

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

DETERMINANTES FISIOLÓGICOS E BIOMECÂNICOS DO DESEMPENHO DE
CORRIDA NO PLANO INCLINADO EM CORREDORES RECREACIONAIS

Onécimo Ubiratã Medina Melo

Dissertação de Mestrado

Porto Alegre, agosto de 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

Onécimo Ubiratã Medina Melo

DETERMINANTES FISIOLÓGICOS E BIOMECÂNICOS DO DESEMPENHO DE
CORRIDA NO PLANO INCLINADO EM CORREDORES RECREACIONAIS

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciências do
Movimento Humano da Escola de Educação
Física da Universidade Federal do Rio Grande
do Sul, como requisito parcial para obtenção do
grau acadêmico de Mestre em Ciências do
Movimento Humano.

Orientador: Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga

Co-orientador: Dr. Marcus Peikriszwili Tartaruga

Porto Alegre, agosto de 2016

CIP - Catalogação na Publicação

Melo, Onécimo Ubiratã Medina
Determinantes Fisiológicos e Biomecânicos do
Desempenho de Corrida no Plano Inclinado em
Corredores Recreacionais / Onécimo Ubiratã Medina
Melo. -- 2016.
91 f.

Orientador: Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga.
Coorientador: Marcus Peikriszwili Tartaruga.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa
de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,
Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. Corrida em Plano Inclinado. 2. Economia de
Corrida. 3. Força Muscular. 4. Variáveis Espaço
Temporais. 5. Consumo Máximo de Oxigênio. I.
Tartaruga, Leonardo Alexandre Peyré, orient. II.
~~Tartaruga, Marcus Peikriszwili, coorient. III. Título.~~

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha mãe **Dona Emília** por todo esforço e carinho, e por haver me preparado para a vida, um Muito Obrigado, te amo mãe.

A pessoa mais importante desses últimos anos, que fez as cores terem mais brilhos, a minha filha **Tainá**, te amo (Ta tu) filha.

Ao meu irmão Paulo Ricardo pela convivência e as conversas sobre o passado, o presente e o futuro.

Gostaria de agradecer ao meu amigo e orientador Prof. Leonardo Tartaruga pela oportunidade e aposta feita no meu trabalho.

Agradecer ao meu Coorientador Prof. Marcus Tartaruga pelas idas e vindas para ensisar e orientar.

Aos professores da **ESEF- UFRGS** que sempre me apoiara durante a minha formação acadêmica como Educador Físico, em especial, aos professores Anelise e Flávio Castro. Aos professores Adroaldo Gaya pelas conversas, discussões e posicionamentos sobre a nossa profissão e Luiz Fernando Krueel, pela convivência, ensino e discussões sobre a ciência.

Aos funcionários do LAPEX pela atenção e dedicação.

Aos funcionários do Centro Natatório pela atenção, paciência e dedicação.

Muito Obrigado a CAPES pelo apoio financeiro.

Aos integrantes da banca, Prof^a. Gabriela Fisher, Prof. Eduardo Cadore e

Aos colegas do GPAT pela convivência e aprendizado sobre

Aos meus alunos da **Equipe DuBira** que, nestes 17 anos, apostaram no meu trabalho com paciência: Edson, Isabel, João Pedro, Antonio, Fernando, Helena, Gisela, Elis, Paulo Faria, Julieta, Daniel, Luiz Bahlis, Renato, Persio, Cynthia, Flávia Grillo, Flávia Azambuja, Iara, Solange, Felipe, Jose Carlos (Zeca), Alenir Canton, Siluê Franzoni, José Lacerda, João Rillo, Jones Pereira, Gilmar Nunes, Mauro, Nara, Alvaro, Tiago e Bruna.

As pessoas que tornaram esse processo possível, ajudando na busca por pessoas ou sendo sujeitos da pesquisa: Juliano Maciel, André Costa, Bruno Maciel, Leandro Padovani,

Arthur, Gustavo Barros Silva, Gustavo Peixoto, Rodrigo Araújo, Vitor Perkrov, Felipe Belli, Renan, Edson, Capitão Alexandre, Anderson, Marcus Masiero, Jeferson, Dionei, Francesco, Tiago e Gabriel Machado.

A turma do Cortiço; Israel, Giovanni e em especial ao Pedro Schons pela oportunidade de um novo local para morar. A minha amiga Lúcia Marília pela aposta, paciência e aprendizado no começo da minha carreira.

Aos grandes amigos responsáveis por essa etapa da minha vida. João Batista Marques (John Boy) pela insistência da minha passagem por esse curso. Ao meu amigo Daniel Camacho pela ajuda lá no começo e parceria de estrada.

Um grupo faz toda diferença durante uma etapa da vida. Nesse caso, o Grupo Locomotion! Agradeço pela parceria do aprendizado ao lado de pessoas queridas e dedicadas que tornam este grupo muito especial: Natalia Gomennuka, Alberito, Elren, Franzoni, Padovani, Edson, Renan, Queiroz, Tamiris, Marcelo, Berriel, Karen, Gabriela, Patricia, Marcela Jorginho, Henrique, Rodrigo Rosa e Diana.

Em especial aos integrantes da **Tribo de Chefes**, sem vocês esse momento não existiria. Espero que a aposta tenha valido a pena. Nunca mais teremos coletas divertidas como aquelas. Agradecimento aos mestres Henrique Bianchi e Rodrigo Rosa pelo ensino, trabalho, paciência e crença no projeto. Rodrigo Bernardi pela parceria e apoio no trabalho. Ao mestre Marcelo Coertjeans (o pastor) pela convivência, discussões e apoio. Aos colegas professores Edson Soares e Renan Coimbra pela colaboração (trabalho, conversas e discussões) e aposta de sucesso em todas as fases de execução desse projeto, e principalmente pela amizade.

Em especial a três colegas, que foram de primordial importância para minha entrada e conclusão no processo do mestrado. Vitor Hansen pelo diálogo sobre os mais diversos assuntos e o socorro nos imprevistos. Guilherme Berriel pelas conversas, aprendizado, convivência e oportunidades que surgiram nesses dois anos. Um obrigado aos dois pela ajuda no momento em que (eu) “estava sem eira nem beira”. A minha colega Karen pela convivência e oportunidade de aprender contigo, pelo socorro e necessidades ao longo do processo e as conversas.

RESUMO

Apesar da incerteza a respeito dos efeitos de alguns marcadores fisiológicos e biomecânicos durante a corrida em plano inclinado (CPI), em comparação com a corrida em plano horizontal (CPH), variáveis fisiológicas tais como o consumo máximo de Oxigênio ($VO_{2máx}$), a frequência cardíaca (FC) e a concentração de lactato sanguíneo apresentam maiores valores durante a CPI (aclone) em comparação com a CPH, implicando em uma maior carga mecânica nos músculos de membros inferiores. O presente estudo investigou o comportamento de variáveis fisiológicas e biomecânicas preditoras do desempenho da corrida de longa-distância realizada nos planos horizontal (0%) e inclinado (7%). Vinte corredores do sexo masculino (idade: $26,3 \pm 6,7$ anos; massa corporal: $74,1 \pm 9,2$ kg; estatura: $175 \pm 0,05$ m; gordura corporal: $8,0 \pm 2,8$ %) foram submetidos a dois testes incrementais e dois testes de Economia de Corrida a $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, todos em esteira rolante a 0% e 7% de inclinação, para a determinação do $VO_{2máx}$, da velocidade máxima (pico) de corrida ($vVO_{2máx}$), dos limiares ventilatórios (LVs), da FC submáxima, do consumo submáximo de oxigênio (ECO) e da magnitude de variáveis espaço-temporais da técnica de corrida, precedidos de um teste de força máxima (em *leg press*) e duas provas simuladas de 5.000 m em pista (0 %) e em plano inclinado (7%). Foi feita análise descritiva e aplicados os testes de Normalidade, Correlação Produto Momento de Pearson e Regressão Linear Múltipla, todos com α de 0,05. Verificaram-se fortes relações das variáveis fisiológicas $vVO_{2máx}$ (- 85,55%), 1º LV (- 7,42%), 2º LV (- 0,06%) e FC de ECO (6,92%) com o desempenho para a CPH, sendo o coeficiente de determinação do modelo de 80 %. Para a situação de CPI as variáveis fisiológicas 2º LV (16,70%), $vVO_{2máx}$ (72,30%) e FC de ECO (11,00%) foram as que apresentaram maiores relações com o desempenho, sendo o coeficiente de determinação do modelo correspondente a 69%. Para ambas as situações, as variáveis fisiológicas apresentaram maiores associações com o desempenho em comparação com as variáveis biomecânicas adotadas no presente estudo. Dessa maneira, conclui-se que o desempenho de corridas de longa-distância (i. e., 5.000 m), realizadas em plano horizontal e/ou inclinado, pode ser melhor predito considerando-se o comportamento de variáveis fisiológicas tais como a $vVO_{2máx}$.

Palavras-chave: economia de corrida, força muscular, corrida em declives e aclives, regressão linear múltipla, consumo máximo de oxigênio, variáveis espaço-temporais.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

Autor: Onécimo Ubiratã Medina Melo

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga

Co-Orientador: Marcus Peikriszwili Tartaruga

Título da dissertação: Determinantes fisiológicos e biomecânicos do desempenho de corrida no plano inclinado em corredores recreacionais

Porto Alegre, 2016.

ABSTRACT

Despite the uncertainty about the effects of some physiological and biomechanical markers during the slope running (SR) compared with running in the horizontal plane (PR), physiological variables such as maximal oxygen uptake (VO_{2max}), heart rate (HR) and blood lactate concentration have higher values for the SR (slope) compared to the PR, resulting in a greater mechanical load on the muscles of the lower limbs. The present study investigated the behavior of physiological and biomechanical performance predictors of long-distance race held in horizontal (0%) and inclined (7%) planes. Twenty male runners (age: 26.0 ± 6.7 years; body mass: 74.1 ± 0.0 kg; height: 175 ± 0.05 m, body fat: $8.0 \pm 2.8\%$) performed two incremental maximal tests and two running economy tests at 10 km h^{-1} , all on a treadmill at 0% and 7% gradient, for determining the VO_{2max} , maximum speed (peak) race (vVO_{2max}), ventilatory threshold (VTs), submaximal heart rate (HR), submaximal oxygen consumption (ECO), and spatiotemporal variables of running technique, preceded by a maximum force test (leg press) and two tests simulated 5,000 m on the track (0%) and slope (7%). We carried out descriptive analysis and applied the Normality tests, Correlation Product Moment of Pearson and Multiple Linear Regression, all with 0.05α . There were strong relationships of physiological variables vVO_{2max} (- 85.55%), 1 (LV - 7.42%), 2 (LV - 0.06%) and HR of ECO (6.92%) with the performance for PR and the coefficient of determination of 80% model. For the SR situation physiological variables second TV (16.70%), vVO_{2max} (72.30%) and HR of ECO (11.00%) showed the highest ratios with the performance, and the determination of the corresponding model coefficient to 69%. For both situations, physiological variables showed stronger associations with the performance compared to the biomechanical variables used in this study. Thus, it is concluded that the performance of long-distance running (i. e., 5.000 m) held in horizontal and / or inclined plane, may be better predicted by considering the behavior of physiological variables such as vVO_{2max} .

Keywords: running economy, muscular strength, running on slopes and inclines, multiple linear regression, maximum oxygen consumption, variable spatiotemporal.

FEDERAL UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL

POST-GRADUATION PROGRAM ON HUMAN MOVEMENT SCIENCES

Author: Onécimo Ubiratã Medina Melo

Advisor: Prof. Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga

Co-Advisor: Prof. Dr. Marcus Peikriszwili Tartaruga

Title: Physiological and biomechanical determinants of inclined running performance in recreational runners

Porto Alegre, 2016.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comparação entre dois corredores com semelhantes $v\text{VO}_{2\text{máx}}$ e diferentes valores de ECO. Modificado de BARNES e KILDING (2015)	23
Figura 2 – Fatores que afetam a economia de corrida (Barnes e Kilding, 2015)	25
Figura 3 - Comportamento da velocidade de um corredor em uma prova de 5.000 m. Modificado de Thompson (2015)	36
Figura 4 - Modelo de requerimentos de energia aeróbia e anaeróbia de corredores de média e longa distância em corridas. Modificado de Thompson (2015)	36
Figura 5 – Delineamento experimental.....	41
Figura 6 - Imagem do teste de desempenho plano, 5.000 m na pista de atletismo Ramiro Souto, do Google Maps retirada do site Garmin connect, gps 620	46
Figura 7 - Imagem do teste de desempenho inclinado, 5.000 m na avenida Salvador França, do Google Maps do gps 620, site Garmin connect.....	47
Figura 8 - Modelo de Leg press 45° usado no teste de força dinâmica máxima.....	48
Figura 9 - Painel superior: Marcadores reflexivos na vista frontal. Painel Inferior: Marcadores reflexivos na vista posterior.....	49

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Caracterização da amostra: médias e desvios de variabilidade (desvio padrão da média (DP), valores mínimos e máximos) das variáveis idade, massa corporal, estatura, percentual de gordura, IMC, comprimento de pernas e o tempo de.....53
- Tabela 2** - Valores dos testes, de desempenho plano (DESP) e desempenho inclinado (DESI) em segundos (média, DP, mínimo e máximo), velocidade média em km.h^{-1} para a distância de 5.000 m53
- Tabela 3** - Mostra os resultados dos testes das variáveis neuromusculares no teste de 1 RM54
- Tabela 4** - Mostra os resultados dos testes de economia horizontal e economia inclinado para as variáveis biomecânicas (TP, TC, CP, FP e Tvoo)54
- Tabela 5** - Mostra a correlação entre o DESP e as variáveis fisiológicas ($\text{VO}_{2\text{max}}$, $\text{vVO}_{2\text{max}}$, velopico, % de $\text{VO}_{2\text{max}}$, v1LV, e v2LV, FC1LV e FC2LV) do teste de esforço máximo horizontal e máximo inclinado54
- Tabela 6** - Mostra a correlação entre o DESP e DESI e as variáveis antropométricas (massa corporal, estatura, % de G, IMC e CMID)55
- Tabela 7** - Mostra a correlação entre DESP e DESI as variáveis neuromusculares (1RM e Frelativa)56
- Tabela 8** - Mostra a correlação entre o DESP e DESI as variáveis biomecânicas (FP, CP, TP, TC e Tvoo)56
- Tabela 9** - Mostra a correlação entre o DESP e DESI as variáveis fisiológicas ($\text{VO}_{2\text{max}}$, $\text{vVO}_{2\text{max}}$, velopico, % de $\text{VO}_{2\text{max}}$, v1LV, e v2LV, FC no 1LV e FC no 2LV) do teste de esforço máximo horizontal e máximo inclinado)57

Tabela 10 – Correlação de Spearman para variáveis não paramétricas 1LVINC e v1LVINC.....	57
Tabela 11 – Análise de Regressão Linear Múltipla (método enter) entre as variáveis fisiológicas ($VO_{2máx}$, 1LV, v2LV e FCECOPL) com o DESP.....	58
Tabela 12 – Análise de Regressão Linear Múltipla (método do enter) entre as variáveis fisiológicas ($VO_{2máx}$, v $VO_{2máx}$, v2LV e FCECOINC) com o DESI.....	58
Tabela 13 – Diferenças entre os testes em 0 % e 7 % de inclinação das variáveis $VO_{2máx}$, v $VO_{2máx}$, velopico, 1LV, 2LV, v1LV, v2LV e tempo de teste de esforço máximo.....	58
Tabela 14 - Correlação entre a ECOPL e ECOINC e as variáveis biomecânicas (FP, CP, TP, TC e Tvo) e neuromusculares (IRM e Frelativa)	59
Tabela 15 - Análise de Regressão Linear Múltipla (método enter) entre as variáveis biomecânicas (FP, CP, TP e Tvo) e a variável ECOINC.....	59
Tabela 16 - Análise de Regressão Linear Múltipla (método enter) entre as variáveis biomecânicas (CP, Tvo e TP) e neuromuscular (Frelativa) e a variável ECOPL.....	60
Tabelas 17 a 23 – Estão no apêndice G, tabelas dos testes de normalidade	91

LISTA DE ABREVIATURAS:

C	celsius
CMID	comprimento do membro direito
CP	comprimento de passada
CPH	corrida em plano horizontal
CPI	corrida em plano inclinado
D	desempenho
ECO	economia de corrida
FC	frequência cardíaca
FCECOPL	frequência cardíaca economia teste plano
FCECOINC	frequência cardíaca economia teste inclinado
FC _{máx}	frequência cardíaca máxima
FC1LV	frequência cardíaca no primeiro limiar ventilatório
FC2LV	frequência cardíaca no segundo limiar ventilatório
FP	frequência de passada
Frelativa	força relativa (1RM/PC: kg/kg)
FRS	força de reação do solo
LV	limiar ventilatório
PC	peso corporal
DESI	desempenho no plano inclinado
DESP	desempenho plano horizontal
1RM	uma repetição máxima
RER	quociente respiratório
TB	tempo de balanço
TC	tempo de contato
TD	tempo de desempenho
TCLE	termo de consentimento livre esclarecido
TVoo	tempo de voo

v _{pico}	velocidade de pico
v _{LA}	velocidade limiar anaeróbio
VO _{2máx}	consumo máximo de oxigênio
1LV	primeiro limiar ventilatório
2LV	segundo limiar ventilatório
vVO _{2máx}	velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio
v1LV	velocidade no primeiro limiar ventilatório
v2LV	velocidade no segundo limiar ventilatório
1RM	teste de 1 repetição máxima no leg press

Sumário

RESUMO	5
ABSTRACT	7
LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE ABREVIATURAS:	11
1 - INTRODUÇÃO	18
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	20
1.2 OBJETIVOS:.....	20
1.2.1 Objetivo geral:	20
1.2.2 Objetivos específicos:	20
2 - REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 Consumo máximo de oxigênio	21
2.2 Economia de corrida	23
2.2.1 Fatores fisiológicos e biomecânicos	25
2.2.2 Fatores neuromusculares na CPH e CPI.....	29
2.3 Biomecânica da corrida no plano inclinado	32
2.4 Corrida de 5.000 m e suas características.....	35
3 - MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1 Caracterização da pesquisa.....	37
3.1.1 Cálculo amostral	37
3.1.2 População e amostra	37
3.1.3 Critérios de seleção amostral	38
3.1.4 Critérios de exclusão:	38
3.2 INSTRUMENTOS DE MEDIDA	38

3.3 VARIÁVEIS	39
3.3.1 Independentes	39
3.3.2 Dependentes	40
3.3.3 Controle.....	40
3.3.4 Intervenientes	40
3.4 PROCEDIMENTOS DA COLETA DE DADOS	41
3.4.1 Delineamento experimental.....	41
3.4.2 Sessão 1 – Assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e preenchimento do questionário de saúde e atividade física, caracterização da amostra e $VO_{2máx}$ (plano)	42
3.4.3 Sessão 2 – Teste de $VO_{2máx}$ inclinado	44
3.4.4 Sessão 3 – Teste de desempenho de 5.000 m no plano horizontal	45
3.4.5 Sessão 4 – Teste de desempenho de 5.000 m no plano inclinado	46
3.4.6 Sessão 5 – Testes de economia de corrida	47
3.4.7 Teste de força dinâmica máxima.....	48
3.5 Determinação das variáveis cinemáticas	48
3.6 Determinação das variáveis metabólicas	51
3.7 Procedimentos Estatísticos	51
4 - RESULTADOS	53
5 - DISCUSSÃO	61
5.1Quais os fatores do desempenho na corrida em plano inclinado?	66
6 – CONCLUSÕES	68
7 – LIMITAÇÕES DO ESTUDO	69
8 - SUGESTÃO E APLICAÇÕES PRÁTICAS	70
8 - REFERÊNCIAS	71
9 – APÊNDICES	80
9.1 APÊNDICE A	80

9.2 APÊNDICE B	84
9.3 APÊNDICE C	86
9.4 APÊNDICE D.....	87
9.5 APÊNDICE E	88
9.6 APENDICE F	90
9.7 APENDICE G.....	91

1 - INTRODUÇÃO

Os esportes de resistência aeróbia são caracterizados por intensidades submáximas e períodos de tempo de prova prolongados (duração maior que 10 minutos), como é o caso do ciclismo, do remo, do esqui *cross country*, da natação e das corridas de meia e longa-distância, bem como os esportes combinados: *triathlon* e *duathlon* (DENADAI, 1996a). Especificamente na corrida, os principais fatores fisiológicos que podem prever o desempenho em provas de meia (800 m e 1.500 m) e longa-distância (5.000 m e 10.000 m) são: o consumo máximo de Oxigênio ($VO_{2máx}$), a Economia de Corrida (ECO) e o Limiar Anaeróbio (LA) (BASSET e HOWLEY, 2000; SAUNDERS *et al.*, 2004).

Desde a primeira década do século XX, as práticas de treinamento de corredores passaram por várias fases distintas, sendo a maioria delas associadas à visão contemporânea ou daquele tempo (HAWLEY, 2000). A partir de 1940 e até o início dos anos 60, várias intervenções foram adicionadas ao regime de treinamento da corrida, p. e., a musculação, o treinamento em circuito e a corrida em ladeira (HAWLEY, 2000). Desde a década de 60, com os corredores Neozelandeses treinados por Arthur Lydiard (BANGSBO e LARSEN, 2000) e através dos manuais advindos da I.A.A.F. (*International Athletic Amateur Federation*, 2002), têm-se adotado o treinamento de corrida em plano inclinado (CPI) na busca da melhora do desempenho devido a crença de que este treinamento específico pode resultar no aumento das forças rápida e explosiva, na melhora da técnica (estilo de corrida e eficiência biomecânica), da velocidade e da resistência cardiorrespiratória (TULLOH, 1998).

Fatores neuromusculares é uma das estratégias mais adotada para a melhora da ECO e do desempenho (D) em corridas de meia e longa-distância. Os indivíduos que correm nessas categorias (3.000 m, 5.000 m e 10.000 m) tendem a apresentar melhores resultados quando incrementam na periodização o treinamento de força e o desenvolvimento de fatores neuromusculares (JOHNSTON *et al.*, 1997; PAAVOLAINEN *et al.*, 1999a; KELLY, BURNETT E NEWTON, 2008; GUGLIELMO *et al.*, 2009; BERRYMAN *et al.*, 2010; RAMIREZ-CAMPILLO *et al.*, 2014). Alguns estudos consideram que fatores neurais (sinalização neural, programação motora, pré-ativação) e mecânicos (velocidade de contração, equilíbrio de torque concêntrico *versus* excêntrico, ciclo alongamento-encurtamento e armazenamento de energia elástica) influenciam o desempenho de corredores de meia e longa-distância (AAGAARD e ANDERSEN, 2010; BERRYMAN *et al.*, 2010). Cabe-se ressaltar que em relação ao custo energético durante a corrida, o mesmo independe da velocidade em terrenos planos (horizontal). Porém, no plano inclinado, esse custo aumenta,

devido à quantidade maior de geração de trabalho mecânico positivo e sua respectiva eficiência mecânica (MINETTI *et al.*, 1994). Do mesmo modo, em terrenos de solo complacente, esse custo é maior, e é afetado pelo tipo de apoio do pé no solo conseqüentemente pela força de reação do solo e pela fadiga muscular (MINETTI *et al.*, 2002). Aspecto importante, já que na maior parte das provas fora da pista de atletismo os percursos não são totalmente planos.

Do ponto de vista biomecânico, diversos são os parâmetros que influenciam a técnica de corrida e, em consequência, o desempenho do indivíduo. Os principais fatores são o comprimento de passada (CP), a frequência de passada (FP) e o tempo de contato do pé com o solo (TC) (TARTARUGA *et al.*, 2012), sendo todos influenciadores da ECO. Por exemplo, a diminuição na produção da potência afeta o desempenho da corrida de longa duração devido à redução do CP (BANGSBO e LARSEN, 2000; TARTARUGA *et al.*, 2004).

A identificação de fatores que possam ser utilizados para a predição do desempenho tem, pelo menos, duas importantes aplicações para a área de avaliação e do treinamento esportivo. A primeira, consiste na seleção de indivíduos com determinadas características que poderão apresentar maiores rendimentos em determinados esportes. A segunda, ao treinamento físico no que diz respeito à aplicação da sobrecarga (intensidade x volume), podendo ser planejado e executado de acordo com as demandas do esporte (DENADAI *et al.*, 2004).

Vários autores têm investigado a influência do treinamento em plano inclinado positivo na ECO e no desempenho de corredores (PADULO *et al.*, 2012; BARNES *et al.*, 2013; FERLEY *et al.*, 2014), sendo a maior parte dessas intervenções realizadas em esteira. Diversas metodologias têm sido empregadas no estudo da ECO, conforme o modelo de desempenho adotado. Esses modelos se subdividem, basicamente, em dois grupos sendo estes fisiológicos (eficiência metabólica, eficiência cardiorrespiratória, treinamento e eficiência neuromuscular) e/ou biomecânicos (cinética, cinemática e antropometria) (BARNES e KILDING, 2015). Por exemplo, em corridas em plano horizontal (CPH), a seleção de um CP ótimo em provas de longa-distância pode influenciar significativamente o desempenho global devido a melhora da ECO. Corredores mais experientes selecionam naturalmente seus comprimentos e frequências de passadas, o que minimiza o consumo submáximo de Oxigênio ($VO_{2\text{submáx}}$) durante a corrida (CAVANAGH e WILLIAMS, 1982). Já na CPI, as cargas mecânicas dos músculos dos membros inferiores são maiores em comparação a corrida em CPH. Sendo assim, as magnitudes das variáveis fisiológicas, tais como o consumo máximo de

Oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$), a frequência cardíaca (FC) e concentração de lactato sanguíneo são maiores durante a CPI (na situação de aclone) (STAAB *et al.*, 1992). Porém, apesar desses achados, poucos são os estudos que têm comparado a capacidade de predição do desempenho de corridas de longa-distância realizadas nos planos horizontal e inclinado através da utilização de variáveis fisiológicas e biomecânicas. A partir disso, elaborou-se o problema de pesquisa e objetivo visando investigar essa questão.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais fatores fisiológicos e biomecânicos influenciam o desempenho da corrida de 5.000 m realizada nos planos horizontal e inclinado?

1.2 OBJETIVOS:

1.2.1 Objetivo geral:

Investigar os fatores fisiológicos e biomecânicos preditores do desempenho da corrida de longa-distância realizada nos planos horizontal (0%) e inclinado (7%).

1.2.2 Objetivos específicos:

Determinar as variáveis antropométricas (massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC), % de gordura e Comprimento de membro inferior direito (CMID)), neuromusculares (força dinâmica máxima e força dinâmica máxima relativa), biomecânicas (tempo de passada, frequência de passada, comprimento de passada, tempo de contato e tempo de voo), fisiológicas ($VO_{2m\acute{a}x}$, ECO, $vVO_{2m\acute{a}x}$, velopico, FC durante teste de economia, 1LV, 2LV, $v1LV$, $v2LV$, FC no 1LV, FC no 2LV) e de desempenho de 5.000 m, nos planos horizontal e inclinado (7%) em corredores recreacionais.

Verificar o modelo de predição linear múltipla do desempenho na prova de 5.000 m, nos planos horizontal e inclinado (7%), através dos seguintes conjuntos de modelos:

- Antropométrico (massa corporal, estatura, IMC, % de gordura e CMID)
- Neuromuscular (força dinâmica máxima e força dinâmica máxima relativa)
- Biomecânico (tempo de passada, frequência de passada, comprimento de passada, tempo de contato e tempo de voo)
- Fisiológico ($VO_{2m\acute{a}x}$, $vVO_{2m\acute{a}x}$, velopico, FC durante teste de economia, 1LV, 2LV, $v1LV$, $v2LV$, FC no 1LV, FC no 2LV)

Além disso é objetivo específico deste estudo verificar o modelo de predição linear múltipla da ECO, nos planos horizontal e inclinado (7%), através dos seguintes conjuntos de modelos:

- Neuromuscular (força dinâmica máxima e força dinâmica máxima relativa)
- Biomecânico (tempo de passada, frequência de passada, comprimento de passada, tempo de contato e tempo de voo)

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Consumo máximo de oxigênio

O Consumo Máximo de Oxigênio ($VO_{2máx}$) é a capacidade máxima de integração do organismo de, captar, transportar e utilizar o Oxigênio para os processos aeróbios de produção de energia, durante a contração muscular. Em indivíduos jovens e aparentemente saudáveis, o $VO_{2máx}$ varia entre 40 e 50 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$. Entretanto, estes valores são de 1,5 a 5,0 vezes maiores para atletas treinados de endurance (entre 85-90 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ para esquiadores de *cross-country*, como o caso de um esquiador norueguês com o valor mais alto registrado por um homem: 94 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). As mulheres atingem entre 70 a 75% do $VO_{2máx}$ em comparação aos homens (o valor mais elevado do $VO_{2máx}$ descrito na literatura referente a uma mulher atleta é de 77 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, de uma esquiadora russa de esqui *cross-country*).

Entre os fatores que determinam o $VO_{2máx}$ estão: genético, idade, sexo e treinamento. É importante destacar ainda o modo pelo qual o $VO_{2máx}$ é expresso, em valores absolutos ($l.min^{-1}$) ou relativos ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$), tendo este último modo de expressão um maior grau de associação com o desempenho (SHEPHARD, 1992; SHEPHARD, 1994; DENADAI, 1999).

Na corrida, em que a necessidade de energia varia em função da massa corporal, o $VO_{2máx}$ se correlaciona mais com o desempenho, quando este é expresso em valores relativos. Em exercícios em que não há a sustentação da massa corporal, por exemplo na natação e no ciclismo (estacionário e de campo), o desempenho em exercícios de endurance é mais relacionada ao $VO_{2máx}$ expresso em valores absolutos (DENADAI, 1999).

Em um estudo realizado com atletas de marcha, em que se examinou o desempenho em uma prova de marcha de 20 quilômetros, onde atletas foram ranqueados de 1 a 8 de

acordo com as velocidades médias de prova, foi verificada uma associação moderada entre o $VO_{2m\acute{a}x}$ e a velocidade de prova. Embora os seis melhores atletas possuíssem valores muito semelhantes de $VO_{2m\acute{a}x}$, o desempenho na prova diferiu em mais de 30% entre os indivíduos (HAGBERG e COYLE, 1983).

A baixa correlação que pode existir entre o $VO_{2m\acute{a}x}$ e o desempenho, principalmente entre indivíduos altamente treinados, ocorre provavelmente porque nem sempre o $VO_{2m\acute{a}x}$, se modifica com o treinamento, embora nestas condições, possa haver, respectivamente, aumento ou diminuição do desempenho aeróbio. Em um grupo de triatletas avaliados em quatro momentos ao longo de uma temporada de treinamento (fevereiro, maio, agosto e outubro), apenas o $VO_{2m\acute{a}x}$ do ciclismo modificou-se significativamente (5%), e embora o $VO_{2m\acute{a}x}$ das outras modalidades tenha permanecido constante, o desempenho melhorou nos três eventos durante a competição de triatlo. Isso mostra que no treinamento, possíveis alterações na sobrecarga aplicada (volume, intensidade ou frequência) podem causar diminuição da atividade enzimática e/ou do desempenho sem que haja diminuição similar do $VO_{2m\acute{a}x}$. Pode ser que adaptações periféricas (capilarização – aumento da atividade enzimática aeróbia) continuem ocorrendo mesmo após meses ou anos de treinamento, e acabem não sendo detectadas pelo $VO_{2m\acute{a}x}$. Essas adaptações periféricas podem determinar as melhoras do desempenho aeróbio (DENADAI, 1999). Conley e Krahenbuhl (1980) em um estudo tentando associar o $VO_{2m\acute{a}x}$ com o TD de 10.000 m, investigaram a ECO em 3 velocidades de corrida e verificaram apenas diferenças na velocidade máxima (os sujeitos eram muito homogêneos na estatura, oscilando em apenas 9 cm, 3 kg de massa e a variação do TD em 1 minuto). Eles salientam que a ECO é uma análise que serve para encontrar diferenças quando os valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ são homogêneos.

Coyle *et al.* (1988) relataram que indivíduos com similares $VO_{2m\acute{a}x}$, tinham diferentes desempenhos, e outros com desempenhos similares tinham diferentes $VO_{2m\acute{a}x}$. Este fato sugere que o desempenho não está somente vinculado ao VO_2 , mas também, a outras características funcionais do seu sistema aeróbio, por. ex., limiar anaeróbio (LA) e tipo de fibras musculares. Em outra pesquisa, Conley e Krahenbuhl (1980), em um estudo com 12 dos 19 primeiros colocados de uma competição nacional, em que o TD em uma prova de corrida de 10.000 m, variou 2 minutos (tempo médio de 32 minutos) do melhor colocado ao último, com média de $71,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ($66,1\text{-}73,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), constataram baixa correlação entre desempenho e $VO_{2m\acute{a}x}$ ($r = -0,12$).

Concluindo, o $VO_{2\text{máx}}$ é um bom indicador de desempenho de grupos heterogêneos, porém quando se trata de grupos homogêneos, outros índices tais como a ECO e o limiar ventilatório (LV), podem explicar melhor essas diferenças no desempenho. No entanto, o $VO_{2\text{máx}}$ pode não ser um bom indicador de adaptações ao longo da temporada de treinamento.

2.2 Economia de corrida

A expressão ECO pode ser definida como sendo o consumo de oxigênio (VO_2) obtido em fase estável em determinada atividade submáxima (DENADAI, 1996a), podendo ser responsável por até 30% do desempenho em provas de fundo (DANIELS *et al.*, 1978; FARREL *et al.*, 1979; CONLEY e KRAHEMBUHL, 1980; BASSET e HOWLEY, 2000; SAUNDERS *et al.*, 2004). Um atleta mais econômico consome menos oxigênio do que outro menos econômico para uma determinada intensidade de esforço (Figura 1). O primeiro é capaz de se deslocar mais rapidamente ou conservar mais energia para os estágios finais da competição (DENADAI, 1996b), resultando, numa maior eficiência mecânica - interação entre o trabalho desenvolvido e o custo energético dispendido (BASSET e HOWLEY, 2000).

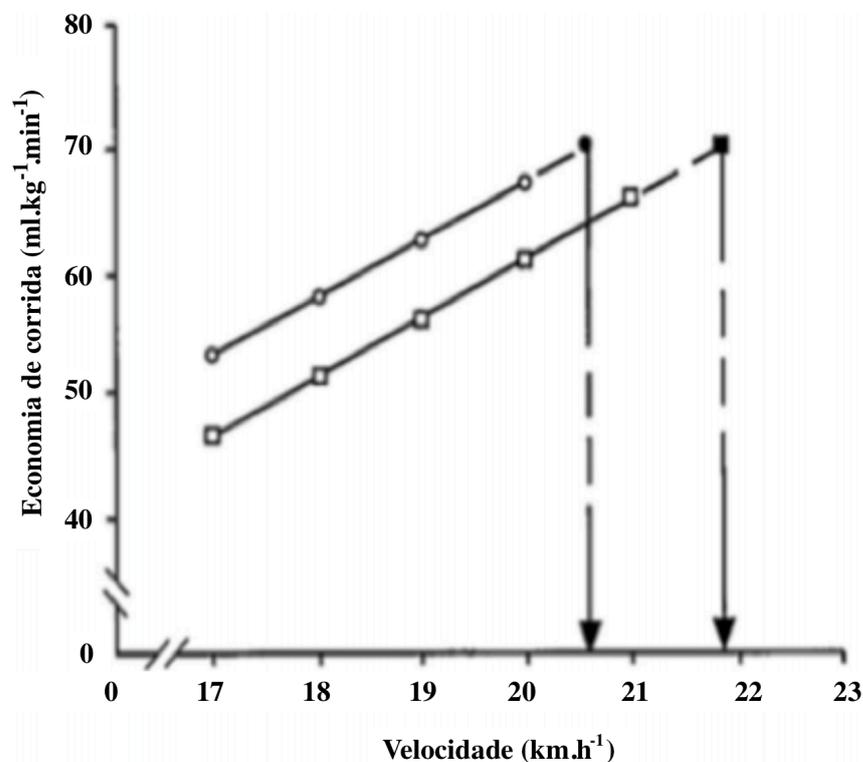


Figura 1 – Valores de Economia de Corrida para dois corredores. Modificado de BARNES e KILDING (2015).

Informações sobre a ECO são obtidas a partir de corridas em esteira, considerando-se o gasto energético durante o exercício e o repouso. Essas avaliações possuem limitações, devido à fidedignidade das informações dos dados metabólicos obtidos na esteira em relação aos dados de campo (durante treinos e competições). E aspectos como resistência do ar e atrito são relativamente eliminados durante as corridas em esteira (SAUNDERS *et al.*, 2004). Além do mais, a técnica de corrida esteira é diferente da corrida *overground*, em que os isquio-tibiais são usados em maior extensão para a produção de forças propulsivas (SAUNDERS *et al.*, 2004).

Entre os fatores sugeridos que podem afetar a ECO estão a temperatura corporal, o tipo de fibra muscular, o substrato utilizado, o status de treinamento, a técnica de corrida (por exemplo; comprimento de passada (CP), frequência de passada (FP) e tempo de contato (TC), os fatores antropométricos (altura, comprimento de membro inferior), a força de reação do solo e a eficiência neuromuscular (produção de força, rigidez, programação motora e sinalização neural) (BARNES e KILDING, 2015).

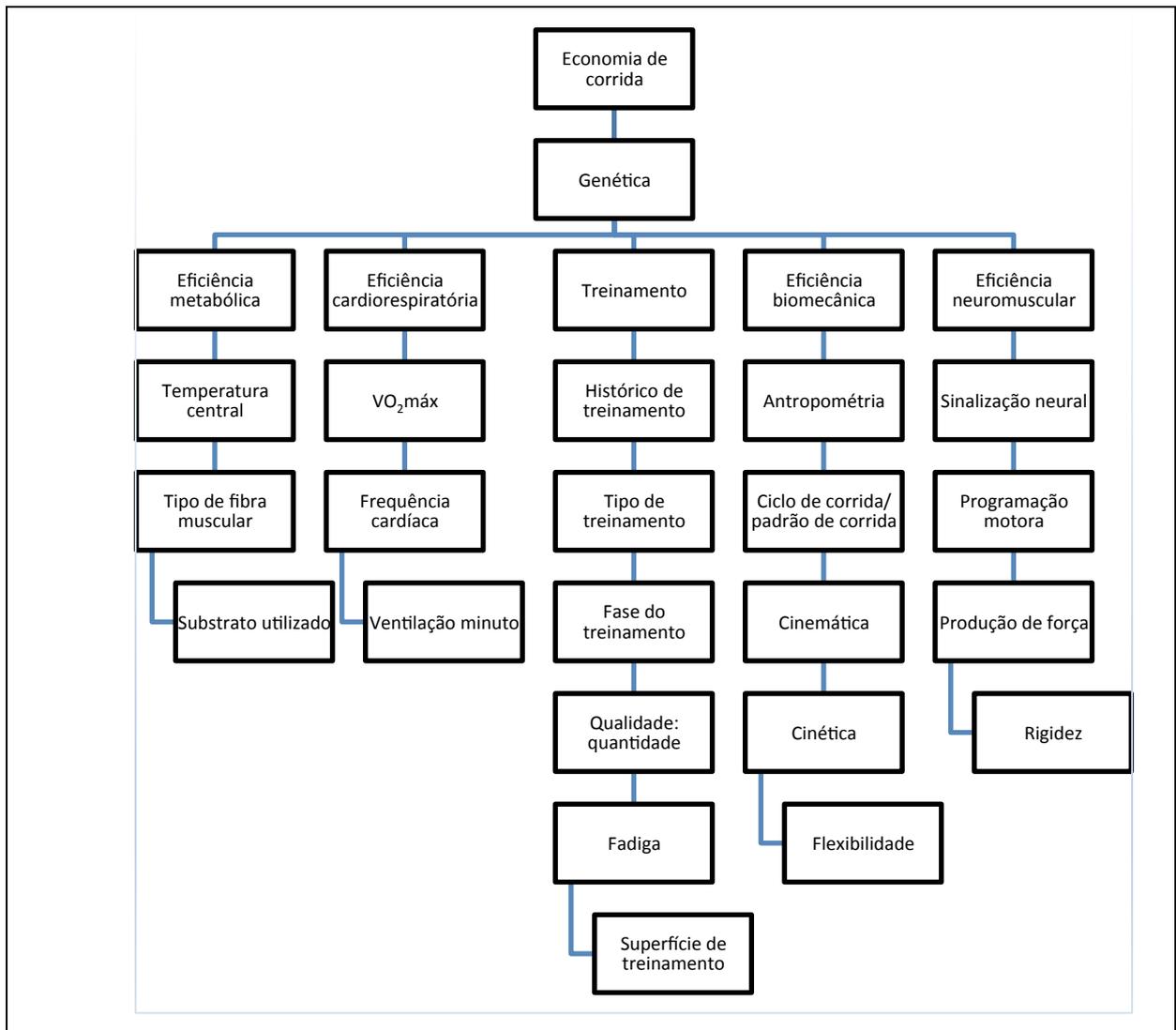


Figura 2 – Fatores que afetam a economia de corrida (Barnes e Kilding, 2015)

A avaliação da ECO muitas é vezes percebida como um simples conceito, mas atualmente, é uma medida multifatorial que reflete efeitos do funcionamento combinado dos sistemas metabólicos, cardiopulmonar, biomecânico e neuromuscular (BARNES e KILDING, 2015), podendo apresentar uma variação intra-sujeito de 1,5% até 5% (SAUNDERS *et al.*, 2004).

2.2.1 Fatores fisiológicos e biomecânicos

Entre os fatores fisiológicos que afetam a ECO pode-se destacar; o sexo, a idade, a fadiga e o treinamento. Já, os fatores biomecânicos estão relacionados às dimensões corporais e a técnica de corrida, sendo o CP e a FP as principais variáveis determinantes. Powers *et al.* (1983) avaliaram o grau de correlação entre o 2LV, ECO e TD em uma prova de 10.000 m,

em sete de nove corredores experientes (média de $VO_{2máx}$ de $66,8 \text{ ml.kg.min}^{-1}$) com tempo médio de prova de 33 minutos e 48 segundos (velocidade média de prova $17,8 \text{ km.h}^{-1}$). Encontraram um valor de $r = 0,94$ com 2LV (67% do $VO_{2máx}$), $r = 0,51$ com a ECO (72% do $VO_{2máx}$) e $r = 0,38$ com o $VO_{2máx}$. Indicando que o 2LV explica grande parte da variação do desempenho dos corredores.

Daniels e Daniels (1992), em um estudo comparando corredores e corredoras de elite em diferentes velocidades ($14,8 \text{ km.h}^{-1}$ a $23,4 \text{ km.h}^{-1}$) constataram que os homens eram mais econômicos do que as mulheres quando estes foram comparados em relação à velocidade de treino. Consequentemente, concluíram que a interação do $VO_{2máx}$ com a ECO pode ser melhor expressa considerando-se a velocidade de corrida ($vVO_{2máx}$). Nesse mesmo estudo, os corredores foram divididos em 3 grupos: meio-fundistas (800 m e 1500 m), fundistas (3.000 m, 5.000 m e 10.000 m) e maratonistas. Demonstrando, também, que corredores meio-fundistas são menos econômicos em baixas velocidades do que nos demais grupos - sugerindo que testes de ECO deveriam ser realizados em intensidades próximas de 90% do $VO_{2máx}$.

Em corredores de elite, nas velocidades entre $15-18 \text{ km.h}^{-1}$, o aumento no CP é mais pronunciado (15-16%) que o correspondente aumento na FP (3-4%) (SVEDENHAG e SJODIN, 1994). Analisando os efeitos da variação do CP no consumo de oxigênio de dez corredores de longa distância, Thomas *et al.* (1995) constataram que a demanda aeróbia para determinada velocidade de corrida é menor quando o CP corresponde ao comprimento ótimo de passada (livre-escolha), sugerindo que aumentar ou diminuir demasiadamente o CP em relação ao comprimento ótimo de passada, pode acarretar o aumento no VO_2 e consequentemente melhor ou pior ECO.

Cunninghan (1990) ao tentar entender a correlação entre variáveis antropométricas (idade, estatura, massa corporal, % de gordura e a soma de três dobras cutâneas) e fisiológicas (ECO, 2LV, $VO_{2máx}$ e $vVO_{2máx}$) em relação ao desempenho de uma prova de 5.000 m, em um grupo de vinte e quatro corredoras, não verificou associações entre as variáveis antropométricas e o TD. Nas variáveis fisiológicas o autor constatou associações de moderada a forte com (% do $VO_{2máx}$, velocidade no 2LV, $VO_{2máx}$ e $vVO_{2máx}$).

Conley *et al.* (1981) em um estudo de caso de um corredor de elite, comparou as adaptações do treinamento ao longo de 18 semanas, nas variáveis $VO_{2máx}$ e ECO em três diferentes velocidades. O $VO_{2máx}$ aumentou 3% nas primeiras 10 semanas, e nas cinco

semanas seguintes aumentou 7 %. Em relação a ECO, houve melhoras nas velocidades 14,4, 16,0 e 17,7 km.h⁻¹ em 16%, 13% e 9%, respectivamente. Na velocidade 17,7 km.h⁻¹ a taxa de VO₂ diminuiu de 83,5% para 71,5%. O autor credita a melhora à inclusão do treinamento intervalado. Da mesma forma Jones (2006) em um estudo de caso de uma corredora de elite de nível mundial, relata as adaptações ao longo de 11 anos de treinamento (1992-2003), nas variáveis VO_{2máx}, vVO_{2máx} e ECO. Nesse caso enquanto o VO_{2máx} aumentou 7,15% as outras variáveis aumentaram de forma mais significativa, vVO_{2máx} em 12,2% e a ECO melhorou em 14,6%. O autor conclui que vVO_{2máx} é o principal fator para esse nível de desempenho, mas que modificações na variável ECO são as principais responsáveis pelo aperfeiçoamento no curto e longo prazo.

Em relação às variáveis antropométricas, de acordo com Krueger *et al.* (2007) há fortes relações da ECO e do CP com a massa e a estatura corporal. Em um estudo desenvolvido com cinco mulheres (idade 17 ± 1 anos; VO_{2máx}: 38,9 ± 2,6 ml.kg⁻¹.min⁻¹), cujo objetivo era relacionar a ECO e comprimento de perna de atletas de meio fundo (1.500 a 5.000 m), em duas velocidades submáximas de corrida (12 e 14 km.h⁻¹), correspondente a uma média de 87,3 e 95,9% do VO_{2máx}, foram constatadas fortes correlações das variáveis de massa corporal (r = 0,96 e -0,91) e estatura (r = 0,95 e 0,98) com a ECO, em ambas as velocidades submáximas de corrida. Também foi encontrada alta correlação entre massa corporal (MC) e CP (r = -0,95) na velocidade de 12 kmh⁻¹. Os autores concluem que a estatura e a MC de corredoras de meio-fundo, cujo os valores de VO_{2máx} sejam homogêneos, podem ser considerados indicadores de desempenho entre atletas com diferentes características antropométricas.

Em relação ao CP relativo ao comprimento de perna, Cavanagh e Kram (1989), analisa a relação entre variáveis antropométricas, CP e a influência na velocidade de corrida de 12 indivíduos. Em seu estudo, constataram forte associação entre comprimento de passada relativo e velocidade de corrida (r = 0,86), em velocidades entre 11,34 e 14,8 km.h⁻¹. Entretanto, Elliott e Blanksby (1979) encontraram baixa associação entre comprimento de perna e CP de 10 corredores, nas velocidades de 12,6 e 16,2 km.h⁻¹. Em ambos os estudos não foi constatada a ECO. Sendo assim, o CP e a FP, e todas as demais variáveis temporais deles derivadas (Tempo de suporte, TP e de TB) (MORIN *et al.*, 2007), são as mais analisadas, por pesquisadores, porque demonstram fortes relações com a ECO.

Cavanagh e Williams (1982), analisaram a influência do comprimento de passada no VO_{2máx} de dez corredores de elite (VO_{2máx}: 64,7 ml.kg⁻¹.min⁻¹), durante duas corridas de 30

minutos cada em esteira rolante, ambas desenvolvidas a 13,8 km.h⁻¹. Os autores (determinaram, por meio do comportamento de VO_{2submáx} em ml.kg⁻¹.min⁻¹), e do CP, em cm, comprimento ideal de passada (menor consumo de oxigênio) e o CP escolhido a partir da condição de esforço desenvolvida durante o teste de ECO. Os autores verificaram uma diferença de 0,2 ml.kg⁻¹.min⁻¹ nos valores de VO_{2submáx} entre o comprimento ideal de passada e o CP desenvolvido a partir da condição de esforço. Também relatam que quanto maior a experiência do corredor, melhor é a adaptação do comprimento e da FP para determinada intensidade submáxima de esforço. Essa melhor adaptação pode ser adquirida, de forma mais rápida, por meio de treinamento específico de corrida de média e longa distância.

Em relação à influência da técnica de corrida na ECO, Williams e Cavanagh (1987) analisaram a relação entre mecânica de corrida e desempenho de 31 indivíduos, a 12,9 km.h⁻¹, constatando que indivíduos que apresentavam maior ECO tinham menor oscilação vertical do centro de massa, maior CP e melhor desempenho, indicando melhor técnica de corrida. Além disso, os autores observaram que o CP e a ECO são diferentes entre corredores novatos e experientes, sendo que estes últimos possuem CP e melhor ECO na corrida.

Em um estudo com 13 homens e nove mulheres, todos corredores fundistas de rendimento, Tartaruga *et al.* (2004) constataram diversas relações da técnica de corrida com a ECO, principalmente no grupo feminino, sendo as variáveis lineares (CP e FP), temporais (TP, TB e TC) as mais relacionadas. Já em um estudo com atletas de marcha (HAGBERG e COYLE, 1984) constataram correlação moderada entre VO_{2máx} e velocidade média de prova ($r = 0,62$), embora os seis melhores atletas possuíssem valores muito semelhantes de VO_{2máx}. O desempenho na prova diferiu em mais de 30% entre os indivíduos. Entretanto quando os autores correlacionaram o TD com os resultados em testes de ECO, realizados em três diferentes velocidades, os resultados foram: v1: 241 m.min⁻¹ ($r = 0,83$), v2: 268m.min⁻¹ ($r = 0,82$) e v3 = 295m.min⁻¹ ($r = 0,79$).

Thomas, Fernhall e Granat (1999) analisaram as mudanças de ECO e as mudanças na frequência cardíaca (FC), ventilação, temperatura central, e lactato sanguíneo antes, durante e após um teste de 5.000 m com 40 corredores (21 homens e 19 mulheres). Todas as variáveis sofreram mudanças significativas dos cinco minutos iniciais para o fim do teste. Após os cinco minutos, iniciais os homens tiveram um aumento significativo da ventilação. Esse aumento apresentou uma correlação significativa com ECO, demonstrando que a ventilação

pode influenciar no desempenho em provas de 5.000 m, sendo esta uma variável importante para o planejamento e a realização do treinamento físico específico.

A força de reação do solo (FRS) é uma das maiores determinantes no custo metabólico da corrida (FARLEY e MACMAHON, 1992; CHANG e KRAM, 1999; HEISE e MARTIN, 2001). Além da FRS, a força horizontal também possui forte relação com o custo metabólico na corrida, principalmente em ambientes com muito vento, o que indica que o trabalho externo possui relevância no custo metabólico da corrida.

Pode-se dizer que a ECO é um fenômeno multifatorial; biomecânico, fisiológico e cinemático, e que pode esclarecer desempenhos de corredores com tempos similares e com fatores fisiológicos diferentes, como LA e $VO_{2máx}$. Também pode ser responsável pelo desempenho no curto e longo prazo, do meio fundo à maratona. A ausência de avaliações em diferentes planos (inclinados positivo e negativo), mostra uma possível carência em estudos da ECO e sua relação com o desempenho na inclinação.

2.2.2 Fatores neuromusculares na CPH e CPI

Diversos métodos de treinamento são combinados entre si, visando à melhora da ECO e, conseqüentemente, do desempenho em provas de resistência. Entre eles, podem ser referenciados os treinamentos de força (força rápida, força máxima e pliometria) e o da técnica de corrida (BANGSBO e LARSEN, 2000).

Segundo Roberts *et al.* (1997), o trabalho mecânico desenvolvido em contrações isométricas corresponde a 1/3 do trabalho desenvolvido em contrações dinâmicas, de acordo com a relação força-velocidade da musculatura esquelética. Dessa forma, pode-se dizer que quanto mais isométrico for o comportamento da musculatura responsável pelo gesto motor na corrida, principalmente em membros inferiores, menor será o trabalho mecânico, logo, maior ECO. Essa relação pode ser associada à oscilação vertical do centro de massa (CM) durante a corrida, fortemente relacionada ao ângulo do joelho durante a fase de suporte. Segundo Rose e Gamble (1998), quanto maior a variabilidade do ângulo do joelho na fase suporte, maior oscilação do CM e maior dispêndio de energia.

Johnston *et al.* (1995), realizando um treinamento com corredoras durante 10 semanas, constataram que houve aumento de força nos membros superiores (24%) e inferiores (34%). O aumento de força foi medido através do teste máximo de 1RM, e ao final do treinamento

foi constatado um aumento de 4% da ECO, sem mudanças no percentual de gordura, na massa corporal e nas circunferências corporais mensuradas, no lactato sanguíneo e no $VO_{2máx}$.

Paavolainen *et al.* (1999a) realizaram um treinamento de força explosiva em corredores durante nove semanas, e constataram significativa melhora na ECO (8%) e no desempenho (3%), depois que 32% do volume semanal de treinamento de corredores de rendimento, foi substituído pelo treinamento de força. O treinamento de força explosiva foi executado com sprints (20m-100m) e treinamento pliométrico. Em outro estudo, Paavolainen *et al.* (1999b), observaram uma melhora do desempenho, sendo este resultado da alta pré-ativação do trabalho muscular, acompanhado da diminuição do tempo de contato do pé com o solo durante toda a corrida. Os autores sugerem que o treinamento de potência utilizando exercícios de alta velocidade de contração muscular e alto índice de força reativa, tem uma influência positiva na ECO de atletas de longa-distância, pela melhora das características do ciclo alongamento-encurtamento.

Ramirez-Campillo *et al.* (2014), em um estudo voltado a determinar os efeitos do treinamento pliométrico no desempenho de 2.400 m de corrida e na força explosiva, realizaram um treinamento por um período de seis semanas, duas vezes por semana com dois grupos de corredores com pliometria, mantendo um intervalo de 48 horas entre as sessões o outro grupo apenas fazia o treino de endurance. Ambos os grupos obtiveram melhoras no desempenho da corrida, mas o grupo que realizou a pliometria alcançou uma melhora três vezes maior que o grupo controle (3,9% vs. 1,3%). Por fim, Berryman *et al.* (2010) em um estudo que comparou os treinamentos de força concêntrica e pliometria, durante oito semanas de treino, em 35 corredores divididos em três grupos (controle, força e pliometria), relataram que houve melhoras no desempenho (corrida de 3.000 m) para todos os grupos. E incrementos na altura do teste de salto para os grupos força e pliometria e diminuição do custo da corrida para o grupo pliometria.

A adaptação neural (ativação neural das unidades motoras) e o aumento da capacidade de utilizar a energia elástica estocada no conjunto músculo-tendão têm sido apontados como os prováveis mecanismos que podem determinar a melhora da ECO com o treinamento pliométrico (SAUNDERS *et al.*, 2001; TURNER *et al.*, 2003). Guglielmo *et al.* (2009) demonstraram aumento da ECO (6,2%) após um curto período de treinamento de força, durante quatro semanas, em um grupo de 17 corredores especialistas em provas de longa-distância (de 3.000 m à maratona).

Kyrolainen *et al.* (2003) investigaram em 10 corredores de rendimento de meia-distância, a relação entre estrutura muscular, força muscular e ECO, com medidas de força isométrica máxima, biópsia muscular (fibras tipos I, IIA, IIAB e IIB), lactato sanguíneo e $VO_{2máx}$. Não foram encontradas correlações significativas entre ECO e a distribuição de fibras musculares e a cadeia de miosina em velocidades baixas. Entretanto para uma velocidade maior de corrida ($25,2 \text{ km.h}^{-1}$) os valores da ECO se correlacionam significativamente com a área das fibras de tipo II e a distribuição das fibras tipo IIB. Os resultados demonstraram que as fibras musculares possuem papel importante para explicar, as diferenças da ECO, em um grupo homogêneo de corredores de meia-distância. Esses resultados podem ser explicados pelas diferenças entre a distribuição das fibras musculares, composição da cadeia de miosina e isoforma da titina presente no sarcômero. Assim, os autores consideraram que a quantidade de proteína contrátil no músculo, sua capacidade de produzir força, os elementos que otimizam a produção de força elástica e o metabolismo anaeróbio são importantes fatores relacionados à ECO.

Mudanças cinemáticas durante uma maratona ocorrem devido à fadiga, que é menos pronunciada nos corredores mais rápidos do que nos corredores mais lentos (CHAN-ROPER *et al.*, 2012). Mas ambos sofrem as mesmas alterações na cinemática da corrida: aumento no FP e TC; diminuição na velocidade e CP. Entende-se que essas alterações poderiam ser atenuadas se os corredores incluíssem o treinamento de força visando, principalmente, o ganho de força e de resistência muscular dos músculos extensores de joelho. Kelly, Burnett e Newton (2008) verificaram o efeito do treinamento de força, três vezes por semana, durante 10 semanas, em um grupo de mulheres praticantes de corrida visando à melhora do desempenho na prova de 3.000 m. A melhora no desempenho (11,2%) foi associada ao aumento na força e em consequência, houve significativas adaptações neuromusculares, para a ECO.

Por fim, Ortiz *et al.* (2003), adotando dois protocolos de treinamento intervalado de alta intensidade, aplicados em dois grupos de corredores de longa-distância, observaram que o treinamento a 95% do $VO_{2máx}$ obteve menor efeito na melhora da ECO em comparação a um treinamento próximo de 100% do $VO_{2máx}$. Os autores observaram que a intensidade do treinamento intervalado pode causar mudanças no padrão de recrutamento motor (recrutando um percentual maior de fibras do tipo I, fosse mais eficiente durante o exercício submáximo) resultando em uma melhora significativa da ECO.

Aagaard e Andersen (2010) em uma revisão sobre treinamento e capacidade de resistência em atletas de alto nível, constataram que ambos são importantes para o desempenho e, também, compatíveis. O treinamento de força traz ganhos para provas tanto de média duração (< 15 minutos) quanto de longa duração (> 30 minutos) e que não são necessários grandes volumes de treinamento de força para que esses ganhos ocorram. Além disso, dizem os autores, as principais adaptações ocorrem nas proporções de fibras musculares tipo IIA, bem como ganhos em contração voluntária máxima (MVC) e características de força rápida que envolva funções neuromusculares. Assim, pode-se deduzir que, o treinamento de força para corredores pode ser feito de várias formas; sprints, corrida de alta intensidade, musculação e pliometria. Observa-se também que a força explosiva contribui para ECO quando relacionada a velocidades submáximas, tendo uma contribuição ainda maior quando relacionada à velocidade de prova do corredor, com melhoras nas adaptações neuromusculares, sem mudanças nas adaptações morfológicas (composição corporal) e fisiológicas da corrida ($VO_{2máx}$ e LA).

Essas melhoras, na ECO e no desempenho de corredores observados em vários estudos feitos com a tradicional musculação, indicam que em poucas semanas de treinamento as adaptações seriam notadas. Esses estudos, em sua maior parte estão relacionados à ECO em planos retos, portanto, faltam estudos relacionados à força e a sua importância no plano inclinado ou declinado. Somente um estudo referenciado neste trabalho, o de GUGLIELMO *et al.* (2005) mostra dados sobre força relativa em corredores.

2.3 Biomecânica da corrida no plano inclinado

Entre as variáveis intervenientes que afetam o desempenho na corrida, os fatores geográficos são os que causam as maiores mudanças ao longo da prova. Minetti *et al.* (2002) sugerem que a CPI aumenta o custo metabólico. Staab *et al.* (1992) afirmam que a estratégia da CPI positiva no chão ou em esteira resultam em modificações significativas em algumas variáveis determinantes: a diminuição do TC, a diminuição do CP e o concomitante aumento da FP, sendo o custo metabólico dependente da FP.

Padulo *et al.* (2012) verificaram a influência de três diferentes inclinações (0, 2 e 7%) e cinco diferentes velocidades (14,0, 15,0, 16,0, 17,0 e 18,0 $km.h^{-1}$) em dois grupos de corredores, elite (velocidade média de prova 19,0 $km.h^{-1}$) e outro amador (15,0 $km.h^{-1}$). Com

aumento da velocidade houve aumento do CP e FP e a diminuição do TC para ambos os grupos. O TV_{oo} aumentou na CPH e diminuiu em 2% e 7% de inclinação para ambos os grupos.

Barnes *et al.* (2013) em um estudo realizado com cinco grupos de corredores, organizados de maneira com que cada um diferisse do treinamento, i. e., velocidades (80-120% da $vVO_{2máx}$), inclinações (4-18%), intervalos (8s-20min.) e tempo de descanso (1:1-1:6), constataram que em nenhum destes grupos o treinamento específico foi associado aos ganhos, no desempenho na prova de 5.000 m contra-relógio, sendo a combinação de todas essas variáveis responsáveis pela melhora do desempenho (aproximadamente 2%).

Paavolainen *et al.* (2000) compararam os testes máximos em esteira, de 23 corredores, em 0% e 7% de inclinação. Os corredores alcançaram maiores velocidades nos testes em 0% de inclinação, no entanto os maiores valores de $VO_{2máx}$ foram alcançados nos testes em 7% de inclinação (61,4 x 65,1 ml.kg.min⁻¹). Os resultados indicaram que os fatores de potência muscular contribuíram no desempenho dos testes planos. E que o $VO_{2máx}$ contribuiu mais no resultado teste inclinado, que no teste plano. E aspectos das propriedades contrateis do músculo são importantes para o desempenho de corridas no plano.

Ferley *et al.* (2014) compararam três grupos (controle, intervalado e treino inclinado) antes e após seis semanas de treinamento, em plano inclinado em esteira. Foram avaliadas a força (isocinético em velocidades angulares de 90° s⁻¹, 180° s⁻¹ 300° s⁻¹), a potência muscular (5-*jump test*), os percentuais em relação ao LA e ao $VO_{2máx}$, a ECO e o lactato sanguíneo. Como resultado, os autores constataram que o aumento de carga em relação ao LA e ao $VO_{2máx}$ foi maior nos grupos, intervalado e inclinado. Houve aumentos em todos os grupos nas velocidades relativas a 60% e 80% vLA . A velocidade do LA relativa ao % do $VO_{2máx}$ aumentou nos grupos intervalado e inclinado. As demais variáveis dependentes investigadas não sofreram modificações significativas. Os autores concluíram o que treino de CPI foi efetivo para melhorar a ECO, mas insuficiente para aumentar a potência muscular.

Os estudos acima mencionados foram realizados em esteira rolante. Alguns investigadores (NIGG *et al.*, 1995) têm demonstrado que existem diferenças entre a corrida executada no chão em comparação à executada em esteira rolante no que se refere à técnica de corrida (CP, FP e ângulos cinemáticos) e a eletromiografia (EMG) das atividades de membros inferiores. Diferenças atribuídas a vários fatores, entre os quais deslizamentos da lona da esteira,

resistência do ar, entre outros, implicam em afirmar que a corrida em esteira rolante seja diferente da corrida no chão, também entre a CPH e CPI. Nigg *et al.* (1995) investigaram a cinemática de corrida na esteira rolante e no solo, concluindo que as diferenças medidas nas variáveis cinemáticas podem ser subdivididas em sistemáticas e indivíduos-dependentes. Segundo os autores, na esteira rolante os indivíduos adaptam o seu estilo de aterrissagem, para que o pé aterrisse em posição mais reta do que durante a corrida no solo. Essa estratégia pode promover um toque do pé na esteira rolante, que é percebido pelos corredores como mais estável do que no solo. Além disso, quase todas as variáveis cinemáticas da perna demonstraram um padrão inconsistente, dependendo do estilo de aterrissagem individual do atleta, da velocidade da corrida e da situação do calçado em relação à esteira rolante.

Swanson e Caldwell (2000) investigaram a cinética do balanço da perna e a EMG, de músculos de membros inferiores durante a CPH e CPI na esteira com inclinação de +30% e a 16,2 km.h⁻¹. Os autores observaram que a potência média de quadril durante a fase de balanço, e a amplitude da EMG de glúteos máximo, reto femoral, vasto lateral, gastrocnêmio e o sóleo, durante a fase de suporte, foram maiores durante a CPI. Contudo o grau de inclinação usada no estudo foi íngreme para o treinamento de corredores no mundo real.

Já Gotschall e Kram (2005) investigaram a força de reação do solo (FRS) durante a CPH e CPI (3°, 6° e 9°), em esteira, a uma velocidade de 10,8 km.h⁻¹. Esses autores demonstraram que a força de impacto normal foi menor e a força horizontal foi maior na CPI. Dick e Cavanagh (1987) mediram a FRS durante a CPH e a -8,3% de inclinação, a 4,5 m.s⁻¹. Os autores concluíram que a FRS foi 14% maior na CPI (declive) do que na CPH. Buczek e Cavanagh (1990) mostraram que o pico de potência mecânica do tornozelo e o trabalho negativo para os extensores de joelho e tornozelos foram maiores na inclinação - 8,3. Sato e Mokha (2009) investigaram o treinamento do core, durante seis semanas, no desempenho da distância de 5.000 m e FRS em corredores recreacionais. Apesar da melhora do desempenho na distância, não houveram melhoras relacionadas à FRS.

Dessa forma, pode-se dizer que um fator de grande importância no desempenho na corrida é o fator geográfico. E que CPI causa modificações nas variáveis biomecânicas (CP, TC e FP), aumentando ou diminuindo, conforme o terreno e inclinações positivas ou negativas ao longo do percurso. De forma semelhante a FRS tende a alterar, aumentando conforme o declive ou diminuindo no aclave. E que a corrida em esteira inclinada, pode promover adaptações de aterrissagem dos pés na lona, diferentes da corrida *overground*, local

de treino e competição do corredor. Além disso, as inclinações escolhidas para o estudo ou treinamento devem ir ao encontro a situações de campo.

2.4 Corrida de 5.000 m e suas características

A distância de 5.000 m, foi escolhida para o estudo, pois tem sido a prova de rua que mais tem crescido na especificidade da corrida. E é considerada por muitos treinadores como a distância de “iniciação” para o corredor iniciante, além de ser uma distância de prova Olímpica. Entre as 50 maiores corridas do Brasil no ano de 2014, dezoito eram de 5.000 m (Blogrecorrido.com).

Do ponto de vista do fornecimento de energia, a bioenergética da prova de 5.000 m segundo Powers e Howley (2004) (percentagem de cada sistema) temos essa divisão: sistema fosfagênio 2%, glicolítico 28% e 70% oxidativo. Foss e Keteyan (2000) propuseram outra divisão 20% glicolítico e 80% oxidativo. Platonov (2008) propõe outra divisão 12,5% glicolítico e 87,5% oxidativo.

Pode-se destacar que corredores de 5.000 m, competem a maior parte do tempo em zonas abaixo do $VO_{2m\acute{a}x}$, mas acima do LV, indicando um aumento do consumo de energia aeróbia e $VO_{2m\acute{a}x}$ em direção ao máximo, ao longo da corrida (Figura 2). A percentagem onde se encontra o LV varia entre corredores, 85 a 95% do $VO_{2m\acute{a}x}$. Medeiros *et al.* (2010) analisaram a velocidade de prova de 5.000 m de nove corredores e a associação da velocidade média de prova, usando 88,4% da velocidade de $vVO_{2m\acute{a}x}$.

Tucker, Lambert e Noakes (2006) analisaram as estratégias utilizadas pelos recordistas mundiais em corridas de diferentes distâncias entre os anos de 1921 e 2004 e observaram predominâncias de estratégias em padrão de U, na maioria dos desempenhos de 32 recordes mundiais, em que o primeiro e o ultimo quilômetro da prova foram os mais rápidos. Um dos possíveis benefícios da estratégia de padrão variável sobre o desempenho estaria relacionado ao menor tempo gasto na fase de aceleração, ou seja, os atletas percorrem os primeiros quilômetros da prova em menor tempo (ATKINSON; PEACOCK; LAW, 2007; GOSZTYLA *et al.*, 2006).

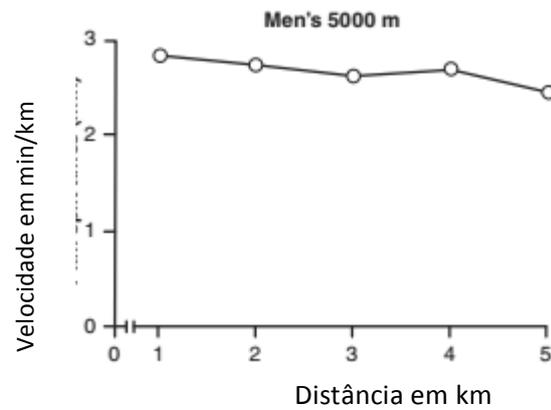


Figura 3 – Comportamento da velocidade de um corredor em uma corrida de 5.000 m, demonstrando (dividida de 1.000 m e 1.000 m). Modificado de Thompson (2015).

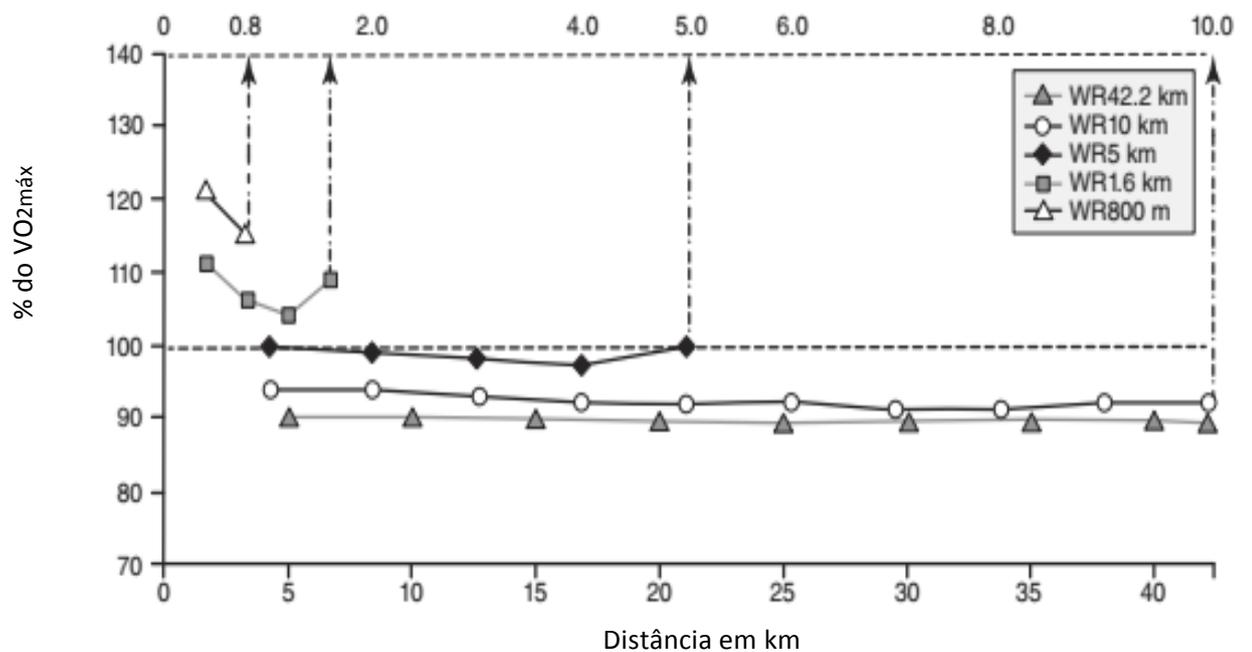


Figura 4 – Requerimentos de energia aeróbia e anaeróbia de corredores de média e longa distância em corridas. Modificado de Thompson (2015). WR, recorde mundial (distâncias 800 m, 1.600 m, 5.000 m, 10.000 e 42.200 m) e o comportamento da velocidade em relação ao VO₂máx ao longo da distância.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa caracteriza-se por ser do tipo *ex-post facto*, com modelo descritivo comparativo de corte transversal.

3.1.1 Cálculo amostral

Para o presente estudo, calculou-se o número amostral (n) com base nos estudos de Tartaruga *et al.* (2012) e Conley e Krahembuhl (1980) que verificaram a relação entre desempenho e as variáveis cinemáticas da corrida. Da mesma forma Cunningham (1990) verificou a relação entre variáveis fisiológicas da corrida; LV, ECO e desempenho. Optou-se por esses estudos para o cálculo amostral devido a semelhança nas avaliações com o presente estudo. O cálculo foi realizado por meio do programa G Power versão 3.0.10 for *Windows*, sendo adotado um nível de significância de 0,05 e um poder de 80%, com um coeficiente de correlação (r) de 0,56 para todas as variáveis relacionadas aos desempenhos e (r) de 0,11 para as variáveis relacionadas à ECO foi adotado o n (20).

3.1.2 População e amostra

A amostra é do tipo intencional, e foi composta de 20 indivíduos ativos (16 corredores e 4 triatletas), selecionados de forma não aleatória, por voluntariedade. Composta por sujeitos saudáveis de 18 a 44 anos. Selecionados pelo desempenho, 16,0 minutos e 27,5 minutos na distância de 5.000 m, em provas de 5.000 m, organizadas ou reconhecidas pelo Clube de Corredores de Porto Alegre – CORPA. O tempo médio de prática foi 4,94 anos e um volume semanal médio de 28,9 km por semana e a número de treinos por semana 3 dias. Apenas 9 corredores faziam musculação, tempo médio de 1,3 anos.

Os sujeitos selecionados deveriam estar isentos de lesões, que tenham interferido no desempenho nos últimos nos últimos seis meses, além de estarem treinados regularmente no último ano sem interrupções.

Todos os atletas foram convidados por meio de comunicação oral para participarem na pesquisa. Os voluntários compareceram em datas e horários pré-estabelecidos para a familiarização na corrida em esteira rolante e agendamento dos testes ergométricos. Antes do início da sessão de familiarização, todos leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, no qual constavam todas as informações pertinentes ao estudo (APENDICE A),

aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, registrado com o número 2007716. Todos preencheram a ficha de dados questionários de saúde (APENDICE B) de atividade física (APENDICE C).

3.1.3 Critérios de seleção amostral

- Homens, na faixa etária entre 19 e 44 anos;
- Desempenho em 5.000 m entre 16 e 27,5 minutos;

3.1.4 Critérios de exclusão:

Ausência nas sessões de testes ou lesões, ou perda de contato durante a execução dos testes.

3.2 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Foram utilizados os equipamentos do Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ESEFID/UFRGS).

- Fichas de dados individuais (apêndices II e III);
- Ergoespirômetro modelo Aerosport VO2000 (Medical Graphics Corporation, St. Paul, EUA).
- Bbalança eletrônica, modelo OS-180 (URANO, Canoas, Brasil);
- Estadiômetro de parede, modelo OS-180 (URANO, Canoas, Brasil), com resolução de 1 milímetro (mm);
- Fita métrica (SANNY, São Paulo, Brasil) de 1m de resolução de 1 mm;
- Um compasso cutâneo marca CESCORF (Porto Alegre, Brasil) científico com resolução de 1mm;
- Esteira rolante modelo ATL Inbrasport (Medgraphics, Ann Arbor, EUA);
- Monitores de frequência cardíaca modelo FT1, da marca POLAR;

- Aparelho gps de pulso, modelo 620, da marca GARMIN;
- Aparelho de musculação de pressão de pernas (leg press);
- Termômetro da marca INCONTERM com resolução de 1°C;
- Plataforma de força tridimensional da marca AMTI.
- Sistema de cinemetria VICON (Vicon Motion Capture System – Grupo de Instrumentos, Oxford, Reino Unido): composto por seis câmeras de infravermelho (sendo três de modelo BONITA 3 (0,3 megapixels) e três do modelo BONITA 10 (1,0 megapixel), todas com frequência de amostragem de 100HZ.
- Software NEXUS (Vicon Motion Capture System – Grupo de instrumentos, Oxford, Reino Unido), versão 1.8.2, foi utilizado para a aquisição e reconstrução dos dados de posição;
- 35 marcadores reflexivos (14 milímetros);

3.3 VARIÁVEIS

3.3.1 Independentes

- Tempo de passada (s),
- Tempo de contato (s),
- Tempo de voo (s),
- Comprimento de passada (m),
- Frequência de passada (passo.s⁻¹).

Variáveis fisiológicas, todas feitas em 0% e 7% de inclinação:

- $VO_{2m\acute{a}x}$ (ml.kg⁻¹.min.⁻¹),
- $vVO_{2m\acute{a}x}$ (km.h⁻¹),
- VO_2 no 1LV e 2LV (ml.kg⁻¹.min.⁻¹),

- Frequência cardíaca no 1LV e 2LV,
- Velocidade nos limiares ventilatórios: v_{1LV} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) e v_{2LV} ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$),
- Economia de corrida (ECO) em 0% e 7% de inclinação.
- Força dinâmica máxima de 1RM (kg),
- Força máxima relativa (peso 1RM /PC),
- Massa corporal (kg),
- Estatura (m),
- Percentual de gordura (% G),
- IMC ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$),
- Comprimento de membro inferior direito (CMID) (cm),

3.3.2 Dependentes

- Tempo de desempenho (DESP), definido como o tempo obtido no teste de 5.000 m no plano horizontal.

- Tempo de desempenho (DESI) definido como o tempo obtido no teste de 5.000 m no plano inclinado, ambos expressos em segundos.

- ECO, definida como o consumo de oxigênio a $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

3.3.3 Controle

Temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%) nos testes de esteira. O local dos testes de desempenho plano e inclinado, pista de atletismo e o logradouro Avenida Salvador França.

3.3.4 Intervenientes

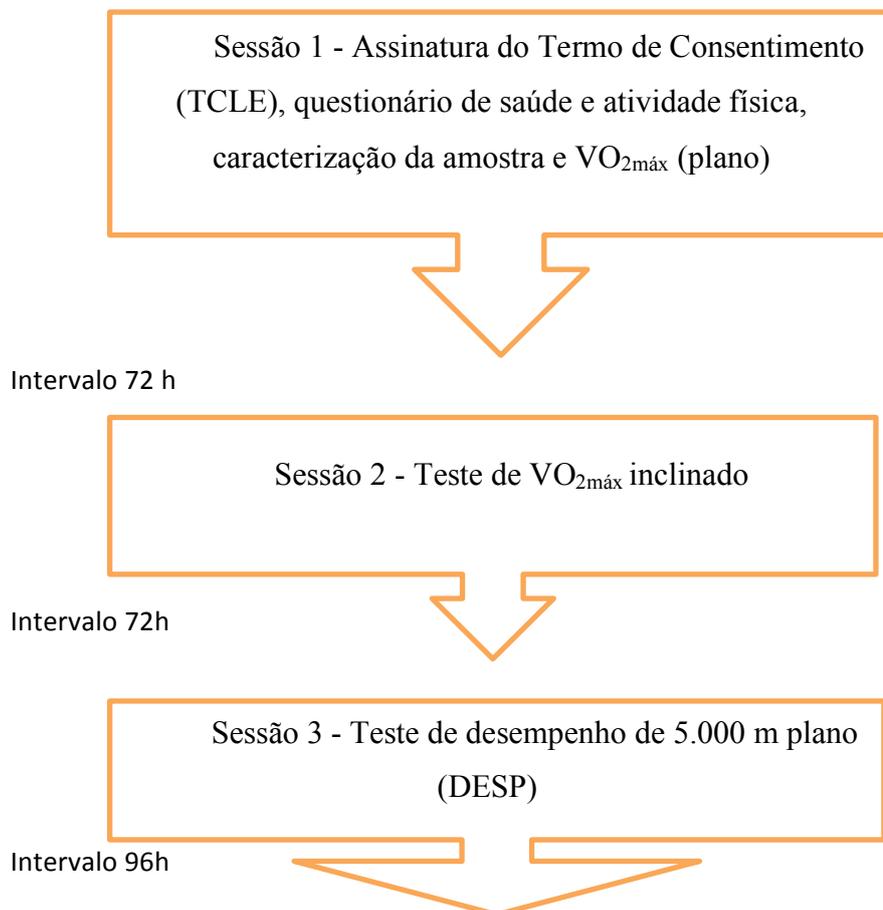
A temperatura ambiente nos locais de testes de desempenho (pista de atletismo e logradouro Avenida Salvador França).

3.4 PROCEDIMENTOS DA COLETA DE DADOS

3.4.1 Delineamento experimental

A coleta de dados consistiu de cinco sessões (de testes) de avaliação para o grupo de vinte (20) corredores. As coletas fisiológicas e biomecânicas foram realizadas no Centro Natatório da ESEFID da UFRGS. As coletas de desempenho no plano horizontal foram realizadas no parque da Ramiro Souto, na pista de atletismo. As coletas de desempenho no plano inclinado foram realizadas na Avenida Salvado França. Em todas as sessões os corredores foram orientados a utilizarem seus próprios calçados de treino, emborrachados e sem pregos, indicados a seguirem suas rotinas de aquecimento e alongamento antes dos testes.

O período de coleta foi de janeiro a junho de 2016. Os horários dos testes máximos foram agendados de acordo com a disponibilidade dos sujeitos, mas na sua maioria feitos no turno da manhã.



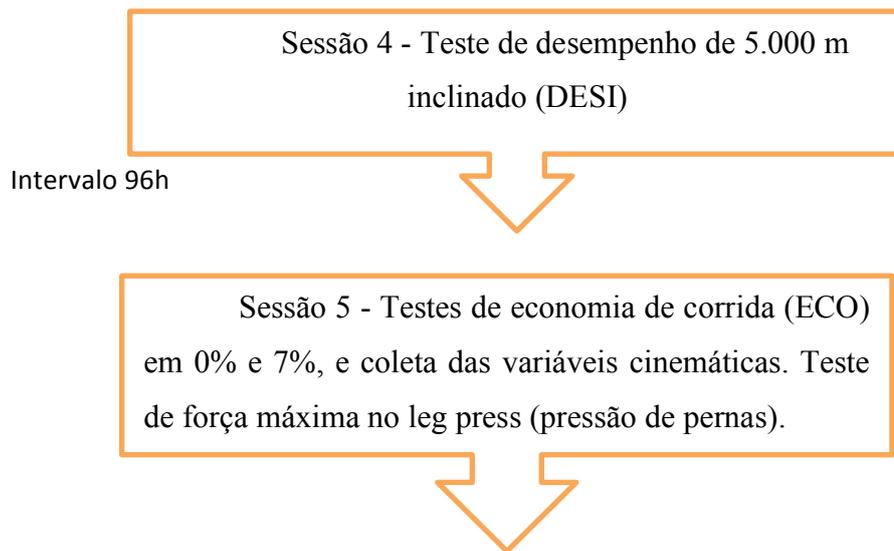


Figura 5 - Organograma da ordem das sessões de coleta e seus intervalos as sessões.

3.4.2 Sessão 1 – Assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e preenchimento do questionário de saúde e atividade física, caracterização da amostra e $VO_{2máx}$ (plano)

Primeiramente, foi explicado aos sujeitos a sequência de testes a serem realizados. Os sujeitos preencheram e assinaram, o termo de consentimento (TCLE).

Para a caracterização da amostra foi realizada a mensuração dos dados de massa corporal, estatura, comprimento de perna e percentual de gordura (%G) por meio da utilização da balança, do estadiômetro, da fita métrica e do compasso de dobras cutâneas. Para essas medidas, os indivíduos estavam descalços, vestidos de um calção ou sunga. A medida do comprimento da perna foi feita em ambas as pernas, calculando-se a distância entre o trocanter maior do fêmur e o solo. O percentual de gordura corporal foi calculado por meio da fórmula de Siri (1961):

$$\%G = (495/D) - 450$$

Onde D corresponde a densidade corporal medida em $g.ml^{-1}$.

Para o cálculo da densidade corporal foi utilizada a equação desenvolvida por Jackson e Pollock (1978), validada por Petroski (1995), para homens com idade entre 18 e 61 anos,

que utiliza sete dobras cutâneas e os perímetros do abdômen e antebraço, conforme segue abaixo:

$$D = 1,101 - 0,0004115(\Sigma 7DC) + 0,00000069(\Sigma 7DC)^2 - 0,00022631 (ID) - 0,0059239 (PAB) + 0,0190632 (PAT)$$

onde:

$\Sigma 7DC$ = somatório das dobras cutâneas subescapular, tríceps, peitoral, axilar média, supra-iliaca, abdominal e coxa:

ID = idade (anos);

MC = massa corporal (kg);

PAB e PAT = perímetros do abdômen e antebraço (m).

As medidas de dobras cutâneas e perímetros foram avaliadas por um profissional de Educação Física com experiência em avaliações antropométricas.

O teste de máximo esforço plano horizontal teve por finalidade determinar os limiares ventilatórios (1LV e 2LV) e o $VO_{2máx}$ para fins de caracterização amostral e para a determinação da $vVO_{2máx}$ e o pico de velocidade (velopico).

Antes do início de cada sessão de coleta, o equipamento de ergoespirometria era ligado, com uma hora de antecedência, para aquecimento e estabilização das células de análise de gases. Antes de cada teste foi acionada a calibração automática do analisador de gases.

Após a colocação do sensor de frequência cardíaca e da máscara de coleta de gases, foi iniciada a coleta em repouso, com o indivíduo sentado durante 5 minutos e, em pé, durante 1 minuto, antes do início do teste.

Cada sujeito realizou uma caminhada a de 2 minutos a $4,0 \text{ km.h}^{-1}$. A velocidade inicial de 8 km.h^{-1} , aumentando 1 km.h^{-1} a cada minuto, com inclinação fixa em 0% (PAAVOLAINEN *et al.*, 2000). Os incrementos de carga foram suficientes para que o teste durasse de 8 a 14 minutos.

O maior valor encontrado no teste de esforço máximo, foi considerado como pico e utilizado para determinar o $VO_{2m\acute{a}x}$.

Os critérios utilizados para estabelecer para a validação do máximo esforço ($VO_{2m\acute{a}x}$):

- Alcançar a FC máxima prevista (220-idade) (DENADAI, 1999).
- Taxa de troca respiratória - RER > 1,1.
- Platô de consumo de oxigênio em dois estágios consecutivos, ou seja, mesmo com incremento da carga, não se observa aumento do consumo de oxigênio.

Os três critérios foram alcançados para a interrupção do teste.

Todos os indivíduos foram incentivados verbalmente a alcançarem o melhor desempenho no teste. Após a validação do teste, a velocidade da esteira foi diminuída progressivamente até que cada indivíduo se sentisse recuperado o suficiente para finalizar o teste ergométrico.

Foi permitido a todos a interrupção do teste quando julgassem necessário. Somente em um caso, essa interrupção ocorreu antes da validação do mesmo, sendo um novo teste remarcado para 48 horas depois. Os testes foram realizados com temperatura entre 20° e 26° e umidade entre 40 e 70%.

Terminado o teste ergométrico, os dados do analisado de gases foram exportados para uma planilha do Microsoft Excel, versão 2013, sendo analisados graficamente para a determinação do $VO_{2m\acute{a}x}$ e dos LVs.

O LV foi determinado por três fisiologistas do exercício por meio da segunda quebra da curva de ventilação e equivalente respiratório – VE/VCO_2 . Quando dois dos três fisiologistas encontravam o mesmo valor de LV, esse era considerado como sendo o LV. Quando todos os fisiologistas encontravam valores diferentes de LV, o valor intermediário era considerado como sendo o LV.

3.4.3 Sessão 2 – Teste de VO_{2max} inclinado

O teste de máximo esforço em plano inclinado teve por finalidade determinar os limiares ventilatórios, o $VO_{2m\acute{a}x}$, a $vVO_{2m\acute{a}x}$ e a velopico.

Antes do início de cada sessão de coleta, o equipamento de ergoespirometria foi ligado, com uma hora de antecedência, para aquecimento e estabilização das células de análise de gases. Antes de cada teste foi acionada a calibração automática do analisador de gases.

Os sujeitos permaneceram por 5 minutos sentados em repouso, seguido de 1 minuto em pé. Em seguida era feita uma caminhada a de 2 minutos a 4,0 km.h⁻¹ e 1 minuto a 6,0 km.h⁻¹ com 0% de inclinação. A intensidade inicial do teste foi de 7 km.h⁻¹, aumentada em 1 km.h⁻¹ a cada minuto, com inclinação fixa em 7% (PAAVOLAINEN *et al.*, 2000). O aparelho usado era o VO2000. O maior valor encontrado no teste de esforço máximo, foi considerado como pico e utilizado para determinar o VO_{2máx}.

Para a determinação da velocidade de vVO_{2máx}, foi considerada a velocidade necessária para alcançar o VO_{2máx}. Se o corredor atingia determinada velocidade, mas não conseguia completar o estágio, a velocidade anterior era definida como vVO_{2máx} (BERTUZZI *et al.*, 2012).

O pico de velocidade (velopico), foi definida como a velocidade (km.h⁻¹) mais alta sustentada por no mínimo 30 segundos durante o teste de esforço máximo (PAAVOLAINEN *et al.*, 2000).

3.4.4 Sessão 3 – Teste de desempenho de 5.000 m no plano horizontal

Os testes de desempenho no plano horizontal foram realizados na pista de atletismo Ramiro Souto, onde os corredores foram orientados a fazerem os seus aquecimentos habituais. Devido a disponibilidade de tempo de cada sujeito, o teste de desempenho foi realizado um sujeito de cada vez, em dias separados (SATO e MOKHA, 2009). O corredor era orientado a tentar fazer o seu melhor desempenho ou correr próximo a isso, para a distância de 5.000 m (12,5 voltas na pista). Cada corredor utilizou um gps com frequencímetro, para que os dados parciais fossem conferidos ao final do teste.

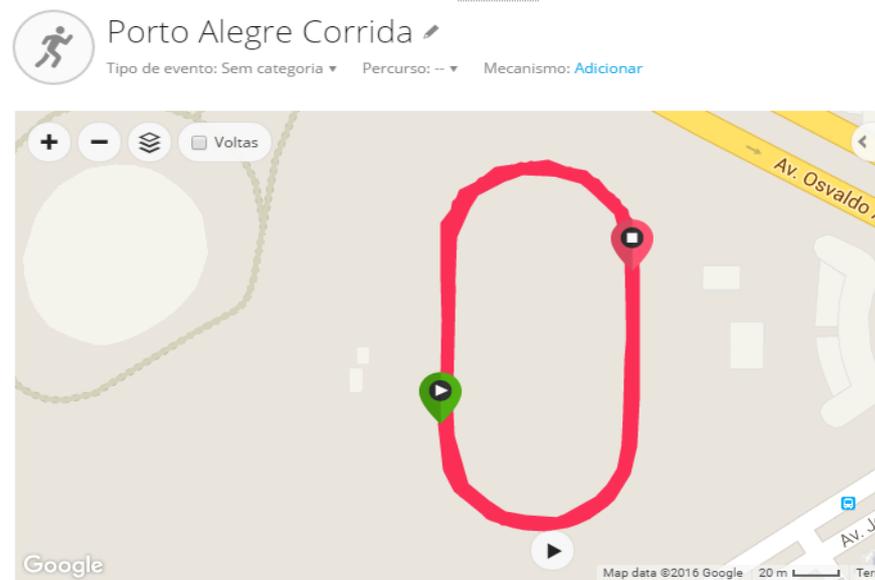


Figura 6 – Imagem do localdo teste de desempenho plano, 5.000 m na pista de atletismo Ramiro Souto, do Google Maps do gps 620, site Garmin Connect.

3.4.5 Sessão 4 – Teste de desempenho de 5.000 m no plano inclinado

Os testes de desempenho no plano inclinado foram realizados na avenida Salvador França. Todos os corredores eram orientados a fazerem o seu melhor desempenho ou correr próximo a isso, para a distância de 5.000 m (5 voltas no percurso, 500 m subindo e 500 m descendo). Cada corredor um gps com frequencímetro, para que os dados de FC e parciais fossem conferidos e exportados ao final do teste.



Figura 7 – Imagem do teste de desempenho inclinado, 5.000 m na avenida Salvador França, do Google Maps do gps 620, site Garmin Connect.

3.4.6 Sessão 5 – Testes de economia de corrida

Após 5 minutos de repouso sentado e um minuto em pé, cada sujeito realizou uma corrida a uma velocidade de $10,0 \text{ km.h}^{-1}$, durante um período de 6 minutos em 0% e 7% de inclinação, com um período mínimo de descanso de 10 minutos entre os testes submáximos. Todos os testes foram realizados em um laboratório com condições ambientais de temperatura de $22^{\circ}\text{-}26^{\circ} \text{ C}$, a umidade de 40-60% (SALTIN e ASTRAND, 1967).

Os valores de ECO serão determinados através, da média dos dois últimos minutos do Consumo de Oxigênio (VO_2) do teste em cada situação. A ordem dos testes de ECO era feita na seguinte ordem testes: 0% e 7%.

Critérios para invalidação dos testes:

- Não completar o teste por lesão ou mal-estar.
- Incapacidade de manter a continuidade do teste
- Falha de qualquer equipamento ou interrupção do teste por qualquer motivo.

Terminada a fase de coleta de dados, iniciou-se a fase de tratamento de dados. Os valores de $VO_{2\text{submáx}}$. Foram exportados para uma planilha do Microsoft Excel versão 2013, na qual se determinou o valor de ECO de cada corredor a partir da média dos valores de consumo de oxigênio registrados nos últimos dois minutos de teste.

3.4.7 Teste de força dinâmica máxima

A força dinâmica máxima foi determinada utilizando-se um protocolo de carga de 1 repetição máxima (1RM) obtida durante uma flexão e extensão de quadril e joelhos por meio de um aparelho específico de musculação (leg press 45°). Foram de 3-5 tentativas, com 3' de intervalo, se uma sexta tentativa fosse necessária ela era realizada em outro dia, conforme Brown e Weir (2001). O procedimento foi explicado para o sujeito. Um aquecimento (familiarização) de 10 repetições com a carga equivalente à sua massa corporal. Foi utilizado como 1RM, o maior valor atingido nas tentativas realizadas.

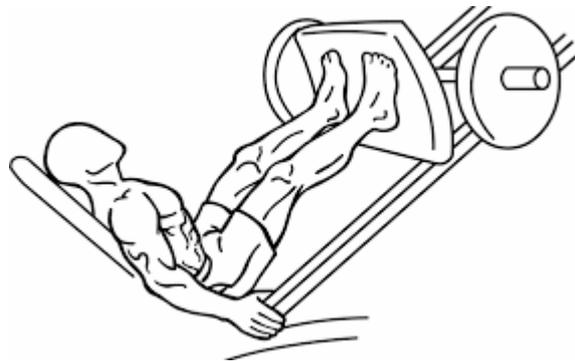


Figura 8 – Modelo de leg press 45° usado no teste de força dinâmica máxima.

3.5 Determinação das variáveis cinemáticas

As imagens foram capturadas e processadas com o sistema *VICON Motion Capture System* (Oxford, EUA) composto por 6 câmeras infravermelho com frequência de amostragem de 200 Hz. Foi utilizado o modelo de template *Plug-in-Gait Full Body*, no qual são utilizados 35 marcadores reflexivos (Figura 9). Este processo permite que o sistema reconstrua tridimensionalmente a posição de todos os marcadores utilizados. Os padrões de calibração foram realizados conforme manual do fornecedor, utilizando o calibrador em forma de “T” (*5 Marker Wand & L-Frame*, com cinco marcadores de 14mm) fornecido pelo mesmo para a calibração dinâmica sobre o volume de coleta (a calibração era refeita se o valor do erro de imagem de pelo menos uma das câmeras apresentasse valor superior a 0,2).

Também foi realizada a calibração estática de cada sujeito, na posição em pé com os braços erguidos e os cotovelos flexionados, para facilitar a identificação dos marcadores.

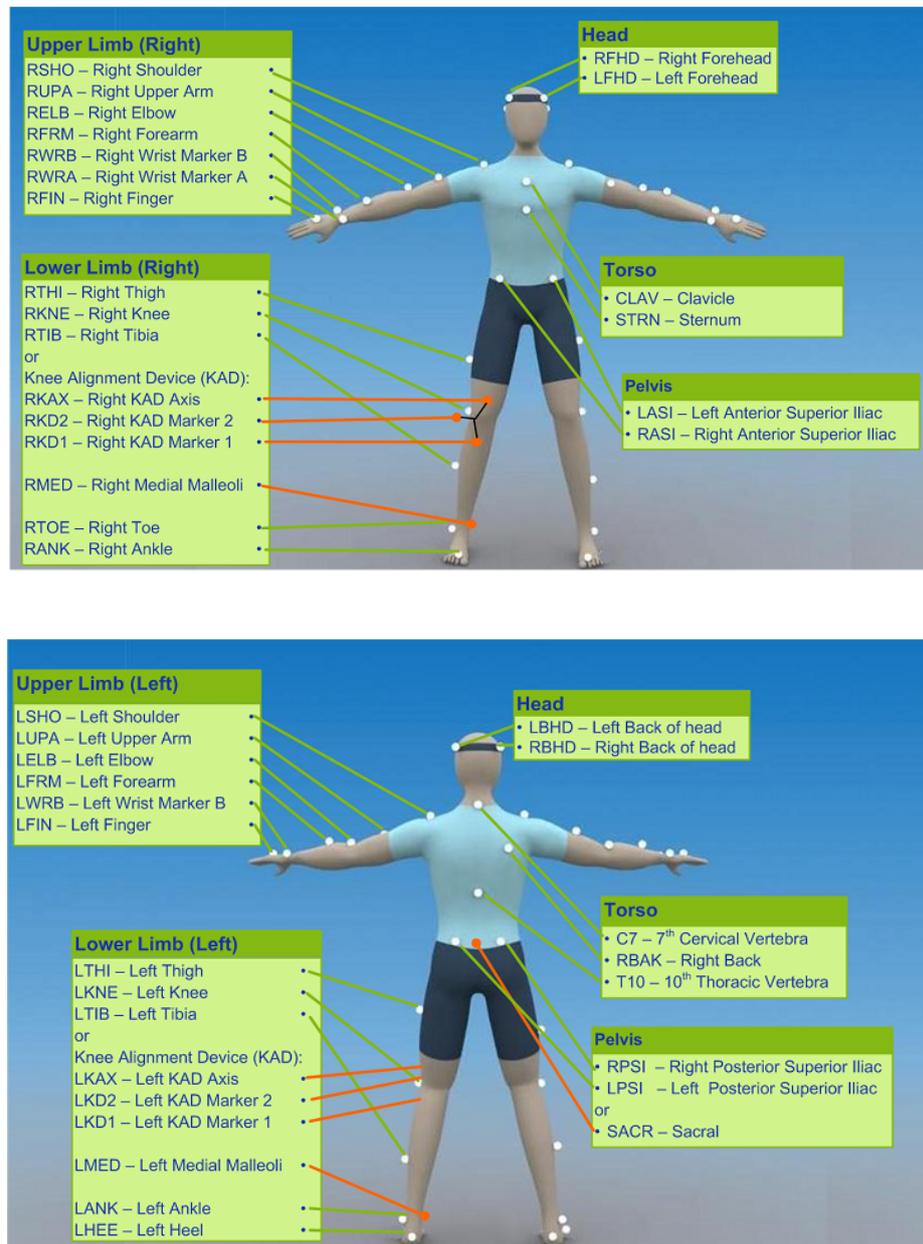


Figura 9 - Pannel superior: Marcadores reflexivos na vista frontal. Pannel Inferior: Marcadores reflexivos na vista posterior.

As medidas antropométricas utilizadas como dados de entrada para a construção do modelo são: massa corporal, estatura, comprimento do membro inferior, diâmetro do ombro,

diâmetro do cotovelo, diâmetro do punho, largura da mão, diâmetro do joelho e diâmetro do tornozelo. Após a reconstrução dos dados da captura dinâmica, o sistema fornece uma matriz de 132 colunas, três para cada ponto de referência, sendo a primeira o deslocamento no eixo x, a segunda no eixo y e a terceira ao eixo z de cada ponto.

Para posterior reconstrução das coordenadas foi utilizado o *software Nexus 1,8*.

Foram analisadas 10 passadas para a intensidade de $10,0 \text{ km.h}^{-1}$ nas inclinações 0% e 7%. A partir do quarto minuto do teste. Os dados biomecânicos foram calculados conforme Tartaruga *et al.* (2012).

A definição e o cálculo das variáveis cinemáticas da técnica de corrida foram desenvolvidas conforme o descrito a seguir:

Tempo de passada (TP)

Definição: tempo entre sucessivos contatos do mesmo pé com o solo (s) (CAVANAGH e KRAM, 1989).

Tempo de suporte (TC)

Definição: tempo de contato de um dos pés com o solo durante o ciclo de passada, em milisegundos (WANK *et al.*, 1998).

Tempo de Voo (TVoo)

Definição: tempo em que nenhum dos pés está em contato com o solo (s) (WANK *et al.*, 1998).

Comprimento de passada (CP)

Definição: distância percorrida entre sucessivos contatos do mesmo pé com o solo (m) (HAUSSWIRTH *et al.*, 1997).

Frequência de passada (FP)

Definição: número de passadas por segundo (BUS, 2003).

Calculo: produto da divisão da velocidade de corrida (m.s^{-1}) pelo comprimento de passada (m).

3.6 Determinação das variáveis metabólicas

Em todos os testes foram seguidas as orientações do manual, com a realização do aquecimento das células de gases por, no mínimo, uma hora antes da coleta. A calibração dos gases foi realizada no modo automático. Os dados coletados foram transmitidos via cabo USB para um notebook com a utilização do software Breeze Suit, versão 6.4 (*Medgraphics Cardiorespiratory*, St. Paul, MN, USA).

3.7 Procedimentos Estatísticos

Foi adotada a estatística descritiva para apresentação dos resultados por meio de médias e desvios-padrão. Foi utilizado o teste de normalidade de Shapiro Wilk ($n < 50$ sujeitos). Para o teste de Correlação Linear Produto-Momento de Pearson. Para as variáveis que não apresentaram normalidade foi usado o teste de Correlação de Spearman. As variáveis que apresentaram $r \geq 0,56$ e $p < 0,05$ foram usadas no modelo de Regressão Linear Múltipla.

Para a obtenção do modelo que ajude a explicar o DESP e o DESI, foi aplicado o teste de Regressão Linear Múltipla, entre a variáveis DESP e os quatro grupos de variáveis (antropométricos, neuromusculares, biomecânicos e fisiológicos) e respectivamente com a variável DESI. O índice de significância adotado em todos os testes estatísticos foi de $\alpha < 0,05$. Os testes estatísticos foram realizados no software SPSS versão 20.0 (IBM, Chicago, EUA).

1. Modelo antropométrico: massa corporal (kg), estatura (cm), percentual de gordura (% G), IMC (kg/m^2) e comprimento de membro inferior direito - CMID (cm).
2. Modelo neuromuscular: 1RM (kg) e força relativa (1RM/PC).
3. Modelo biomecânico: tempo de passada (TP), tempo de contato (TC), comprimento de passada (CP), frequência de passada (FP) e tempo de voo (T_{voo}) em inclinações de 0% e 7%.
4. Modelo fisiológico: $\text{VO}_{2\text{máx}}$, $v\text{VO}_{2\text{máx}}$, velopico, 1LV, 2LV, FC no 1LV, FC no 2LV, $v1\text{LV}$, $v2\text{LV}$, FC na velocidade de $10,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ em inclinações de 0% e 7%.

Para a obtenção do modelo que busque explicar a ECO, do ponto de vista biomecânico, foi aplicado o teste de Regressão Linear Múltipla, entre a variáveis ECO em 0% e 7% e os dois grupos de variáveis (neuromusculares e biomecânicos). O índice de

significância que foi adotado em todos os testes estatísticos foi de $\alpha < 0,05$. Os testes estatísticos foram com as variáveis que apresentaram $r \geq 0,11$.

4 - RESULTADOS

Dos 20 corredores de longa distância convidados a participar do estudo, seis desistiram por problemas pessoais. Outros seis foram convidados, totalizando 20 corredores novamente.

Tabela 1 – Caracterização da amostra: médias e desvios de variabilidade (desvio padrão da média (DP), valores mínimos e máximos) das variáveis idade, massa corporal, estatura, percentual de gordura, IMC, comprimento da perna direita (CMID) e o TD de 5.000 m de 20 corredores de longa distância.

Variáveis	Média	DP	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	26,3	± 6,7	19,0	44,0
Massa corporal (kg)	74,1	± 9,2	55,8	97,7
Estatura (m)	1,75	± 0,05	1,58	1,81
Percentual de gordura corporal (%G)	8,0	± 2,8	3,8	12,6
IMC (kg/m ²)	24,0	± 2,1	21,1	29,8
Comprimento de perna (cm)	92,9	± 2,8	89	98
Tempo de desempenho em 5.000 m em pista (segundos)	1313	± 153	999	1636

Na tabela 2 são apresentadas, as variáveis dependentes, os resultados dos desempenhos plano horizontal e plano inclinado na forma de tempo médio e velocidade média.

Tabela 2 - Desempenhos plano horizontal (DESP) e desempenho no plano inclinado (DESI) em segundos (média, DP, mínimo e máximo), velocidade média em km.h⁻¹ para distância de 5.000 m.

Variável	Média	DP	Mínimo	Máximo	Velocidade km.h ⁻¹
DESP	1313	153	999	1636	13,70
DESI	1504	154	1199	1755	11,96

Na tabela 3 são apresentados os resultados das variáveis neuromusculares no teste de 1RM.

Tabela 3 – Resultados dos testes para as variáveis neuromusculares 1RM e Frelativa.

Variável	Média	DP	Mínimo	Máximo
1RM	231,1	64,7	120	335
Frelativa	3,09	0,6	1,6	4,0

Nota: 1RM em kg e Frelativa (1RM/massa corporal) também em kg.

Na tabela 4 são apresentados os resultados dos testes das variáveis biomecânicas do teste cinemático em 0% e 7% de inclinação na velocidade de 10 km.h⁻¹.

Tabela 4 – Resultados dos teste de economia horizontal e economia inclinado para as variáveis biomecânicas (TP, TC, CP, FP, e Tvo0).

Variáveis	Média (pl.)	DP	Média (inc.)	DP
Tempo de passada	,725	,03	,713	,03
Tempo de contato	,300	,02	,309	,01
Comprimento de passada	2,01	,09	1,97	,08
Frequência de passada	1,38	,06	1,40	,06
Tempo de Voo	,062	,02	,047	,02

Nota: TP, TC e Tvo0 em segundos, CP em m e FP em Hz. pl. – plano horizontal; inc. – plano inclinado.

Na tabela 5 são apresentados os resultados dos testes de esforço máximo horizontal e máximo inclinado de para as variáveis fisiológicas

Tabela 5 – Resultado do teste das variáveis fisiológicas ($VO_{2\text{máx}}$, $vVO_{2\text{máx}}$, *velopico*, % de $VO_{2\text{máx}}$, $v1LV$ e $v2LV$, $FC1LV$ e $FC2LV$) do teste de esforço máximo horizontal e máximo inclinado.

Variável	Média (pl.)	DP	Média (inc.)	DP
$VO_{2\text{máx}}$	50,0	6,4	50,8	6,0
$vVO_{2\text{máx}}$	18,3	1,1	14,5	0,8
<i>velopico</i>	18,6	1,2	14,8	0,8
1LV (% VO_2)	30,4	7,6	29,0	6,4
$v1LV$	11,1	2,0	8,2	0,9
$FC1LV$	145,0	20,0	135,0	19,0
2LV (% VO_2)	45,4	7,1	45,5	6,0
$v2LV$	15,8	1,5	12,4	1,0
$FC2LV$	178,0	13,0	175,0	12,0

Nota: $VO_{2\text{máx}}$ em $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, $vVO_{2\text{máx}}$, *velopico*, $v1LV$, $v2LV$ em km.h^{-1} , $FC1LV$, $FC2LV$ em batimentos por minuto. Variáveis com $p < 0,05$. pl. – plano horizontal; inc. – plano inclinado.

No apêndice G estão as tabelas de normalidade de todos os resultados; tabelas 18-24.

Na tabela 6 os testes de correlação entre as variáveis antropométricas, que apresentaram distribuição normal e as variáveis DESP e DESI respectivamente.

Tabela 6 – Correlação entre o DESP e DESI *versus* variáveis antropométricas [massa corporal, estatura, % de gordura (% G), índice de massa corporal (IMC) e comprimento de membro inferior direito (CMID)].

Variável	DESP		DESI	
	r	p	r	p
Massa corporal	-,032	,892	-,089	,708
Estatura	-,088	,711	-,054	,820
% G	,086	,718	-,028	,907
IMC	-,029	,972	-,078	,745
CMID	,008	,902	-,003	,989

Nota: coeficiente de correlação de correlação linear (r). Variáveis com $p < 0,05$ (*) com $r \geq$

0,56 usadas na equação de regressão linear simples. DESP – desempenho no plano horizontal; DESI – desempenho no plano inclinado.

Na tabela 7 os testes de correlação entre as variáveis neuromusculares, que apresentaram distribuição normal e as variáveis DESP e DESI respectivamente.

Tabela 7 – Correlação entre o DESP e DESI e as variáveis neuromusculares (RM e Frelativa).

Variável	DESP		DESI	
	r	p	r	p
RM (kg)	-,334	,150	-,180	,448
Frelativa	-,424	,062	-,194	,413

Nota: coeficiente de correlação de correlação linear (r). Variáveis com $p < 0,05$ (*) com $r \geq 0,56$ usadas na equação de regressão linear simples. DESP – desempenho no plano horizontal; DESI – desempenho no plano inclinado.

Na tabela 8 os testes de correlação entre as variáveis biomecânicas que apresentaram distribuição normal e as variáveis DESP e DESI respectivamente.

Tabela 8 - Correlação entre DESP e DESI as variáveis biomecânicas (FP, CP, TP, TC e T_{voo}).

Variável	DESP		DESI	
	r	p	r	p
FP	-,527	,017	-,430	,058
CP	,500	,025	,410	,073
TP	,503	,024	,406	,076
TC	,270	,249	,034	,886
TV _{oo}	,129	,588	,066	,783

Nota: coeficiente de correlação de correlação linear (r). Variáveis com $p < 0,05$ (*) com $r \geq 0,56$ usadas na equação de regressão linear simples. DESP – desempenho no plano horizontal; DESI –

desempenho no plano inclinado.

Nas tabelas 9 os testes de correlação entre as variáveis fisiológicas, que apresentaram distribuição normal e as variáveis DESP e DESI respectivamente.

Tabela 9 - Correlação entre o DESP e DESI com as variáveis fisiológicas ($VO_{2máx}$, $vVO_{2máx}$, velopico, 1LV (% do $VO_{2máx}$), $v1LV$, FC1LV, 2LV (% do $VO_{2máx}$), $v2LV$, FC2LV)).

Variável	DESP		DESI	
	r	p	r	p
$VO_{2máx}$	-,460	,041	-,581	,007*
$vVO_{2máx}$	-,744	,000*	-,560	,011*
velopico	-,652	,001*	,582	,007*
1LV (% VO_2)	-,692	,001*	-,147	,535
$v1LV$	-,569	,009*	-,131	,582
FC 1LV	-,059	,806	,091	,702
2LV (% VO_2)	-,649	,002*	,769	,006*
$v2LV$,359	,001	-,534	,015
FC2LV	,336	,148	,363	,116
ECOPL	-,002	,993	-,281	,231
FCECOPL	,771	,001*	,768	,000*

Nota: coeficiente de correlação de correlação linear (r). Variáveis com $p < 0,05$ (*) com $r \geq 0,56$ usadas na equação de regressão linear múltipla.

Tabela 10 – Correlação de Spearman para as variáveis não paramétricas 1LVINC e $v1LVINC$.

Variável	Média	DP	r	p
----------	-------	----	---	---

1LVINC (VO ₂)	29,0	± 6,4	-,188	,427
v1LVINC	8,2	± 0,9	-,136	,568

Nas tabelas 11 e 12 os testes de regressão linear múltipla entre as variáveis fisiológicas, que apresentaram correlação ($r \geq 0,56$) e as variáveis DESP e DESI respectivamente.

Tabela 11 – Análise de Regressão Linear Múltipla (método enter) entre as variáveis do modelo fisiológico (vVO_{2máx}, 1LV, 2LV e FCECOPL) e a variável DESP.

Variáveis fisiológicas	Coefficientes ajustados	Relação %
vVO _{2máx}	56,83	85,50
1LV	4,93	7,42
FCECOPL	4,60	6,92
2LV	,046	0,07
Total	---	100,0

Tabela 12 – Análise de Regressão Linear Múltipla (método enter) entre as variáveis do modelo fisiológico (vVO_{2máx}, v2LV e FCECOINC) e a variável DESI.

Variáveis fisiológicas	Coefficientes ajustados	Relação %
vVO _{2máx} INC	34,61	72,30
2LVINC	7,99	16,70
FCECOINC	5,27	11,00
Total	----	100,0

Tabela 13 – Diferenças entre os testes em 0 % e 7 % de inclinação. Variáveis VO_{2máx}, vVO_{2máx}, 1LV, 2LV, v1LV, 2LV e velopico.

Variável	Plano	DP	Inclinado	DP
VO _{2máx} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	50,0	± 6,4	50,8	± 6,0

vVO _{2máx} (km.h ⁻¹)	18,0	± 0,4	14,0	± 0,6
v2LV (km.h ⁻¹)	15,8	± 1,6	12,4	±1,0
v1LV (km.h ⁻¹)	9,7	± 1,9	8,2	± 0,9
2LV (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	45,4	± 7,1	45,5	± 6,0
1LV (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	30,4	± 7,6	29,0	± 6,4
velopico (km.h ⁻¹)	18,6	± 1,2	14,8	± 0,8

As correlações bivariadas entre ECOPL e ECOINC com as variáveis neuromusculares e variáveis biomecânicas estão apresentadas na tabela 14.

Tabela 14 – Correlação entre a ECOPL e ECOINC com as variáveis neuromusculares (RM e Frelativa) e variáveis biomecânicas (FP, CP, TP, TC e Tvoo).

Variável	r	p	r	p
1RM	-,105	,658	,054	,820
Frelativa	-,018	,939*	-,068	,776
FP	,003	,991	,260	,269*
CP	,011	,963*	-,264	,260*
TP	,013	,658*	-,269	,251*
TC	-,103	,666	,010	,966
TVoo	,148	,533*	,141	,552*

Nota: Variáveis com $p < 0,05$ (*), com $r \geq 0,11$ usadas na equação de regressão linear múltipla.

Nas tabelas 15 e 16 estão os resultados dos modelos de regressão linear múltipla da ECO no plano inclinado e horizontal, respectivamente.

Tabela 15 – Análise de Regressão Linear Múltipla (método enter) entre as variáveis biomecânicas (FP, CP, TP e Tvoo) e a variável ECOINC.

Variável	Coefficientes ajustados	%
TP	1774,61	67,19
CP	365,25	13,82
FP	326,95	12,37
Tvoo	174,73	6,62
Total	-----	100,00

Tanto na situação de plano horizontal (ECOPL) quanto inclinado (ECOINC), a ECO é determinada principalmente pela variável TP, dentre as variáveis biomecânicas (Tabelas 23 e 24).

Tabela 16 – Análise de Regressão Linear Múltipla (método enter) entre as variáveis biomecânicas (CP, Tvoo e TP) e neuromuscular (Frelativa) e a variável ECOPL.

Variável	Coefficientes ajustados	%
TP	496,40	57,18
CP	184,84	21,29
Frelativa	139,0	16,02
TVoo	47,80	5,51
Total	-----	100,00

5 - DISCUSSÃO

O objetivo geral deste estudo foi investigar os fatores fisiológicas e biomecânicas preditores do desempenho da corrida de longa-distância realizada nos planos horizontal (0%) e inclinado (7%) e suas diferenças, em um grupo de corredores recreacionais. Para tal foi necessário dividir as variáveis em quatro modelos de desempenho: fisiológico, neuromuscular, biomecânico e antropométrico.

Constatou-se que o único modelo que apresentou associação significativa ($r \geq 0,56$) das suas variáveis, com o DESP foi o modelo fisiológico (Tabela 11). O coeficiente de determinação do modelo de regressão resultante foi de 80%, com um erro estimado de 67,4.

Para o DESI, o modelo fisiológico (Tabela 12) também foi o único que apresentou associação. O coeficiente de determinação do modelo de regressão resultante foi de 69%, com um erro estimado de 85,3. Somente duas variáveis não apresentaram distribuição não paramétricas (Tabela 10), para encontrar associação entre essas variáveis e o DESI foi usado o teste de correlação de Spearman.

O modelo fisiológico apresentou associações moderadas e fortes com as variáveis $vVO_{2máx}$, 1LV, 2LV e FCECOINC no DESP e apresentou associações moderadas com o DESI.

Também foi o único modelo que apresentou associações moderadas com as variáveis $vVO_{2máx}$, 2LVINC e FCECOINC no DESI.

Este resultado vai ao encontro de Bagada *et al.* (2010), que analisaram o desempenho de corredores de 3.000 m e as associações com as variáveis: ECO, $v2LV$, $VO_{2máx}$ e $vVO_{2máx}$. Os autores não encontraram associações do desempenho com as variáveis ECO e $VO_{2máx}$, mas encontraram forte associação com $v2LV$ ($r = 0,70$) e $vVO_{2máx}$ ($r = 0,71$), esta última semelhante ao resultado ($r = 0,74$). Mesmo sendo corredores de provas de distâncias diferentes, uma característica comum das duas distâncias é o uso de alto percentual do $VO_{2máx}$ durante a competição (3.000m que emprega 100% e os 5.000 m que emprega 85-95%), ambas praticadas acima do $v2LV$. Os autores creditam grande importância à $vVO_{2máx}$, pois segundo eles, essa variável expressa na mesma medida, as variáveis $VO_{2máx}$ e ECO. Daniels e Daniels (1991) sugerem que, quando a $vVO_{2máx}$ pode ser identificada, não há necessidades de testes de $VO_{2máx}$ ou de ECO com a finalidade de estabelecer intensidades de treinamento. E como é um reflexo do $VO_{2máx}$, ela pode ser sustentada entre 10 e 12 minutos. Nas suas devidas proporções, um atleta que tem o TD de 5.000 m em aproximadamente 15 minutos, realiza 80% da prova em $vVO_{2máx}$. Para os sujeitos deste estudo, cujo tempo médio foi 22 minutos,

pode-ser que esses indivíduos tenham realizado somente 50% do tempo em $vVO_{2m\acute{a}x}$.

Um aspecto importante sobre a variável $vVO_{2m\acute{a}x}$ é a forma como é determinada, duração do estágio, ela pode variar em até 12% dependendo do critério de escolha, Da Silva *et al.* (2015) citam quatro critérios diferentes (tempo de duração e aumento de velocidade); 1 $km.h^{-1}$ a cada 1 minuto, 0,8 $km.h^{-1}$ a cada 2 minutos, 1 $km.h^{-1}$ a cada 2 minutos, 1 $km.h^{-1}$ a cada 3'. No presente estudo, ela foi escolhida como a velocidade máxima que o corredor sustentou pelo estágio todo, no caso 1 $km.h^{-1}$ por 1 minuto.

Indo ao encontro de Straton *et al.* (2009) que usaram o critério de $vVO_{2m\acute{a}x}$ igual ao deste estudo, com indivíduos sedentários e ativos, esses autores investigaram a associação entre o TD de 5.000 m e a $vVO_{2m\acute{a}x}$, e acharam um $r = 0,89$ ($p < 0,01$).

Da mesma forma, a $vVO_{2m\acute{a}x}$ teve o maior coeficiente de predição com o DESI (72,30%), mostrando que, mesmo na inclinação, é a principal variável responsável pelo desempenho na prova de 5.000 m.

Os valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ encontrados neste estudo diferem do estudo de Paavolainen *et al.* (2000), devido ao nível dos atletas. Os corredores investigados nesses estudo são recreacionais versus nível nacional. Embora as velocidades atingidas no teste inclinado (7%) sejam próximas, é importante mencionar que os estágios do teste de Paavolainen *et al.* (2000) têm 18 minutos até a velocidade de 17,0 $km.h^{-1}$. Nenhum dos testes deste estudo durou mais de 14 minutos. Outro fator que pode ter contribuído para as velocidades serem próximas é o tamanho dos estágios de quatro e três minutos, com aumentos de 2 $km.h^{-1}$ a cada estágio até os 18 minutos de teste, depois os aumentos foram de 30 segundos e o aumento de 1 $km.h^{-1}$ de velocidade, nossos estágios eram de um minuto com aumento de 1 $km.h^{-1}$.

Conley e Krahenbuhl (1980) não encontraram a associação entre a velocidades de prova e o $VO_{2m\acute{a}x}$, diferente do que se encontrou neste nosso estudo $r = -0,46$. Talvez, a razão seja pela distância específica da prova (10.000 m versus 5.000 m) que as variáveis que regem o desempenho sejam diferente ou com percentagem de contribuição diferentes (maior contribuição do LV).

Paavolainen *et al.* (2000) encontraram valores cerca de 6,0% maiores na inclinação, e sugerem que esse aumento é devido a um aumento de massa muscular utilizada na inclinação. No presente estudo, somente 10 corredores alcançaram valores maiores no teste de $VO_{2m\acute{a}x}$ inclinado 7,0% (média de 4 $ml.kg.min^{-1}$), valor bem próximo do encontrado pelos autores. Em outro estudo (LAUENSTEIN *et al.*, 2013) os valores encontrados no teste máximo inclinado foram em média, 5% maiores, indo ao encontro do estudo de Paavolainen *et al.* (2000) e deste

estudo. Esse resultado, com menor valor, pode ter acontecido devido à sujeitos do estudo; 18 atletas da equipe Suíça de corrida de Orientação. Nesse caso, talvez a especificidade dos treinos de CPI positivo, tenha gerado adaptações específicas na musculatura requisitadas na CPI. Um destaque tem que ser feito, todos os testes de $VO_{2máx}$ desses estudos foram em 0% de inclinação.

No presente estudo, a velocidade sustentada durante os 5.000 m em plano reto ($\sim 14,0$ km.h⁻¹) foi inferior à velocidade de 2LV (15,8 km.h⁻¹). Essa diferença pode ser devida à inclinação da esteira dos testes que foi em 0%, diferente de outros estudos que os testes foram em 1% de inclinação (SOUZA *et al.*, 2011).

Straton *et al.* (2009) questionam o uso da ECO como preditor de desempenho nas distâncias de 3.000 m e 5.000 m, mas ressaltam que ela pode ser uma excelente ferramenta para distâncias maiores, e, além disso, sugerem que as associações são pobres em grupos heterogêneos de $VO_{2máx}$. A velocidade utilizada no teste de ECO estava muito abaixo do 2LV, mas em intensidades inferiores a 90% do 2LV, o que pode não ter refletido uma condição de ECO. Indo ao encontro de Straton *et al.* (2009), a velocidade da ECO foi baixa para se avaliar o DESP, pois, as velocidades de médias de $vVO_{2máx}$ e velopico estavam entre 8-11 km.h⁻¹ acima dela.

Na frequência cardíaca da FCECOPL e FCECOINC com os seus respectivos desempenhos (6,92 e 6,55%), a associação encontrada foi muito próximas, pois talvez, reflitam adaptações submáximas em nível cardiovascular moderado ($\sim 75\%$ da FC máxima).

O modelo biomecânico não apresentou associações com os dois desempenhos DESP e DESI, sugerindo que talvez as velocidades adotadas nas avaliações cinemáticas (10,0 km.h⁻¹) seja baixa, e, no teste plano, devido a velocidade ser muito abaixo do 2LV (14,7 km.h⁻¹ em média ou 63% da velocidade média de 2LV do grupo). Esses resultados são diferentes dos de Padulo *et al.* (2012) que mostraram alterações em ambos os grupos e, de, forma mais pronunciadas no grupo amador, talvez pelas velocidades usadas nas avaliações, em que, três dessas velocidades eram maiores do que a velocidade média de prova, e duas acima do 2LV do grupo amador (87% .da velocidade de 2LV).

No teste de economia inclinado, a velocidade de 10,0 kmh⁻¹, situou-se entre o 1LV foi 8,7 km.h⁻¹ e de 2LV 11,7 km⁻¹, mas dentro de uma faixa de velocidade abaixo da velocidade média do DESI (12,0 km.h⁻¹).

O estudo aqui realizado mostra associação moderada entre o 2LV e o DESP ($r = -0,64$) concordando Powers *et al.* (1983) que encontraram forte correlação entre o limiar ventilatório

e TD. Os resultados da ECO deste estudo são diferentes dos resultados de Powers *et al.* (1983) devido à heterogeneidade do grupo com DP de 100 segundos diferente e com seis segundos, e a inclinação da esteira nos testes máximos.

O modelo biomecânico não teve associações entre o DESP e DESI, indo de encontro ao estudo de Tartaruga *et al.* (2012) que encontraram associações significativas entre as variáveis cinemáticas e a velocidade de 15,8 km.h⁻¹, equivalente a 89% da v2LV (18,0 km.h⁻¹). Neste estudo não se obteve associações possivelmente devido às velocidades usadas nos testes de ECO (10,0 km.h⁻¹ em 0% e 7% de inclinação), que correspondem a 63% (15,8 km.h⁻¹) e 83% (12,4 km.h⁻¹) da v2LV nas inclinações de 0% e 7% respectivamente. Essas diferentes intensidades fisiológicas, e absolutas podem ser a causa das diferenças, pois neste estudo foram avaliados os atletas em zonas aeróbias de baixa intensidade (~75% da frequência cardíaca máxima).

Kyrolainen *et al.* (2003) ao buscarem associar FRS, CP, FP e ECO não encontraram associação entre as variáveis temporais e FRS, indicando que variáveis temporais não são boas preditoras de desempenho em corredores de fundo. Vernillo *et al.* (2016) num estudo analisando vários estudos sobre aclives ou declives, mostra que estudos que usaram a inclinação (5% e 8%) e velocidades próximas ao deste estudo (9,7 e 9,7 km.h⁻¹). Esses estudos encontraram resultados na variável tempo de contato semelhante ao deste estudo (300 m/s).

O modelo neuromuscular não apresentou correlação com os dois desempenhos DESP e DESI neste estudo. Guglielmo *et al.* (2005) tentando analisar a força máxima e a força relativa, no leg press, e suas relações com o VO_{2máx}, não encontraram associações significativas em relação às variáveis. Indo ao encontro dos achados de Guglielmo *et al.* (2005), neste estudo, foram encontrados valores semelhantes de força máxima (230,3 x 231,1 kg) e força relativa (3,66 x 3,09) é possível que as variáveis analisadas no presente estudo (1RM e Frelativa) não reflitam as adaptações do treinamento, de corrida. Storen, Helgerud e Hoff (2011) não encontraram associação entre variáveis relacionadas a ECO, entre elas as variáveis neuromusculares. O valor encontrado no teste foi próximo ao deste estudo (247,3 ± 52,7 kg), os autores mencionam que atletas fortes, necessariamente podem não exibir uma melhor ECO.

Também se corrobora o que dizem Dellagrama *et al.* (2015), que investigaram o desempenho da prova de 5.000 m e a relação com força de pernas no aparelho isocinético (nos extensores e flexores de joelho), em 60°.s⁻¹ e 240° s⁻¹ ou 240°s⁻¹ (W.kg⁻¹), que variáveis de força muscular não são boas preditoras de prova para distância de 5.000 m.

Devido à escassez de informações sobre o nível de força de corredores, nota-se a necessidade de mais estudos sobre o tema. Quando se analisam os resultados do ponto de vista de desempenho humano, somente um dos 20 corredores, não atingiu um nível muito bom de Frelativa (1,68 1RM/PC, a média do grupo ficou em 3,09 1RM/PC) segundo Morrow *et al.* (2014), o que indica bons níveis de força para o grupo de corredores, sugerindo um grupo muito homogêneo no aspecto neuromuscular.

Sobre o DESI e as variáveis do modelo neuromusculares não houve associações significativas do mesmo modo que no DESP. Ao se analisar a carga do teste 1RM, em nenhuma das duas variáveis se obteve associações significativas com os dois desempenhos avaliados.

Não foram encontradas associações entre o modelo antropométrico e a variável DESP, isso pode ter acontecido devido à amostra ser muito homogênea (variáveis estatura e CMID). Por exemplo, a estatura de 18 dos 20 corredores oscilaram numa faixa de 9 cm (173-181 cm) resultados semelhantes aos encontrados por Conley e Krahenbuhl (1980), em que os autores trabalharam com um grupo muito homogêneo (nas variáveis estatura, massa corporal, soma de dobras, $VO_{2\text{máx}}$ e TD).

Indo ao encontro de Cunningham (1983), nesse estudo não foram encontradas associações entre as variáveis antropométricas e o TD dos 5.000 m. Outra similaridade entre os estudos, foi o alcance dos valores de $VO_{2\text{máx}}$ que atingiram ~ 64% (39,6 a 60,2 ml.kg.min^{-1} neste estudo versus 50 a 78 ml.kg.min^{-1}) de variação, respectivamente. As mesmas considerações podem ser feitas a respeito da variável DESI.

No estudo de Dellagrama *et al.* (2015) foram encontradas associações significativas, entre massa magra e o TD, nos 5.000 m, sugerindo que esse aspecto pode ser importante para um melhor desempenho. No presente estudo, não foram encontradas associações significativas entre massa magra e TD nos 5.000 m, acreditamos que aspectos maturacionais (18,0 x 26,0 anos neste estudo) e o pouco tempo de prática (0,5 x 4,94 anos, neste estudo) possam ter influenciado o TD.

A regressão do modelo DESP gerou a seguinte equação:

$1878,29 - x_1. 56,837 - x_2. 4,937 + x_3. 0,046 + x_4. 4,602$, sendo $x_1 = vVO_{2\text{máx}}$, $x_2 = 1LV$, $x_3 = 2LV$, $x_4 = FCECOPL$.

A regressão do modelo DESI gerou a seguinte equação:

$1498,34 - x_1. 34,619 - x_2. 7,993 + x_3. 5,271$, sendo $x_1 = vVO_{2\text{máx}}$, $x_2 = 2LVINC$, $x_3 = FCECOINC$.

5.1 Quais os fatores do desempenho na corrida em plano inclinado?

De modo integrativo podemos observar que as variáveis fisiológicas foram as principais determinantes do desempenho, tanto na corrida no plano horizontal quanto no plano inclinado. Estes resultados confirmam e estendem os achados anteriores clássicos (CONLEY e KRAHENBUNHL, 1980) sobre os modelos fisiológicos de desempenho baseados no $VO_{2máx}$, na ECO e limiares metabólicos. Além disso, estes achados demonstram que as variáveis mecânicas, tanto espaciais (comprimento de passada), quanto temporais da corrida (e.g., frequência de passada, tempo de contato) não são determinantes do desempenho nas duas condições estudadas (0 e 7% de inclinação). Embora saiba-se que cada atleta apresenta uma relação particular entre comprimento e frequência de passada preferida (Cavanagh e Williams, 1982; Williams e Cavanagh, 1987), as variações destes parâmetros dentro das condições delimitadas neste estudo (velocidade fixa de 10 km.h^{-1} , 0 e 7% de inclinação do terreno) não foram suficientes para tornarem-se determinantes do desempenho. Adicionalmente, é evidente que o perfil antropométrico e a força dinâmica máxima de membros inferiores não foram bons preditores do desempenho da CPI.

Do ponto de vista energético integrativo, esperávamos que a CPI oferecesse uma situação onde a diminuição das variações de energia cinética (menor velocidade de deslocamento durante o teste de esforço máximo e de desempenho) e o aumento das oscilações de energia potencial gravitacional (MINETTI *et al.*, 1994), permitiriam que sujeitos mais treinados em força máxima obtivessem melhores desempenhos no plano inclinado. Os presentes achados não suportam esta afirmação. Mais estudos com intervenções de treinamento de força podem testar de modo mais controlado este fator.

Embora o modelo biomecânico tenha se mostrado insatisfatório, a variável que mais se correlacionou com a ECO foi o TP, o que corrobora com um achado recente de Dewolf, Peñailillo; Willems (2016) onde encontram que no aclave a geração de potencia muscular é minimizada pela estratégia de diminuição do tempo de passo.

O modelo fisiológico apresentou um coeficiente de determinação de 80% com o DESP, e a variável mais importante foi a $vVO_{2máx}$ (85%) Tabela 11. Esse valor pode sugerir que as variáveis ECO e a $VO_{2máx}$ estejam integradas nesse índice como sugerem alguns autores (DANIELS, 1992; BAGADA *et al.*, 2010). Além disso, é importante destacar que o $VO_{2máx}$, provavelmente em função dos seus fatores limitantes (centrais), nem sempre se modifica com o treinamento ou destreinamento (BASSET e HOWLEY, 2000; DANIELS e DANIELS, 1992) e, embora nessas condições, possam ter existido adaptações funcionais e

periféricas, conseqüentemente, mudanças de desempenho (DENADAI, 1999).

O modelo fisiológico apresentou um coeficiente de determinação de 67% com o DESI, e a variável $vVO_{2máx}$ teve maior poder preditivo nesse modelo, assim como no modelo DESP (72,30%), conforme a Tabela 12, sendo assim a mais importante desse desempenho. E talvez os fatores responsáveis pelo uso de maior massa muscular recrutados para superar a inclinação sejam responsáveis pelos nutrientes e trocas gasosas.

6 – CONCLUSÕES

As determinantes principais do desempenho de CPI são fisiológicas, nomeadamente, 2LV, $vVO_{2máx}$ e a FC durante o teste de ECO. Na CPH as determinantes foram 1LV, 2LV, $vVO_{2máx}$ e a FC durante o teste de ECO.

O modelo biomecânico, que consistia de variáveis espaço-temporais e o modelo antropométrico não foram preditores do desempenho da CPI. Os mesmos modelos também não foram significativos na condição de CPH.

7 – LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Existem algumas limitações que devem ser consideradas neste estudo. A velocidade relativamente baixa do teste de ECO usada neste estudo pode ter sido um fator que prejudicou as correlações e modelos de regressão usados. Por outro lado, a velocidade de 10 km.h⁻¹ possibilitou a aplicação destes modelos em condições predominantes aeróbicas. As variáveis biomecânicas usadas no presente estudo embora bastante utilizadas na literatura, foram restritas às espaço-temporais, obviamente uma análise envolvendo aspectos cinéticos e eletromiográficos poderão no futuro oferecer uma mais completa análise da mecânica de corrida em inclinações.

8 - SUGESTÃO E APLICAÇÕES PRÁTICAS

O alto poder preditivo da $vVO_{2m\acute{a}x}$, sugere para atletas e treinadores uma maior atenção a esta variável fisiológica e seu aumento para um melhor desempenho para a prova de 5.000 m, tanto em plano horizontal quanto plano inclinado.

Quando o objetivo da avaliação for prescrever intensidades de treinamento, a determinação dessa variável pode ser usada como bom índice, como possibilidade alternativa aos testes de $VO_{2m\acute{a}x}$ com a vantagem de custos mais baixos para o atleta e o treinador.

O presente estudo oferece um cenário para novos estudos com manipulações dos seguintes aspectos: corrida com e sem fadiga; estudos que analisem, componentes excêntricos ou concêntricos de força (nos declives e aclives, respectivamente).

8 - REFERÊNCIAS

AAGAARD, J. e ANDERSEN, J. L. Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, 20 (S2): p. 39-47, 2010.

ATKINSON, G et al. Acceptability of power variation during a simulated hilly time trial. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 2, p. 157-163, 2007.

BAGADA, J. A. et al., Longitudinal study in 3.000 m male runners: relationship between performance and selected physiological parameters. **Journal of Sports Science and Medicine**, 9, p. 439-444, 2010.

BANGSBO, J. e LARSEN, H. B. **Running & Science**. Institute of Exercise and Sport Science, Training principles in distance running, p. 123-124, 2000.

BARNES, K. R. et al., Effect of different uphill interval-training programs on running economy and performance. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 8: p. 639-647, 2013.

BARNES, K. R. e KILDING, A. E. Running economy: measurement, norms, and determining factors. **Sports Medicine**, 1: 8, 2015.

BASSET, D. R. e HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, n.1: p. 70-84, 2000.

BERRYMAN, N., MAUREL, D. e BOSQUET, L. Effect of plyometric vs. dynamic weight training on the energy cost of running. **Journal of Strength Conditioning Research**, 24(7): p. 1818-1825, 2010.

BERTUZZI, R. et al., Bioenergetics and neuromuscular determinants of the time to exhaustion at velocity corresponding to VO_{2max} in recreational long-distance runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 8: p. 2096-2102, 2012.

BOMPA, T. O. e HAFF, G. G.. **Periodização: teoria e metodologia do treinamento**. Ed. Phorte, São Paulo, SP, cap. 10, 2012.

BROWN, L. E. e WEIR, J. P. A. procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. **JEPonline**, 4(3), p. 1-21, 2001.

CAVANAGH, P. R. e WILLIAMS, K. R. The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.14, n.1: p. 0-35, 1982.

CAVANAGH, P. R. e KRAM, R. Stride length in distance running: velocity, body dimensions, and added mass effects. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 21, n.4. Aug, p. 467-479, 1989.

CHANG, Y.-H., KRAM, R. Metabolic cost of generating horizontal forces during human running. **Journal of Applied Physiology**, 86(5): p. 1567-1662, 1999.

CHAN-ROPER, M. et al., Kinematics changes during a marathon for fast and slow runners. **Journal of Sports Science and Medicine**, n.11: 77-82, 2012.

CONLEY, D. L. e KRAHENBUHL, G. S. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports in Exercise**, n. 12: p. 357-360, 1980.

CONLEY, D. L. et al., Training for aerobic capacity and running economy. **The Physician and Sports Medicine**, v. 9, n. 4, p. 107-115, 1981.

COYLE, E. F. et al., Determinants of endurance in well-trained cyclists. **Journal of Applied Physiology**, 64(6): p. 2622-2630, 1988.

CUNNINGHAM, L. N. Relationship of running economy, ventilatory and maximal oxygen consumption to running performance in high school females. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.61, n. 4, p. 369-374, 1990.

DANIELS, J. et al., Differences and changes in VO₂ among young runners 10 to 78 years of age. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.10, n.3, Fall, p. 200-203, 1978.

DANIELS, J. e DANIELS, N. Running economy of elite male and elite female runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.24, n.4: p. 483-489, 1992.

DA SILVA, D. F. et al., $v\dot{V}O_{2max}$ versus V_{peak} , what is the best predictor of running performances in middle-aged recreationally-trained runners? **Science & Sports**, 30(4); p. 85-92, 2015.

DELLAGRAMA, R. A. et al., Physiological, anthropometric, strength, and muscle power characteristics correlates with running performance in Young runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 29(6): p. 1584-1591, 2015.

DENADAI, B. S. Aspectos fisiológicos relacionados com a economia de movimento. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v.1, n.3, p. 59-73, 1996^a.

DENADAI, B. S. Fatores fisiológicos associados com o desempenho em exercícios de média e longa duração. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v.1, n.4: p. 82-91, 1996^b.

DENADAI, B. S. **Índices fisiológicos de avaliação aeróbia: conceitos e aplicações**. Ribeirão Preto, BSD, 1999.

DENADAI, B.S., ORTIZ, M. J. e MELLO, M. T. Índices fisiológicos associados com a “performance” aeróbia em corredores de “endurance”: efeitos da duração da prova. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.10, n. 5, set/out, 2004.

DEWOLF, A. H., PEÑAILILLO, L. E., WILLEMS, P. A. The rebound of the body during uphill and downhill running at different speeds. **Journal of Experimental Biology**, 219, p. P. 2276-2288, 2016.

DICK, R. W. e CAVANAGH, P. R. A comparison of ground reaction forces (GRF) during level and downhill running at similar speeds. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 19: S12, 1987.

Entrenamiento de La Fuerza. In; **Entrenadores de Nivel II Del SFCE**. IAAF, mayo, n.1, p. 1-3, 2002.

FARLEY, C. T. e MACMAHON, T. A. Energetics of walking and running: insights from simulated reduced gravity experiments. **Journal of Applied Physiology**, 73(6): 2709-2712, 1992.

FARREL, P. A. et al., Plasma lactate accumulation and distance running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.11 n. 4: p. 338-344, 1979.

FERLEY, D. D., OSBORN, R.W., VUKOVICH, M. D. The effects of incline and level-grade high-intensity interval treadmill training on running economy and muscle power in well-trained distance runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 28(5): p. 1298-1309, 2014.

FOSS, M. L. e KETEVIAN, S. J. **Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte**. Editora Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro, RJ, 39, 2000.

GONZALEZ BADILLO, J. J.. **Fundamentos do treinamento de força: aplicação ao alto rendimento desportivo**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

GOTTSCHALL, J. S. e KRAM, R. Ground reaction forces during downhill and uphill running. **Journal of Biomechanics**, 38: p. 445-452, 2005.

GOSZTYLA, A. E. The impact of diferents pacing strategies on five-kilometer running five trial performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p.882-886, 2006.

GUGLIELMO, L. G. A. et al., Relação da potência aeróbica máxima e da força muscular com à economia de corrida em atletas de endurance. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.11, n.1, jan/fev, 2005.

GUGLIELMO, L. G. A. et al., Effects of strength training on running economy. **International Journal of Sports Medicine**, 30: 27-32, 2009.

HAGBERG, J. M. e COYLE, E. F. Physiologic comparison of competitive racewalking and running. **International Journal of Sports Medicine**, v.5, n. 2: p. 74-77, 1984.

HAUSSWIRTH, C. A., BIGARD, A. X. e GUEEZENNEC, C. Y. Relationship between running mechanics and energy cost of running at the end of a triathlon and a marathon. **International Journal of Sports Medicine**, v. 18, n. 5, jul, p. 330-339, 1997.

HAWLEY, J. A. **Handbook of sports medicine and science, running**. Victória, Austrália: John Wiley & Sons, cap. 4, 2000.

HEISE, G. D. e MARTIN, P. E. Are variations in running economy in humans associated with reaction force characteristics. **European Journal Applied Physiology**, 84: p. 438-442, 2001.

JACKSON, A. S. e POLLOCK, M L. Generalized equations for predicting body density of men. **The British Journal of Nutrition**, v.40, n.3: p. 497-504, 1978.

JONES, A. The physiology of the world record holder for the women's marathon. **International Journal of Sports Science e Coaching**, v.1, n. 2, p.100-126, 2006.

JOHNSTON, R. E. et al., Improving running economy through strength training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.17; n.4: p. 7-13, 1995.

JOHNSTON, R. E. et al., Strength training in female distance runners: impact on running economy. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.11: p. 224-229, 1997.

KELLY, C. M., BURNETT, A. F., NEWTON, M. J. The effect of strength training on three- kilometer performance in recreational women endurance runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 2: p. 396-403, 2008.

KRUEL, L. F. et al., Influência antropométrica na economia de corrida e no comprimento de passada em corredoras de rendimento. **Motriz** (Rio Claro), v. 13, p. 1-6, 2007.

KYROLAINEN, H. et al., Interrelationships between muscle structure, muscle strength, and running economy. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 35, n.1: p. 45-49, 2003.

LAUENSTEIN, S. et al., Difference in horizontal vs. uphill running performance in male and female swiss world-class orienteers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.27, n. 11, p. 2952-2958, 2013.

LUCIA, A. et al., Frequency of the VO_{2max} . plateau phenomenon in world-class cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, n.12: p. 984-992, 2006.

MEDEIROS, R. S. et al., Qual o percentual da vVO_{2max} máxima do T5 utilizada em uma prova de 5.000 m em corredores de elite amador. **Efdeportes**, ano 15, n. 145, 2010.

MINETTI, A. E. et al., Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. **Journal of Applied Physiology**, v.93: p. 1039-1046, 2002.

MINETTI, A. E., ARDIGO, L. P., SAIBENE, F. Mechanical determinants of the minimum energy cost of gradient running in humans. **Journal of Experimental Biology**, v.195: p. 211-225, 1994.

MORIN, J. B. et al., Effects of altered stride frequency and contact time on leg spring behavior in human running. **Journal of Biomechanics**, 40(15): p. 3341-3348, 2007.

MORROW, J. R. et al., **Medida e avaliação do desempenho humano**. Editora Artmed, Porto Alegre, p. 236, 2014.

NIGG, B. M., De BOER, R. W. e FISHER, V. A kinematic comparison of overground and treadmill running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.27, n.1, jan, p. 88-105, 1995.

ORTIZ, M. J. et al., Efeitos do treinamento aeróbio de alta intensidade sobre a economia de corrida em atletas de endurance. **Revista Brasileira de Ciência do Movimento**, v.11, n.3: p. 53-56, 2003.

PAAVOLAINEN, L. et al., Explosive-strength training improve 5-km running time by improving running economy in muscular power. **Journal of Applied Physiology**, 86: p. 1527-1533, 1999^a.

PAAVOLAINEN, L. et al., Neuromuscular characteristics and fatigue during 10km running. **International Journal of Sports Medicine**, 20: p. 1-6, 1999^b.

PAAVOLAINEN, L. NUMMELA, A. RUSKO, H. Muscle power factors and $VO_{2\text{máx}}$ as determinants of horizontal and uphill performance. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, 10: p. 286-291, 2000.

PADULO, J. et al., Kinematics of running at different slopes and speeds. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 26(5): p. 1331-1339, 2012.

PETROSKI, E. L. Desenvolvimento e validação de equações generalizadas para à estimativa da densidade corporal em adultos, **Tese de Doutorado**, Santa Maria, 1995.

PLATONOV, V. N. **Tratado Geral do Treinamento Desportivo**. Editora Phorte, Rio de Janeiro, RJ, p. 235, 2008.

POWERS, S. K. et al., Ventilatory Threshold, running economy and distance running performance of trained athletes. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.54, n. 2, p. 179-182, 1983.

POWERS, S. K. e HOWLEY, E. T. **Fisiologia do Exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. Editora Manole, Barueri, SP, p. 426, 2004.

PRINGLE, S. M. et al., Oxygen uptake kinetics during horizontal and uphill treadmill running in humans. **European Journal Applied Physiology**, 88: p.163-169, 2002.

RAMIREZ-CAMPILLO, R. et al., Effects of plyometric training on endurance and explosive strength performance in competitive middle- and long-distance runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 28(1): p. 97-104, 2014.

ROBERTS, T. J. Muscular force in running turkeys: the economy of minimizing work. **Science**, 21; 275 (5303): p. 113-115, 1997.

SALTIN, B. e ASTRAND, P. O. Maximal oxygen uptake in athletes. **Journal Applied Physiology**, v.23, n.3: p. 353-358, 1967.

SATO, K. e MOKHA, M. Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5.000-m performance in runners? **Journal of Strength and Conditioning Research**, 23(1): p. 133-140, 2009.

SAUNDERS, P. U., PYNE, D. B., TELFORD, R. D. Factors affecting running economy in trained distance runners. **Sports Medicine**, 31: p. 465-485, 2001.

SAUNDERS, P. U. et al., Feasibility and variability of running economy in elite distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.36, n.11: p. 1972-1976, 2004.

SHEPHARD, R. J. E ASTRAND, P. O. **Endurance in Sport**. Blackwell Science Editorial Offices, 1992, capítulo 53.

SHEPHARD, R. J. **Aerobic fitness & health**. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois, 1994.

SIRI, W. E. Body composition from fluids spaces and density: analysis of methods. In: **Techniques for measuring body composition**, Washington, DC, National Academy of Science and Natural Resource Council, 1961.

SOUZA, K. M. et al., Variáveis fisiológicas e neuromusculares associadas com a performance aeróbia em corredores de endurance: efeitos da distância da prova. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 17, n. 1: jan/fev, 2011.

STAAB, J. S. et al., Metabolic and performance responses to uphill and downhill running in distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 24, n. 1, p. 124-127, 1992.

STOREN, O., HELGERUD, J. e HOFF, J. Running stride peak forces inversely determine running economy in elite runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 25(1): p. 117-123, 2011.

STRATON, B. J. et al., Treadmill velocity best predicts 5.000 m run performance. **International Journal Sports Medicine**, 30: p. 40-45, 2009.

SVEDENHAG, J. e SJODIN, B. Body-mass-modified running economy and step length in elite male middle- and long-distance runners. **International Journal Sports Medicine**, v.15: p. 305-310, 1994.

SWANSON, S. C. e CALDWELL, G. E. An integrated biomechanical analysis of high speed incline and level treadmill running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, jun; 32(6): p. 1146-1155, 2000.

TARTARUGA, L. A. P. et al., Correlações entre economia de corrida e variáveis cinemáticas em corredores de alto nível. **Revista Brasileira de Biomecânica**. v.5, n.9: p. 51-58, 2004.

TARTARUGA, M. P. et al., The relationship between running economy and biomechanical variables in distance runners. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.83, n.3: p. 367-375, 2012.

THOMAS, Q. D. et al., Changes in running economy and mechanics during a submaximal 5-km run. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 9(3): p. 170-175, 1995.

THOMAS, D. Q., FERNHALL, B., GRANAT, H. Changes in running economy during 5-Km run in trained men and women runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.13, n.2: p. 162-167, 1999.

THOMPSON, K. G. **Pacing: individual strategies for optimal performance**, Editora Human Kinetics, p. 126-128, 2015.

TUCKER, R. et al., An analysis of pacing strategies during men's world-record performances in track athletics. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 1(3); p. 233-245, 2006.

TULLOH, B. The role of cross-country in the development of a runner. **New Studies Athletics**, 13: p. 9-11, 1998.

TURNER, A. M. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 17: p. 60-67, 2003.

VERNILLO, G. et al., Biomechanics and physiology of uphill and downhill running. **Sports Medicine**, Aug, p. 1-15, 2016.

WANK, V., FRICK, U. e SCHIMIDTBLEICHER, D. Kinematics and electromyography of lower limb muscles in overground and treadmill running. **International Journal of Sports Medicine**, v. 19, n.7, Oct, p. 455-461, 1998.

WILLIAMS, K. e CAVANAGH, P. R. Relationship between distance running mechanics, running economy and performance. **Journal of Applied Physiology**, v.63, n.3, sep., p. 1236-1245, 1987.

WILMORE, J. H. e COSTILL, D. L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. Editora Manole, São Paulo, SP, 2ª edição, 2001.

www.blogrecorrido.com.br, consultado em agosto de 2016.

9 – APÊNDICES

9.1 APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, portador do documento de identidade número _____, concordo voluntariamente em participar da pesquisa "EFEITOS BIOMECÂNICOS E FISIOLÓGICOS DO TREINAMENTO DE CORRIDA EM PLANO INCLINADO". Declaro estar ciente que esta pesquisa será desenvolvida pelo estudante de Mestrado Onécimo Ubiratã Medina Melo, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Estou ciente de que todas as informações coletadas e registradas no decorrer deste trabalho serão utilizadas para a elaboração da dissertação do referido aluno anteriormente citado, e que todas as informações utilizadas deverão manter o sigilo dos indivíduos avaliados.

Este estudo terá por objetivo: avaliar se após um treinamento em plano inclinado (positivo e negativo), ocorrerão avaliações do meu desempenho de economia de corrida. Estou ciente que para a realização dessa pesquisa serei submetido aos seguintes testes e procedimentos:

Estão envolvidos riscos e desconfortos, tais como dor e cansaço muscular temporário. Poderão ocorrer alterações das variáveis analisadas durante a execução dos exercícios, porém, os riscos são mínimos, sendo os testes muito seguros. Serão realizados 8 testes, num total de 10 de coletas de dados, ao longo de 5 visitas. E poderei abandonar a pesquisa em qualquer fase, caso sinta necessidade ou desconforto para a realização dos testes e treinamentos.

- 2 testes de máximo esforço, em que terei de realizar contrações voluntárias máximas (1 RM) no aparelho de musculação pressão de pernas, em 5 tentativas até a mais alta carga que eu puder. Este teste visa avaliar minha força máxima, a qual está relacionada com minha força de membros inferiores.

- 2 testes de economia de corrida, em dois dias diferentes nos quais terei de correr seis minutos, com intervalos para descanso na mesma velocidade, mas em três inclinações diferentes. Este teste visa avaliar a minha economia de corrida, a qual está relacionada com minha capacidade de realizar exercícios físicos de longa duração.

- 2 testes de desempenho em 5.000 m, um na pista de atletismo e o outro na avenida Salvador França, na calçada, junto com os demais voluntários da pesquisa.

Em todos os testes que envolvem medida de consumo de oxigênio terei de usar uma máscara que me forçará respirar predominantemente pela boca.

Também estou ciente que nos testes cinemáticos, eu terei de colocar alguns marcadores no meu corpo (pernas, articulações e tronco) que permitirão avaliar a atividade das minhas articulações e minha mecânica de corrida. Para isso, nos locais em que os marcadores serão colocados, será necessário realizar usar cola para fixa-los.

Ainda fui informado que em todos os testes serão gravados vídeos da minha corrida. Riscos: Estou ciente que haverá certo desconforto, que pode ser até estético caso eu tenha muitos pelos, por conta da necessidade raspar os locais de colocação dos eletrodos. Também estou ciente que a máscara que usarei nos testes que avaliam o consumo de oxigênio pode me causar algum desconforto por dificultar a respiração pelo nariz. Fui informado que (da mesma maneira quando eu faço um treino intenso ou participo de uma competição) há um pequeno risco de que eventos cardíacos ocorram durante os testes, especialmente no teste de esforço máximo. Mas todas as medidas que garantam minha segurança serão tomadas pelos pesquisadores, inclusive, durante o teste máximo (e apenas neste), a presença de um médico. Em contribuição para reduzir ao máximo meus riscos, me comprometo a relatar aos pesquisadores toda e qualquer condição de saúde, da qual eu tenha conhecimento, que possa representar um risco a minha saúde durante os testes.

Vantagens: Os principais resultados dos testes aos quais serei submetido me serão fornecidos e estou autorizado a utilizá-los como melhor me for conveniente, inclusive na prescrição dos meus treinos.

Assim sendo, eu, por meio desta, autorizo Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga, Onécimo Ubiratã Medina Melo, bolsistas ou profissionais selecionados para realizar os procedimentos acima descritos e a mim explicados. * Eu estou ciente também que:

1. Os procedimentos expostos acima serão explicados para mim por Onécimo Ubiratã Medina Melo, algum bolsista ou assistente;

2. Eu entendo que Onécimo Ubiratã Medina Melo e/ou bolsistas irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a estes procedimentos;

3. Eu entendo que todos os dados relativos à minha pessoa irão ficar confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação escrita. Além disso, eu entendo que no momento da publicação, não será feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa;

4. Eu entendo que não há compensação monetária pela minha participação nesse estudo;

5. Eu entendo que no surgimento de uma lesão física resultante diretamente de minha participação, não será providenciada nenhuma compensação financeira;

6. Eu entendo que não terá nenhum médico presente durante a maior parte dos testes, exceto no teste de esforço máximo. Apesar disso, estará disponível no laboratório uma linha telefônica para a Assistência Médica de Emergência;

7. Eu entendo que eu posso fazer contato com o orientador do estudo Professor Doutor Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga, com o autor do estudo Onécimo Ubiratã Medina Melo ou qualquer bolsista ou assistente, para quaisquer problemas referentes à minha participação no estudo ou se eu sentir que há uma violação nos meus direitos. Telefone: (51) 33085820. Telefone do Comitê de Ética em Pesquisa/UFRGS: (51) 33083629.

Porto Alegre, _____ de _____ de _____.

Participante (sujeito):

Nome completo: _____

Assinatura do sujeito: _____

Assinatura do pesquisador: _____

CONSENTIMENTO PARA FOTOGRAFIAS E VÍDEOS

Eu, _____ permito que os pesquisadores obtenham fotografias e vídeos para fins de pesquisa. Eu concordo que o material obtido possa ser publicado em aulas, congressos, palestras ou periódicos científicos. Porém, eu não devo ser identificado por nome em qualquer uma das vias de publicação ou uso.

As fotografias e vídeos ficarão em propriedade e guarda dos pesquisadores do GPAT/Locomotion, sob orientação do Prof Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga e do aluno de mestrado Onécimo Ubiratã Medina Melo.

Assinatura: _____ Data: _____

9.2 APÊNDICE B

QUESTIONÁRIO DE SAÚDE

Nome: _____ Data: ___/___/___

Data de nascimento: ___/___/___ Idade: _____ anos

Telefone: _____ Celular: _____

Email: _____

ANAMNESE CLÍNICA: cite as doenças pessoais nos últimos 2 anos:

SISTEMA CARDIOVASCULAR:

Varizes nas pernas Ponte de safena Infarto do coração Pressão alta Arritmia outros _____

SISTEMA RESPIRATÓRIO: Rinite Otite Pneumonia de repetição Asma Sinusite Bronquite ou Enfisema

outros _____

SISTEMA ENDÓCRINO

Diabetes Colesterol aumentado Obesidade Tireoide Distúrbios hormonais Pouco apetite Perda de peso

SISTEMA MÚSCULO-ESQUELÉTICO

Dor na coluna Dor muscular Osteoporose Artrite Fraturas Hérnia de disco Dores articulares, especifique _____ Outros _____

Você possui alguma restrição à prática de Atividade Física? Sim Não

Você já foi submetido a algum tipo de alergia? Sim Não

Você utiliza algum tipo de medicamento? Sim Não

Você fuma? Sim Não

Está em dieta de para perder ou ganhar peso? Sim Não

Você tem apresentado algum dos sintomas abaixo durante o exercício?

Falta de ar Dor no peito Tontura Caimbras Tosse Palpitação outros _____

Você alguma vez teve restrição médica que impedisse de praticar Atividade Física?

() Não () Sim. Se positivo, qual o motivo? _____

_____.

Assinatura: _____

9.3 APÊNDICE C

QUESTIONÁRIO ATIVIDADE FÍSICA – Nº _____

Nome: _____

Sexo () Masculino () Feminino Celular _____

Email: _____ Idade: _____ anos

Há quantos anos você pratica corrida? _____

Qual o número de dias de treinos por semana **em média**, por semana? _____ dias

Qual seu volume semanal de corrida por semana, **MÉDIO**? _____ km.

Qual o **maior volume semanal** que você fez para essa prova? _____ km.

Você tem treinador? () Não () Sim, há quanto tempo, _____

Você tem treinado regularmente corrida em subida ou descida? () não () sim, quantas vezes por semana? _____ vezes.

Qual dessas distâncias você já competiu antes? () 5km () 8km () 10km () 16km () 21,1km () 42,2km

Você já competiu em alguma outra modalidade esportiva além da corrida de fundo?

() não () sim, qual modalidade? _____

Qual seu melhor desempenho em prova de 5 km ou 10 km, no último ano? _____ min.

Você já fez algum teste físico de pista para avaliar a capacidade física? () não () sim, qual? _____

Você já correu em esteira antes? () sim () não

Você pratica musculação? () não () sim, há quanto tempo? _____ anos.

Você teve alguma lesão na preparação física, durante o ano de 2015. Que tenha causado interrupção nos treinamentos, no último ano? () Não () Sim, de quanto tempo _____ meses.

9.4 APÊNDICE D

DADOS IDENTIFICAÇÃO

Nome: _____

Fone: _____ Celular: _____ Idade: _____

Estatura corporal (m): _____ Massa corporal (kg): _____

CM esquerdo _____ CM direito _____

DADOS ANTROPÔMETRICOS

Perímetros (cm): Panturrilha Direita: _____ Esquerda : _____

Coxa Direita: _____ Esquerda : _____

Coxa Superior Dir.: _____ Superior Esquerda: _____

Circunferência (cm): Abdominal _____ Cintura: _____

Quadril: _____

Dobras Cutâneas (mm)

	1 ^a	2 ^a	3 ^a	Média
Bíceps				
Triceps				
Peitoral				
Subscapular				
Supra-ilíaca				
Abdominal				
Coxa				

9.5 APÊNDICE E

TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO E ECONOMIA DE CORRIDA

NOME: _____ Teste () Plano ()
Inclinado

FONE: _____ EMAIL: _____

PESO: _____ KG ALTURA: _____ m FC prevista: _____

FC repouso: _____ sentado. FC em pé: _____ FC máx. teste: _____

VO₂máx: _____ vVO₂máx. _____ tempo total _____

Veloc. tempo	FC	tem po	FC	te mpo	FC
10"		10"		10"	
20"		20"		20"	
30"		30"		30"	
40"		40"		40"	
50"		50"		50"	
60"		60"		60"	
10"		10"		10"	
20"		20"		20"	
30"		30"		30"	
40"		40"		40"	
50"		50"		50"	
60"		60"		60"	
10"		10"		10"	
20"		20"		20"	
30"		30"		30"	
40"		40"		40"	
50"		50"		50"	
60"		60"		60"	
10"		10"		10"	

20"		20"		20"	
30"		30"		30"	
40"		40"		40"	
50"		50"		50"	
60"		60"		60"	
10"		10"		10"	
20"		20"		20"	
30"		30"		30"	
40"		40"		40"	
50"		50"		50"	
60"		60"		60"	
10"		10"		10"	
20"		20"		20"	
30"		30"		30"	
40"		40"		40"	
50"		50"		50"	
60"		60"		60"	

9.6 APENDICE F

TABELA PARA COLETA DE DADOS DE ECONOMIA

ECO no plano 0%

Sujeito	VO ₂ médio	FC média	6'
FC (bpm)			
VO ₂ (
Veloc			

Eco no plano Inclinado 7%

	Repouso	4'	5'	6'
FC (bpm)				
VO ₂ (ml/kg/min.)				
Velocidad e km/h				

Eco no plano Inclinado -7%

	Repouso	4'	5'	6'
FC (bpm)				
VO ₂ (ml/kg/min.)				
Velocidade km/h				

9.7 APENDICE G

Tabelas dos testes de normalidade, 17 a 23.

Tabela 17 – Teste de normalidade (Shapiro-Wilk) para as variáveis antropométricas (peso, estatura, IMC e CMID).

Variável	gl	p
Massa corporal	20	,800
Estatura	20	,052
% G	20	,225
IMC	20	,182
CMID	20	,930

Nota: graus de liberdade (gl); índice de significância (p) de 0,05. Variável com distribuição não paramétrica (*).

Tabela 18 – Teste de normalidade (Shapiro-Wilk) para as variáveis neuromusculares (RM e Frelativa).

Variável	gl	p
RM	20	,247
Frelativa	20	,134

Nota: graus de liberdade (gl); índice de significância (p) de 0,05. Variável com distribuição não paramétrica (*).

Tabela 19 – Teste de normalidade (Shapiro-Wilk) para as variáveis biomecânicas (tempo de passada, tempo de contato, comprimento de passada, frequência de passada e tempo de voo, no teste horizontal).

Variáveis	gl	p
Tempo de passada	20	,364
Tempo de contato	20	,437
Comprimento de passada	20	,388
Frequência de passada	20	,446
Tempo de Voo	20	,940

Nota: graus de liberdade (gl); índice de significância (p) de 0,05. Variável com distribuição não paramétrica (*).

Tabela 20 – Teste de normalidade (Shapiro-Wilk) para as variáveis biomecânicas (tempo de passada, tempo de suporte, comprimento de passada, frequência de passada e tempo de voo no teste inclinado).

Variáveis	gl	p
Tempo de passada	20	,590
Tempo de contato	20	,754
Comprimento de passada	20	,535
Frequência de passada	20	,587
Tempo de voo	20	,066

Nota: graus de liberdade (gl); índice de significância (p) de 0,05. Variável com distribuição não paramétrica (*).

Tabela 21 – Teste de normalidade (Shapiro-Wilk) das variáveis fisiológicas ($VO_{2máx}$, $vVO_{2máx}$, velopico, % de $VO_{2máx}$, velocidade (1LV e 2LV), frequência cardíaca (1LV e 2LV) dos testes de máximo esforço no plano.

Variável	gl	p
$VO_{2máx}$	20	,481
$vVO_{2máx}$	20	,051
velopico	20	,225
1LV (% VO_2)	20	,394
v1LV	20	,104
FC1LV	20	,420
2LV (% VO_2)	20	,554
v2LV	20	,359
FC2LV	20	,680

Nota: graus de liberdade (gl); índice de significância (p) de 0,05. Variável com distribuição não paramétrica (*).

Tabela 22 – Teste de normalidade (Shapiro-Wilk) das variáveis fisiológicas ($VO_{2máx}$, $vVO_{2máx}$, pico de velocidade, % de $VO_{2máx}$, velocidade (1LV e 2LV), frequência cardíaca (1LV e 2LV) dos testes de máximo esforço no plano inclinado (7%).

Variável	gl	p
$VO_{2máx}$	20	,867
$vVO_{2máx}$	20	,056
velopico	20	,062
1LV (% VO_2)	20	,007*
v1LV	20	,015*
FC1LV	20	,522
2LV (% VO_2)	20	,769
v2LV	20	,053
FC2LV	20	,498

Nota: graus de liberdade (gl); índice de significância (p) de 0,05. Variável com distribuição não paramétrica (*).

Tabela 23 – Correlação de Spearman para as variáveis não paramétricas 1LVINC e v1LVINC.

Variável	Média	DP	r	p
1LVINC (VO_2)	29,0	± 6,4	-,188	,427
v1LVINC	8,2	± 0,9	-,136	,568