenfeldstrabe 6 – 58313 Herdecke – Germany.
15. AeroSport-Teem 100. Total energy expenditure measurement. AeroSport, Inc. 3518 West Libert, Ann Arbor, MI. USA 48103.
16. Columbus Instruments International Corporation – Oxymax - H – Open flow indirect calorimeter principle. P.O. Box 44049-950 North Hague Avenue, Columbus, Ohio 43204 USA.
17. Med-Science – Respiratory and Metabolic data breath-by-breath. Division of Fiske Med-Science, Inc, Science Park, 600 Wheeler Road, Burlington, Massachusetts. USA. 01803.
18. Schiller – Cardiopulmonary Exercise System. Reomed AG, Riedstrasse 14, CH-8953 Dietkon, Switzerland.
19. Mc Neill G, Cox MD, Rivers JPW. The oxylog oxygen consumption meter: a portable device for measurement of energy expenditure. *Am J Clin Nutr* 1987;45:1415-9.
20. Lothian F, Farrally MR, Mahoney C. Validity and reliability of the cosmed-K2 to measure oxygen uptake. *Can J Appl Physiol* 1993;18:197-206.
21. Novitsky S, Segal KR, Chatr-Aryamontri B, Guvakov D, Katch VL. Validity of new portable indirect calorimeter: The AeroSport Teem 100. *Eur J Appl Physiol* 1995;70:462-7.
22. Wilmore JH, Davis JA, Norton AC. An automated system for assessing metabolic and respiratory function during exercise. *J Appl Physiol* 1976;40:619-24.
23. ParvoMedics TrueMax 2400 – Metabolic Measurement System. Consentius Technologies – 8152 South 1715 East, Sandy, Utah 84093.
24. Miles DS, Cox MH, Verde TJ. Four commonly utilized metabolic systems fail to produce similar results during submaximal and maximal exercise. *Sports Med Training Rehab* 1994;5:189-98.
25. Yazbek Jr P, Camargo Jr PA, Kedor HH, Saraiva JF, Serro-Azul LG. Aspectos propedêuticos no uso da ergoespirometria. *Arq Bras Cardiol* 1985;44:291-5.
26. Serra S. Considerações sobre ergoespirometria. *Arq Bras Cardiol* 1997;68:301-4.
27. Silva PRS, Romano A, Yazbek Jr P, Cordeiro JR, Battistella LR. Ergoespirometria computadorizada ou calorimetria indireta: um método não invasivo de crescente valorização cardiorrespiratória ao exercício. *Acta Fisiátrica* 1997;4:31-43.
28. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med* 1970;2:92-6.
29. Glantz SA. Primer of biostatistics. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1992.
30. Branson RD. The measurement of energy expenditure instrumentation, practical considerations and clinical application. *Resp Care* 1990;35:640-56.
31. Wessel HU, Stout TL, Banister CK, Paul MH. Breath-by-breath variation of FRC: effect on  $VO_2$  and  $VCO_2$  measured at the mouth. *J Appl Physiol* 1979;46:1122-6.
32. Neuburg GW, Friedman SW, Weiss MB, Herman MV. Cardiopulmonary exercise testing, the clinical value of gas exchange data. *Arch Intern Med* 1988;148:2221-6.
33. Jones NL, Makrides L, Hitchcock C, Chypchar T, Mc Cartney N. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *Am Rev Respir Dis* 1985;131:700-8.
34. Hansen JE, Sue DY, Wasserman K. Predicted values for clinical exercise testing. *Am Rev Respir Dis* 1984;129(Suppl):S49-S55.
35. Dillard TA, Piantadosi S, Rajagopal KR. Prediction of ventilation at maximal exercise in chronic air-flow obstruction. *Am Rev Respir Dis* 1985;132:230-5.
36. Davis JA, Vodak P, Wilmore JH, Vodak J, Kurtz P. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes exercise. *J Appl Physiol* 1976;41:544-50.