

MAIRA MAKLEY DAL SANT

VALIDAÇÃO DO TESTE DE CORRIDA DE 12 MINUTOS PARA A ESTEIRA



**CURITIBA
2005**

MAIRA MAKLEY DAL' SANT

VALIDAÇÃO DO TESTE DE CORRIDA DE 12 MINUTOS PARA A ESTEIRA

Monografia, apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Graduado em Educação Física, do curso de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Profº Dr. Raul Osiecki

**CURITIBA
2005**

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre presente, iluminou-me e indicou-me os melhores caminhos para conquistar essa vitória.

A minha família querida que sempre ao meu lado apoiou-me e motivou-me a não desistir fossem quais fossem os obstáculos.

A todos os amigos queridos que muitos socorros prestaram-me, que compartilharam as alegrias e que suportaram meu mau humor e que certamente participaram desta conquista.

A todos os amigos da equipe de estudos CEPEFIS, bem como ao orientador e amigo professor Raul Osiecki, que me receberam e auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

Finalmente ao meu querido namorado Sérgio que além de muita paciência sempre confiou e acreditou em mim.

RESUMO

VALIDAÇÃO DO TESTE DE CORRIDA DE 12 MINUTOS PARA A ESTEIRA

Objetivo: Propor uma equação de Regressão Linear para o cálculo indireto do VO_2 máx e para determinar a validade do teste de corrida de doze minutos, como indicador do consumo máximo de oxigênio, para a esteira. **Introdução:** Para avaliar a resistência Cardiorespiratória, mede-se a taxa de utilização de oxigênio dos músculos durante exercícios aeróbios (VO_2 máx) através de testes de esforço progressivo (HEYWARD, 2004, p. 46). Existem testes que vêm sendo validados através do exame de correlação entre o VO_2 máx medido diretamente e o VO_2 máx estimado a partir de respostas fisiológicas ao exercício sub-máximo (ACSM, 2006, p. 56 - 57). **Metodologia:** Participaram do estudo 09 indivíduos sedentários do sexo masculino com idade média de $21,67 \pm 0,87$ anos, aptos a executar os testes propostos. Foram realizados dois testes de corrida de doze minutos, um em uma pista de atletismo de 400 metros e outro numa esteira elétrica. **Conclusão:** Com a equação proposta para ajustar a distância percorrida na esteira (**distância em metros x 0,451) + 1616,546**), e de acordo com a tabela 1 foi possível verificar que não houve diferença significativa quando comparada às distâncias médias percorridas na esteira e a distância média percorrida na pista de atletismo ($p = 0,977$), o que possibilitou a validação do teste para essa amostra.

Tabela 1 – Estatística da distância média percorrida na pista de atletismo e da distância média ajustada pela equação proposta.

	Média e Desvio Padrão	Test t	P	r
Pista	2678,89 ±192,11	0,29	0,977	0,84
Ajustada	2677,86 ±161,66			

SUMÁRIO

RESUMO	iv
SUMÁRIO	v
1.0 INTRODUÇÃO	1
1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo Geral	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
2.0 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 APTIDÃO FÍSICA	4
2.2 CAPACIDADE CARDIORRESPIRATÓRIA.....	6
2.2.1 Sistema respiratório.....	6
2.2.2 Sistema cardiovascular	7
2.3 METABOLISMO	11
2.4 METABOLISMO AERÓBIO	13
2.4.1 Ciclo de Krebs	14
2.4.2 Cadeia de transporte de elétrons	14
2.5 AVALIAÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA	15
3.0 METODOLOGIA	17
3.1 Amostra	17
3.2 Procedimentos experimentais	17
3.3 Planejamento da pesquisa e estatística	18
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
5.0 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	25

1.0 INTRODUÇÃO

1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

Existem várias definições para o termo aptidão física, a mais recente e ampla relaciona a aptidão física à capacidade de realização de movimentos.

A aptidão física relacionada à saúde estaria associada à capacidade de realizar as atividades do cotidiano com vigor e energia; e demonstrar traços e capacidades associadas a um baixo risco de desenvolvimento de doenças crônico-degenerativas. (PATE, 1988 *apud* PITANGA, 2004, p. 14).

Böhme (2003, p. 101) define aptidão física como à capacidade do indivíduo apresentar um desempenho físico adequado em suas atividades diárias, bem como está relacionada com a aptidão fisiológica, composta por aspectos relacionados à saúde (força, resistência muscular, flexibilidade, resistência cardiorrespiratória e composição corporal) e aspectos relacionados às habilidades esportivas (velocidade, agilidade, potência, equilíbrio e tempo de reação).

A mensuração da aptidão física é uma prática comum e adequada em programas de exercícios preventivos e de reabilitação. Os objetivos dos testes de aptidão física nesses programas são: 1) proporcionar dados úteis para realização de prescrição de exercícios; 2) coletar dados que possam permitir o acompanhamento e a avaliação do progresso dos participantes nos programas; 3) motivação dos participantes através do estabelecimento de objetivos da aptidão razoáveis e atingíveis; 4) educação dos participantes em relação ao conceito de aptidão física e ao estado individual de aptidão. (ACSM, 2006, p. 55).

Dentre os vários componentes que caracterizam a aptidão física de um indivíduo, a capacidade cardiorrespiratória tem sido considerada uma das mais importantes, tanto para a grande maioria dos atletas das diferentes modalidades esportivas, como também para indivíduos não atletas que necessitam de uma atividade física como meio de promoção de saúde (ACSM, 2006, p. 03).

A capacidade cardiorrespiratória é a capacidade do coração, dos pulmões e do sistema circulatório de fornecer oxigênio e nutrientes para os músculos trabalharem eficientemente. Para avaliar a resistência Cardiorrespiratória e a capacidade aeróbia funcional, mede-se taxa de utilização de oxigênio dos músculos durante exercícios aeróbios, isto é, o consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx), que pode também ser denominado de capacidade aeróbia e captação máxima de oxigênio. Normalmente é expressa em termos absolutos – litros por minuto (L/min) ou em termos relativos ao peso corporal : mililitros por quilograma por minuto (ml/Kg/min). Essa medida é feita através de testes de esforço progressivo. Um dos benefícios mais significativo dos programas de treinamento de exercícios aeróbios é a melhora da resistência cardiorrespiratória. (HEYWARD, 2004, p. 46).

A mensuração direta do VO_2 máx não é de fácil disponibilidade, pois os equipamentos são caros, desconfortáveis e exigem profissionais capacitados para o seu manuseio. Devido a isso, vários métodos são desenvolvidos para estimar o VO_2 máx.

Existem testes que vêm sendo validados através do exame de: correlação entre o VO_2 máx medido diretamente e o $V O_2$ máx estimado a partir de respostas fisiológicas ao exercício sub-máximo; correlação entre o VO_2 máx medido diretamente e o desempenho no teste (ACSM, 2006, p. 56 - 57).

É com essa problemática que se centra o objetivo desse estudo, procurando determinar a validade do teste de 12 minutos de corrida para esteira como indicador do consumo máximo de oxigênio.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Determinar a validade do teste de 12 minutos de corrida para a esteira como indicador do consumo máximo de oxigênio.

1.2.2 Objetivos específicos

Verificar o grau de relacionamento entre a distância percorrida em pista e na esteira;

Verificar o grau de correlação entre o $\dot{V}O_2$ máx medido diretamente e o desempenho no teste de pista;

Propor uma equação para o cálculo indireto do $\dot{V}O_2$ máx a partir do teste de 12 minutos realizado em esteira.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 APTIDÃO FÍSICA

De acordo com Pitanga (2004, p. 12-13), no início do século XX a aptidão física era mensurada principalmente pelas medidas de força. A partir da Primeira Guerra Mundial ela passa a ser descrita por mais de um fator: além da força muscular; medidas de pressão sanguínea, FC em repouso e pós-esforço.

Mais tarde, a partir de 1960 a aptidão física teve seu conceito modelado multidimensionalmente na literatura. Esta teria duas sub-dimensões principais: aptidão fisiológica e relacionada à saúde.

“As variáveis que compõem a aptidão fisiológica são a pressão arterial, perfil sanguíneo, integridade óssea, entre outros; os componentes da aptidão física relacionada à saúde são aptidão cardiovascular, força, resistência muscular, flexibilidade e composição corporal, podendo estes, serem mais influenciados por atividades físicas habituais” (NAHAS, 2001, p. 31).

Segundo Pate (1988) *apud* Pitanga (2004, p. 14) “a aptidão física relacionada à saúde estaria associada à capacidade de realizar as atividades do cotidiano com vigor e energia; e demonstrar traços e capacidades associadas a um baixo risco de desenvolvimento de doenças crônico-degenerativas”.

Böhme (2003, p. 101) define aptidão física como à capacidade do indivíduo apresentar um desempenho físico adequado em suas atividades diárias, bem como está relacionada com a aptidão fisiológica, composta por aspectos relacionados à saúde (força, resistência muscular, flexibilidade resistência cardiorrespiratória e composição corporal) e aspectos relacionados às habilidades esportivas (velocidade, agilidade, potência, equilíbrio e tempo de reação).

Heyward (2004, p. 46), define a aptidão física como “a capacidade de desempenhar atividades profissionais, recreativas e da vida diária sem se fatigar em excesso”. E define também os componentes da aptidão física:

- Resistência Cardiorrespiratória – é a capacidade do coração, dos pulmões e do sistema circulatório de fornecer oxigênio e nutrientes para os músculos trabalharem eficientemente. Para avaliar a resistência Cardiorrespiratória e a

capacidade aeróbia funcional, mede-se taxa de utilização de oxigênio dos músculos durante exercícios aeróbios, isto é, o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_2$ máx). Essa medida é feita através de testes de esforço progressivo. Um dos benefícios mais significativo dos programas de treinamento de exercícios aeróbios é a melhoria da resistência cardiorrespiratória.

- Capacidade músculo esquelética – capacidade dos sistemas esquelético e muscular para realizar trabalho. O que exige força e resistência muscular e força e resistência óssea.

- Composição Corporal e massa corporal – a massa corporal refere-se ao tamanho ou à massa do indivíduo. A composição corporal é a massa corporal em termos das quantidades absolutas e relativas dos tecidos muscular, ósseo, e de gordura. Exercícios aeróbios e treinamento de força são eficientes em alterar a massa e a composição corporal

- Flexibilidade – é a habilidade de mover uma articulação ou séries delas suavemente ao longo da amplitude completa de movimento. É limitada por fatores como: estrutura óssea da articulação, tamanho e força dos músculos, ligamentos e outros tecidos conjuntivos.

- Relaxamento neuromuscular - refere-se à capacidade de reduzir ou eliminar tensão ou contrações desnecessárias em determinado grupo muscular.

Dentre os vários componentes que caracterizam a aptidão física de um indivíduo, a capacidade cardiorrespiratória tem sido considerada uma das mais importantes, tanto para a grande maioria dos atletas das diferentes modalidades esportivas, como também para indivíduos não atletas que necessitam de uma atividade física como meio de promoção de saúde (ACSM, 2006, p.03).

De acordo com ACSM (2006, p. 55), “a mensuração da aptidão física é uma prática comum e adequada em programas de exercícios preventivos e de reabilitação”. Os objetivos dos testes de aptidão física nesses programas são: 1) a partir de dados úteis realizar prescrição de exercícios; 2) a partir da coleta de dados iniciais acompanhar e avaliar o progresso dos participantes nos programas; 3) com o estabelecimento de objetivos de aptidão atingíveis, motivar os participantes; 4) esclarecimento para os participantes em relação ao conceito de aptidão física e ao estado individual de aptidão.

2.2 CAPACIDADE CARDIORRESPIRATÓRIA

2.2.1 Sistema Respiratório

A principal função do sistema cardiorrespiratório é liberar quantidades suficientes de oxigênio e remover produtos de degradação dos tecidos do organismo, além disso, o sistema circulatório transporta nutrientes e auxilia na regulação da temperatura (HOWLEY e POWERS, 2000, p. 152).

Existe uma combinação dos sistemas respiratório e cardiovascular para prover um sistema de liberação eficiente que transporta oxigênio aos tecidos corporais e remove dióxido de carbono (WILMORE e COSTILL, 2001, p. 246). Esse transporte envolve quatro processos separados:

Ventilação Pulmonar (respiração) – é através desse processo que o ar é mobilizado para o interior (inspiração) e para o exterior (expiração) dos pulmões;

Difusão pulmonar – processo pelo qual os gases são trocados pela membrana respiratória nos alvéolos. Esse processo depende principalmente da pressão parcial de cada gás, “os gases difundem-se ao longo de um gradiente de pressão, movendo-se de uma área de maior pressão para uma área de menor pressão. Portanto, o oxigênio entra no sangue e o dióxido de carbono o deixa”. (WILMORE e COSTILL, 2001, P. 253). “Além de ser afetada pelos gradientes da pressão parcial, a permuta gasosa pode ser influenciada por: (1) o comprimento da via difusora; (2) o número e hemácias ou a concentração de hemoglobina, ou ambos; e (3) a área superficial disponível para a difusão” (FOSS e KETTYIAN, 2000, p. 194).

Transporte de oxigênio e de dióxido de carbono pelo sangue – para ser transportado no sangue o oxigênio se liga à hemoglobina, embora uma pequena parte seja dissolvida no plasma sanguíneo, e o dióxido de carbono é transportado no sangue principalmente sob a forma de íon bicarbonato, o que impede a diminuição do pH, pois não há a formação de ácido carbônico e nem acúmulo de H^+ , uma pequena parte de dióxido de carbono é transportado dissolvido no plasma ou ligados à hemoglobina;

Troca gasosa capilar – é a troca de oxigênio e de dióxido de carbono entre o sangue capilar e os tecidos metabolicamente ativos. A quantidade de oxigênio captada pelos tecidos é dada através da diferença arteriovenosa de oxigênio, essa diferença caracteriza-se pelo conteúdo de oxigênio entre o sangue arterial e o sangue venoso.

A homeostasia da pressão parcial do oxigênio (PO_2), da pressão parcial do dióxido de carbono (PCO_2) e do pH do sangue é mantida pela coordenação entre o sistema respiratório e circulatório.

A relação entre volume de ar ventilado (VaV), e a quantidade de oxigênio consumida pelos tecidos (VO_2), num determinado período de tempo, caracteriza o equivalente ventilatório de oxigênio.

Existe também um ponto de ruptura ventilatório, esse ponto é determinado quando a intensidade do exercício aumenta em direção ao máximo, e a ventilação aumenta desproporcionalmente em comparação com o consumo de oxigênio.

“A ventilação aumenta durante o exercício em proporção direta a taxa de trabalho que está sendo realizado, até o ponto de ruptura ventilatório. Além desse ponto, a ventilação aumenta desproporcionalmente à medida que o corpo tenta eliminar o excesso de CO_2 ” (WILMORE e COSTILL, 2001, p. 264).

O ponto de ruptura ventilatório reflete um aumento do volume de dióxido de carbono produzido por minuto (VCO_2), o que pode sugerir um metabolismo mais anaeróbio. Através da identificação do ponto no qual o VaV/VO_2 apresenta um aumento súbito enquanto o VaV/VCO_2 permanece relativamente estável, é possível determinar o limiar anaeróbio.

2.2.2 Sistema Cardiovascular

“O sistema cardiovascular serve a um número de funções importantes do corpo, e a maioria delas suporta outros sistemas fisiológicos” (WILMORE e COSTILL, 2001, p. 208). As principais funções do sistema cardiovascular estariam classificadas em cinco categorias;

- Liberação – exemplo: liberação de oxigênio e nutrientes para cada célula do corpo;

- Remoção – exemplo: remoção de dióxido de carbono e produtos de degradação metabólica das células;
- Transporte – exemplo: transporte de hormônios das glândulas para os receptores alvos;
- Manutenção – exemplo: a temperatura corporal e a capacidade de tamponamento do sangue, que auxiliam no controle do pH do organismo, são mantidos por esse sistema;
- Prevenção – exemplo: “o sistema cardiovascular mantém níveis adequados de fluido para prevenir a desidratação e auxilia na prevenção de infecções causadas por microrganismos invasores” (WILMORE e COSTILL, 2001, p. 208).

O coração é constituído por vários componentes, entre eles estão o músculo cardíaco, válvulas, grandes vasos, marcapasso e sistema de condução elétrica, vasos coronarianos, inervação pelo sistema nervoso autônomo, e pericárdio (revestimento do coração – saco fibroso). A principal função do coração “consiste em bombear sangue através do sistema circulatório, para que os tecidos possam receber uma perfusão adequada”. (FOSS e KETEVIAN, 2000, p. 197).

O fluxo sanguíneo através do coração se dá da seguinte maneira: o átrio direito recebe o sangue (cheio de produtos metabólicos) que chega ao coração através das veias cava, superior e inferior, e o passa ao ventrículo direito que por sua vez bombeia o sangue para o interior da artéria pulmonar a qual o transporta - o para os pulmões. Após a hematose (trocas gasosas no pulmão) o sangue, agora rico em oxigênio, deixa os pulmões através das veias pulmonares que transportam o sangue até o átrio esquerdo, esse recebe o sangue e por sua vez o direciona ao ventrículo esquerdo. Por fim o sangue é ejetado através do ventrículo esquerdo para a aorta e enviado para suprir todos os tecidos do corpo.

O tecido cardíaco é capaz de gerar seu próprio sinal elétrico (autocondução) o que permite uma contração rítmica sem estimulação neural. A frequência cardíaca média é de 70 a 80 batimentos por minuto, podendo ser menor nas pessoas treinadas em endurance. O marcapasso do coração (nodo sinoatrial) estabelece o pulso e coordena a atividade do coração (WILMORE e COSTILL, 2001, p. 211).

Para uma maior compreensão do trabalho realizado pelo coração faz-se necessário o entendimento de alguns termos:

Ciclo cardíaco – todos os eventos que ocorrem entre dois batimentos cardíacos consecutivos. Esses incluem termos mecânicos: fase de relaxamento (diástole), e fase de contração (sístole) de todas as câmaras cardíacas (músculo cardíaco). Na diástole as câmaras se enchem de sangue e na sístole as câmaras se contraem e expõem seu conteúdo.

Volume de ejeção – “durante a sístole, certo volume de sangue é ejetado do ventrículo esquerdo, essa quantidade é o volume de ejeção (VE) do coração ou volume de sangue bombeado por sístole (contração)” (McARDLE, KATCH e KATCH, 1996, p. 283). Considerando a quantidade de sangue no ventrículo, antes e após a contração, no final da diástole, imediatamente antes da contração, o ventrículo já se encontra cheio de sangue, esse volume de sangue é chamado de volume diastólico final (VDF). Logo após a contração, no final da sístole, o ventrículo completou sua fase de ejeção, o volume de sangue que permanece no ventrículo é denominado volume sistólico final (VSF). Logo, o volume de ejeção é a diferença entre o VDF e o VSF.

Fração de ejeção – em cada batimento, uma proporção de sangue é bombeado para fora do ventrículo esquerdo, essa fração é chamada de fração de ejeção. Para saber quanto de sangue, que entrou no ventrículo, é realmente ejetado durante a contração, basta dividir o volume de ejeção pelo volume diastólico final.

Débito cardíaco – refere-se à quantidade de sangue bombeado pelo coração por minuto. A capacidade funcional da circulação em atender as demandas da atividade física é um reflexo do valor máximo para o débito cardíaco. O rendimento (débito) do coração depende do seu ritmo de bombeamento (Frequência cardíaca) e da quantidade de sangue ejetada com cada golpe (volume de ejeção) (McARDLE, KATCH e KATCH, 1996, p. 283). O débito cardíaco (Q) é o produto da frequência cardíaca (FC) e o volume de ejeção (VE) : $Q = FC \times VE$, e pode ser aumentado em razão de um aumento da frequência cardíaca ou do volume de ejeção. (HOWLEY e POWERS, 2000, p. 160). Isso assegura que o oxigênio e os nutrientes atinjam os tecidos e, que os produtos de degradação, os quais aumentam mais rapidamente durante o exercício, sejam rapidamente eliminados (WILMORE e COSTILL, 2001, p. 230).

Segundo Mcardle, Katch e Katch (1996, p. 257), em cada contração do ventrículo esquerdo, uma onda de sangue penetra na aorta e ali é armazenada, pois

os vasos periféricos não permitem que o sangue siga para dentro do sistema arterial com a mesma rapidez com que é ejetado pelo coração, isso cria certa pressão em todo o sistema arterial e, como consequência uma onda de pressão se desloca da aorta até os ramos arteriais mais afastados. Essa distensão e o subsequente recuo elástico da parede arterial durante um ciclo cardíaco podem ser percebidos sob a forma de pulso, característico em qualquer artéria superficial do organismo. A pressão arterial constitui uma função do sangue arterial por minuto e da resistência vascular ou periférica imposta a esse fluxo.

Bowers, Foss e Fox (1991, p.185), definem a pressão como a força que movimentam o sangue através do sistema circulatório. “O sangue exerce pressão em todo o sistema vascular, mas ela é maior nas artérias, onde é mensurada e utilizada como indicadora de saúde”. (HOWLEY e POWERS, 2000, p. 155).

A pressão sanguínea é a pressão exercida pelo sangue sobre as paredes vasculares, é normalmente chamada de pressão arterial e é expressa por dois valores: pressão sistólica (maior pressão no interior da artéria) e pressão diastólica (menor pressão no interior da artéria). (WILMORE e COSTILL, 2001, p. 219).

“O fluxo sanguíneo aumenta em proporção à intensidade do exercício. Ao progredir do repouso para o exercício em ritmo estável, o débito cardíaco sofre um rápido aumento, seguido por uma elevação gradual, até alcançar um platô” (McARDLE, KATCH e KATCH, 1996, p. 285).

A concentração de oxigênio venoso diminui durante o exercício, pois há uma maior extração de oxigênio do sangue para ser utilizado pelos tecidos ativos, o que provoca um aumento na diferença arteriovenosa de oxigênio.

Os mais importantes sistemas fisiológicos que agem a fim de que haja a energia para o desempenho durante o exercício são: o sistema de transporte de oxigênio e as vias metabólicas, cuja atividade se dá no tecido muscular esquelético. (ACSM, 1991, p. 13). Uma vez entendido o sistema de transporte de oxigênio, necessita-se compreender os sistemas metabólicos.

2.3 METABOLISMO

Durante todo tempo ocorrem inúmeras reações químicas no organismo, coletivamente essas reações são chamadas de metabolismo. Esse inclui várias metabólicas que resultam na síntese de moléculas (anabolismo) e na degradação de moléculas (catabolismo). Como as células necessitam de energia, as vias metabólicas convertem nutrientes alimentares (carboidratos, gordura e proteínas) numa forma de energia biologicamente utilizável (HOWLEY e POWERS, 2000, p. 22).

A energia é a capacidade de realizar trabalho, e trabalho é a aplicação de uma força através de uma distância. A energia e o trabalho são inseparáveis. (BOWERS, FOSS e FOX, 1991, p. 11).

A capacidade de extrair energia dos macronutrientes alimentares e de transferi-la continuamente com um alto ritmo para os elementos contráteis do músculo esquelético, determinam o desempenho nos exercícios bem como possibilita o indivíduo nadar, correr, e esquiar através de longas distâncias. Os macronutrientes são formados por ligações químicas, a energia química nelas armazenadas não se dissipa imediatamente na forma de calor durante o metabolismo energético, grande parte é transformada em energia mecânica pelo sistema musculoesquelético. “A primeira lei da termodinâmica estabelece que o corpo não produza, não conserve, nem utilize energia; pelo contrário ela será modificada de uma forma para outra à medida que o sistema fisiológico sofre uma mudança contínua” (McARDLE, KATCH e KATCH, 2003, p. 118).

A energia necessária para manter as atividades celulares em repouso e durante o exercício é fornecida pelo consumo diário de carboidratos, gorduras e proteínas. Os carboidratos e as gorduras são os principais nutrientes utilizados na obtenção de energia. (HOWLEY e POWERS, 2000, P. 27).

Essas três formas de combustíveis utilizam diferentes quantidades de oxigênio para oxidação das moléculas até os seus produtos finais (ACSM, 1991, p. 16).

Na presença de oxigênio, o alimento é transformado em CO_2 e H_2O , com a liberação de energia química através de um processo metabólico denominado respiração. Esse processo tem como objetivo fornecer energia, a qual o organismo

necessita para realização de processos biológicos como, por exemplo, o trabalho químico de crescimento e o trabalho mecânico de contração muscular. (BOWERS, FOSS e FOX, 1991, p. 11).

A energia das ligações moleculares dos alimentos é liberada quimicamente no interior das células do organismo, e em seguida ela é armazenada na forma de adenosina trifosfato (ATP), que é um composto altamente energético. (WILMORE e COSTILL, 2001, p. 117).

Os carboidratos são compostos por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, existem em três formas:

- 1) monossacarídeos - açúcares simples como a glicose;
- 2) Dissacarídeos - formados a partir da combinação de dois Monossacarídeos;
- 3) Polissacarídeos - são carboidratos complexos que contêm três ou mais Monossacarídeos.

A glicose é armazenada nas células animais na forma de polissacarídeo – glicogênio. A finalidade do armazenamento celular de glicogênio é de suprir carboidratos como fonte energética (produção de ATP). Exemplo disso é o que ocorre durante o exercício: as células musculares transformam o glicogênio em glicose (glicogenólise) e a utilizam como fonte de energia para a contração. (HOWLEY e POWERS, 2000, p. 27).

O glicogênio também é armazenado no fígado. Quando necessário ele é convertido em glicose e transportado pelo sangue aos tecidos ativos, onde ela é metabolizada. No entanto, o estoque total de glicogênio total no organismo é pequeno, podendo ser depletado em poucas horas em decorrência do exercício prolongado.

As gorduras fornecem uma quantidade considerável de energia durante o exercício prolongado menos intenso. Em relação ao metabolismo celular as gorduras são menos acessíveis, devido à necessidade de serem, primeiramente, reduzidas de suas formas complexas (triglicerídeos) aos seus componentes básicos (glicerol e os ácidos graxos), pois somente os ácidos graxos livres são utilizados na forma de ATP. Um grama de gordura pode gerar 2,25 vezes a quantidade de energia de uma quantidade similar de carboidrato, bem como, consome uma quantidade de oxigênio maior para ser metabolizada quando comparada aos carboidratos.

Como visto anteriormente a energia é armazenada na forma de ATP. Esse processo de armazenamento se dá a partir da fosforilação, que envolve várias reações químicas. A partir dessas reações um grupo fosfato é adicionado a um composto de energia relativamente baixa a adenosina difosfato (ADP), convertendo-o em adenosina trifosfato (ATP). Quando essas reações ocorrem sem a presença de oxigênio, o processo é denominado metabolismo anaeróbico. Quando ocorre com o auxílio do oxigênio o processo global é chamado de metabolismo aeróbico, e a conversão aeróbia da ADP em ATP é a fosforilação oxidativa. Existem três métodos que permitam às células gerarem ATP: O sistema ATP-CP, o sistema glicolítico e o sistema oxidativo.

No sistema ATP-CP, o grupo fosfato (P_i), é separado da creatina fosfato através da ação da enzima creatina quinase, podendo assim se combinar com o ADP para formar ATP. Esse sistema é anaeróbico e sua principal função é manter as concentrações de ATP.

O sistema glicolítico, através do processo de glicólise, degrada a glicose ou o glicogênio em ácido pirúvico pela ação de enzimas glicolíticas. Se nesse processo não houver a presença de oxigênio, o ácido pirúvico é convertido em ácido láctico. Em exercícios de alta intensidade os sistemas ATP-CP e glicolítico é que predominam nos minutos iniciais (WILMORE e COSTILL, 2001, p. 118 -123).

2.4 METABOLISMO AERÓBIO – GLICOSE AERÓBIA

O sistema oxidativo é o último sistema envolvido na produção de energia celular. Nesse processo a produção de ATP ocorre no interior das mitocôndrias musculares, com o auxílio do oxigênio, ambos mantêm o suprimento constante de energia exigido pelos músculos para realizarem trabalho muscular. O sistema oxidativo apresenta uma grande capacidade de produção de energia o que caracteriza o metabolismo aeróbico como o principal método de produção de energia durante os eventos de endurance (resistência) (WILMORE e COSTILL, 2001, p. 124-125).

O processo de glicose aeróbia possui duas fases distintas: Ciclo de Krebs e Cadeia de Transporte de elétrons.

2.4.1 Ciclo de Krebs

Na presença de oxigênio, o ácido pirúvico, produzido no sistema glicolítico, não é convertido em lactato (produção anaeróbia de ATP), mas sim em um composto chamado de acetil coenzima A (produção aeróbia de ATP). Esse composto entra no ciclo do ácido cítrico (ciclo de Krebs), onde sofrerá complexas reações químicas, dando origem a dois ATPs mais dióxido de carbono e hidrogênio (WILMORE e COSTILL, 2001, p. 124-125).

2.4.2 Cadeia de Transporte de Elétrons

A fim de evitar que o interior da célula torne-se muito ácido existem duas coenzimas: a NAD (nicotinamida adenina dinucleotídeo) e a FAD (flavina adenina dinucleotídeo) que se combinam com os átomos de hidrogênio, liberado durante o ciclo de Krebs, e transportando-os à cadeia de transporte de elétrons onde eles são clivados em prótons e elétrons. No final da cadeia, o hidrogênio combina-se com o oxigênio para formar água impedindo assim a acidificação (WILMORE e COSTILL, 2001, p. 124-125).

“A capacidade oxidativa dos músculos depende de seus níveis de enzimas oxidativas, da sua composição no que concerne ao tipo de fibra e da disponibilidade de oxigênio” (WILMORE e COSTILL, 2001, p. 129).

Existem inúmeros testes que estimam ou mensuram diretamente a capacidade funcional do indivíduo ou a função cardiorrespiratória. A partir desses testes é possível identificar qual é a taxa de utilização de oxigênio dos músculos durante exercícios aeróbios (Consumo Máximo de oxigênio - VO_2 Max).

2.5 AVALIAÇÃO DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA

A aptidão cardiorrespiratória de um indivíduo depende das qualidades específicas do sistema de transporte de oxigênio e da capacidade das fibras musculares de utilizar em o oxigênio transportado para produzir energia (NAHAS, 2001, p. 37).

A endurance ou resistência cardiorrespiratória é tradicionalmente a mensuração direta do consumo máximo de oxigênio, VO_2 máx, medido a partir da utilização de equipamentos (em valores absolutos litros por minuto, ou em valores relativos à massa corporal: mililitros por quilograma por minuto). Existem inúmeros instrumentos de medida de VO_2 máx: esteiras ou bicicletas ergométricas, bancos e testes de correr ou de caminhar, realizados em uma pista de atletismo (DUARTE E DUARTE, 2001, p. 08).

Um dos primeiros testes de desempenho de campo com o objetivo de avaliar a aptidão aeróbica foi o teste de Cooper.

Em 1968 Kenneth Cooper realizou um estudo com 115 homens da aeronáutica dos E.U. A fim de avaliar a condição aeróbica dos mesmos. A partir de uma corrida, na qual os indivíduos deviam correr o mais rápido possível durante doze minutos, Cooper observou uma enorme associação entre o VO_2 máx do pessoal da Força Aérea, e a distância que eles conseguiram percorrer durante os doze minutos. O coeficiente de correlação era de $r = 0,90$. A correlação entre o teste de campo (doze minutos) com a determinação do consumo máximo de oxigênio realizada em laboratório foi de 0,897 (COOPER, 1968, p. 135 – 136).

A corrida de doze minutos é um dos testes utilizado, atualmente, para estimar o VO_2 máx. O protocolo utilizado é o mesmo da década de sessenta: os participantes devem correr o mais rapidamente possível durante doze minutos. À distância percorrida é utilizada para determinar o VO_2 máx.

Com o grande avanço da tecnologia vários laboratórios e equipamentos foram desenvolvidos, com a finalidade de avaliar a aptidão cardiorrespiratória (consumo de oxigênio). Exemplo disso é o equipamento K4, (K4 b², Cosmed, Itália), um analisador de gases portátil capaz de monitorar e registrar os parâmetros

cardiorrespiratório por telemetria (FERNÁNDEZ, TUIMIL, MARTIN, IGLESIAS E RODRÍGUEZ, 2004).

Isso reflete a importância da aptidão cardiorrespiratória, tanto em eventos esportivos como nas atividades do dia-a-dia de qualquer pessoa, seja no trabalho ou no lazer (NAHAS, 2001, p. 37).

3.0 METODOLOGIA

3.1 AMOSTRA

Participaram voluntariamente do estudo 09 indivíduos sedentários do sexo masculino com idade média de $21,67 \pm 0,87$ anos, aptos a executar os testes propostos.

3.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Foram realizados dois testes de corrida de doze minutos, um em uma pista de atletismo de 400 metros e outro numa esteira elétrica, na qual o indivíduo tinha o controle da sua velocidade.

A coleta de dados referente à corrida de doze minutos na esteira foi realizada pela parte da manhã individualmente no Centro da Performance Física da Universidade Federal do Paraná. Antes dos indivíduos iniciar em o teste foram realizadas as medidas antropométricas, para as medidas de composição corporal foi utilizado um compasso - CESCORF. Durante a realização do teste a frequência cardíaca dos indivíduos foi monitorada e registrada a cada minuto, por um freqüencímetro da marca Polar M-32.

O teste de pista foi realizado na pista de atletismo da Universidade Federal do Paraná a partir das 07:30 hs. A cada cem metros havia uma pessoa para registrar a frequência cardíaca do indivíduo a cada minuto. O indivíduo ouvia o som de um apito a cada minuto e fornecia as pessoas localizadas a cada cem metros a sua frequência cardíaca naquele instante.

Antes da realização dos testes foram dadas as seguintes instruções aos indivíduos da amostra: abster-se de alimentos, álcool, fumo e cafeína por no mínimo 3 horas antes do teste (ACSM, 2006, p. 53). Após todos os esclarecimentos sobre os procedimentos de realização dos testes, os indivíduos assinaram o termo de consentimento, permitindo assim o andamento do estudo.

Ambos os testes foram realizados a fim de se identificar o consumo máximo de oxigênio dos indivíduos.

3.3 PLANEJAMENTO DA PESQUISA E ESTATÍSTICA

Estudo de caráter experimental, com a utilização da correlação estatística e teste t pareado (SPSS – 13) para verificar a correlação e o nível de significância entre o teste de corrida de 12 minutos realizado na esteira, e o teste de corrida de doze minutos realizado na pista de atletismo.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo deste estudo foi de determinar a validade do teste de 12 minutos de corrida para a esteira como indicador do consumo máximo de oxigênio. Para isso formou-se um único grupo de 9 indivíduos de sexo masculino, sedentários que realizaram o teste de doze minutos de corrida na pista de atletismo e na esteira. Para melhor caracterizar a amostra, apresenta-se na Tabela 1 os valores médios para a idade, peso, estatura e composição corporal.

Tabela 1 – Características antropométricas e composição corporal da amostra.

	Idade (anos)	Peso (Kg)	Estatura (cm)	%Gordura	Massa		
					Magra (kg)	GABS (Kg)	IMC (Kg/m ²)
Média e	21,67	72,75	154,21	15,66	61,27	11,58	23,54
Desvio padrão	±0,87	±10,97	±57,52	±3,66	±8,28	±3,86	±2,28

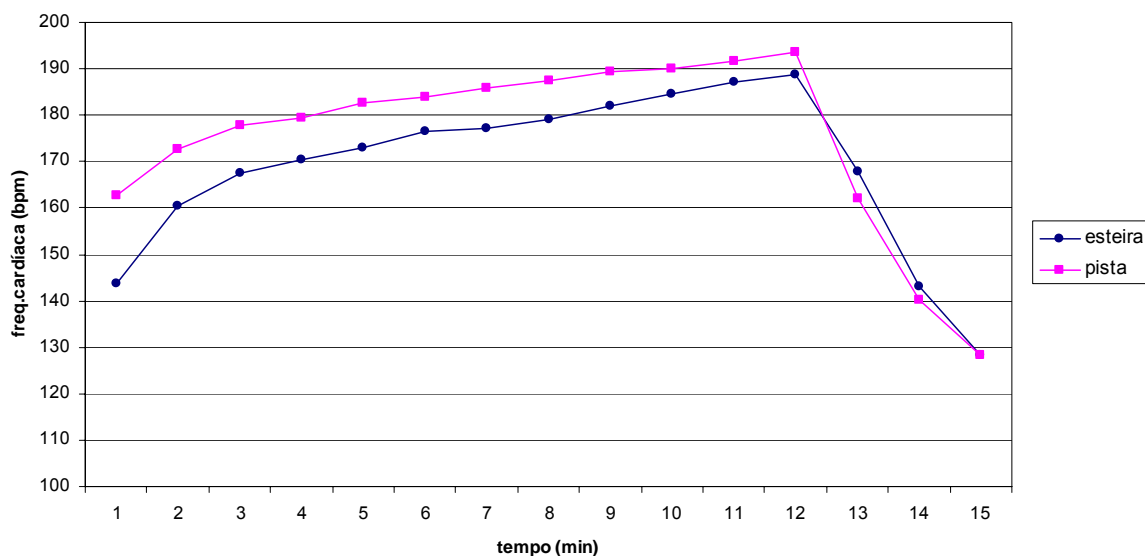
Observa-se que a amostra é composta por homens de 21,67±0,87 anos, peso corporal de 72,75±10,97Kg, estatura de 154,21±57,52 cm, e gordura relativa de 15,66±3,66 Kg, sendo 11,58±3,86 Kg de massa gorda e 61,27±8,28 Kg de massa magra. Esses dados mostram que os indivíduos apresentam níveis de peso corporal dentro da normalidade, de acordo com as diretrizes clínicas estabelecidas pela Obesity Education Initiative Task Force (Força-Tarefa de Iniciativa de Educação contra a Obesidade) do Instituto Nacional de Saúde (NIH) e do National Heart, Lung, and Blood Institute (Instituto Nacional do Coração, Pulmão e Sangue) (1998). (HEYWARD, 2004, P. 26).

Tabela 2 – Média e desvio padrão do comportamento da frequência cardíaca (bpm) durante ambos os testes de corrida de doze minutos.

	Média (Esteira)	Desvio Padrão (Esteira)	Média (Pista)	Desvio Padrão (Pista)
1'	143,67	±17,01	162,56	±8,66
2'	160,44	±18,20	172,78	±10,54
3'	167,67	±17,63	177,89	±112,90
4'	170,33	±17,62	179,44	±10,39
5'	173	±16,64	182,56	±9,19
6'	176,56	±16,26	183,89	±9,64
7'	177,11	±16,71	185,89	±8,71
8'	179,11	±15,88	1187,33	±8,63
9'	182,11	±15,07	189,44	±8,43
10'	184,56	±13,02	190	±8,67
11'	187,22	±11,94	191,56	±7,33
12'	188,78	±11,57	193,67	±8,36
Recup.1	168	±15,03	162,11	±12,63
Recup. 2	143	±12,85	140,33	±13,47
Recup. 3	128,33	±10,58	128,33	±8,79

Na Tabela 2 e no Gráfico 1, estão apresentados os valores médios e desvios-padrão da Frequência Cardíaca, variável analisada durante o teste realizado na esteira e na pista de atletismo. Essa tabela destaca o comportamento da frequência cardíaca durante cada minuto da realização dos testes. Cabe colocar que todos os indivíduos apresentaram valores normais para frequência cardíaca de repouso (menor que 80 bpm em ambos os testes).

Gráfico 1 – Comportamento dos valores médios da frequência cardíaca (bpm) durante a realização dos testes.



A partir do gráfico 1 é possível visualizar que em média os indivíduos apresentaram a frequência cardíaca maior na realização do teste na pista quando comparada com a média da frequência cardíaca do teste realizado na esteira.

Tabela 3 – Distâncias médias, desvio padrão, teste t pareado e correlação das distâncias percorridas na esteira e na pista de atletismo.

	Média e Desvio Padrão	Test t	P	R
Esteira	2353,31 ±358,49	-4,395	0,002	0,84
Pista	2678,89 ±192,11			

Com os dados referentes às distâncias percorridas na realização dos testes de corrida de doze minutos na esteira e na pista de atletismo, foi possível propormos uma equação de ajuste da distância percorrida na esteira: **(distância em metros x 0,451) + 1616,546**. A partir dessa equação é possível estabelecer a distância ajustada e assim calcular indiretamente, pela fórmula $VO_{2\text{ máx}} = 0,0268 \cdot (\text{distância}$

em metros) – 11,3 (Cooper, 1968 *apud* Heyward, 2004), o consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) dos indivíduos.

Na tabela 3, observa-se a distância média e o desvio padrão das distâncias percorridas pelos indivíduos na esteira e na pista de atletismo. Embora tenha havido diferença significativa entre as médias das distâncias percorridas na esteira e na pista de atletismo o estudo apresentou uma correlação de 0,84 entre a distância percorrida pelos indivíduos na esteira e na pista de atletismo.

Tabela 4 - Distâncias médias, desvio padrão, teste t pareado e correlação das distâncias percorridas na pista de atletismo e a distância ajustada pela equação proposta.

	Média e Desvio Padrão	Test t	P	R
Pista	2678,89 ±192,11			
		0,29	0,977	0,84
Ajustada	2677,86 ±161,66			

A partir da tabela 4 é possível verificar que não houve diferença significativa entre a distância percorrida na pista e a distância percorrida na esteira ajustada pela equação proposta apresentada, e ainda houve 0,84 de correlação entre as distâncias.

Em relação ao desempenho aeróbio, o VO_2 máx (consumo máximo de oxigênio) é um importante determinante da performance. A partir da fórmula Cooper (1968), foi possível estabelecer o consumo máximo de oxigênio dos indivíduos na realização de ambos os testes. Na tabela 5 é possível observar a média e o desvio padrão desta variável para ambos os testes e para a distância ajustada pela equação proposta.

Tabela 5 – Valores referentes ao consumo máximo de oxigênio dos indivíduos em ml/Kg/min , calculados a partir da distância percorrida em ambos os testes e da distância da esteira ajustada pela equação proposta.

	VO₂ máx (ml/Kg/min)	VO₂ máx (ml/Kg/min)	VO₂ máx (ml/Kg/min)
	Esteira	Pista	Ajustado
Média e Desvio			
Padrão	51,77 ±9,61	60,49 ±5,15	58,48 ±6,85

Houve uma correlação de 0,84 entre a média do VO₂ máx na esteira e na pista de atletismo.

5.0 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos com a amostra desse estudo, foi possível determinar a validade do teste de corrida de 12 minutos para a esteira como indicador do consumo máximo de oxigênio.

Embora a correlação entre a distância média percorrida na esteira e na pista de atletismo tenha sido de 0,84, houve diferença significativa entre essas distâncias ($p < 0,05$).

Com a equação proposta para ajustar a distância percorrida na esteira **(distância em metros x 0,451) + 1616,546**, foi possível verificar que não houve diferença significativa quando comparadas às distâncias médias percorridas na esteira (ajustada) e a distância média percorrida na pista de atletismo ($p = 0,977$), o que possibilitou a validação do teste para essa amostra.

Finalmente em relação ao consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{ máx}}$), houve correlação estatística de 0,84 entre o teste realizado na esteira e o teste realizado na pista de atletismo.

Contudo, torna-se necessário a repetição dos testes desse mesmo estudo com uma população maior para identificar consistentemente sua validade.

REFERÊNCIAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACMS). **Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 7ª ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2006.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACMS). **Teste de esforço e Prescrição de Exercício**. 4ª.ed. Rio de Janeiro: Revinter, 1996.

BÖHME, M. T. S. R. relações entre aptidão física, esporte e treinamento esportivo. **Revista brasileira de Ciência e Movimento**. Brasília, v11, p. 98 – 103, 2003.

COOPER, K. H. A Means of Assessing Maximal Oxygen Intake: Correlation Between Field Test and Treadmill Testing. **The Journal of the American Medical Association**. Vol. 203, n 3, 1968.

DUARTE, M. de. F. da. S; DUARTE, C. R. Validade do teste aeróbico de corrida de vai-e-vem de 20 metros. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. Brasília, v 09, p. 07 – 14, 2001.

FERNÁNDEZ, del. O. M. A; TUIMIL, J. L; MARTÍN, A. R; IGLESIAS, X; RODRÍGUEZ, F. A. Patrón Cinemática de la carrera a velocidad aeróbica máxima hasta el agotamiento y tiempo límite de rendimiento. **II Congreso de Ciencias del Deporte**. Universidad Politécnica de Madrid, 2002.

FOX, E. L; BOWERS R. W; FOSS, M.L. **Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan,1991.

FOX, E. L; KETAYIAN, S. J. **Bases Fisiológicas do exercício e do Esporte**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

HEYWARD, V. H. **Avaliação Física e Prescrição de Exercício: técnicas avançadas**. 4ª.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

HOWLEY e POWERS, **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 3ª ed. São Paulo: Manole, 2000.

McARDLE, W. D; KATCH, F. I; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício energia, nutrição e desempenho humano**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 1998

McARDLE, W. D; KATCH, F. I; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício energia, nutrição e desempenho humano**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 2003.

NAHAS, M. V. **Atividade física, saúde e qualidade de vida: conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo**. Londrina: Midiograf, 2001.

PITANGA, F. J. G. **Epidemiologia da atividade física, exercício físico e saúde.** 2ª ed. São Paulo: Phorte, 2004.

WILMORE, J. H; COSTILL, D. L. **Fisiologia do esporte e do exercício.** 2ª ed. São Paulo: Manole, 2001.