

## Artigo de Revisão

# Implicações práticas no nível de condicionamento cardiorrespiratório em criança e adolescentes obesos

Gerusa Einfeld Milano  
Neiva Leite

*Núcleo de Pesquisa em Qualidade de Vida (NQV) – UFPR, Curitiba, PR, Brasil*

**Resumo:** A avaliação do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) é um dos melhores indicadores da condição cardiorrespiratória e importante parâmetro de morbidades associadas. Estudos recentes sugerem a escala alométrica para expressar o  $VO_{2max}$ , principalmente na comparação de indivíduos com tamanhos corporais diferentes. Desta forma, esta revisão de literatura objetivou identificar a avaliação do  $VO_{2max}$  em obesos verificando influências da gordura corporal, ergômetros e métodos para expressar o  $VO_{2max}$ . A literatura questiona o ajuste do  $VO_2$  pela massa corporal principalmente em obesos. Para minimizar essa influência, autores indicam a escala alométrica para comparar indivíduos com diferentes massas corporais e em testes máximos com ergômetros que exijam ou não sustentação corporal. A escala alométrica reduz as diferenças no  $VO_{2max}$ , permitindo melhor avaliação e acompanhamento da prescrição de exercícios em obesos. Assim, é importante que educadores físicos tenham acesso a estas informações para que programem estratégias em sua prática avaliando de forma adequada seus alunos.

**Palavras-chave:** Obesidade.  $VO_{2max}$ . Ergômetros.

### *Practical implications of the level cardiorrespiratory conditioning in children and adolescents obese*

**Abstract:** The correct assessment of maximum oxygen consumption is one of the best indicators of cardiorespiratory condition and an important measure of associated morbidity. Thus, this literature review aimed to investigate the assessment of  $VO_{2peak}$  in obese and check the influences of body fat, ergometers and methods to express the  $VO_{2peak}$ . The literature questions the adjustment of  $VO_2$  by the body mass especially in obese. To minimize this influence, the authors indicate allometric scale to compare individuals with different body mass and maximum testing with ergometers with support or not. The scale reduces allometric differences in  $VO_{2peak}$ , allowing better evaluation and monitoring of prescription of exercise in obese individuals. It is important that physical educators have access to this information to plan strategies in their practice of assessing their students adequately.

**Key Words:** Obesity.  $VO_{2max}$ . Ergometer.

## Introdução

O consumo máximo do oxigênio ( $VO_{2max}$ ) é um dos melhores indicadores da condição cardiorrespiratória e um importante parâmetro preditivo de morbidades associadas ([AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE](#), 2006). Além de diagnosticar o nível de aptidão cardiorrespiratória, a avaliação do  $VO_{2max}$  é também utilizada para acompanhamento e prescrição do treinamento aeróbio em atletas e sedentários ([WILMORE](#); [COSTILL](#), 2001).

As escolhas dos ergômetros e dos protocolos são fundamentais para o sucesso da avaliação do  $VO_{2max}$  consumido durante o teste. Usualmente, a esteira rolante e a bicicleta ergométrica são os ergômetros mais utilizados tanto nas crianças como para adultos, principalmente por reproduzir atividades habituais (NEDER; NERY, 2003). Trabalhos realizados em indivíduos com massa

corporal apropriada ao sexo e idade revelam que os valores de  $VO_{2max}$  alcançados na esteira rolante são maiores quando comparados ao da bicicleta ergométrica ([HERMANSEN](#); [SALTIN](#), 1966; [TURLEY](#); [WILMORE](#), 1997). Sugere-se que a diferença encontrada entre os dois ergômetros seja justificada devido ao efeito da massa corporal e do grupo muscular utilizado na realização do teste. Na esteira rolante, o avaliado necessita suportar a massa corporal durante o teste e mobiliza um grande grupo muscular, em contrapartida, na bicicleta ergométrica com o apoio no selim, o efeito da massa corporal no teste é reduzido ([DE ROSE](#); [RIBEIRO](#), 1983).

Em indivíduos obesos, os valores de  $VO_{2max}$  obtidos em ergômetros com ou sem a sustentação da massa corporal podem sofrer a influência do excesso da gordura corporal. A escolha do ergômetro mais apropriado para

reduzir a influência parece ser um ponto chave na avaliação de obesos. No entanto, poucos estudos compararam a aptidão cardiorrespiratória em diferentes ergômetros nessa população ([MAFFES et al.](#) 1994, [LOFTIN, et al.](#), 2004). No estudo de [Loftin et al.](#) (2004), com meninas obesas, não foram encontrados diferenças significativas nos valores de VO<sub>2</sub>max obtidos na esteira rolante e bicicleta ergométrica, diferente de outra pesquisa com participantes não-obesos que apresentou valores em média 10% menores na bicicleta ergométrica do que na esteira rolante ([HERMANSEN; STALIN](#), 1969).

Independente do ergômetro utilizado, os valores de VO<sub>2</sub>max relativos à massa corporal expressos em ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> são menores em indivíduos obesos quando comparados aos não-obesos ([ZANCONATO et al.](#), 1989; [GORAN et al.](#), 2000; [EKELUND et al.](#), 2004; [LOFTIN, et al.](#) 2004). Enquanto que os valores absolutos de VO<sub>2</sub>max nos obesos, por apresentarem uma superfície corporal maior, são em alguns estudos similares ([LOFTIN, et al.](#) 2001) e em outros maiores do que os não-obesos ([EKELUND et al.](#), 2004; [NORMAN et al.](#), 2005).

A avaliação da capacidade aeróbia tradicionalmente expressa relativamente à massa corporal vem sendo questionado por alguns pesquisadores ([ARMSTRONG et al.](#), 1999; [PETTERSEN; FREDRIKSEN; INGJER](#); 2001), pois os resultados do VO<sub>2</sub>max podem ser influenciados pela massa corporal, além do ergômetro utilizado. O ajuste dos valores pela massa corporal normalmente não remove as diferenças, penalizando os indivíduos maiores ([LOFTIN et al.](#), 2001). Assim, para minimizar essa influência, alguns autores têm adotado a escala alométrica ao comparar indivíduos com diferentes massas corporais e em diferentes ergômetros ([JESEN; JOHASEN; SECHER](#), 2001; [LOFTIN et al.](#), 2001; [DENCKER et al.](#), 2007). A escala alométrica parece ser um ótimo indicador na comparação de indivíduos que apresentam diferenças na massa corporal e estatura, ou em ambos. O fato de o indivíduo suportar ou não a massa corporal durante a realização do teste máximo pode ser um fator importante, sendo assim, o cálculo da escala alométrica relaciona a influência da massa corporal no ergômetro utilizado ([JESEN; JOHASEN; SECHER](#), 2001).

Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar revisão de literatura demonstrando as evidências

científicas nos aspectos relacionados à avaliação do VO<sub>2</sub>max em obesos, tais como a escolha do ergômetro, a comparação entre obesos e não obesos, assim como os diferentes métodos (ex. valores absolutos, relativos à massa corporal, relativos à massa magra, corrigidos por equações), que podem ser expressos os valores de VO<sub>2</sub>max.

## Obesidade

A prevalência do excesso de peso cresceu nesta última década em todas as faixas etárias, o que passou a ser uma preocupação à Organização Mundial de Saúde ([JANSSEN et al.](#), 2005). Na população pediátrica houve o aparecimento das doenças crônico-degenerativas relacionadas à obesidade, como as doenças cardiovasculares, diabetes mellitus do tipo II, hipertensão arterial e dislipidemias ([CARNEIRO et al.](#), 2000; [LEITE](#), 2005; [KUSCHNIR; MENDONÇA](#), 2007). Outro aspecto é que 50 a 80% dos adolescentes com excesso de peso possuem uma tendência a se tornarem adultos obesos ([FERNANDEZ et al.](#), 2004).

O desenvolvimento da obesidade está associado a diversos fatores interligados como a hereditariedade, a disfunção glandular e o ambiente. O aumento expressivo na prevalência da obesidade relaciona-se principalmente à mudança no estilo de vida, associadas à ingestão de alimentos inadequados e a redução no nível de atividade física ([MEHTA, CHANG](#), 2008; [DEFORCHE et al.](#), 2003; [YANCEY et al.](#), 2004). Essas modificações são conseqüências da utilização inadequada da tecnologia na sociedade moderna, resultando em hábitos inativos, reduções do gasto calórico e menor nível de aptidão cardiorrespiratória ([THÖRÖK et al.](#), 2001).

O sedentarismo vem crescendo entre as crianças e adolescentes, que se envolvem cada vez menos em atividades vigorosas e aumentam o tempo dedicado à televisão ([BRACCO et al.](#), 2002; [HANCOX; MILNE; POULTON](#); 2004).

A prática regular de exercícios físicos é um importante fator de saúde, mostrando-se um bom mecanismo de controle e prevenção da obesidade ([ORTEGA et al.](#), 2007; [EDWARDS](#), 2008). Estudos que mensuraram o nível de atividade física em crianças e adolescentes obesos revelaram que existe uma preferência por atividades sedentárias no grupo obeso

([REYBROUCKS et al. 1987](#); [ZANCONATO et al., 1989](#); [BARUKI et al., 2006](#)).

Pesquisadores reportam que o sedentarismo e a má alimentação estão diretamente associados com a adiposidade ([AGRA et al., 2004](#)). Adolescentes obesos são menos ativos do que os não-obesos, porém a energia gasta para a realização de atividades físicas em adolescentes obesos são maiores ou iguais aos não-obesos ([BERKEY et al. 2000](#); [MARTINEZ et al., 2002](#)).

A obesidade está freqüentemente associada à diminuição da capacidade física e fadiga prematura. A massa corporal suportada durante atividades como a caminhada e a corrida, representam um desgaste maior nos indivíduos obesos ([NORMAN, et al., 2004](#)). Pesquisadores ressaltam a importância de incentivar a redução no tempo se locomovendo de carro e aumentar a utilização de bicicletas e a caminhada como forma de prevenção e tratamento da obesidade, tanto na população pediátrica, como na população adulta ([FRANK, ANDRESEN, SHMID, 2004](#); [JANSSEN, et al., 2004](#); [MCCORMACK; CORTI; BULSARA, 2008](#); [LINDSTRÖM, 2008](#); [HAMER; CHIDA, 2008](#)). A bicicleta é destacada como um excelente meio de transporte para a escola ou para o trabalho, contribuindo para o aumento do gasto energético diário e ao mesmo tempo utilizando no seu deslocamento uma energia que não afeta o meio ambiente ([WEN; RISSEL, 2008](#)).

Presume-se que a diminuição da capacidade física em crianças obesas esteja relacionada à limitação na função ventilatória, o que não deve ser atribuído somente ao excesso de massa corporal, mas também a inatividade física ([KAUFMAN et al., 2007](#)). A massa corporal total afeta o custo de energia na locomoção de obesos ([AYUB; BAR-OR, 2003](#)), assim os resultados da aptidão física em indivíduos com excesso de peso podem sofrer influência do ergômetro escolhido na avaliação.

### Ergômetros

A escolha do ergômetro apropriado para o teste de esforço máximo é fundamental na avaliação. Os diferentes ergômetros foram criados como instrumento para avaliar a base funcional das variáveis bioenergéticas, que do latim *ergos* significa trabalho e *meter* medida ([DE ROSE; RIBEIRO, 1983](#); [NEDER; NERY, 2003](#)). O teste ergométrico é um procedimento não

invasivo, que pode conferir informações diagnósticas e prognósticas, além de avaliar a capacidade cardiológica em exercícios dinâmicos ([DIRETRIZ DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA SOBRE TESTE ERGOMÉTRICO, 2002](#)).

Existem diversos ergômetros (bicicleta ergométrica, esteira rolante, banco e ergometria de membros superiores), porém, a esteira rolante e bicicleta ergométrica são os mais utilizados em testes cardiorrespiratórios. A preferência é devido ao maior nível de padronização, adequado estresse sistêmico e maior representatividade das atividades diárias, contudo, ambos possuem vantagens e desvantagens ([NEDER; NERY, 2002](#)).

A bicicleta, comparada à esteira, geralmente tem menor custo, ocupa menor espaço, sendo compacta, silenciosa e segura, além de apresentar uma facilidade na mensuração da pressão arterial e ser de simples calibração ([PARIDON et al., 2006](#)). As desvantagens estão no desconforto do selim, principalmente em obesos, que pode ser solucionado utilizando um selim especial em maiores dimensões, apresenta maior fadiga muscular localizada e tornando-se necessário selecionar cuidadosamente a altura do selim para uma posição correta durante o teste ([NEDER; NERY, 2003](#)).

O teste realizado na esteira rolante apresenta uma menor fadiga muscular localizada, um movimento mais natural, não necessita de adaptação para o tamanho corporal, apresenta um estresse cardíaco e ventilatório maior ([NEDER; NERY, 2002](#)). Em crianças, a partir dos três anos de idade a caminhada ou corrida é a forma predominante para se locomover, entretanto, deve-se lembrar a importância da familiarização com o ergômetro ([PARIDON et al., 2006](#)). A principal diferença e desvantagem da esteira rolante estão na necessidade do indivíduo em suportar a massa corporal durante a execução do teste, fato que não ocorre na bicicleta ergométrica.

A taxa de trabalho ou potência depende teoricamente da massa corporal total sob ação da gravidade (massa), da velocidade (trabalho horizontal) e inclinação (trabalho vertical) ([NEDER; NERY, 2002](#)). Dessa forma, na esteira rolante, onde o equilíbrio, tamanho e freqüência da passada diferem, existe a dificuldade de medir

o trabalho realizado nesse ergômetro, porém a bicicleta ergométrica apresenta a vantagem da precisão em relação à potência aplicada e demanda metabólica.

Em obesos, o excesso de massa corporal pode acarretar em dificuldades na realização do teste em esteira rolante. Pesquisas que compararam adolescentes obesos e não-obesos encontraram maior carga final no teste em esteira rolante nos não-obesos em relação aos obesos (ZANCONATO *et al.*, 1989; LOFTIN *et al.*, 2001). A principal justificativa é que os indivíduos com excesso de peso apresentaram desvantagem pelo efeito da gravidade sobre a massa corporal.

Outro estudo realizado em crianças e adolescentes obesos demonstrou que quanto maior o grau de obesidade, menor a carga suportada durante o teste máximo em bicicleta ergométrica (DEMPESEY *et al.*, 1966). Entretanto, contrariando as pesquisas apresentadas, o estudo de Maffeis *et al.* (1994) obteve semelhantes cargas finais de trabalho na esteira rolante e na bicicleta ergométrica em crianças obesas e não-obesas. Revelando assim que não existe uma concordância entre os autores na relação entre carga de trabalho final e excesso de peso.

Além da carga de trabalho final, o tempo de teste é outro parâmetro importante na avaliação cardiorrespiratória. Em média o tempo ideal é de 10 ± 2 minutos (BUCHFUEHRER *et al.*, 1983), teste com tempo menor de 8 minutos apresentam uma sub-estimativa na medida de VO<sub>2max</sub>, possivelmente devido a limitações de força muscular. Testes muito longos, ou seja, maiores do que 12 minutos, espera-se uma redução do VO<sub>2max</sub> provavelmente devido ao aumento da temperatura central, desidratação, desconforto ou fadiga dos músculos ventilatórios. Para que o teste realizado esteja dentro do tempo esperado, ou seja, de 8 a 12 minutos, é necessária a escolha correta do protocolo a ser utilizado.

A seleção do protocolo deve considerar a proposta do teste e as características do avaliado (MYERS *et al.*, 1992). O ideal é realizar uma escolha individualizada, de tal forma que a velocidade e inclinação da esteira rolante ou carga na bicicleta possam ser aplicadas de acordo com a condição do indivíduo testado (DIRETRIZ DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA SOBRE TESTE

ERGOMÉTRICO, 2002). A classificação dos protocolos depende da forma que a carga de trabalho é aplicada. Alguns se utilizam de carga incremental a cada minuto também denominado como teste de rampa, outros realizam um tempo maior de estágios com aumento de carga a cada dois ou três minutos, realizando um “pseudo” estado de equilíbrio, e ainda outros empregam uma carga constante, de cinco até 10 minutos de teste (AMERICAN THORACIC SOCIETY; AMERICAN COLLEGE OF CHEST PHYSICIANS, 2003).

Os protocolos mais empregados são os de rampa e com carga incremental de dois a três minutos. O protocolo de rampa é utilizado principalmente em diagnósticos clínicos, com pequenos incrementos de carga a cada estágio, sendo o tempo ideal de teste de 8 a 12 minutos. A principal crítica e limitação para este protocolo é a estimativa de carga para o avaliado, pois ocasionalmente ocorre uma sub ou super-estimativa da carga de teste por depender de informações extraídas do avaliado e da intuição do avaliador (MYERS *et al.*, 1992).

Em atletas ou indivíduos saudáveis e treinados o protocolo mais utilizado é o protocolo de Bruce (ARAÚJO, 2000). Entretanto, quando a população apresenta limitações etárias ou patologias, os protocolos menos intensos devem ser priorizados (PARIDON *et al.*, 2006). Assim o protocolo de Balke modificado é o método mais indicado para a população que apresentam obesidade, doenças crônico-degenerativas ou crianças, por se tratar de uma velocidade constante e menos intensa (3,25 milhas por hora). Nesse protocolo o aumento de carga é realizado pela modificação da inclinação em 2% a cada 3 minutos, sendo compatível com a avaliação de grupos com menor condição cardiorrespiratória ou que apresentem limitações na amplitude da passada (ROWLAND; VARZEAS; WALSH, 1990).

O objetivo de se utilizar o protocolo e ergômetro ideais para cada população é obter valores reais do gasto metabólico. Entretanto, observa-se que independente do protocolo utilizado, ao comparar o gasto metabólico em esteira rolante e bicicleta ergométrica, o VO<sub>2max</sub> é, em média, 10% maior na esteira rolante do que na bicicleta ergométrica (HERMANSEN; STALIN, 1969). No entanto, estudos com crianças e

adolescentes obesos observaram que os valores de  $VO_{2max}$  não se comportam da mesma maneira que os adolescentes não-obesos ([MAFFEIS et al.](#), 1994; [LOFTIN et al.](#), 2004).

### Aptidão Cardiorrespiratória

O volume máximo de oxigênio tem sido uma das capacidades mais avaliadas nos últimos anos ([AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE](#), 2006). Pode ser definido como a maior taxa de oxigênio consumido pelo corpo durante o exercício máximo ou exaustivo ([BASSETT; HOWLEY](#), 2000). Em crianças e adolescentes muitos pesquisadores têm considerado o  $VO_{2max}$  como um dos melhores indicadores da capacidade cardiorrespiratória e do nível de aptidão física, sendo utilizado na prescrição de exercícios aeróbios e controle das adaptações no treinamento ([LOFTIN et al.](#), 2001; [WILMORE; COSTILL](#), 2001).

[Taylor](#), [Buskirk](#) e [Henschel](#), (1955) já validaram e relacionaram o  $VO_{2max}$  com a carga de trabalho. Fisiologicamente, a resistência cardiorrespiratória está atrelada à capacidade do organismo em captar oxigênio suficiente para suprir as demandas metabólicas nos tecidos ativos ([NEDER; NERY](#), 2003). Dessa forma, o funcionamento e transporte de oxigênio é definido pela interação do débito cardíaco e a diferença arteriovenosa de oxigênio. O valor do  $VO_2$  pode ser obtido através da equação de Fick, ou seja, considerando o volume de oxigênio expirado, o volume sistólico, a frequência cardíaca e a diferença arteriovenosa de oxigênio ([WILMORE; COSTILL](#), 2000).

O acréscimo na intensidade de trabalho acarreta maior necessidade em captar o oxigênio pelo organismo. Assim, segundo equação de Fick, com o trabalho de carga crescente existe um aumento no débito cardíaco, devido à maior frequência cardíaca e uma otimização na extração enzimática de oxigênio, refletindo em maiores valores de  $VO_2$ . Desta forma, observa-se um comportamento linear entre intensidade do exercício (trabalho) e volume máximo de oxigênio ([TAYLOR; BUSKIRK; HENSCHEL](#), 1955).

Contudo, em cargas máximas de trabalho, a literatura relata a existência de uma constância no valor de  $VO_2$ , fenômeno denominado como platô do  $VO_2$  ([AMERICAN THORACIC SOCIETY; AMERICAN COLLEGE OF CHEST PHYSICANS](#), 2003). Embora, a presença desse platô seja

considerada a maior evidência para determinação do  $VO_{2max}$ , este achado é raramente observado em indivíduos sedentários normais e em maior dificuldade nos indivíduos com patologias ou em crianças ([PARIDON et al.](#), 2006; [NEDER; NERY](#), 2002; [KARILA et al.](#), 2001; [ROWLAND; LEE](#), 1992). Por esses motivos, muitos autores utilizam-se do pico de  $VO_2$  ( $VO_{2pico}$ ), ou seja, o maior valor de  $VO_2$  encontrado durante o teste máximo como o  $VO_{2max}$  ([ROWLAND; CUNNINGHAM](#), 1992).

Além do  $VO_{2max}$ , outro fenômeno marcante na resposta metabólica a carga progressiva é a diferença abrupta na relação do volume de oxigênio ( $VO_2$ ) e volume de gás carbônico ( $VCO_2$ ) denominada limiar ventilatório. Sabe-se que até determinado ponto ambos os valores de  $VO_2$  e  $VCO_2$  são equivalentes, no entanto, existe um momento na avaliação onde a liberação do  $CO_2$  é aumentada. A principal causa da produção extra de  $CO_2$  deve-se à dissociação do ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ), formado a partir do tamponamento do ácido láctico pelo bicarbonato sanguíneo. Como o tamponamento é limitado, o acúmulo de ácido láctico acarreta em uma acidose metabólica, na tentativa de reduzir essa acidose ocorre um importante estímulo ventilatório. O aumento do  $VCO_2$  desproporcional ao  $VO_2$  é uma forma não invasiva para detectar o limiar ventilatório ([WESSERMAN et al.](#), 1973).

A análise do limiar é realizada através de vários métodos, os mais comuns são através do equivalente respiratório, que avalia a relação entre a ventilação com o  $VO_2$  e  $VCO_2$  ([GASKILL et al.](#), 2001).

O  $VO_{2max}$  e limiar ventilatório podem ser expressos em valores absolutos e relativos à massa corporal ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ) e relativos à massa corporal magra ( $ml.MMkg^{-1}.min^{-1}$ ), o limiar pode também ser expresso em valores percentual do  $VO_{2max}$ .

Essas variáveis quando expressas em valores absolutos, estão diretamente relacionadas à atividade muscular e tamanho do indivíduo, e não devem ser indicadoras de desempenho ([DOCHERTY](#), 1996). Os valores relativos à massa corporal são os mais utilizados devido à padronização determinada ([RODRIGUES](#), et al., 2006) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Classificação da aptidão cardiorrespiratória pelo consumo máximo de oxigênio (ml. Kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) nas faixas etárias de 10 a 14 anos.

	Meninas	Meninos
Muito Fraca	< 33,0	< 38,7
Fraca	33,0 – 36,4	38,8 – 43,3
Regular	36,5 – 38,7	43,4 – 47,9
Boa	38,8 – 42,4	48,0 – 52,2
Excelente	≥ 42,5	≥ 52,3

O tamanho corporal tem uma relação direta com os valores de VO<sub>2</sub> principalmente no processo de maturação sexual e diferenças entre os gêneros. A diferença entre meninos e meninas é evidente, trabalhos tem revelado que as meninas apresentam valores mais baixos de VO<sub>2</sub>, essa diferença pode ser justificada pela maior quantidade de gordura corporal, menores quantidade de hemoglobina e menor quantidade de massa muscular (LOFTIN *et al.*, 2004).

Ao analisar a relação entre maturação e valores de VO<sub>2</sub>, em ambos os gêneros, foi encontrada uma semelhança na curva de crescimento e pico do VO<sub>2</sub> revelando que o aumento na estatura acompanha linearmente a curva dos valores de VO<sub>2</sub>, ou seja, no momento em que ocorre o estirão de crescimento são encontrados os maiores valores de pico de VO<sub>2</sub> (GEITHNER *et al.*, 2004). Nas meninas esse fenômeno ocorre por volta dos 12,3 anos e nos meninos aos 14 anos. Mostrando assim, que o tamanho corporal tem uma grande influência nos valores do volume máximo de oxigênio (TURKEY; WILMORE, 1995).

O VO<sub>2</sub>max utilizado como parâmetro de desempenho é geralmente expresso em valores relativos à massa corporal. Entretanto, existe uma relação negativa entre as variáveis de massa corporal e VO<sub>2</sub>max (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), assim com o aumento da massa corporal existe uma redução no VO<sub>2</sub>max expresso em valores relativos (LOFTIN *et al.*, 2001).

Em indivíduos obesos, a dimensão corporal é um fator importante, que pode influenciar nos valores do VO<sub>2</sub>max absolutos e relativo (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) quando comparado aos não-obesos (MARINOV, KOSTIANEV, TURNOVSKA, 2002; AYUB *et al.*; 2003; EKELUND *et al.*, 2004).

Zanconato *et al.* (1989) avaliaram e compararam o VO<sub>2</sub>max e limiar ventilatório de crianças e adolescentes obesos e não-obesos,

obtidos com teste máximo em esteira rolante. Para o estudo foram selecionados 23 obesos e 37 não-obesos, de ambos os gêneros, na faixa etária dos oito aos 14 anos. O protocolo do teste aplicado consistia em caminhar a 6,5km/h com o aumento de 2% na inclinação a cada minuto, até a exaustão. O limiar ventilatório foi definido através do equivalente ventilatório. Os resultados revelaram não haver diferenças no VO<sub>2</sub>max absoluto entre os grupos, entretanto quando expressos em valores relativos à massa corporal as meninas e meninos obesos apresentaram um VO<sub>2</sub>max mais baixo do que os não-obesos. O limiar ventilatório foi menor no grupo obeso quando expresso em valores relativo à massa corporal, porém, em valores percentuais de VO<sub>2</sub>max (%VO<sub>2</sub>max) os grupos obesos (83,6%) e não-obesos (77,9%) não diferiram. A carga final de trabalho e tempo de teste foi menor no grupo obeso, a frequência cardíaca máxima (FC<sub>max</sub>) obtida no teste foi similar entre os grupos. Os autores concluíram que os obesos apresentaram menor aptidão cardiorrespiratória que os não-obesos e semelhante limiar ventilatório.

Estudo realizado por Marinov, Kostianev e Turnovska (2002) objetivou analisar a eficiência mecânica e a percepção de esforço em 30 obesos e 30 não-obesos, de ambos os gêneros, com idades entre seis e 17 anos. O VO<sub>2</sub>max foi determinado em esteira rolante com um protocolo de velocidade inicial e constante, o aumento de carga foi em 2% de inclinação a cada minuto. Nesse estudo, os valores de VO<sub>2</sub>max expresso em valores absoluto foram 21,6% maiores no grupo obeso comparados ao não-obeso. Porém, quando o VO<sub>2</sub>max foi expresso em valores relativo à massa corporal, o grupo obeso apresentou valores 13,10% menores em relação ao grupo não-obeso. Os valores do coeficiente respiratório (RER) foram maiores no grupo obeso, porém a FC<sub>max</sub> foi similar entre os grupos.

Goran *et al.* (2000), realizaram um estudo que examinou a influência da massa corporal e da composição corporal na aptidão aeróbia. A amostra foi composta por 129 crianças (9,6±1,3 anos) caucasianas e afro-americanas. Foram realizadas avaliações para a determinação do VO<sub>2</sub>max em esteira rolante. Os pesquisadores concluíram que o indivíduo obeso não apresenta uma menor capacidade aeróbia quando relativa à massa muscular ativa, porém quando expresso relativo à massa corporal total, os valores são

comprometidos em função da maior dimensão corporal.

Outra pesquisa que teve como objetivo comparar  $VO_{2max}$  em obesos e não-obesos na esteira rolante foi a de Ekelund *et al.* (2004). Essa pesquisa foi composta por 18 adolescentes obesos e 18 não-obesos, na faixa etária dos 14 aos 19 anos, de ambos os gêneros. Para a determinação do  $VO_{2max}$  no grupo obesos foi utilizado um protocolo que consistia em caminhar a 6km/h por 5 minutos, após este período a carga era aumentada em 1% da inclinação a cada minuto, até a exaustão. No grupo não-obeso, o aumento de carga também foi de 1% da inclinação, porém a velocidade inicial era de 8km/h. Não foram encontradas diferenças entre os grupos no  $VO_{2max}$  absoluto, contudo, o  $VO_{2max}$  relativo à massa corporal foi menor nas meninas e meninos obesos. Os valores de  $FC_{max}$  e RER não diferiram entre os grupos.

Norman *et al.* (2005) avaliaram adolescentes obesos e não-obesos, na faixa etária dos 12 aos 17,8 anos, na bicicleta ergométrica e no teste de corrida/caminhada de 12 minutos. Os resultados deste estudo revelaram valores similares do  $VO_{2max}$  absoluto, limiar ventilatório expresso em valores absolutos e em percentual de  $VO_{2max}$  obtido na bicicleta, demonstrando uma equivalência de esforço quando a proposta do teste apresenta sustentação da massa corporal entre indivíduos obesos e não-obesos. A  $FC_{max}$  da bicicleta ergométrica foi inferior nos obesos comparado aos não-obesos. Em intensidades submáximas, na bicicleta, os obesos apresentaram um gasto metabólico superior aos não-obesos. No teste de 12 minutos foi considerada apenas a distância percorrida, a distância dos não-obesos foi maior do que a dos obesos. Os autores concluíram que os obesos apresentam uma limitada tolerância ao exercício físico.

Na revisão de artigos sobre a comparação entre ergômetros em adolescentes obesos e não-obesos foram encontrados apenas dois estudos que comparam obesos e não-obesos em diferentes ergômetros (LOFTIN *et al.*; 2004; MAFFEIS *et al.*, 1994). Loftin *et al.* (2004) avaliaram o  $VO_{2max}$  de obesos na esteira e bicicleta ergométrica. A amostra desse estudo foi composta por 19 meninas e dois meninos obesos, com idades dos oito aos 15 anos. O protocolo na esteira rolante utilizou uma

velocidade constante e um incremento de 2% na inclinação a cada 2 minutos, até a exaustão. Na bicicleta ergométrica, cadência foi de 60rpm com a carga inicial de 25 W e o aumento de 29 W a cada 2 minutos até 118 W, após esta carga o aumento era de 15 W a cada 2 minutos, até a exaustão. Os resultados revelaram que não existe diferença nos valores de  $VO_{2max}$  absoluto e relativo à massa corporal obtidos na esteira rolante e bicicleta ergométrica, os valores de  $FC_{max}$  e RER não diferiram entre os ergômetros. Sugerindo assim, que ambos podem ser utilizados para obesos.

Maffeis *et al.* (1994), compararam o  $VO_{2max}$  de crianças obesas e não-obesas com testes realizados em esteira rolante e bicicleta ergométrica. O protocolo de esteira rolante utilizado foi o mesmo nos dois grupos e iniciou com a velocidade de 2km/h com aumento em 1km/h a cada 2 minutos. Na bicicleta ergométrica foi determinada uma rotação constante de 60rpm, a carga inicial foi de 25 W com um aumento de 15 W a cada 2 minutos. Na esteira rolante os obesos obtiveram  $VO_{2max}$  absolutos 20,65% mais altos que os não-obesos, na bicicleta não foram encontrados diferenças entre os grupos. O  $VO_{2max}$  relativo à massa corporal obtido na esteira rolante assim como na bicicleta ergométrica foram maiores nos não-obesos em relação aos obesos. Entretanto essa pesquisa não realizou uma comparação entre os ergômetros utilizados para estabelecer qual o ergômetro mais indicado para o grupo obeso.

A maior parte dos estudos revisados demonstrou que os indivíduos obesos, em função da maior dimensão corporal, apresentam desvantagem quando o  $VO_{2max}$  quando expresso em valores relativo à massa corporal e, dependendo do ergômetro utilizado para a avaliação há uma equivalência ou maiores valores quando foram comparados em termos absolutos. Há dificuldade em estabelecer uma unidade para comparar indivíduos com dimensões corporais diferentes. Dessa forma, autores têm indicado a utilização da escala alométrica para a comparação do  $VO_{2max}$  entre indivíduos com diferentes massas corporais (TURKEY; WILMORE, 1995; EISENMANN; PIVARNIK; MALINA, 2001; PETERSEN; FREDRIKSEN; INGJER, 2001; DENCKER *et al.*, 2007). O resumo dos principais trabalhos que

estudaram o VO<sub>2</sub>max em crianças e adolescentes obesos encontra-se na Tabela 1.

**Tabela 2.** Resumo de algumas pesquisas que compararam o vo<sub>2</sub>max em crianças e adolescentes obesos e não-obesos

Autor	Amostra	Ergômetro	Variáveis	Resultados
ZANCONATO <i>et al.</i> , 1989	23 obesos e 37 não-obesos dos oito aos 14 anos.	Esteira	VO <sub>2</sub> max – absoluto	≈ entre os grupos
			VO <sub>2</sub> max – relativo	> nos não-obesos
			FC <sub>max</sub>	≈ entre os grupos
			Carga	> nos não-obesos
MARINOV, KOSTIANEV, TURNOVSKA, 2002	30 obesos e 30 não-obesos dos seis aos 17 anos.	Esteira	VO <sub>2</sub> max – absoluto	> nos obesos
			VO <sub>2</sub> max – relativo	> nos não-obesos
			FC <sub>max</sub>	≈ entre os grupos
			RER	> nos obesos
REYBROUCK <i>et al.</i> , 1987	5 obesos e 56 não-obesos dos quatro aos 16 anos	Esteira	VO <sub>2</sub> max – absoluto	
EKELUND <i>et al.</i> , 2004	18 obesos e 18 não-obesos dos 14 aos 19 anos	Esteira	VO <sub>2</sub> max – relativo	> nos não-obesos
			VO <sub>2</sub> max – absoluto	≈ entre os grupos
			VO <sub>2</sub> max – relativo	> nos não-obesos
			FC <sub>max</sub>	≈ entre os grupos
LOFTIN, <i>et al.</i> , 2001	47 obesas e 46 não-obesas dos sete aos 18 anos	Esteira	RER	≈entre os grupos
			VO <sub>2</sub> max – absoluto	≈ entre os grupos
			VO <sub>2</sub> max – relativo	> nas não-obesas
			VO <sub>2</sub> max – alométrico	> nas não-obesas
GORAN <i>et al.</i> , 2000	39 crianças obesas e 39 não-obesas	Esteira	FC <sub>max</sub>	< nas meninas obesas
			RER	≈ entre os grupos
NOMAN <i>et al.</i> , 2005	129 obesos e 34 não-obesos dos 12 aos 18 anos	Bicicleta	VO <sub>2</sub> max – absoluto	> nos obesos
MAFFEIS <i>et al.</i> , 1994	14 obesos e 8 não-obesos pré-púberes	Esteira e Bicicleta	VO <sub>2</sub> max – relativo	> nos não-obesos em ambos os ergômetros
			VO <sub>2</sub> max – absoluto	> nos obesos em ambos os ergômetros
			FC <sub>max</sub>	≈entre os grupos em ambos os ergômetros
			RER	
			Carga	
LOFTIN <i>et al.</i> , 2004	19 Meninas e dois meninos obesos dos oito aos 14 anos	Esteira e Bicicleta	VO <sub>2</sub> max – absoluto	≈ entre os ergômetros
			VO <sub>2</sub> max – relativo	
			FC <sub>max</sub>	
			RER	
			Carga	

NOTA: ≈ - Semelhante, > - maior; < - menor.

### Escala Alométrica

A relação entre o tamanho corporal e o metabolismo basal durante o exercício tem interessado pesquisadores há mais de um século ([BATTERHAM et al.](#), 1999). A avaliação da capacidade aeróbia é tradicionalmente expressa relativa à massa corporal, no entanto, esse método vem sendo questionado por alguns pesquisadores e está sendo sugerida a regressão ou escala alométrica como um método mais apropriado para minimizar a influência da massa corporal na demanda energética ou no componente fisiológico estudado ([NEVILL](#), 1994; [ROGERS](#); [OLSON](#); [WILMORE](#), 1995; [PETTERSEN](#); [FREDRIKSEN](#); [INGJER](#), 2001).

O expoente alométrico é representado por uma equação de regressão que indica o comportamento de uma variável fisiológica “Y” em relação à variável massa “X” ( $Y = aX^b$ ), sendo que o coeficiente “a” é a característica da espécie analisada e o expoente “b” determina o percentual da massa corporal a ser associada com a variável Y. Quanto mais próximo de 1 for o expoente alométrico (b) menor será a correção da influência na variável estudada ([WHITE](#); [SEYMOUR](#), 2005). Por exemplo, o expoente alométrico pode ser adotado quando existe a necessidade de comparar dois grupos com tamanhos corporais diferentes, tal como obesos e não-obesos. Neste caso, o objetivo na aplicação

do expoente alométrico é minimizar o impacto do excesso de gordura, no caso do obeso sobre o valor de  $VO_{2max}$ .

Assim, o expoente alométrico pode ser utilizado para minimizar a influência da massa corporal nas variáveis fisiológicas estudadas (WHITE; SEYMOUR, 2005). No processo de maturação, em que existe uma modificação corporal significativa, o expoente alométrico é utilizado para estabelecer as mudanças na taxa metabólica com o aumento do tamanho corporal (DEMETRIUS, 2006).

Baseado na lógica de que o calor corporal é dissipado pela superfície do corpo, supôs-se que o metabolismo corporal também seria proporcional a 2/3 da superfície corporal, de modo que a taxa de produção de calor dissipada esteja combinada a área de superfície corporal (WHITE; SEYMOUR, 2005). Rubner (1983) foi o primeiro a propor o expoente alométrico como 2/3 da área de superfície corporal, entretanto, outros investigadores propuseram diferentes proporções em animais, os mamíferos de grande porte são descritos tipicamente por uma escala de 3/4 da massa em relação à variável estudada, entretanto, entre mamíferos pequenos e diversas espécies dos pássaros, a escala é de 2/3 (WHITE; SEYMOUR, 2005).

Em humanos, alguns pesquisadores utilizaram-se da escala alométrica para relacionar e comparar o  $VO_{2max}$  entre indivíduos de diferentes tamanhos corporais, ou seja, crianças e adultos, (ROGERS; OLSON; WILMORE, 1995), meninos e meninas (EISENMANN; PIVARNIK; MALINA, 2001; DENCKER *et al.*, 2007) e indivíduos obesos e não-obesos (LOFTIN *et al.* 2001). Outros pesquisadores também analisaram os diferentes esportes através do cálculo do expoente alométrico (JESEN; JOHASEN; SECHER, 2001).

Beunen *et al.* (2001) verificaram a influência do expoente alométrico na potência aeróbia de crianças e adolescentes. Para isso, foi determinado o  $VO_{2max}$ , em esteira rolante, de 73 meninos na faixa etária dos oito aos 16 anos, através de uma transformação logarítmica da massa corporal e  $VO_{2max}$ , para cada idade. O expoente foi maior para os meninos de oito anos (0,91) e para as meninas faixas etária dos 14 aos 16 anos, com valores entre 0,92 a 0,90 respectivamente; nos meninos de nove a 13 anos

foram encontrados menores valores entre 0,52 a 0,64. Concluiu-se que em indivíduos em crescimento, o  $VO_{2max}$  apresenta grande variação junto ao aumento do tamanho corporal, fazendo-se necessário a utilização da escala alométrica.

O estudo Eisenmann, Pivarnik e Malina (2001) analisou o  $VO_{2max}$ , em esteira rolante, de crianças e adolescentes sob a perspectiva da escala alométrica. Foram avaliados 126 crianças e adolescentes de nove aos 18 anos, de ambos os gêneros. O  $VO_{2max}$  aumentou com a idade, em ambos os gêneros. O expoente alométrico foi de 0,81 nos meninos e 0,61 meninas.

O estudo de Dencker *et al.* (2007) realizado em bicicleta ergométrica, investigou os fatores que determinam as diferenças no  $VO_{2max}$  entre meninos e meninas na faixa etária dos oito aos 11 anos utilizando a escala alométrica. Após a correção, foi encontrado um expoente de 0,47 e concluiu que algumas diferenças de  $VO_{2max}$  não são explicadas somente pelas diferenças na composição corporal, atividade física ou tamanho corporal. Revelando haver uma discordância entre alguns autores a respeito das diferenças entre os gêneros.

Na revisão de artigos, há uma carência de estudos avaliando a aptidão cardiorrespiratória em adolescentes obesos e não-obesos corrigindo os valores pela escala alométrica. Foi encontrada apenas uma pesquisa que avaliou a influência da massa corporal no  $VO_{2max}$  utilizando a escala alométrica em indivíduos obesos e não-obesos na esteira rolante (LOFTIN *et al.*; 2001).

Loftin *et al.* (2001) teve como objetivo avaliar e comparar o  $VO_{2max}$  em esteira rolante relativo à massa corporal com o  $VO_{2max}$  corrigido pelo expoente alométrico em meninas na faixa etária de sete a 18 anos. O protocolo utilizado teve velocidade constante e um aumento em 2% da inclinação a cada minuto. Não foram encontradas diferenças no  $VO_{2max}$  absoluto, porém, no método convencional os obesos foram 50% mais baixo do que os não-obesos. Como foram encontradas diferenças na massa corporal e estatura entre os grupos foi calculado o expoente para cada uma das variáveis. O expoente alométrico foi de 0,48 para os obesos e 0,92 para os não-obesos. Contudo, quando foi ajustada pela escala alométrica a diferença diminuiu para 11% a massa corporal, confirmando que o fator de correção proporciona uma comparação mais

verdadeira entre os grupos. Os autores concluíram que o ajuste do VO<sub>2</sub> pela escala alométrica é uma maneira apropriada de comparação do nível de aptidão cardiorrespiratória em grupos com tamanhos corporais diferentes.

O estudo de [Jesen](#), [Johasen](#) e [Secher](#) (2001) revelou que o valor do expoente alométrico é diferente dependendo do ergômetro utilizado ou modalidade esportiva realizada. Nessa pesquisa foram estudados 967 atletas de 25 diferentes modalidades esportivas. Os atletas simularam o esporte específico; por exemplo, os corredores, jogadores de futebol e handebol foram avaliados na esteira rolante. Os coeficientes encontrados diferiram entre as modalidades. Nos atletas do gênero masculino o expoente alométrico encontrado para o ciclismo ( $r=0,74$ ) foi maior quando comparado a corrida ( $r=0,59$ ) e caminhada ( $b=0,19$ ). Entretanto, nas mulheres, foram encontrados maiores valores do expoente alométrico na corrida ( $b=0,91$ ) do que no ciclismo ( $b=0,41$ ). A limitação desse estudo foi avaliar indivíduos diferentes em cada modalidade esportiva, além de utilizar o mesmo coeficiente alométrico ( $b=0,75$ ) na comparação dos atletas.

A correção pela escala alométrica depende do ergômetro utilizado e da superfície corporal do indivíduo analisado ([Jesen](#); [Johasen](#); [Secher](#), 2001). Contudo, raros estudos compararam os valores de VO<sub>2max</sub> em ergômetros com e sem sustentação da massa corporal em crianças e adolescentes obesos ([Loftin et al.](#), 2004; [Maffeis et al.](#) 1994). Apenas um deles considerou o grupo não-obeso como controle ([Maffeis et al.](#) 1994). Não foram encontrados estudos que comparassem o VO<sub>2max</sub> na esteira rolante e bicicleta ergométrica de indivíduos obesos e não-obesos utilizando a perspectiva da escala alométrica como parâmetro de correção da massa corporal sobre o VO<sub>2max</sub>. Revelando assim uma lacuna científica na comparação da aptidão cardiorrespiratória em adolescentes obesos e não-obesos em diferentes ergômetros utilizando a escala alométrica.

### Conclusão

O melhor método de mensurar a aptidão cardiorrespiratória em indivíduos obesos geralmente não é considerado durante a avaliação realizada pelos profissionais da área de Educação Física. Através desta revisão de

literatura, procurou-se investigar quais são as principais evidências sobre avaliação cardiorrespiratória em obesos.

Desta forma, sugere-se que a aplicação do método alométrico auxilie na comparação do VO<sub>2max</sub> de indivíduos com tamanhos corporais diferentes, principalmente quando o ergômetro exige que o indivíduo suporte a massa corporal durante o teste ergométrico. Conclui-se que a utilização da escala alométrica nas avaliações iniciais promove melhor ajuste das diferenças corporais, permitindo melhor comparação do nível de aptidão cardiorrespiratória, bem como o acompanhamento da prescrição de exercícios pelo educador físico. Entretanto ainda são necessários estudos para determinar qual o melhor ergômetro e método para expressar o valor de VO<sub>2max</sub> em indivíduos com tamanhos corporais diferentes, de forma a minimizar o impacto do excesso de gordura corporal sobre esta variável.

### Referências

- [AGRAS](#), S.W.; [HAMMER](#), L.D.; [MCNICHOLAS](#), F.; [KRAEMER](#), HC. Risk factors for childhood overweight: a prospective study from birth to 9.5 years. **The Journal of Pediatrics**, v. 145, p. 20-25, 2004
- [AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE](#) ACSM'S Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 5ª Edition, 2006
- [AMERICAN THORACIC SOCIETY/ AMERICAN COLLEGE OF CHEST PHYSICANS](#). **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 167, p. 211- 277, 2003.
- [ARAÚJO](#) CGS. Teste de exercício: terminologia e algumas considerações sobre passado, presente e futuro baseado em evidências. **Revista Brasileira de Medicina no Esporte**, v. 6, p. 77-84, 2000.
- [AYUB](#), B.V.; [BAR-OR](#), O. Energy cost of walking in boys who differ in adiposity but are matched for body mass. **Medicine Science in Sports Exercise**, v. 35, n. 4, p. 669-674, 2003.
- [BARUKI](#), S.B.S.; [ROSADO](#), L.E.F.; [ROSADO](#), G.P.; [RIBEIRO](#), R.C.L. Associação entre estado nutricional e atividade física em escolares da Rede Municipal de Ensino em Corumbá – MS. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 2, p. 90-94, 2006.
- [BASSET](#), D.R.; [HOWLEY](#), E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of

endurance performance. **Medicine Science in Sports Exercise**, v. 32 n. 1, p. 70-84, 2000.

[BATTERHAM](#), AM., [VANDERBURGH](#), PM, [MAHAR](#), MT, [JACKSON](#), AS. Modeling the influence of body size on VO<sub>2</sub>peak: effects of model choice and body composition. **Journal of Applied Physiology**, v 87, n.4, p.1317–1325, 1999.

[BERKEY](#), C. S.; [ROCKETT](#), H. R. H.; [FIELD](#), A. E.; [GILLMAN](#), M. W.; [FRAZIER](#), A. L.; [CAMARGO](#) JR, C. A.; [COLDITZ](#), G. A. Activity, dietary intake, and weight changes in a longitudinal study of preadolescent and adolescent boys and girls. **Pediatrics**, v. 105, n. 4, p. 1-9, 2000.

[BRACCO](#), M. M.; [FERREIRA](#), M. B. R.; [MORCILLO](#), A. M.; [COLUGNATI](#), F.; [JENOVES](#), J. Gasto energético entre crianças de escola pública obesas e não obesas. **Revista Brasileira de Ciência do Movimento**, v. 10, n. 3, p 29-35, 2002

[BUCHFUEHRER](#), MJ; [HANSEN](#), JE; [ROBINSON](#), TE; [SUE](#), DY; [WASSERMAN](#), K; [WHIPP](#), BJ. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. **Journal of Applied Physiology**, v.55, n.5, p. 1558-1564, 1983.

[BEUNEN](#), G.; [BAXTER-JONES](#), A. D. G.; [MIRWALD](#), R. L.; [THOMIS](#), M.; [LEFEVRE](#), J.; [MALINA](#), R.; [BAILEY](#), D.A. Intraindividual allometric development of aerobic power in 8- to 16-year-old boys. **Medicine Science in Sports Exercise**, v. 33, n. 3, p. 503-510, 2002.

[CARNEIRO](#), J. R. I; [KUSHNIR](#) M. C.; [CLEMENTE](#), E. L. S. [BRANDÃO](#), M. G.; [GOMES](#), M. B. Obesidade na adolescência: fator de risco para complicações clínico-metabólicas. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabologia**, v. 44, n. 5, p. 390-396, 2000

[DE ROSE](#) EH, [RIBEIRO](#) JP. Avaliação da capacidade de processar energia. Sistema aeróbico e anaeróbico. In: Pini MC, organizador. **Fisiologia do Esporte Rio de Janeiro- RJ** 1983:142-62

[DEFORCHE](#), B.; [LEFEVRE](#), J.; [BOURDEAUDHUIJ](#), I. D.; [HILLS](#), A P.; [DUQUET](#), W.; [BOUCKAERT](#), J. Physical fitness and physical activity in obese and nonobese Flemish youth. **Obesity Research**, v. 11, p.434–441, 2003

[DEMETRIUS](#), L. The origin of allometric scaling laws in biology. **Journal of Theoretical Biology**, v. 243, p. 455–467, 2006.

[DEMPESEY](#), J.A.; [REDDAN](#), W.; [BALKE](#), B.; [RANKIN](#), J. Work capacity determinants and physiologic cost of weight-supported work in obesity. **Journal of Applied Physiology**, v. 21 n. 6, p. 1815-1820, 1966.

[DENCKER](#), M.; [THORSSON](#), O.; [KARLSSON](#), M.K.; [LINDÉN](#), C.; [EIGBERG](#), S.; [WOLLMER](#), P.; [ANDERSEN](#), L.B. Gender differences and determinants of aerobic fitness in children aged 8-11 years. **Journal of Applied Physiology**, v. 99, p. 19-26, 2007.

[II DIRETRIZ DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA SOBRE TESTE ERGOMÉTRICO](#). Arquivo Brasileiro de Cardiologia, v. 78, supl. II, p. 3-16, 2002

[DOCHERTY](#), David. [LUC LEGER](#). **Measurement in pediatric exercise science** – Canadian Society Exercise Physiology. 1996

[EDWARDS](#), R.D. Public transit, obesity, and medical costs: Assessing the magnitudes. **Preventive Medicine**, v. 46, p. 14–21, 2008.

[EISENMANN](#), J.; [PIVARNIK](#), J.M.; [MALINA](#), R.M. Scaling peak V̇O<sub>2</sub> to body mass in young male and female distance runners. **Journal of Applied Physiology**, v. 90, p. 2172–2180, 2001.

[EKELUND](#), U.; [FRANKS](#), P.; [WAREHAM](#), N.; [ÅMAN](#), J. Oxygen uptakes adjusted for body composition in normal-weight and obese adolescents. **Obesity Research**, v. 12, n.3, p. 513-520, 2004.

[FERNANDEZ](#), A C.; [MELLO](#), M. T.; [CASTRO](#), P. M.; [FISBERG](#), M. Influência do treinamento aeróbico e anaeróbico na massa de gordura corporal de adolescentes obesos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n.3, p. 152-158, 2004.

[FRANK](#), L.D.; [ANDRESEN](#), M.A.; [SHMID](#), T.L. Obesity Relationships with Community Design, Physical Activity, and Time Spent in Cars. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 27, n. 2, p. 87–96, 2004.

[GASKILL](#), S. E., [RUBY](#), B. C., [WALKER](#), A. J., [SANCHEZ](#), O. A., [SERFASS](#), R. C., [LEON](#), A. S. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. **Medicine Science in Sports Exercise**, v. 33, n.11, p. 1841-1848, 2001

[GEITHNER](#), C. A; [THOMIS](#), M. A; [EYNDE](#), B.; [MAES](#), H.; [LOOS](#), R.; [PEETERS](#), M.; [CLAESSENS](#), A.; [VLIENTINCK](#), R.; [MALINA](#), R.M.; [BEUNEN](#), G.P. Growth in Peak Aerobic Power during Adolescence. **Medicine Science in Sports Exercise**, v. 36, n. 9, p. 1616–1624, 2004

[GORAN](#), M.; [FIELDS](#), D.A.; [HUNTER](#), G.R.; [HERD](#), S.L.; [WEINSIER](#), R.L. Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. **International Journal of Obesity**, v. 24, p. 841-848, 2000.

[HAMER](#), M.; [CHIDA](#), Y. Active commuting and cardiovascular risk: A meta-analytic review. **Preventive Medicine**, v. 46, p. 9–13, 2008.

- [HANCOX](#), R.J.; MILNE, B.; POULTON; P. Association between child and adolescent television viewing and adult health: a longitudinal birth cohort study. **Lancet**, 364, p. 257–262, 2004.
- [HARMANSEN](#), L.; SALTIN, B. Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 26, n. 1, p. 31-37, 1969.
- [JANSSEN](#), I.; KATZMARZYK P.; BOYCE, C.; VEREECKEN, C.; MULVIHILL, C.; ROBERTS, C.; CURRIE, W.; PICKETT, W. Comparison of overweight and obesity prevalence in school-age youth from 34 countries and their relationships with physical activity and dietary patterns. **Obesity Reviews**, v. 6, p. 123-132, 2005.
- [JANSSEN](#), I.; KATZMARZYK, P.T.; ROSS, R.; LEON, A.S.; SKINNER, J.S.; WILMORE, J.H.; RANKINEN, T.; BOUCHARD, C. Fitness alters the associations of BMI and waist circumference with total and abdominal fat. **Obesity Research**, v. 12, p. 525–537, 2004.
- JESSEN, K.; JOHASEN, L.; SECHER, N.H. Influence of body mass on maximal oxygen uptake: effect of simple size. **Journal of Applied Physiology**, v. 84, p. 201-205, 2001.
- [KARILA](#) C.; BLIC, J.; WAERNESYCKLE S.; BENOIST, M.; SCHEINMANN, P. Cardiopulmonary Exercise Testing in Children An Individualized Protocol for Workload Increase. **CHEST**. v.120, n. 1, p. 81-87 2001.
- [KAUFMAN](#), C.; KELLY, A S.; KAISER, D. R.; STEINBERGER, J.; DENGEL, D. R. Aerobic-exercise training improves ventilatory efficiency in overweight children. **Pediatric Exercise Science**. v.19, p. 82-92, 2007.
- [KUSCHNIR](#), M.C.C.; MENDONÇA, G.A.S. Fatores de risco associados à hipertensão arterial em Adolescentes. **Jornal de Pediatria**, v. 83, n. 4, p. 335-342, 2007
- [LEITE](#), N.; RADOMINSKI, R. B.; LOPES, W. A.; CARVALHO, S. P.; MILANO, G. E.; REZENDE, B. A.; BENITIS, M.; BISCOUTO, T.; MENDES, R. A. Familiarization of obese adolescents during exercise test with spiroergometer. **Journal of the International Federation of Physical Education**, v. 74, Special Edition, p. 99-102, 2004b.
- [LEITE](#), N. Obesidade Infanto-juvenil: efeito da atividade física e da orientação nutricional sobre a resistência a insulina. **Tese de doutorado Universidade Federal do Paraná**. 2005.
- [LINDSTRÖM](#), M. Means of transportation to work and overweight and obesity: A population-based study in southern Sweden. **Preventive Medicine** v. 46, p. 22–28, 2008.
- [LOFTIN](#), M.; SOTHERN, M.; WARREN, B.; UDALL, J. Comparison and VO<sub>2</sub> peak during treadmill and cycle ergometry in severely overweight youth. **Journal of Sports Science and Medicine**, v.3, p. 254-260, 2004.
- [LOFTIN](#), Mark; SOTHEEN, Melinda; TRODCLAIR, LAURA; O'HANLON, Ann; MILLER, James; UDALL, Jonh. Scalp VO<sub>2</sub> peak in obese and non-obese girl. **Obesity Reviews**, v. 9, p. 290-296, 2001.
- [MAFFEIS](#), C. SCHENA, F.; ZAFFANELLO, M.; ZOCCANTE, L. SCHULTZ, Y.; PINELLI, L. Maximal aerobic power during running and cycling in obese and non-obese children. **Acta Paediatric**, v 83; p. 223-226, 1994.
- [MARINOV](#), B.; KOSTIANEV, S.; TURNOSKA, T. Ventilatory efficiency and rate of perceived exertion in obese and non-obese performing standardized exercise. **Clinical Physiology and Functional Imagig**, v. 22, n. 4, p. 254-260, 2002.
- [MARTÍNEZ](#), JA, MORENO, MJ, MARQUES-LOPES, I, MARÍ, A. Causas de obesidad. **Anales Sis San Navarra**, v.25, s.1, p. 17-27, 2002.
- [MCCORMACK](#), G.R.; CORTI, B.G.; BULSARA, M. The relationship between destination proximity, destination mix and physical activity behaviors. **Preventive Medicine**, v. 46, p. 33–40, 2008.
- [MEHTA](#), N.K.; CHANG, V.W. Weight Status and Restaurant Availability A Multilevel Analysis. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 34, n. 2, p. 127–133, 2008.
- [MYERS](#), J.; BUCHANAN, N; SMITH, D., NEUTEL, J.; BOWES, E.; WALSH, D.; FROELICHER, VF. Individualized Ramp Treadmill Observations on a New Protocol. **Chest**, 101, p. 236-241, 1992.
- [NEDER](#), J.A.; NERY, L.E. Teste de Exercício Cardiopulmonar. **Jornal de Pneumologia**, v. 28, supl. 3, 2002.
- [NEDER](#), J.A.; NERY, L.E. **Fisiologia clínica do exercício: teoria e prática**. 1ª Edição. São Paulo: Artes Médicas, 2003. v. 1.
- [NEVILL](#), A.M. The need to scale for differences in body size and mass: an explanation of Kleiber's 0.75 mass exponent. **Journal of Applied Physiology**, v.77, n.6, p. 2870-2873, 1994.
- [NORMAN](#), A.C.; DRINKARD, B.; MCDUFFIE, J.R.; GHORBANI, S.; YANOFF, L.B.; YANOVSKI, J.A. Influence of Excess Adiposity on Exercise Fitness and Performance in Overweight Children and Adolescents. **Pediatrics**, v.115, p. 690–696, 2005.
- [ORTEGA](#), F.B.; RUIZ, J.R.; CASTILLO, M.J.; SJÖSTRÖM, M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health.

**International Journal of Obesity**, v. 32, p. 1-11, 2008.

[PARIDON](#), S. M.; ALPERT, B. S.; BOAS, S. R.; CABRERA, M. E.; CALDARERA, L. L.; DANIELS, S. R.; KIMBALL, T. R.; KNILANS, T. K. NIXON, P. A.; RHODES, J.; YETMAN, A. T. Clinical Stress Testing in the Pediatric Age Group A Statement From the American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young, Committee on Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in Youth. *Circulation*, v.113, p. 1905-1920, 2006.

[PETTERSEN](#), S.A.; FREDRIKSEN, P.M.; INGJER, S. The correlation between peak oxygen uptake (VO<sub>2</sub>peak) and running performance in children and adolescents. Aspects of different units. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 11, p. 223–228, 2001.

[REYBROUCKS](#), T.; WEYMANS, J.; VINCKX, J.; STIJNS, H.; VANDERSCHUEREN, M. L. Cardiorespiratory function during exercise in obese children. *Acta Paediatric Scandinavian*, v. 76, p. 342-348, 1987.

[RODRIGUES](#), A. N.; PEREZ, A.J.; CARLETTI, L.; BISSOLI, N.S.; ABREU, G.R. Consumo máximo de oxigênio, adolescentes, aptidão aeróbia, teste cardiopulmonar. **Jornal de Pediatria**, v.82, n.6, p. 426-430; 2006.

[ROGERS](#), D.M.; OLSON, B.L.; WILMORE, J.H. Scaling for the VO<sub>2</sub>-to-body size relationship among children and adults. **Journal of Applied Physiology**, v. 79, n. 3, p. 958-967; 1995;

[ROWLAND](#), T.W. **Exercise and children's health**. Champaign: Human Kinetics Books, 1990.

[ROWLAND](#), T.W.; CUNNINGHAM, L.N. Oxygen Uptake Plateau during Maximal Treadmill Exercise in Children. **Chest**, v. 101, p.485-489, 1992.

[TAYLOR](#), HL; BUSKIRK, E.; HENSCHEL A. Maximal Oxygen Maximum oxygen intake as an Objective Measure of Cardio-respiratory performance. **Journal of Applied Physiology**, v.8, p. 73-80, 1955.

[TÖRÖK](#), K.; SZELÉNYI, Z.; PÖRZÁSZ, I.; MOLNÁR, D. Low physical performance in obese adolescent boys with metabolic syndrome. **International Journal of Obesity**, v. 25, p.966-970, 2001.

[TURLEY](#), K. R.; WILMORE, J. H. Cardiovascular responses to treadmill and cycle ergometer exercise in children and adults. **Journal of Applied Physiology**, v. 83, n. 3, p. 948–957, 1997.

[ZANCONATO](#), S., BARALDI, E., SANTUZ, P., RIGON, F., VIDO, L., DALI, L.D.; ZACCHELLO,

F. Gas exchange during exercise in obese children. *European Journal of Pediatrics*, n.1148, p. 614-617, 1989.

[YANCEY](#), A.K.; WOLD, C.M.; MCCARTHY, W.J.; WEBER, M.D.; LEE, B.; SIMON, P.A.; FIELDING, J.E. Physical Inactivity and Overweight Among Los Angeles County Adults. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 27, n.2, p.146–152, 2004

[WASSERMAN](#), K.; WHIPP, B.J., KOYAL, S.N.; BEAVER, W.L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 35, n. 2, p. 236-443, 1973.

[WEN](#), L.M.; RISSEL, C. Inverse associations between cycling to work, public transport, and overweight and obesity: Findings from a population based study in Australia. **Preventive Medicine**, v. 46, p. 29–32, 2008.

[WHITE](#), C.R.; SEYMOUR, R.S. Sample size and mass range effects on the allometric exponent of basal metabolic rate. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.142, p. 74-78, 2005.

[WHITE](#), C.R.; SEYMOUR, R.S. Allometric scaling of mammalian metabolism. **The Journal of Experimental Biology**, v. 208, p. 1611-1619, 2005.

[WILMORE](#) e COSTILL. **Fisiologia do Exercício**. Editora Manole, 1ª edição, São Paulo-SP 2001.

Endereço:

Gerusa Eisfeld Milano  
Departamento de Educação Física – UFPR  
Núcleo de Pesquisa em Qualidade de Vida  
Rua Coração de Maria, 92, BR 116, km 95.  
Curitiba PR Brasil  
80215-370  
e-mail: [gerusamilano@hotmail.com](mailto:gerusamilano@hotmail.com)

*Recebido em: 23 de dezembro de 2008.*

*Aceito em: 4 de março de 2009.*



Motriz. Revista de Educação Física. UNESP, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1980-6574 - está licenciada sob [Licença Creative Commons](#)