

**DAVI POZZETTI SIBA**

**ASSOCIAÇÕES ENTRE PARÂMETROS ESTRUTURAIS, NEUROMUSCULARES E  
FUNCIONAIS EM ATLETAS DE MEIO FUNDO**

Monografia apresentada como requisito parcial  
para conclusão do Curso de Licenciatura em  
Educação Física, do Departamento de  
Educação Física, Setor de Ciências Biológicas,  
da Universidade Federal do Paraná.

Turma T

Professor: Iverson Ladewig

**ORIENTADOR: PROF. DR. RAUL OSIECKI**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho unicamente a minha mãe e a meu irmão falecido no dia 22/04/2001,

Minha Mãe por suportar, a minha “síndrome de mau humor congênita” que parece ter se agravado depois desse trabalho

E meu irmão com seu jeito anti- sentimental ( igualzinho ao meu ), me ensinou a nunca olhar para trás

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos de que alguma forma contribuíram com a minha formação acadêmica, incluindo alunos, professores, funcionários, amigos e parentes, me criticando ou me elogiando, em especial a meu professor orientador Raul Osiecki, e meus amigos Giácomo Quintino Dal Molin, Fabio Galvão e Evaldo Ribeiro, Heverson Vianna e Daniel Checke.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<i>iV</i>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	<i>V</i>
<b>RESUMO</b> .....	<i>Vi</i>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 Objetivos gerais.....	3
1.1.2 objetivos específicos.....	3
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	4
2.1 PARÂMETROS NEUROMUSCULARES .....	4
2.2 CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO.....	5
2.2.1 Sistema pulmonar.....	6
2.2.2 Débito cardíaco .....	7
2.2.3 Capacidade de transporte de oxigênio.....	8
2.3 Limitações músculo esqueléticas.....	9
2.3.1 Gradiente de difusão periférica.....	9
2.3.2 Nível enzimático de de mitocôndrias.....	9
2.3.3 Densidade capilar.....	10
2.4 DETERMINANTES DA PROVA DE ENDURANCE.....	11
2.4.1 Papel do consumo máximo de oxigênio na performance de endurance.....	11
2.4.2 Economia de corrida.....	12
2.4.3 Percentual de aproveitamento do consumo máximo de oxigênio.....	13
2.4.4 Limiar anaeróbico.....	14
2.5 COMPOSIÇÃO CORPORAL.....	17

2.6 INFLUÊNCIA DA MASSA CORPORAL, MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS E ESTATURA.....	17
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>19</b>
3.1 POPULAÇÃO / AMOSTRA.....	19
3.2 INSTRUMENTOS E MEDIDAS.....	19
3.2.1 Dados antropométricos.....	19
3.2.2 Estatura e peso.....	19
3.2.3 Comprimentos.....	19
3.2.4 Composição corporal.....	20
3.2.5 Circunferências.....	20
3.3 Avaliação dos parâmetros neuromusculares.....	21
3.4 ANÁLISE DOS DADOS.....	23
3.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	24
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
4.1 DESCRIÇÕES FISIOLÓGICAS.....	25
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
5.1 RELAÇÕES ENTRE DESEMPENHO E IDADE.....	27
5.2 RELAÇÕES ENTRE DESEMPENHO E DADOS ANTROPOMÉTRICOS.....	27
5.2.1 Relações entre circunferências e desempenho.....	28
5.2.2 Relações entre alturas antropométricas e desempenho.....	30
5.3 RELAÇÕES ENTRE DESEMPENHO E PARÂMETROS NEUROMUSCULARES.....	30
5.3.1 Relações entre potência e desempenho.....	32
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>34</b>

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- PERCENTUAL DE APROVEITAMENTO DO VO2MAX EM PROVAS DO ATLETISMO.....	14
QUADRO 2- PROTOCOLO DE MEDIDAS E CIRCUNFERÊNCIAS.....	21
QUADRO 3- DADOS DO SUJEITO.....	26
QUADRO 4- PARÂMETROS NEUROMUSCULARES.....	27
QUADRO 5- CIRCUNFERÊNCIAS.....	27
QUADRO 6- ALTURAS ANTOPOMÉTRICAS.....	28
QUADRO 7- FORÇA RELATIVA (PESO CORPORAL / CARGA REALIZADA).....	28

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1- RELAÇÕES ENTRE % MASSA E DESEMPENHO.....	28
GRÁFICO 2- RELAÇÕES ENTRE % GORDURA E DESEMPENHO.....	28
GRÁFICO 3- RELAÇÕES ENTRE COXA MEDIAL E DESEMPENHO.....	29
GRÁFICO 4- RELAÇÕES ENTRE COXA PROXIMAL E DESEMPENHO.....	32
GRÁFICO 5- RELAÇÕES ENTRE LEG PRESS E DESEMPENHO.....	30
GRÁFICO 6- RELAÇÕES ENTRE FLEXOR E DESEMPENHO.....	31
GRÁFICO 7- RELAÇÕES ENTRE FORÇA RELATIVA NO LEG PRESS E DESEMPENHO.....	32
GRÁFICO 8- RELAÇÕES ENTRE FORÇA RELATIVA NO FLEXOR E DESEMPENHO.....	32

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo examinar multiváriaveis fisiológicas e suas possíveis relações com o desempenho de atletas juvenis corredores de meio fundo. Seis atletas juvenis ( $18 \pm 0,89$  anos de idade) corredores de meio fundo participaram desse estudo. Foram realizadas medidas de circunferência (coxa medial, coxa proximal, coxa distal, panturrilha, peito, braço relaxado), mensurou-se as alturas de membros inferiores (trocantérica, tibial e maleolar), estimou-se o % gordura e % massa magra utilizando o protocolo de Jackson, Pollock e Ward para atletas (peito, tríceps, supra ilíaca, subescapular, axilar média, abdominal e coxa), realizaram-se testes de força máxima de 1RM (supino reto, pulley costas, leg press, flexor), teste de potência máxima (salto vertical), todas essas variáveis foram correlacionadas com o tempo de prova nos 1500m rasos. Das variáveis correlacionadas, leg press e flexor apresentaram correlação negativa significativa com o tempo nos 1500m rasos tanto em números absolutos, como em números relativos ( $r = -0,74$ ,  $r = -0,85$  e  $r = -0,85$ ,  $r = -0,68$  respectivamente), percentual de gordura, circunferência de coxa medial e proximal apresentaram correlação significativa positiva com o tempo de prova ( $r = 0,61$ ,  $r = 0,58$  e  $r = 0,64$  respectivamente), todas as outras variáveis não apresentaram correlação significativa com o desempenho em prova. As variáveis mais fortemente correlacionadas com o desempenho foram os níveis de força máxima, tanto na musculatura anterior, como posterior de coxa, mostrando a possível influência que os parâmetros neuromusculares tem sobre a eficiência mecânica de corrida e seu respectivo resultado desportivo, % gordura, circunferência de coxa proximal e medial também apresentaram correlações importantes.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente melhoria das marcas obtidas nas competições de atletismo em provas de meio fundo nas categorias de base nos últimos anos, tem demonstrado uma certa evolução dessas no Brasil, o exemplo disso são a vitória de Fabiano Peçanha no Campeonato Pan- Americano Juvenil e Atletismo de 2001, com a marca de 3'46"18 nos 1500m (Cbat), o mesmo aconteceu com Thiago Pereyra Chramont há poucos dias atrás com 1'48"76 (Cbat) nos 800m. No entanto, o mesmo não tem se repetido nas categorias adultas, fato que comprova isto, é que, nenhum atleta conseguiu índice A para o campeonato de atletismo em Paris. Brasil já foi um país forte nessas provas com atletas como Joaquim Cruz e Zequinha Barbosa, mas como já vimos passa por um momento de obscuridade que já dura alguns anos, e que apesar das boas marcas em competições juvenis, não tem se conseguido dar continuidade as boas marcas com a passagem de categorias. Este quadro não é só reflexo da falta de estrutura em nosso desporto, mas também da falta de conhecimentos e pesquisas científicas, que possibilitem as posteriores melhorias dos resultados desportivos.

Os mais altos resultados desportivos dependem entre outros em uma gama de multivariáveis físicas, estruturais, neuromusculares, psicológicas, que de certa forma respeitam certas especificidades em modalidades do desporto, que propiciam o desenvolvimento da forma desportiva, quer dizer o resultado final em competição.

No atletismo, mais especificamente em atletas juvenis de meio fundo tem se realizado estudos demonstrando a influência multifatorial de vários parâmetros fisiológicos e sua possíveis inter- relações. Potência aeróbica, VOMax, atividade das enzimas oxidativas, aumento da capilarização, densidade mitocondrial, e também do melhor aproveitamento da capacidade aeróbia através do limiar anaeróbio em atletas de meio fundo e fundo (Gomes, 1995, Kirolainen et al, 2002, Kranenburg, 1996, Veronique, 2002).

Estudos com adolescentes (ALMARWAEY, 2003), tem demonstrado alta correlação, entre limiar de lactato (2,5 mmol), potência aeróbia e performance nos 800m e 1500m, Unnithan et al (BASSET apud UNNITHAN, 2000), reportou que potência

aeróbica máxima é o mais importante fator associado com o sucesso de pré púberes em provas de 3000m.

No entanto mais recentemente tem se discutido, outros fatores que influenciam no desempenho da corrida, entre eles estão o sistema neuromuscular que aqui é expresso como força muscular, composição corporal, medidas antropométricas, expressas em alturas e comprimento de membros, tronco cefálica, etc, todos esses podendo ter uma influência significativa na economia de corrida e na sua respectiva velocidade. Economia de corrida se refere somente a relação gasto energético velocidade, sendo assim descrições biomecânicas (técnica) não parecem ser bom preditores da mesma (Kirolainen et al, 2003).

Estudos (ALMARWAEY, 2003) comparando meninos e meninas adolescentes atletas de 800m e 1500m, reportou que os primeiros são mais altos, mais magros, mais pesados, e possuem melhores performances. De acordo com parâmetros, fisiológicos, os meninos, apresentam maior pico e media de potência no teste de Wingate, e maior potência aeróbia, outros dados importantes desse estudo, com outros é não haver diferença significativa de  $VO_{2MAX}$ , entre adolescentes meio fundistas e fundistas, e também o fato da composição corporal em meninas (%gordura), não se alterar com a idade nessas atletas, talvez pelo fato da baixa especialização bioenergética e funcional de pessoas dessa idade no primeiro caso, e no segundo, contrariando o que acontece com sedentárias, onde o %gordura aumenta com a idade, entre outros fatores, relacionados com a maturidade sexual.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVOS GERAIS**

Tentando compreender melhor as variáveis intervenientes no desempenho em provas de meio fundo, este estudo, busca investigar as associações,

- entre parâmetros neuromusculares e performance,

- parâmetros estruturais e performance,
- Parâmetros funcionais e performance,

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Mensurar valores de força máxima na musculatura anterior e posterior de tronco e membros, utilizando tanto equipamentos de musculação (leg press, flexor, supino reto e pulley costas), como exercícios sem implemento (salto vertical), % gordura, % de massa magra, dados antropométricos, como peso, estatura, circunferências (coxa, panturrilha, quadril, peito, braço), alturas e comprimentos de membros inferiores, tentando compreender suas possíveis inter relações com desempenho desportivo real (a melhor marca nos 1500m rasos no ano).

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 PARÂMETROS NEUROMUSCULARES

Força muscular representa a capacidade do aparelho neuromuscular vencer ou sustentar uma resistência contrária (VERKOSHANSKI, 2001). o desenvolvimento desta mesma capacidade no atletismo, em provas e meio fundo mais especificamente possibilita o aumento da amplitude das passadas e da manutenção da frequência das mesmas. Outro ganho importante através do treinamento de força, é o da endurance relativa, um ganho de força pode não trazer um ganho de endurance na mesma proporção desse, mas na relação peso força de forma absoluta, os ganhos são consideráveis. Por exemplo dois atletas, empurrando uma carga de 1000N e 500N respectivamente, por mais que a endurance relativa do segundo, seja maior, se ambos forem desafiados a empurrar uma carga de 400N até a exaustão, o primeiro provavelmente conseguirá manter por mais tempo, por possuir uma força mais significativa em termos absolutos (MACDOUGAL, 1991).

Estudos (Gomes, 1995), demonstram que a contribuição do aumento de força de membros inferiores, aumentam a amplitude das passadas, tendo alta correlação com desempenho desportivo em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico, quer dizer o mesmo atleta com 14 e 16 anos, possui maior força e perna mais compridas na última idade obtendo melhores marcas. Outros estudos (McCann, 2003) comparam economia de corrida em crianças, adolescentes e adultos, sendo que o segundo é mais econômico, porém não refletindo unicamente as diferenças em performance. No entanto estes não relatam diferenças inter individuais.

isométrica e secção transversa das fibras do tipo 2 ( $r=0.59$ ,  $p<0.05$ ), e correlação negativa a área das fibras do tipo I. Outros estudos realizados com atletas adultos de meio fundo (Kiolainen, 2003), comparando estrutura músculo esquelética, força muscular e economia de corrida, encontraram correlação positiva entre força máxima 1 ( $r= -0.56$ ,  $p=0.08$ ), outro dado importante desse estudo foi a correlação negativa entre a economia de corrida que foi expressa como consumo de oxigênio e gasto energético e

a área das fibras do tipo 2 ( $r = -0.67$  e  $p < 0.05$  em ambas) na velocidade de 7m/s, no entanto esta correlação não existiu em velocidades menores.

Outro estudo (PAAVOLAINEN, 1999), demonstrou que um treinamento de endurance simultâneo a um treino de força explosiva (exercícios pliométricos sem qualquer carga e sprints curtos), se obteve uma melhora significativa no tempo dos 5000m em atletas treinados, sem aumento do VO2Max, um outro grupo de controle que realizou apenas treinamentos de endurance, obteve melhoras significativas no VO2Max, mas os resultados nos testes de 5000m foram bem inferiores se comparados com o grupo experimental (treinamento de força). Foram realizados outros testes simultâneos a esse, que consistiam em mensurar a potência e força muscular ( sprint de 20m, 5 saltos e extensor de pernas) e economia de corrida, sendo que houveram correlações significativa entre os 20m sprint, 5 saltos com a marca nos 5000m ( $r = 0,69$  e  $r = 0,68$ ).

## 2.2 CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO

Consumo máximo de oxigênio (VO2Max) é definido como a mais alta taxa de oxigênio que pode ser tirada e utilizada pelo corpo da atmosfera durante condições extremas de exercício. Este é uma das principais variáveis no campo da fisiologia do exercício, e é usado com frequência para avaliar o nível condicionamento cardiorrespiratório, e os respectivos efeitos de treinamento (BASSET, 2000).

O termo consumo máximo de oxigênio foi conhecido e definido por Hill et al e Herbst na década de 1920 (BASSET apud HILL e HERBST, 2000), ambos postularam que: 1) é o limite superior do consumo de oxigênio. 2) o VO2Max é uma capacidade individual, diferindo entre uma pessoa e outra. 3) um alto VO2Max é um pré requisito para o sucesso tanto em provas de meio fundo quanto em provas de longa distância. 4) VO2Max é limitado pela capacidade do sistema cardiorrespiratório de transportar oxigênio aos músculos (oferta central)

Esta última afirmação foi inferida depois, de um teste em que foram testadas pessoas em algumas velocidades até a exaustão, sendo que já havia se atingido um platô de consumo de oxigênio em velocidades bem menores que a máxima atingida. Estudos posteriores (BASSET, 2000), mostraram que metade das pessoas não atingiam esse platô, sugerindo-se que o consumo máximo de oxigênio em algumas pessoas não era apenas limitado pelo sistema cardiovascular e sim por fatores musculares periféricos. No entanto a tese em que o VO<sub>2</sub>Max é limitado pela taxa de produção cardíaca é mais aceita (BASSET, 2000).

O caminho que o oxigênio percorre da atmosfera segue uma série de passos, cada um desses pode representar um potencial limitante do fluxo de O<sub>2</sub>. Dentre os fatores que podem limitar o VO<sub>2</sub>Max estão: 1) a capacidade de difusão pulmonar, 2) débito cardíaco máximo, 3) capacidade sanguínea de transportar oxigênio 4) características músculo esqueléticas. Os três primeiros fatores podem ser classificados, como fatores centrais, o último é chamado de fator periférico. A evidência de cada um desses fatores será discutido nas sessões seguintes.

### **2.2.1 SISTEMA PULMONAR**

O processo de permuta dos gases, %SO (saturação percentual) em indivíduos saudáveis ao nível do mar, pouco se altera durante o exercício, sendo que saturação do oxigênio arterial, se encontra a aproximadamente a 95%. No entanto pesquisas tem indicado, que o sistema pulmonar podem limitar o VO<sub>2</sub>Max, sob certas circunstâncias. Estudos (DEMPSEY, 1984), mostraram que atletas de elite atingem mais facilmente um nível de saturação do O<sub>2</sub> arterial quando comparado a indivíduos normais. Indivíduos treinados possuem um débito cardíaco bem maior que indivíduos normais (40 vs 25 L.min<sup>-1</sup>). Isso leva a um decréscimo do tempo de passagem do sangue nos capilares pulmonares. Consequentemente esse tempo, pode não ser suficiente para saturar o sangue com O<sub>2</sub>, antes que o mesmo saia dos capilares pulmonares.

Esta limitação pulmonar em atletas altamente treinados pode ser superada com uma hiperventilação de O<sub>2</sub>. Estudos (POWERS, 1989), mostraram que atletas de elite, em condições de hiperventilação de O<sub>2</sub>, apresentaram um aumento tanto na saturação percentual do oxigênio arterial (90,6% para 95,9%), como também no VO<sub>2</sub>Max (70,1 para 74,7 ml.kg.min<sup>-1</sup>). Nenhuma dessas mudanças ocorreram em indivíduos destreinados (VO<sub>2</sub>max = 56,5ml.kg.min<sup>-1</sup>).

Limitações pulmonares são evidentes, durante o exercício, em altitudes moderadamente altas (3000 a 5000m). Indivíduos com asma e outros tipos de doenças pulmonares obstrutivas crônicas, sofrem de problema similar (redução na pressão arterial PO<sub>2</sub>). Sobre condições extremas de altitude, a performance física pode ser aumentada com hiperventilação de oxigênio, mostrando a presença de uma limitação pulmonar.

### **2.2.2 DÉBITO CARDIACO**

Estudos mais antigos (BASSET apud HILL, 2000), propuseram que o débito cardíaco é o principal fator que determinava diferenças individuais no VO<sub>2</sub>Max. Esses deduziram que atletas possuíam corações com capacidades superiores de bombeamento de sangue. Como eles chegaram a esta conclusão. Lindhard (BASSET apud LINDHARD, 2000), verificaram que o débito cardíaco atingia, mais ou menos 20 Lmin<sup>-1</sup> em sujeitos sedentários, e demonstravam uma forte e linear relação entre débito cardíaco e VO<sub>2</sub>Max. Hill e Lupton (BASSET apud HILL e LUPTON, 2000), especularam que débito cardíaco máximo de 30- 40Lmin<sup>-1</sup> só eram possíveis em atletas altamente treinados. Essas especulações foram baseadas em conhecimentos das equações de Fick e assumido valores para VO<sub>2</sub>Max, conteúdo de sangue arterial, e conteúdo de sangue venoso.

Hoje, nós conhecemos que há uma variação normal do VO<sub>2</sub>Max observada entre homens e mulheres, sedentários e treinados, e alguma variação com a idade. Essas variações são devidas principalmente do volume ejetado por cada sístole, havendo influências consideravelmente menores no batimento cardíaco máximo e extração

sistêmica de oxigênio. Durante exercício máximo, quase todo oxigênio disponível é extraído do sangue perfundido nos músculos ativos (BASSET, 2000). A quantidade de oxigênio no sangue arterial é aproximadamente 200ml O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>, no sangue venoso é de mais ou menos 20ml O<sub>2</sub>. L<sup>-1</sup>. Isto mostra que pouco oxigênio levado pelo sangue arterial aos músculos pode ser extraído durante exercício extenuante. Portanto o mecanismo dominante para o aumento do VO<sub>2</sub>Max com treinamento deve-se ao aumento circulação sangüínea (entrega de O<sub>2</sub>). Estima-se que 70- 85% da limitação do VO<sub>2</sub> Max é ligado ao débito cardíaco máximo.

Estudos longitudinais demonstraram que o treinamento induz principalmente a um aumento do débito cardíaco, do que de uma diferença arteriovenosa. Saltin et al (BASSET apud SALTIN et al, 2000). Examinaram o VO<sub>2</sub>max em sedentários depois de 20 dias de repouso e 50 dias de treinamento. A diferença entre descondicionados e condicionados no VO<sub>2</sub>Max atribui-se principalmente ao débito cardíaco. Em estudo similar (BASSET apud EKBLUM, 2000) encontraram que 16 semanas de treinamento aumentaram o VO<sub>2</sub>Max de 3,15 para 3,68 L.min<sup>-1</sup>. Este aumento em VO<sub>2</sub>max resultou de um aumento de 8% do débito cardíaco (22,4 para 24,2 L. min<sup>-1</sup>) e 3,6% na diferença arteriovenosa (138 para 143 ml. L<sup>-1</sup>).

### **2.2.3 CAPACIDADE DE TRANSPORTAR OXIGÊNIO**

Um forma de alterar o transporte de oxigênio aos músculos é através da quantidade de hemoglobina sangüínea. O doping sangüíneo é uma forma artificial de se aumentar a quantidade total de células vermelhas no sangue através da remoção, estocagem e subsequente reinfusão. Gledhil et al (BASSET apud GLEDHIL, 2000) realizaram uma revisão de 15- 20 estudos tendo examinado os efeitos do doping sangüíneo. Com a reinfusão de 900ml a 1350ml de sangue, tem se verificado um aumento que varia de 4% a 9% no VO<sub>2</sub>Max, nem um aumento tem se verificado em estudos placebo.

## **2.3 LIMITAÇÕES MUSCULO ESQUELÉTICAS**

### **2.3.1 GRADIENTE DE DIFUSÃO PERIFÉRICA**

Estudos (BASSET apud HONIG et al, 2000) apresentaram evidências sobre uma possível limitação periférica de difusão de oxigênio em um músculo canino. De acordo com seus experimentos e modelos matemáticos, o principal ponto de resistência de difusão de oxigênio ocorre entre a superfície das células sanguíneas e o sarcolema. Eles encontraram grande queda na PO<sub>2</sub> sobre esta curta distância. Concluiu-se que a entrega de oxigênio por si não é o fator limitante. Eles mostraram que essa baixa PO<sub>2</sub> relativa na célula a PO<sub>2</sub> do sangue é necessária para manter a “direção da força” para difusão e portanto realçar a condução de O<sub>2</sub>. Esses mesmos estudos mostraram que o aumento apenas da circulação sanguínea em um músculo isolado não é suficiente para causar um mesmo aumento em VO<sub>2</sub>Max. Um músculo isolado não pode sofrer contrações que a mitocôndria não pode consumir. Sem um gradiente de difusão periférica, o consumo de oxigênio não pode aumentar. Com estas evidências, concluiu-se que o VO<sub>2</sub>Max, depende da interação entre o transporte de O<sub>2</sub> e a utilização mitocondrial.

### **2.3.2 NÍVEL ENZIMÁTICO DE MITOCÔNDRIAS**

Fisiologistas tem realizado extenso trabalho para examinar onde o nível enzimático de mitocôndrias são um fator limitante para o VO<sub>2</sub>Max. Dentro das fibras musculares, as mitocôndrias são os pontos onde o oxigênio é consumido, e é passo final para produção de energia. Em teoria o dobro de mitocôndrias resultaria no dobro de pontos onde o oxigênio é consumido. No entanto estudos (BASSET, 2000) tem demonstrado um modesto (15 a 20%) aumento do VO<sub>2</sub>Max com a duplicação do número de mitocôndrias. Este é um fato consistente que o VO<sub>2</sub>Max é limitado principalmente pela entrega de oxigênio e não pelo número de mitocôndrias.

Estudos (BASSET apud HOLLOSZY e COYLE, 2000), propuseram que com o aumento das mitocôndrias, diminuiria-se distúrbios metabólicos em sujeitos treinados, entre os efeitos positivos, estariam a melhor oxidação de ácidos graxos, economizando assim o glicogênio, e o decréscimo de produção de lactato durante o exercício. Essas adaptações musculares, explicam de melhor forma a melhoria de performance, sem aumento do VO2Max.

No entanto o principal efeito do aumento de mitocôndria parece ser a melhoria da performance física, e não do VO2Max, estudos (BASSET apud HOLLOSZY e COYLE, 2000), mostraram que indivíduos com VO2Max semelhante apresentavam diferenças, que chegavam a ser o dobro em comparações interindividuais. Além disso treinamentos em baixa intensidade podem resultar em um pequeno aumento do número de enzimas, sem aumento no VO2Max, e vice versa. O aumento do número de mitocôndrias podem permitir um ligeiro aumento na extração de oxigênio do sangue no trabalho muscular, no entanto contribuindo de forma menos significativa no aumento do VO2Max.

### **2.3.3 DENSIDADE CAPILAR**

Estudos mostram que a densidade capilar aumenta com o treinamento (BASSET apud ANDERSEN e HENRIKSSON, 2000). Outros estudos demonstraram forte relação entre o número de capilares por fibra muscular nos vastos laterais e VO2Max medido durante cicloergômetro (BASSET, 2000). O principal significado disso é o aumento do tempo de transição do sangue em músculos específicos, auxiliando a extração de oxigênio. A habilidade do músculo esquelético se adaptar a treinamento por este caminho é de longe maior que o observado nos pulmões.

## **2.4 DETERMINANTES DA PERFORMANCE EM PROVAS DE ENDURANCE**

O primeiro principio da fisiologia do exercício, é que trabalho requer energia, tanto para manter uma especifica taxa de trabalho como também percorrer uma longa distância, ATP poder ser utilizado tão rápido quanto pode ser produzido. Em provas de

meia e longa distância dependem respectivamente da produção de ATP, via glicólise anaeróbia, e fosforilação oxidativa para manter as pontes cruzadas, no segundo caso, o principal a ser analisado no momento, tem uma grande dependência de oxigênio. Nesse parte da revisão nos atentaremos a analisar o papel do consumo de oxigênio na performance de corrida.

O consumo de oxigênio que pode ser mantido, durante uma performance de endurance, é igual ao produto do VO2Max sobre o percentual do VO2Max. Outro termo importante que será abordado é o chamado limiar anaeróbio, que possui uma estreita relação com aproveitamento do VO2Max. O VO2Max é primariamente limitado por fatores cardiovasculares centrais, enquanto que o limiar anaeróbio, esta ligado a adaptações musculares, resultante de prolongado treinamento. A velocidade de corrida gerada por esta produção de ATP via a meios oxidativos, é determinada pela habilidade individual de transformar energia (economia de corrida) em performance.

#### **2.4.1 PAPEL DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO NA PERFORMANCE DE ENDURANCE**

O consumo máximo de oxigênio é pré requisito, para uma série de eventos endurance, no entanto, não é o melhor preditor de habilidade atlética. Estudos (BASSET apud COSTILL, 2000) mostraram uma correlação inversa ( $r = -0,91$ ) entre VO2Max e tempo em corrida de 10 milhas. Estes dados mostram que possivelmente o VO2Max não é o melhor preditor de performance em pessoas que possuem VO2Max semelhantes.

Consumo máximo de oxigênio está diretamente ligado com a taxa de geração de ATP que pode ser mantida por certas distâncias, eventualmente não se corre uma prova que nem uma maratona a 100% do VO2Max. A produção de ATP é dependente do percentual do VO2Max que pode ser mantida durante uma corrida, que por sua vez é determinado pela habilidade individual de aproveitamento do VO2Max. Para se correr uma maratona a 2h15", precisa-se mais ou menos de um VO2 de 60 ml.Kg-1min-1 corrida a 100% do VO2Max. No entanto se corre uma prova dessas a mais ou menos

80% a 85% do VO<sub>2</sub>Max, o VO<sub>2</sub>Max necessário para se terminar uma prova com essa marca, seria de 70,5 a 75 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>. Pensando desta forma o VO<sub>2</sub>Max seria o limite superior em eventos de endurance, no entanto além desses dois fatores, já apresentados, a outro fator que possui implicações dramáticas sobre o desempenho desportivo, denominado como economia de corrida, que será discutido a seguir.

#### **2.4.2 ECONOMIA DE CORRIDA**

Eficiência mecânica é a taxa de trabalho realizado por energia produzida. O termo economia de corrida é usado para expressar o consumo de oxigênio necessário para manter uma velocidade de corrida. Estudos mostram que economia de corrida demonstram alguma variabilidade em performance. Dados de Basset (BASSET apud CONLEY e KRAHENBUHL, 2000), mostram uma correlação relativamente forte entre economia de corrida e performance em provas de 10km em um grupo de corredores, com marcas que variavam de 30,5 a 33,5 minutos, mas quando comparando os quatro corredores mais velozes (30,5 a 31 min) foi considerável a variabilidade na economia de corrida, sugerindo uma fraca associação entre essas variáveis.

Existe uma linear relação entre velocidade submáxima e VO<sub>2</sub>Max para cada indivíduo. No entanto existe uma considerável variação interindividual em como e quanto oxigênio custa para manter certa velocidade, que é a economia de corrida. Estudos (MORGAN, 1995), mostram diferenças entre grupos de diferente desempenho, os atletas de elite possuem todos melhor economia de corrida, que os outros 3 grupos constituídos de atletas de subelite, bons corredores, e sujeitos não treinados, no entanto há uma variação de 20% inter grupo.

Uma das melhores descrições de como VO<sub>2</sub>Max e economia de corrida interagem para afetar a velocidade de corrida foi a provida por Daniels (BASSET apud DANIELS, 2000). Comparando atletas masculinos e femininos, que se igualavam em consumo máximo de oxigênio mas diferiam em economia de corrida. Mostrando clara diferença de velocidade entre os atletas, devido a diferenças em economia de corrida. Se torna claro que VO<sub>2</sub>Max e economia de corrida interagem de forma a limitar a

performance de corrida. No entanto como já citado anteriormente o percentual do VO2Max tem um forte impacto sobre o desempenho de corrida, esse sendo discutido mais detalhadamente a seguir.

### 2.4.3 PERCENTUAL DE APROVEITAMENTO DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO

Astrand (BASSET apud ASTRAND, 2000) em seu clássico estudo *textbook of work physiology*, caracterizou o impacto que o treinamento tem sobre a habilidade de manter certas porcentagens do VO2Max em exercícios prolongados. Indivíduos treinados conseguiram manter a 87% e 83% do VO2Max respectivamente em percursos de 1h e 2h, enquanto que indivíduos destreinados conseguiram percorrer essas mesmas distâncias a 50% e 35% respectivamente. Esse mesmo estudo mostra que o VO2Max aumenta nas partes iniciais de um programa de treinamento, enquanto que o seu aproveitamento, aumenta subseqüentemente por um tempo bem maior. Demonstrando que tanto o aproveitamento como o limiar anaeróbio que será discutido a seguir, determinam bem mais as melhoras em desempenho que o VO2Max.

QUADRO 1- PERCENTUAL DE APROVEITAMENTO DO VO2MAX EM PROVAS DO ATLETISMO (ADAPTADO DE MOREIRA 1996)

% VO2Max	Distância	Tempo
103,1%	800m	1'41"73
101,1%	1000m	2'12"18
100,1%	1500m	3'29"46
100,0%	1609m	3"46"32
100,0%	2000m	4'50"81
99,7%	3000m	7'32"10
96,5%	5000m	12'58"39
92,3%	10.000m	27'13"81
87,7%	21.097m	1h00'45"78
83,5	42.195m	2h07'12"24

#### 2.4.4 LIMIAR ANAERÓBICO

Até agora mencionamos três variáveis fisiológicas intervenientes no desempenho fisiológico ( $VO_{2Max}$ ,  $\%VO_{2Max}$ , economia de corrida), limiar anaeróbio engloba estas três variáveis.

Para determinar o limiar anaeróbio o sujeito realiza uma bateria de testes, com o aumento respectivo da velocidade, tirando amostras de sangue, a partir do momento em que a concentração de lactato, mudar repentinamente, se alcançou o limiar anaeróbio. Numerosos estudos tem verificado que LA é um excelente preditor para performance nos mais variados esportes, tanto em indivíduos treinados, como destreinados (WELTMAN, 1995). A maioria dos estudos realizados com o limiar anaeróbio tem sido realizado com grupos relativamente heterogêneos em se tratando de performance, este tipo de design é o mais apropriado onde se encontram as correlações entre essas variáveis. De outra forma quando há uma estreita variedade de performances, se espera que as correlações sejam baixas, isto significa que embora velocidade do limiar de lactato represente a grande maioria da variação em performance em corridas de meio fundo e fundo, outros fatores podem também influenciar na performance final (BASSET, 2000). Se algum modelo explana toda variância em performance, medalhas de ouro seriam tiradas de um laboratório.

O modelo clássico sobre a habilidade de manter uma alta velocidade de corrida está ligada a habilidade de manter uma alta taxa de produção ATP através da oxidação, lógica e dados empíricos provem suporte para esta preposição, no entanto hoje acredita-se que outras vias de produção de energia (anaeróbias), possuem grande importância neste tipo de atividade.

Há algum tempo é conhecido que a produção de lactato é relacionado com um número de variáveis, como o conteúdo de mitocôndrias, como medida de atividade enzimática mitocondrial,. Variações no limiar anaeróbio, em diversos grupos de atletas de endurance, estão ligados principalmente a diferenças e aumentos em atividade

enzímatica mitocondrial. Uma explanação para está conexão, é a provida por Holloszy e Coyle (BASSET apud HOLLOSZY e COYLE, 2000).

Quando o músculo contrai-se a uma específica produção de energia, ATP é convertido em ADP + Pi a energia através das pontes cruzadas, e ao final dessas reações metabólicas são produzidas quantidades de energia suficientes associadas com devidas taxas de trabalho. No músculo com pequeno número de mitocôndrias a concentração de ADP pode aumentar a um alto nível, isto é devido a um número limitado dessas enzimas. A alta concentração de ADP também é impulsionado por outros caminhos metabólicos, como a glicólise. Existe um efeito estimulatório do ADP na fosforofruitoquinase (PFK). Isto é resultado de um turnover das moléculas de carboidrato, uma acumulação de piruvato e NADH no citoplasma da fibra muscular, e um aumento da produção de lactato. Depois de um período de treinamento de endurance a um significativo aumento no número de mitocôndrias (50% a 100%), o nível de ADP não aumenta mais como antes do período de treinamento a uma mesma intensidade de trabalho. O baixo nível de ADP depois do treinamento é resultado da menor estimulação da PFK e redução da utilização total do carboidrato, e o grande número de mitocôndrias aumenta a capacidade de utilizar gordura como combustível. Isto resulta na menor formação de lactato.

Como mencionado durante esta revisão, a relação entre VO<sub>2</sub>Max e performance, economia de corrida e performance, e % VO<sub>2</sub>Max e performance, usado em grupos com grandes variações nessas variáveis. A redução da amplitude de cada uma dessas variáveis, resultam na diminuição ou eliminação dessas correlações, sugerindo que outras variáveis podem também influenciar a performance. Essas relações de pouca equivalência tem sido usadas pelos pesquisadores, como motivação para examinar outros fatores que pode estar relacionados com a performance de endurance. Um exemplo disso foi o estudo de Coyle (BASSET apud COYLE, 2000), onde foram comparados ciclistas com VO<sub>2</sub>Max e atividade enzimática no vasto lateral semelhantes, mas com limiares anaeróbios diferentes (81,5% VO<sub>2</sub>Max e 65,8% VO<sub>2</sub>Max) e tempo de treino (3 e 12 anos). Foram examinadas a relação entre limiar anaeróbio e 88% do VO<sub>2</sub>Max até a fadiga, onde houveram grandes diferenças em performance (60,8 contra

29,1 min) e concentração de lactato (7,4 contra 14,7 mMol) para o grupo com limiar anaeróbico mais alto (a – LA) e mais baixo (b – LA) respectivamente.

Nesse mesmo estudo foi investigado as respostas metabólicas de ciclistas em um teste de 30 min a 79% do VO<sub>2</sub>Max. O grupo b - LA, usou 69% mais, e diminuiu 134% a sua concentração no vasto lateral de glicogênio que o a – LA, sugerindo que os atletas com a – LA são capazes de distribuir o trabalho sobre a massa muscular na mesma intensidade relativa de exercício que os b – LA, resultando numa menor sobrecarga por fibra motora recrutada. Usando uma maior porção da massa muscular, uma porção maior de mitocôndrias pode ser utilizada na produção de ATP por meios oxidativos. Conseqüentemente se concluiu que a massa muscular envolvida atividade contribui de forma consistente com o %VO<sub>2</sub>Max e limiar anaeróbico, resultando na melhor performance.

Publicações (Amarway, 2003) envolvendo multivariáveis fisiológicas, correlacionando desempenho de pista (800 e 1500m), %gordura, potência aeróbia, idade, limiares de lactato fixados em 2.0, 2.5, e 4.0 mmol/L. Potência aeróbia e limiar de lactato 2.0 foram as variáveis mais fortemente correlacionadas com o resultado desportivo. Verificando-se a importância inegável desses parâmetros

## **2.5 COMPOSIÇÃO CORPORAL**

Composição corporal é um elemento chave no controle nutricional de um atleta tanto um percentual de gordura alto como um percentual baixo pode estar associado a uma alimentação inadequada, podendo levar a sérios prejuízos ao desempenho. como também a saúde do mesmo.

Em estudo (AMARWAEY, 2003) realizado com adolescentes corredores de 800m (18 meninos, idade  $16 \pm 0.6$ ; 14 meninas, idade  $16 \pm 0.8$ ) e 1500m rasos (16 meninos, idade  $16.2 \pm 0.5$ ; 13 meninas, idade  $16.0 \pm 0.8$ ) com percentuais de gordura respectivamente de  $10.6 \pm 0.6$ ,  $17.3 \pm 3.2$ ,  $10.1 \pm 3.2$ ,  $16.8 \pm 3$ . Não houveram nenhuma correlação entre percentual de gordura e performance competitiva tanto nos 800m rasos, como nos 1500m rasos, o mesmo aconteceu com a idade e percentual de

gordura, contrariando as pesquisas com sedentário, em que nas mulheres, ha um aumento significativo do % gordura com puberdade.

## **2.6 INFLUÊNCIA DA MASSA CORPORAL, MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS E ESTATURA**

Poucos estudos foram realizados sobre esse assunto, Maldonado (MALDONADO, 2002), relacionando massa corporal, e altura com o custo energético, comparando maratonistas, corredores de 5000 e 10000 e meio fundistas verificou que O custo de corrida calculado através do VO2Max dos fundistas foram os maiores (5000 e 10000 metros), seguidos dos maratonista e meio fundistas ( $0,192 \pm 0,007$  ,  $0,182 \pm 0,009$ , e  $0,180 \pm 0,009$  ml O(2).kg(-1)/(-1) respectivamente), o mesmo se repetiu nos valores de VO2Max ( $74,1 \pm 3,7$  ,  $68,5 \pm 2,9$  e  $60,7 \pm 3,4$  ml.kg.(-1).min.(-1)). Custo de corrida foi correlacionado com estatura ( $r=-0,86$ ,  $p<0,01$ ) e massa corporal ( $r=-0,77$ ,  $p<0,01$ ), conclui- se nesse estudo que medidas antropométricas são relacionadas com a performance de diferente forma nas três modalidades das provas de fundo. Coetzer (Coetzer, 1998), demonstrou que a principal vantagem dos atletas africanos parece ser o fato que esses são mais leves que os atletas europeus. Em relação ao comprimento de membros, há muita especulação entre os técnicos, no entanto não existem pesquisas até o momento que comprovem esta possível vantagem.

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 POPULAÇÃO/ AMOSTRA**

A amostra foi constituída de 6 atletas juvenis do sexo masculino (idade,  $18 \pm 0,89$ ) anos, corredores de provas de meio fundo (800 e 1500m) e fundo, residentes na cidade de Curitiba, entre eles se encontram atletas que participaram dos campeonatos catarinense, paranaense de menores e juvenis, e de competições militares, sendo que quase todos eles, obtiveram destaque em suas respectivas competições. A coleta de dados foi realizada entre setembro a novembro 2003, datas próximas aos principais resultados de cada atleta no ano. Todos os atletas foram informados dos riscos envolvidos com os testes realizados.

### **3.2 INSTRUMENTOS / MEDIDAS**

#### **3.2.1 MEDIDAS ANTROPOMETRICAS**

##### **3.2.2 ESTATURA E PESO**

Todas as medidas foram realizadas no centro de estudos de performance física (CEPEFIS), para aferir a estatura foi utilizado fita antropométrica com precisão de 0,1 cm. Os avaliados estavam vestidos de calção e camisetas, sem tênis, sendo utilizado o plano de frankfurt em todas as avaliações, que é realizado em inspiração máxima, e possui uma linha imaginária que passa pelo ponto mais baixo da orbita direita e pelo ponto mais alto da borda superior do meato auditivo externo. Para aferir a massa corporal foi utilizada balança com precisão de 0,01 kg.

##### **3.2.3 COMPRIMENTOS**

A medida de comprimento de membros inferiores foi realizada, se utilizando o seguinte protocolo descrito abaixo:

Posição ortostática, com peso distribuído nas duas pernas, ao lado direito do avaliado, foi utilizado fita antropométrica com precisão 0,1 cm, se fixando as extremidades da fita, no ponto trocântico e na região plantar, seguiu-se o mesmo protocolo, tanto nas medidas das alturas tibiais, como nas alturas maleolares. Onde se fixou as extremidades da fita respectivamente na extremidade superior da tíbia e região plantar, e na extremidade inferior do maléolo e região plantar.

### 3.2.3 COMPOSIÇÃO CORPORAL

Dobras cutâneas foram tiradas do lado direito do corpo utilizando o plicômetro científico da marca cescof, com precisão de 0,1 mm. Foram usadas a média de três medidas, quando essas não se repetiam duas vezes entre as três medidas de cada avaliação, a pregas cutâneas avaliadas foram, peito, axilar média, tríceps, subescapular, supra íliaca e coxa. Para mensurar o %Gordura foi utilizado o protocolo de Jacksson, Pollock e Ward (1980), (PITANGA apud JACKSON, POLLOCK e WARD, 2000); e Brozek et al (1963), para densidade, (PITANGA apud BROZEK, 2000).

$$D = 1,112 - 0,00043499 (S7DC) + 0,00000055 (S7DC) * (S7DC) - 0,00028876 * (\text{idade}).$$

$$\text{GORD\%} = ((4,57/\text{dens}) - 4,142) * 100$$

### 3.2.4 CIRCUNFERÊNCIAS

Para medir as circunferências de coxa (proximal, medial, distal), panturrilha, peito, quadril, e bíceps, foi utilizado fita antropométrica com precisão de 0,1 cm, as aferições estão descritas abaixo (Heyward, 2000)

## QUADRO 2- PROTOCOLO DE MEDIDAS DE CIRCUNFERÊNCIA, MEMBROS INFERIORES

Ponto	Referência anatômica	Posição	Medida
Coxa ( proximal )	Prega glútea	Horizontal	Aplicar a fita em volta da coxa, distalmente a prega glútea
Coxa ( medial )	Entre crista inguinal e bordo proximal da patela	Horizontal	Com o cliente com o joelho flexionado a 90° ( pé sobre um banco), aplicar a fita medialmente a crista inguinal e ao bordo proximal da patela
Coxa ( distal )	Epicôndilo femural	Horizontal	Aplique fita justa próximo aos epicôndilos femurais
Panturrilha	Máxima circunferência muscular da panturrilha	Horizontal	Com o cliente sentado ao final de uma mesa com as pernas livres, aplique a fita horizontalmente em torno da máxima circunferência da panturrilha
Quadril	Extensão posterior máxima das nádegas	Horizontal	Aplique a fita justa ao redor das nádegas
Peito	Quarta junção costo external	Horizontal	Aplique a fita ao redor tórax, ao nível da Quarta junção costo external, a medida deverá ser feita ao final de uma expiração normal
Bíceps	Processo acromial da escapula e o olécrano da ulna	Perpendicular ao longo do eixo do braço	Com o braço abduzido a cerca de 90° em relação ao corpo, relaxado, aplicar a fita entre o processo acromial da escapula, e o olécrano da ulna

Estes pontos para medidas foram retiradas de Heyward (2000) e Pitanga (2000).

### 3.3 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS NEUROMUSCULARES

Cada participante passou por uma bateria de testes de força muscular. Esses testes visavam avaliar nível de força geral do atleta, com exercícios específicos para

musculatura do tronco, e membros inferiores, utilizou-se exercícios de musculação tradicionais para avaliar esses parâmetros. O grupo avaliado é familiarizado com os exercícios de musculação, no entanto, nenhum dos participantes pratica esta atividade regularmente. Os exercícios, utilizadas estão descritos abaixo. Esses testes foram realizados todos no mesmo dia com a ordem de descrição abaixo:

- 1) Foi realizado um teste de impulsão vertical para medir potência muscular de membros inferiores, primeiro se media a altura total (a máxima altura com o braço estendido ao lado da cabeça, em posição ortostática e planta do pé no chão) marcando a ponta dos dedos com giz da cor azul. Posteriormente se realizava um salto vertical, saindo parado e batia os dedos na máxima altura que se podia alcançar. Por final se subtraía as duas alturas, o resultado dessa subtração, é resultado em cm da impulsão vertical. Foram realizadas 3 tentativas, o resultado mais alto foi utilizado para o estudo
- 2) supino reto- o atleta deita em cama de supino, retira barra do suporte, desce ela até 3 dedos acima da linha do peito, esses marcados pelo avaliador, objetivo é levantar o maior peso possível em uma só repetição (1 RM), (BOMPA, 2000). Antes disso se realiza um aquecimento neuromuscular, que começam com cargas mais baixas, realizando um número maior de repetições nessas séries de aquecimento. Cada tentativa falha se deu um intervalo para recuperação total de 3 minutos, o mesmo protocolo se repetiu nos exercícios posteriores.
- 3) Leg press horizontal- o atleta nessa máquina empurra o saindo de uma posição sentada em um banco, empurrando o peso horizontalmente, a distância foi ajustada individualmente, utilizando-se um esquadro com a angulação de 60°, colocado abaixo do joelho, para determinar a posição inicial. O banco desse aparelho possui uma regulagem que permite fazer com que se saia de diferentes distâncias, dessa forma nenhum atleta seria favorecido, por possuir membros mais curtos.

- 4) Pulley costas- sentado- em máquina de pulley com a posição de tronco ereta, segurando- se na barra, puxava- se essa até se encostar na nuca.
- 5) Flexor- esse exercício se realizava em posição ortostática se segurando em um apoio anterior, se realizava uma forte flexão de membro inferior, como essa máquina só permite a realização de exercícios individualmente, foi escolhida a perna direita para se realizar o teste, pois todos os participantes se declararam destros na dominância de membros inferiores.

Observação: todos o aparelhos exceto o teste de impulsão vertical, possuem as unidades em quilo.

### 3.3 ANALISE DOS DADOS

A partir dos dados coletados, foram avaliados outros parâmetros, entre eles estão

- 1) percentual de massa magra (% mm)- esse valor foi retirado a partir da subtração do % gordura da massa corporal total.

Massa magra = Massa corporal total - % gordura

$$100\% - 4,3\% = 95,7\%$$

- 2) força relativa- esses valores são o produto do resultado expresso em kg nos testes de força em aparelho pela massa corporal. Foram tirados índices para força relativa em todos os exercícios com pesos descritos acima.

Força relativa = Supino reto/massa corporal

$$58/58 = 1$$

- 3) como parâmetro de desempenho foi anotado a melhor marca nos 1500m rasos no ano.

### **3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO**

Para analisar os dados, foram utilizado recursos da estatística descritiva. Os procedimentos foram, correlações de pearson ( $r$ ), médias, desvio padrão, todos os dados foram correlacionados com a melhor marca do ano nos 1500m rasos de cada atleta. Utilizou- se o programa statistica 5.0.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 DESCRIÇÕES FISIOLÓGICAS

Os atletas que participaram do estudo, dentre os parâmetros fisiológicos analisados (apresentados nas tabelas abaixo), deve-se destacar o enorme desvio padrão encontrado, no exercício de leg press, tanto em fatores absolutos ( $157,33 \pm 30,32$ ), quanto relativo ( $2,49 \pm 0,54$ ), apesar de Ter um grupo relativamente homogêneo nos demais variáveis descritas abaixo. Outro dado importante é o baixo percentual de gordura ( $6,78 \pm 1,30$ ) encontrado, quando comparado a outros estudos com meio fundistas juvenis ( $10,2 \pm 3,2$ ), (ALMARWAEY, 2003), deve-se observar que nesse ultimo estudo a idade dos indivíduos era menor ( $16 \pm 0,6$  anos de idade), essa diferença de quase 2 anos pode ser significativa, devido possivelmente, ao momento em que se passam por grandes transformações biológicas, e também pelo possível efeito do treinamento.

#### QUADRO 3- DADOS ANTROPOMÉTRICOS DO SUJEITO

Sujeitos	Idade	Peso ( Kg )	Estatura (cm)	% gordura	% mm
1	18	59,85	182,3	7,3	92,7
2	18	67,6	171	7,2	92,8
3	17	65,05	177	8,01	91,99
4	17	60	176	7,4	92,6
5	19	58	170	6,5	93,5
6	19	66,5	172	4,3	95,7
Medias	18	62,83	174,7	6,78	93,21
Desvio Padrão	0,89	4,03	4,61	1,30	1,30

#### QUADRO 4- PARÂMETROS NEUROMUSCULARES

Sujeitos	Salto vertical (cm)	Supino reto (kg)	Leg press (kg)	Pulley costas (kg)	Flexor direito (kg)
1	60,6	42	133	50	35
2	45	56	143	50	30
3	50	54	128	60	32
4	57	52	150	52	35
5	55	58	190	55	37
6	51,6	54	200	55	35
Média	53,2	52,66	157,33	53,66	34
Desvio padrão	5,52	5,12	30,32	3,82	2,52

#### QUADRO 5- CIRCUNFERÊNCIAS

Sujeitos	Cx med	Cx pro	Cx dist	Pant	Quadril	Peito	Braço
1	51,8	51,5	35	34	89,5	79	22,5
2	55,4	55,3	40,5	36,8	92,7	90	25,2
3	52,5	55,4	36,8	36,8	94	89	24,8
4	52,8	52,7	36	35	91	81	23
5	53	52,9	36,4	35,5	90	86	25,5
6	52,7	52,4	38,5	36,4	92,5	92,8	25,5
Media	53,03	53,36	37,2	35,75	91,61	86,3	24,41
Desvio padrão	1,23	1,60	1,98	1,12	1,73	5,37	1,32

Cx med- coxa medial, cx pro- coxa proximal, cx dist- coxa distal, pant- panturrilha

#### QUADRO 6- ALTURAS ANTROPOMÉTRICAS

Sujeitos	Trocantérica (cm)	Tibial (cm)	Maleolar (cm)	1500m (segundos)
1	97	54	7,2	260
2	88	44	6,5	270
3	90,5	48,3	7	261
4	91	49,2	7	252
5	88,3	44,5	6,7	251
6	95	49,5	6,5	248
Média	91,63	48,25	6,81	257
Desvio padrão	3,63	3,67	0,29	8,19

**QUADRO 7- FORÇA RELATIVA (PESO CORPORAL / CARGA MÁXIMA REALIZADA NO EXERCÍCIO)**

Sujeitos	Supino	Leg press	Pulley costas	Flexor
1	0,70	2,22	0,83	0,58
2	0,82	1,96	0,73	0,44
3	0,83	1,96	0,92	0,49
4	0,86	2,5	0,86	0,58
5	1	3,27	0,94	0,63
6	0,81	3	0,82	0,52
Média	0,83	2,49	0,85	0,54
Desvio padrão	0,09	0,54	0,07	0,07

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 RELAÇÕES ENTRE IDADE E DESEMPENHO

Nesse parâmetro, não houve correlação ( $r = -0,38$ ), mostrando, que a idade biológica, não apresentou influência nos resultados em pista. A dois possíveis fatores, o primeiro, é que os possuem, todos 17 ou mais anos de idade, idade em que as epífises estão praticamente fechadas. Um segundo fator poderia ser a confirmação de que atletas com maturação biológica tardia, nem aparecem nessas competições, já que se tratam, nesse estudo, de atletas de relativo destaque em suas respectivas categorias.

### 5.2 RELAÇÕES ENTRE DADOS ANTROPOMÉTRICOS (PESO, ESTATURA, % GORDURA, % MASSA MAGRA) E DESEMPENHO

Peso ( $r = 0,43$ ) e estatura ( $r = 0,15$ ) não apresentaram correlação significativa com desempenho, % gordura apresentou correlação significativa ( $r = 0,61$ ) com o tempo nos 1500m rasos, quer dizer quanto menor o tempo realizado na pista, menor o % de gordura (gráfico 2), como esperado o inverso aconteceu com o % mm ( $r = -0,61$ ), (gráfico 1), com esses dois últimos resultados, podemos inferir que a composição corporal apresenta nítida influência no resultado final, seja ela influenciada pela pré disposição genética do indivíduo, ou pelo treinamento. Os resultados desse estudo contrastam resultados de outros estudos. Almarwaey em seu estudo já citado anteriormente, em que há correlação entre percentual de gordura e tempo nos 1500m rasos é inexistente ( $r = 0,07$ ), apesar de haver a diferença de idade ( $\pm 2$ ) entre os dois estudos já citados anteriormente, há também um outro fator que pode ter influenciado, foi o uso de protocolos diferentes. No estudo de Almarwaey (2003) foi utilizado o protocolo de Slaughter que utiliza duas dobras cutâneas, no nosso estudo considerando que a influência da 2ª fase puberal seja pequena ou quase inexistente, utilizamos o protocolo de Jackson, Polack e Ward para atletas que utiliza 7 dobras. Considerando que essas duas formulas foram apropriadas para os respectivos estudos, pode-se

inferir que o treinamento especializado foi o meio modelador, que realmente tenha influenciado na diminuição do percentual de gordura, já que na adolescência e infância não existe a mesma especialização metabólica e morfofuncional apresentada na fase adulta.

GRÁFICO- 1

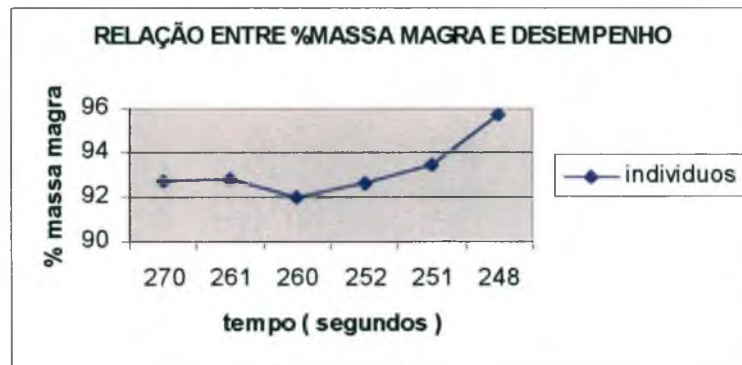


GRÁFICO- 2



### 5.2.1 RELAÇÕES ENTRE DESEMPENHO E CIRCUNFERÊNCIAS

Dentre as circunferências estudadas, coxa medial e coxa proximal, apresentaram boas correlações com tempo de prova ( $r= 0,58$  e  $r= 0,64$  respectivamente), quer dizer quanto menor a circunferência, melhor a marca realizada em competição, melhor o desempenho, as outras variáveis não apresentaram nenhum tipo de correlação, coxa distal e desempenho ( $r= 0,41$ ), panturrilha e desempenho ( $r=$

0,26), quadril e desempenho ( $r= 0,31$ ), peito e desempenho ( $r= 0,03$ ), braço estendido e desempenho ( $r= 0,05$ ). Apesar das circunferências não terem sido de alguma forma, equiparadas com as alturas de cada indivíduo, pode-se inferir que a correlação da menor circunferência com o desempenho, mostram que as adaptações ao treinamento, ou a predisposição genética, buscam uma melhor eficiência na relação peso força (força relativa), o atleta em teoria, com maior circunferência, teria de ter mais força, no entanto essa força pode não compensar o sobre peso que se tem com essa maior circunferência, além de que se necessita de uma certa economia de gasto energético em uma prova de 1500m.

GRÁFICO- 3

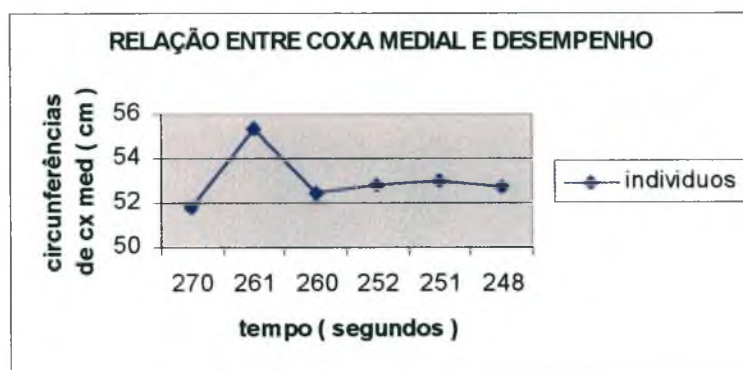
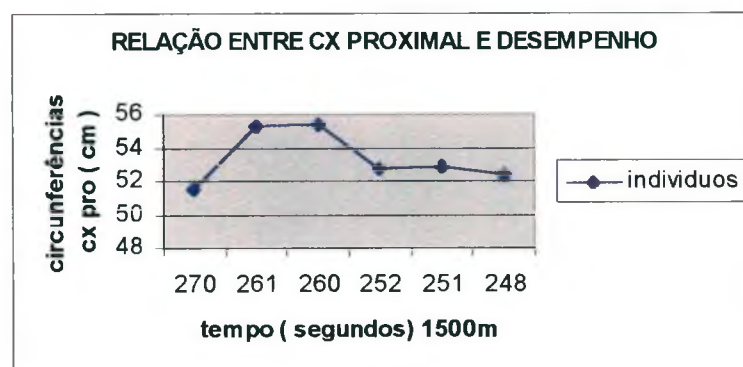


GRÁFICO- 4



## 5.2.2 RELAÇÕES ENTRE DESEMPENHO E ALTURAS ANTROPOMÉTRICAS

Nesses parâmetros, nenhuma das três alturas, Trocantérica, Tibial e Maleolar apresentou qualquer correlação com o desempenho, ( $r = -0,28$ ,  $r = -0,20$  e  $r = 0,03$  respectivamente). O que se observa normalmente empiricamente, é que atletas de meio fundo em geral apresentam pernas mais compridas que pessoas normais, para isso, precisaríamos de pesquisas comparando esses dois grupos para fazer com certeza, tal afirmação. Nesse estudo talvez não tenha havido correlação, primeiro porque se trata de um grupo relativamente homogêneo, e segundo não ter sido equiparado o tamanho das pernas em relação ao corpo, e sim ter sido apenas medidos valores absolutos, sem considerar a estatura do atleta. No entanto esse estudo mostra que pelo menos em características inter grupo, o comprimento absoluto de membros inferiores, não se mostra como fator determinante no desempenho, mostrando que essas medidas não são um bom parâmetro para o desempenho desportivo.

## 5.3 RELAÇÕES ENTRE DESEMPENHO E PARÂMETROS NEUROMUSCULARES

Nesses parâmetros houveram correlações significativas entre leg press absoluto e tempo de corrida ( $r = -0,74$ ), (maior a força, menor o tempo para se realizar os 1500m em pista), flexor absoluto e tempo de corrida ( $r = -0,85$ ), nos testes de força tanto no supino, quanto no pulley, não apresentaram nenhuma correlação com o desempenho ( $r = -0,10$  e  $r = -0,28$  respectivamente). Quando ajustados a valores de força relativa tanto flexor, como o leg press mantiveram correlação com o desempenho ( $r = -0,68$  e  $r = -0,85$  respectivamente), já nos testes de pulley e supino, o primeiro apresentou moderada correlação com o desempenho ( $r = -0,54$ ), já o segundo, continuou a não apresentar correlação nenhuma com o desempenho ( $r = -0,36$ ). Esses resultados mostram que a força muscular em membros inferiores tanto na musculatura anterior, como na posterior possibilitam um melhor desempenho, confirmando a tese que o aumento da capacidade neuromuscular, melhora a eficiência mecânica de corrida. Esse aumento se deve teoricamente pelo aumento da endurance relativa (termo já explicado na revisão

de literatura), pela capacidade de manter um certo esforço pôr um período maior, diminuindo de certa forma um desgaste fisiológico em velocidades equivalentes, quando se possui valores diferentes de força máxima.

GRAFICO- 5

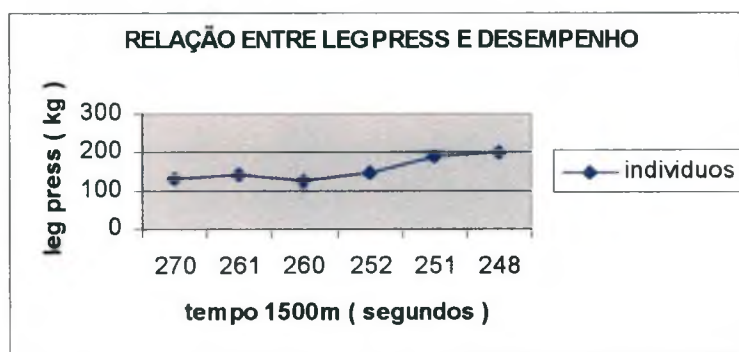


GRAFICO- 6

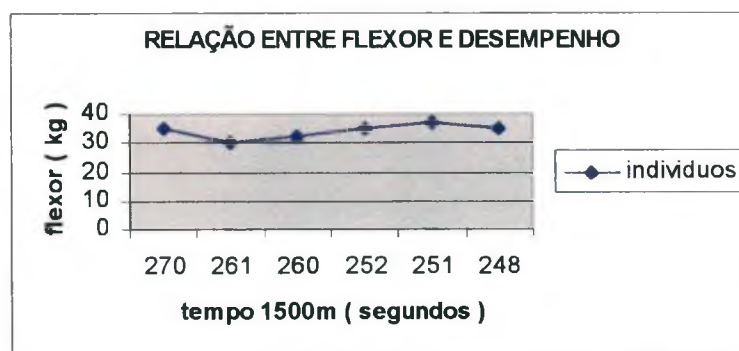


GRAFICO- 7

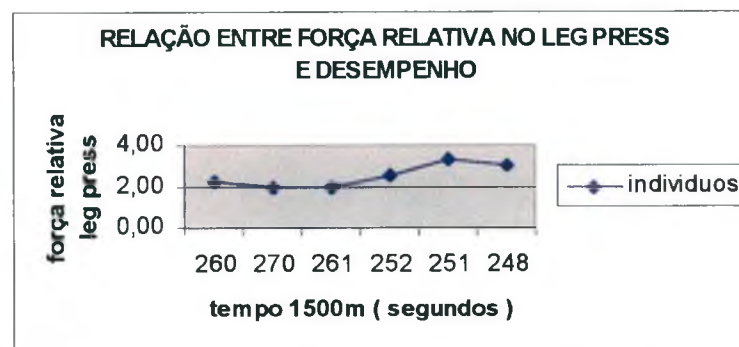
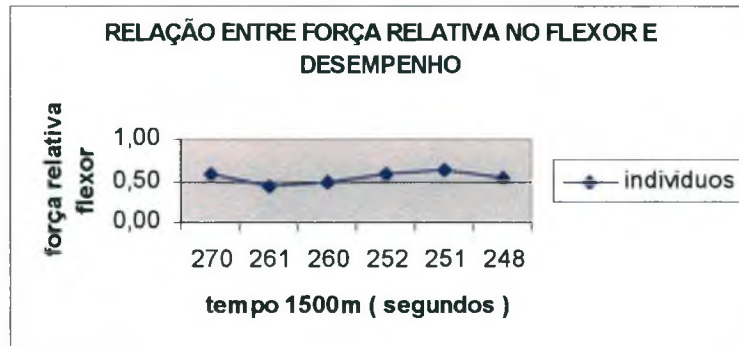


GRAFICO- 8



### 5.3.1 RELAÇÕES ENTRE POTÊNCIA E DESEMPENHO DESPORTIVO

Neste parâmetro não houve correlação significativa entre desempenho e o teste de impulsão vertical ( $r = -0,49$ ). Com isso, podemos inferir que as características metabólicas e morfológicas utilizadas nesse teste, tem pouca ou nenhuma influência em uma prova de meio fundo. Essas características possuem um forte componente genético, são pouco melhoradas com o treinamento, estudos (Maughan, 2000) mostram que a composição das fibras modificam, com bem mais facilidade com o treinamento de endurance do que com treinamento de velocidade, isso quer dizer que, é bem mais fácil perder velocidade reativa do que adquirir.

## 6 CONCLUSÃO

Os resultados desse estudo mostraram que, não existe um fator determinante desempenho, caso contrário, encontraríamos campeões em um laboratório, sim, existe uma enorme gama de multiváriaveis, que influenciam no resultado desportivo final. As duas variáveis mais fortemente correlacionadas com o desempenho foram força máxima no exercício de leg press e flexor, tanto em números absolutos como em números relativos. Uma das hipóteses desse estudo é que o desempenho não era apenas limitado apenas por valores de consumo de oxigênio ou a capacidade de resistir ao lactato, mas também por parâmetros neuromusculares (facilitação neurumuscular, diminuição dos estímulos inibitórios), melhoria das capacidades elásticas do aparelho neuromuscular, facilitando a capacidade de absorção, teoricamente melhorando a economia de corrida (MARTIN, COE, 1991). Através da correlação demonstrada nesse estudo, entre valores de força máxima de membros inferiores com resultados de pista, concluímos que fatores neuromusculares influenciam na performance fisiológica do atleta.

Dentre outros parâmetros avaliados se destaca também a correlação entre %gordura e desempenho contrariando resultados de outros estudos semelhantes (ALMRWAEY, 2003), e circunferências de coxa proximal e medial com o resultado desportivo, as demais variáveis, como comprimento de membros inferiores, outras circunferências não apresentaram nenhuma correlação.

No entanto mais pesquisas são necessárias, no campo da fisiologia em atletas juvenis, metodologicamente mais rígidas, explorando muitas variáveis que ainda se apresentam obscuras a fisiologia do treinamento.

## 7 REFERÊNCIAS

ALMARWAEY O. A. **Physiological Correlates with Endurance Running Performance in Trained adolescents.** Med Sci sports exerc. Vol 35, No. 3, pg 480-487, 2003.

BASSET D. R. **limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance.** Med Sci sports exerc. Vol 32, No 1, pg 70- 84, 2000.

CBAT, **resultados.** Disponível em [www. Cbat.org.br.](http://www.Cbat.org.br), acesso em outubro de 2003.

COETZER P. **Superior fatigue resistance of elite black South African distance runners.** J. Appl. Physiol., 433: 187, 1998.

BOMPA T. O., CORNACHIA L. **Treinamento de força consciente.** 1º edição brasileira, SP, editora Phorte,2000.

DEMPSEY, j. A., P. HANSON, e K. HENDERSON. **Exercise- induced arterial hypoxemia in healthy humans at sea level.** J. Appl. Physiol. 355:161- 175, 1984.

GOMES A. C. **preparação para corredores de meio fundo juvenis.** 1º edição- londrina- PR: CID,1995.

HEYWARD V. H. **Avaliação da composição corporal aplicada.** 1º edição brasileira, São paulo- SP, ed Manole, 2000.

KIROLAINEN H. et al. **Interrrelations between muscle structure, muscle strength, and running economy.** Med Sci sports Exerc. , Vol. 35, No. 1, pg 45- 49, 2003.

KRANENBURG, KATHLEEN J. **Comparison of critical speed determined from track running and tradmil tests in elite runners.** Med Sci sports Exerc. , Vol 28, No. 5, pg 614- 618, 1996

MCCANN D. J. **The Sise-Independent Oxygen Cost of Running.** Med Sci sports Exerc. , Vol. 35, No. 6, pg 1049- 1056, 2003.

MACDOUGAL J. D. **Physiological testing of the High Performance Athlete.** Publicado por Canadian Association of sport Science, Human Kinetcs, 1991

MARTIN D., COE P. **Training distance runners.** England, Human Kinetics, 1991.

MALDONADO S., MUJIKA I., PADILLA S. **Infuence of body mass height on the energy cost of running in highly trained middle and long distance runners.** J. Sports Med. Vol 23, No 4, pg 268, 2002.

MAUGHAN, R., **Bioquímica do exercício e do treinamento**. 1º edição brasileira, Barueri SP, ed Manole, 2000.

MOREIRA, J., **Matemática das provas de fundo**. 1º edição, rio de janeiro RJ, ed Manole, 1996.

MORGAN, D. W., **variation in the aerobic demand of running among trained and untrained subjects**. Med. Sci. Sport exercise. 27: 404- 409, 1995.

PAAVOLAINEN, L., **Explosive strength training improves 5- km running time by improving running economy and muscle power.**, J. Appl. Physiol., pg 1527- 1533, 1999.

PITANGA F.J.G. **Testes, medidas e avaliação em educação física e esportes**. Salvador, BA 2000.

POWERS, S. K. **Effects of incomplete pulmonary gas exchange of VO<sub>2</sub>Max**. J. Appl. Physiol. 66: 2491- 2495, 1989.

WILMORE J., COSTILL D. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 1º edição brasileira, SP, editora Manole, 2001.

VERONUQUE B. et al. **Training and bioenergetic characteristics in elite male and female kenyan runners**. Med. Sci sports Exerc. Vol. 35, No. 2, pg297- 304, 2003