

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
CURSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA BACHARELADO

**O EFEITO DA VARIAÇÃO DA VELOCIDADE DE CORRIDA NOS PARÂMETROS
DO SISTEMA MASSA-MOLA E A REPERCUSSÃO NA ECONOMIA DE CORRIDA**

Leandro Zardo Padovani

Porto Alegre, 10 de julho de 2017

LEANDRO ZARDO PADOVANI

O EFEITO DA VARIAÇÃO DA VELOCIDADE DE CORRIDA NOS PARÂMETROS DO
SISTEMA MASSA-MOLA E A REPERCUSSÃO NA ECONOMIA DE CORRIDA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso
de graduação em Educação Física Bacharelado
da Escola de Educação Física, Fisioterapia e
Dança da Universidade Federal do Rio Grande
do Sul.

Orientador: Prof. Doutor Leonardo A. Peyré-
Tartaruga

Porto Alegre, 10 de julho de 2017

RESUMO

Introdução: O desempenho em corridas de média e longa duração está correlacionado com a habilidade do corpo otimizar, simultânea e associadamente, tanto a produção de energia aeróbia quanto os ajustes mecânicos que atendem à demanda da tarefa. Assim, se faz importante entender como as mudanças nos parâmetros do sistema massa-mola, provocadas pela variação da velocidade de corrida e por ajustes mecânicos, afetam a economia de corrida.

Objetivo: A proposta do estudo foi avaliar a repercussão das mudanças nos parâmetros do sistema massa-mola, especificamente na rigidez vertical do sistema (K_{vert}) e na rigidez do membro inferior (K_{leg}), decorrentes da variação da velocidade de corrida e dos ajustes nos parâmetros espaço-temporais, na economia de corrida (EC). **Métodos:** Treze corredores, homens ($27,3 \pm 4,4$ anos; massa corporal $73,2 \pm 9,3$ kg; estatura $179 \pm 8,9$ cm, tempo de prática de corrida $6,5 \pm 4,6$ anos; volume de treino semanal $47,6 \pm 18,7$ km; percentual de gordura $9,7 \pm 4,2\%$; consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) $64,1 \pm 5,7$ kg.ml⁻¹.min⁻¹ e quociente respiratório (RER) correspondente ao segundo limiar ventilatório (LV2) $0,98 \pm 0,08$) foram submetidos a testes de EC em dez diferentes categorias de velocidades: quatro baseadas na velocidade preferida (VP), uma baseada na velocidade correspondente ao LV2, outra na frequência de passo natural em torno de 170 passos.min⁻¹ (FP 170), e quatro velocidades fixas (7,5; 8,0; 10,0 e 14,2 km.h⁻¹). Uma câmera com frequência de amostragem de 120 Hz foi usada para registrar os dados espaço-temporais. As avaliações de gás metabólico foram realizadas em todos os testes e a EC foi representada pelo custo de transporte (CoT). Para o tratamento estatístico usou-se os Modelos Lineares Mistos Generalizados (GLMM) com nível de significância de 5%. **Resultados:** Não houve diferença estatística no CoT em função da variação da velocidade e as covariáveis estudadas: K_{leg} (velocidade: $F(9, 104)=0,477$; $p=0,887$; K_{leg} : $F(1, 104)=3,918$; $p=0,050$; interação velocidade x K_{leg} : $F(9, 104)=0,347$; $p=0,957$); K_{vert} (velocidade: $F(9, 92,910)=0,494$; $p=0,876$; K_{vert} : $F(1, 72,040)=0,432$; $p=0,513$; interação velocidade x K_{vert} : $F(9, 93,955)=0,204$; $p=0,993$); Razão CP/FP (velocidade: $F(9, 96,2)=0,253$; $p=0,985$; Razão CP/FP: $F(1, 103,537)=0,024$; $p=0,877$; interação velocidade x Razão CP/FP: $F(9, 96,754)=0,218$; $p=0,991$). **Conclusão:** O CoT se mostrou independente da velocidade e as covariáveis estudadas no presente estudo. Acredita-se que os parâmetros do sistema massa-mola se ajustaram para manter ou minimizar o gasto energético durante os testes.

Palavras-chave: custo de transporte; sistema massa-mola, parâmetros espaço-temporais; corrida

ABSTRACT

Introduction: Performance in medium and long runs is correlated with the ability of the body to optimize, simultaneously and in combination, both aerobic energy production and mechanical adjustments that meet the task demand. Thus, it is important to understand how changes in the parameters of the mass-spring system, caused by the variation of running speed and by mechanical adjustments, affect running economy (EC). **Objective:** The purpose of this study was to evaluate the repercussion of the changes in the parameters of the mass-spring system, specifically the vertical rigidity of the system (K_{vert}) and lower limb rigidity (K_{leg}), due to the variation of running speed and space-time parameters in the EC. **Methods:** Thirteen runners, men (27.3 ± 4.4 years, body mass 73.2 ± 9.3 kg, height 179 ± 8.9 cm, running practice time 6.5 ± 4.6 years, volume of weekly training, 47.6 ± 18.7 km, percentage of fat $9.7 \pm 4.2\%$, maximum oxygen consumption ($\text{VO}_{2\text{max}}$) 64.1 ± 5.7 $\text{kg}\cdot\text{ml}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ and respiratory quotient (RER) corresponding to the second ventilatory threshold (LV2) 0.98 ± 0.08) underwent EC tests in ten different velocity categories: four based on the preferred velocity (VP), one based on velocity corresponding to LV2, another on frequency (FP 170), and four fixed speeds (7.5, 8.0, 10.0 and $14.2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). A 120 Hz sampling frequency camera was used to record spatiotemporal data. Metabolic gas evaluations were performed in all tests and EC was represented by the cost of transport (CoT). For the statistical treatment, Generalized Mixed Linear Models (GLMM) was used with significance level of 5%. **Result:** There was no statistical difference in CoT as a function of speed variation and the covariates studied: K_{leg} (velocity: $F(9, 104) = 0.477$; $p = 0.887$; K_{leg} : $F(1, 104) = 3.918$; $p = 0.050$, interaction velocity x K_{leg} : $F(9, 104) = 0.347$, $p = 0.957$); K_{vert} : $F(9, 92.910) = 0.494$, $p = 0.876$, K_{vert} : $F(1, 72,040) = 0.432$, $p = 0.513$, velocity interaction K_{vert} : $F(9, 93.955) = 0.204$, $p = 0.993$); CP/FP ratio: $F(1, 103,537) = 0.024$, $p = 0.877$, velocity interaction $F(9, 96.2) = 0.253$, $p = 0.985$, CP/FP ratio: $F(9, 96, 754) = 0.218$, $p = 0.991$). **Conclusion:** CoT was independent of the speed and covariates studied in the present study. It is believed that the parameters of the mass-spring system were adjusted to maintain or minimize the energy expenditure during the tests.

Key words: cost of transport; spring-mass model; spatiotemporal parameters; running

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. PROBLEMA	7
3. OBJETIVO	7
3.1. Objetivo geral.....	7
3.2. Objetivos específicos.....	7
4. REFERENCIAL TEÓRICO	8
5. MATERIAIS E MÉTODOS	11
5.1. Caracterização da pesquisa	11
5.2. Participantes e aprovação ética	11
5.3. Instrumentação e procedimentos.....	11
5.4. Processamento dos dados	14
5.4.1. Determinação dos parâmetros metabólicos.....	14
5.4.2 Determinação dos parâmetros mecânicos	15
5.5. Variáveis do estudo	15
5.5.1 Variáveis de caracterização da amostra.....	15
5.5.2. Variáveis Independentes.....	15
5.5.3. Variáveis Dependentes.....	15
5.5.4. Covariáveis	15
5.6. Determinação das variáveis biomecânicas	16
5.7. Tratamento Estatístico	17
6. RESULTADOS	18
7. DISCUSSÃO	21
8. CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	24
ANEXO 1	28
ANEXO 2	29

1. INTRODUÇÃO

O desempenho na corrida de média e longa duração depende da interação entre parâmetros mecânicos e metabólicos, uma vez que corredores capazes de manter um alto trabalho mecânico sem alteração no custo metabólico podem atingir e manter velocidades médias mais altas durante uma competição (SLAWINSKI E BILLAT, 2004; LACOUR, BOURDIN, 2015; DANIELS, 2013).

Do ponto de vista metabólico, a economia de corrida (EC) parece ser um fator mais determinante do desempenho, uma vez que atletas com potência aeróbia similar podem gerar um custo de transporte (CoT) maior ou menor para percorrer determinada distância de corrida (DANIELS, 2013). O CoT, entendido como uma medida de economia da locomoção, representa o oxigênio consumido para mover um quilograma de massa corporal por unidade de distância e fornece uma informação metabólica importante da qualidade da corrida (DI PRAMPERO et al., 1986). Assim, qualquer tipo de informação que possa auxiliar no entendimento dessa relação entre trabalho mecânico e gasto metabólico se torna relevante na tentativa de otimizar o CoT.

Nesse sentido, existe um modelo físico-matemático, denominado sistema massa-mola, capaz de explicar em parte a minimização do gasto energético durante a corrida. De acordo com esse sistema, a economia de energia se dá por meio da soma entre a contração muscular e a energia elástica armazenada advinda do ciclo alongamento encurtamento das unidades músculo-tendão, a qual reflete na diminuição do custo metabólico (KOMI, 2006; SAUNDERS, 2004; SAIBENE, MINETTI, 2003). Consequentemente, um ajuste nos parâmetros mecânicos com o intuito de contribuir para o funcionamento desse sistema é observado.

Do ponto de vista mecânico, parâmetros do sistema massa-mola como a variação do deslocamento vertical do centro de massa (K_{vert}) e a rigidez do membro inferior (K_{leg}), juntamente com parâmetros espaço-temporais, tais como frequência e comprimento de passo, ajustam seus comportamentos em função de algum fator externo, como por exemplo, a variação da velocidade, para manter ou minimizar o CoT (ARAMPATZIS, 1999; MORIN et al. 2005; FARLEY, GONZÁLEZ, 1996; MORIN, SAMOZINO, ZAMEZIATI, 2007).

Sabe-se que na caminhada existe uma velocidade considerada ótima, na qual os parâmetros mecânicos e metabólicos são otimizados. Deste modo, nas velocidades abaixo ou

acima da velocidade ótima, o custo é aumentado (SAIBENE, MINETTI, 2003). Todavia, a existência de uma velocidade ótima na corrida ainda parece ser um tema controverso.

A relação entre velocidade e economia de corrida não é consensual, com algumas evidências que justificam a possibilidade de existir uma velocidade ótima de corrida (BLACK et al., 2017; CARRIER; ANDERS; SCHILLING, 2011; CHER; STEWART; WORRINGHAM, 2014; STEUDEL-NUMBERS; WALL-SCHEFFLER, 2009); e outras que defendem que o CoT independe da velocidade para percorrer determinada distância (DI PRAMPERO et al., 2009; HELGERUD; STØREN; HOFF, 2010; SAIBENE; MINETTI, 2003).

Assim, se faz importante entender como as mudanças nos parâmetros do sistema massa-mola, provocadas pela variação da velocidade de corrida e por ajustes nos parâmetros espaço-temporais, afetam a economia de corrida, representada pelo CoT. A hipótese deste estudo foi a própria hipótese nula, pela qual o CoT não é influenciado pela variação da velocidade, uma vez que os parâmetros mecânicos que complementam o sistema massa-mola se ajustam aumentando a rigidez para manter ou minimizar o gasto energético em velocidades submáximas durante a corrida.

2. PROBLEMA

As mudanças nos parâmetros do sistema massa-mola, em função da variação da velocidade de corrida e da frequência de passo, afetam a economia de corrida?

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo geral

Avaliar a repercussão das mudanças nos parâmetros do sistema massa-mola, especificamente na rigidez vertical do sistema (K_{vert}) e na rigidez do membro inferior (K_{leg}), decorrentes da variação da velocidade de corrida e dos ajustes nos parâmetros espaço-temporais, na economia de corrida representada pelo custo de transporte (CoT).

3.2. Objetivos específicos

- Comparar o efeito das diferentes velocidades de corrida nos parâmetros do sistema massa-mola.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

O desempenho na corrida humana é correlacionado com a habilidade do corpo otimizar, simultânea e associadamente, tanto a produção de energia aeróbia quanto os ajustes mecânicos que atendem à demanda da tarefa (SLAWINSKI E BILLAT, 2004; LACOUR, BOURDIN, 2015). Embora as corridas de média e longa duração sejam altamente dependentes da energia produzida pelo metabolismo aeróbio, o consumo de oxigênio ($VO_{2máx}$) não deve ser considerado o único fator de desempenho (SAUNDERS et al., 2004; DENADAI, 1996; DANIELS, 2013).

A EC, entendida como a quantidade de oxigênio consumido (VO_2) em relação ao peso corporal e à velocidade de corrida para uma dada atividade submáxima, ganha destaque por ser apontada como um índice capaz de realizar a predição do desempenho, mesmo quando indivíduos apresentam valores similares de $VO_{2máx}$ (SAUNDERS et al., 2004; DANIELS, 2013; DENADAI, 1996).

Do ponto de vista metabólico, a economia de corrida também pode ser entendida como a quantidade de energia metabólica necessária para transportar 1 kg de massa corporal por 1 unidade de distância, sendo este último conceito definido como CoT (DI PRAMPERO et al., 1986; LACOUR, BOURDIN, 2015; SAIBENE, MINETTI, 2003).

Logo, os valores de EC, representada pelo custo de oxigênio, podem ser expressos na unidade do consumo de oxigênio (VO_2) relativo à velocidade de corrida em $ml.O_2.kg^{-1}.min^{-1}$, ou, pelo VO_2 necessário para correr uma dada distância ao se referir ao CoT, expresso em $ml.O_2.kg^{-1}.m^{-1}$, ou, $ml.O_2.kg^{-1}.km^{-1}$ (DENADAI, 1996; HELGERUD, STOREN, HOFF, 2010; SHAW, INGHAM, FOLLAND, 2014).

O CoT pode ser influenciado por: idade, com aumento na fase pré-púbere e adolescência e diminuição na fase adulta devido maior metabolismo no repouso e comprimento de membro inferior; trabalho do miocárdio e da musculatura respiratória; treinamento físico; e tipo de fibra muscular, a qual envolve parâmetros mecânicos (SAUNDERS et al., 2004; DANIELS, 2013; DENADAI, 1996; LACOUR, BOURDIN, 2015).

Parte do CoT na corrida pode ser explicado pelo trabalho mecânico total realizado pelos músculos, justificado pela soma entre a contração muscular e a energia elástica armazenada advinda do ciclo alongamento encurtamento das unidades músculo-tendão (LACOUR, BOURDIN, 2015). Deste modo, o CoT pode ser amenizado durante a corrida

devido a existência de um sistema minimizador do gasto energético denominado *bouncing*, o qual pode ser explicado por um modelo físico-matemático chamado sistema massa-mola (SAIBENE, MINETTI, 2003).

De acordo com este modelo minimizador de energia, o centro de massa é sustentado por uma mola a qual representa o membro inferior. Em cada passo realizado ocorre o ciclo alongamento-encurtamento das unidades músculo-tendão (CAE). Durante a primeira metade do contato do pé com o solo, a mola é comprimida na medida em que há o deslocamento descendente do centro de massa. Nesta fase, ocorre o armazenamento de energia elástica. Esta energia é somada à ação concêntrica dos músculos na extensão do membro inferior na segunda metade do contato do pé com o solo até o despregue, na medida em que há o deslocamento ascendente do centro de massa. A recuperação de energia mecânica se dá durante a oscilação vertical do sistema, economizando energia metabólica em consequência destes ajustes mecânicos (KOMI, 2006; SAUNDERS, 2004; SAIBENE, MINETTI, 2003).

O comportamento elástico da mola, no que diz respeito à compressão e alongamento, segue a lei de Hooke; no qual a mola, por meio de uma constante elástica k , possui a capacidade de comprimir e alongar produzindo uma força proporcional ao deslocamento em relação ao comprimento de equilíbrio e voltar aos níveis normais. Neste sentido, quando a mola é alongada e comprimida, a energia elástica é armazenada e liberada (HALLIDAY et al. 2004).

Baseado no modelo massa-mola é possível estimar a rigidez da mola por meio de parâmetros mecânicos como K_{vert} , entendida como a variação do deslocamento vertical do centro de massa, e K_{leg} , representando a variação do comprimento da perna durante o contato do pé com o solo; e com isso, estimar a energia elástica e seus ajustes durante a corrida (MORIN et al. 2005).

Dentro desse contexto, parece haver uma correlação inversa entre a rigidez e o CoT, apontando que corredores mais rígidos, em função das adaptações causadas pelo treinamento do CAE, são mais econômicos (SLAWINSKY, 2008). Dessa forma, o armazenamento e reutilização de energia elástica contribui para a variabilidade de CoT (LACOUR, BOURDIN, 2015).

Estudos apontam que a energia metabólica necessária para correr uma dada distância é independente da velocidade imposta pelo corredor, uma vez que os parâmetros mecânicos se ajustam aumentando a rigidez da mola; como consequência, maior contribuição elástica para

amenizar o gasto metabólico (ARELLANO, KRAM, 2014; HELGERUD, STOREN, HOFF, 2010; LACOUR, BOURDIN, 2015; SAIBENE, MINETTI, 2003). Contudo, a frequência ótima de corrida parece ocorrer por volta dos 170 passos por minuto (DE RUITER et al., 2014).

Outros autores demonstraram a possibilidade de existir uma velocidade considerada energeticamente ótima, no qual o CoT é mínimo (BLACK et al., 2017; CARRIER; ANDERS; SCHILLING, 2011; CHER; STEWART; WORRINGHAM, 2015; STEUDEL-NUMBERS; WALL-SCHEFFLER, 2009. Uma das justificativas que sustentam tal argumento é baseada na relação inversa entre força e velocidade, no qual haveria um equilíbrio entre a força gerada pelo músculo durante seu encurtamento contrátil e a velocidade de contração; ambas potencializadas em velocidades intermediárias (CHER; STEWART; WORRINGHAM, 2015; CARRIER; ANDERS; SCHILLING, 2011).

Dentro desse contexto e levando em consideração o funcionamento do sistema massa-mola, acredita-se que o CoT não sofre influência causada pela variação da velocidade justificado pelos ajustes que seus parâmetros são capazes de realizar para manter ou minimizar o gasto energético em velocidades submáximas durante a corrida para uma determinada distância. O sistema massa-mola aumenta a rigidez da mola em resposta à variação da velocidade, bem como a variação dos parâmetros cinemáticos, tais como tempo de contato, frequência e comprimento de passo, para amenizar o CoT por meio da contribuição elástica das unidades músculo-tendão (CAVAGNA et al., 1997; HUNTER, SMITH, 2007; FARLEY, GONZÁLEZ, 1996; MORIN, SAMOZINO, ZAMEZIATI, 2007).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Caracterização da pesquisa

A pesquisa foi caracterizada como observacional e transversal.

5.2. Participantes e aprovação ética

A população do presente estudo foi caracterizada por corredores de longas distâncias, amadores, da cidade de Porto Alegre. A amostra foi composta de forma intencional e não probabilística por corredores do sexo masculino, com idade entre 27 e 45 anos, frequência de treino de no mínimo três vezes por semana, e com volume mínimo de 35 km semanal; todos competidores de provas oficiais de 10km nos últimos seis meses anteriores ao início da coleta de dados, com tempos de prova abaixo de 50 minutos.

A divulgação/convite se deu por meio de contato com os responsáveis pelos principais grupos de corrida de Porto Alegre/RS e região, e pela publicação autorizada de notas nas redes sociais dos respectivos grupos (ANEXO 1).

Os critérios de não inclusão para o estudo foram: relato de doenças sistêmicas e lesões musculoesqueléticas crônicas ou agudas nos últimos seis meses e o uso de medicamentos que atuam no sistema cardiovascular e/ou autonômico.

O comitê de ética institucional aprovou o estudo anteriormente e o número de protocolo do Certificado de Apresentação para Avaliação Ética (CAAE) é 44323315.0.0000.5345 e o relatório de número é 1.115.465. O consentimento informado dos participantes foi recolhido (ANEXO 2).

5.3. Instrumentação e procedimentos

As coletas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa do Exercício da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LAPEX – UFRGS) em quatro dias diferentes, com dia e hora pré-agendados. Previamente, no momento do agendamento, os sujeitos foram orientados a evitar refeições pesadas nas três horas que antecedem os testes, além daquelas orientações que determinam a sua participação na pesquisa. Também receberam a orientação para sempre comparecer às coletas usando roupas e calçados habituais de treino e/ou competição.

Os testes de corrida ocorreram na esteira (Modelo 10200 / ATL - Inbramed - Porto Alegre, Brasil) com resolução de inclinação de 1 (de 0 a 26) % e velocidade de 0,1 (de 0 a 24)

km.h⁻¹. Para todos os testes realizados, a inclinação da esteira foi fixada em 1%. A troca de gás pulmonar foi avaliada respirando através de um analisador de gás portátil telemétrico (K5 - Cosmed - Roma, Itália) conectado a um computador e a frequência cardíaca (FC) foi medida usando um monitor cardíaco (Cosmed - Roma, Itália). Todos os procedimentos de calibração foram seguidos conforme descritos no manual K5 (COSMED, 2015).

Na primeira visita, foram realizadas a antropometria e uma triagem para identificar quaisquer fatores de exclusão e a identificação dos melhores tempos de prova de 10 km nos últimos nove meses. Ainda, os participantes receberam instruções sobre a escala de Recuperação de Qualidade Total (TQR) com o objetivo de avaliar a recuperação do voluntário durante a execução de testes nas visitas subsequentes.

Na sequência, foi determinada a velocidade de corrida preferida (VP) dos participantes. O protocolo deste teste ocorreu da seguinte maneira: o teste teve início partindo de uma velocidade de 9 km.h⁻¹ e aumentou gradualmente em 0,5 km.h⁻¹ a cada 20 s até que o participante identificasse tal velocidade como VP. Após 1 minuto de descanso, o voluntário realizou novamente o teste. Porém, nesta oportunidade, a velocidade inicial foi de 2 km.h⁻¹ mais rápida do que a VP identificada anteriormente. A velocidade diminuiu gradualmente em 0,5 km.h⁻¹ a cada 20 s até que o participante selecionasse uma VP novamente. Este processo foi repetido até que fosse encontrada uma diferença dentro de 1.8 km.h⁻¹ (OLIVEIRA et al., 2016) entre as duas VP relatadas. A VP utilizada na análise estatística foi o resultado da média das duas VP referidas.

Na segunda visita, foi realizado um protocolo de teste incremental máximo de corrida (LOURENÇO et al., 2011), cuja duração esperada era de 8 a 12 minutos. Durante o teste, os voluntários receberam incentivo verbal para atingir seu desempenho máximo. O teste consistiu em um tempo de aquecimento de três minutos correndo a 8,5 km.h⁻¹; seguido de incrementos de 0,3 km.h⁻¹ na velocidade inicial, a cada 25 s, até que o voluntário solicitasse o término ou quando os pesquisadores reconhecessem indicadores fisiológicos para parar o teste. A velocidade inicial foi individualizada visando o término do teste dentro do tempo previsto e variou entre 9,0 e 14,0 kmh⁻¹, de acordo com o nível de aptidão do participante.

Para interrupção do teste incremental máximo foram observados os seguintes critérios: estabilização do consumo de oxigênio que, apesar do aumento de velocidade, foi considerada como uma variação na ingestão de oxigênio inferior a 2,1 ml.kg⁻¹.min⁻¹ (TAYLOR; BUSKIRK; HENSCHERL, 1955); uma relação de troca respiratória (RER) maior que 1,1; e/ou

uma FC a cima de 95% da FC máxima esperada relacionada à idade do participante (HOWLEY; BASSETT; WELCH, 1995). Após a validação do teste de acordo com os critérios citados anteriormente, a velocidade da esteira foi reduzida para 6,0 km.h⁻¹ e sustentada nesta velocidade para que o corredor pudesse se recompor. A velocidade correspondente ao segundo limiar ventilatório (VLV2) foi utilizada como referência para os testes de economia de corrida nas visitas posteriores.

Durante a terceira e quarta visitas, foram registrados o consumo de oxigênio a cada respiração, bem como registrados os dados espaço-temporais em dez testes submáximos de corrida, com duração de cinco minutos em diferentes velocidades. Antes de iniciar os testes, o consumo de oxigênio em repouso (VO₂ortostático) foi medido por seis minutos, com o participante de forma confortável em pé na esteira. Além disso, foi determinado o tempo de intervalo entre os testes consecutivos considerando dois parâmetros: 1) o corredor tinha de se sentir totalmente recuperado de acordo com a escala TQR; 2) a FC não poderia estar 15% mais alta do que a FC de repouso. Para a análise de dados espaço-temporais, foi utilizada uma câmera digital com frequência de amostragem de 120 Hz (Casio High Speed - Exilim HS EX-ZR1000 - Norderstedt, Alemanha). O registro dos dados foi feitos nos dois últimos minutos de cada teste.

Na terceira visita, a EC dos participantes foi avaliada por meio de seis categorias distintas de velocidades. Quatro categorias foram baseadas na VP previamente determinada; as demais foram determinadas da seguinte forma: VP menos 15% (VP - 15%), VP menos 10% (VP - 10%), VP e VP mais 5% (VP + 5%). Uma das categorias foi baseada na VLV2 diminuído em 3% (VLV2 - 3%). A outra categoria foi fixada em 7,5 km.h⁻¹ (fixa 1), e correspondeu à velocidade de aquecimento para todos os sujeitos. Na sequência, a ordem das intensidades de corrida foi determinada por sorteio.

Na quarta visita, foi mantida a mesma configuração dos testes de economia de corrida. Nesta oportunidade, foram testadas mais três categorias fixas de velocidade, sendo elas 8,5 (Fixa 2), 10,0 (Fixa 3) e 14,2 (Fixa 4) km.h⁻¹. Além disso, foi verificada também mais uma categoria individualizada, na qual considerou-se as relações entre FP e velocidade analisadas nas seis categorias testadas durante a terceira visita. Dessa forma, foi extrapolada matematicamente a velocidade em que a FP natural foi de 170 passos.min⁻¹ (VP 170). Embora a FP tenha sido natural para essa velocidade selecionada matematicamente, foi disponibilizado um metrônomo com o objetivo de ajudar os voluntários a manter a cadência.

Na quarta visita, a primeira categoria selecionada para todos os corredores foi a Fixa 2 e, depois disso, definiu-se por sorteio a ordem das outras categorias de velocidade.

5.4. Processamento dos dados

5.4.1. Determinação dos parâmetros metabólicos

Foi determinado o consumo máximo de oxigênio (VO₂-pico) como o maior valor observado nos três últimos estágios do teste incremental máximo, desde que esse valor estivesse dentro de uma faixa delimitada por mais ou menos quatro desvios padrão da média da seção de dados selecionados. O LV2 foi definido como a perda de linearidade na curva de ventilação e produção de dióxido de carbono (VE/VCO₂) (LOURENÇO et al., 2011).

A EC foi representada pelo custo de transporte (CoT), expresso em J.kg⁻¹.m⁻¹. Para realizar o cálculo do CoT, primeiramente, foi analisado o consumo de oxigênio e os dados de RER por meio de um filtro de média móvel simples de cinco pontos. A partir disto, foram distribuídos os dados dos últimos dois minutos de cada registro em intervalos de 15 respirações/dados consecutivos; então, calculou-se a média de cada intervalo e, verificou-se a diferença percentual entre intervalos consecutivos. Por fim, para determinar a potência metabólica, foi selecionada a sequencia mais longa de intervalos em que a diferença percentual no consumo de oxigênio foi menor que 8% em valores absolutos.

A potência metabólica líquida foi determinado subtraindo o VO₂teste de todos os elementos da sequência de intervalos selecionados; na sequência, eles foram transformados em J.kg⁻¹.min⁻¹ de acordo com a equação proposta por Di Prampero. Esta equação leva em conta que o rendimento de consumo de 1mLO₂ no corpo humano varia entre 19,6 e 21,16 J correspondente às mudanças no RER entre 0,71 e 1,00 (DI PRAMPERO et al., 1986):

$$\text{Net metabolic power (J kg}^{-1}\text{ min}^{-1}\text{)} = \text{Net metabolic power (mL kg}^{-1}\text{ min}^{-1}\text{)} (4.94 * \text{RER} + 16.04)$$

Assim, para obter o CoT, cada elemento da potência metabólica líquida foi convertida em J kg⁻¹.min⁻¹; em seguida, dividiu-se o valor por 60, transformando-o em J.kg⁻¹.s⁻¹. Por fim, foi dividido este último valor pela velocidade de teste e, na sequência, calculou-se o valor médio.

5.4.2 Determinação dos parâmetros mecânicos

A edição dos vídeos e o registro do contato inicial do pé com o solo, despegue e contato final do passo de cada sujeito em todas as velocidades de corrida foram feitos por meio do *software* Kinovea Vídeo Editor (versão 08.15). O processamento dos dados para determinação das variáveis K_{leg} e K_{vert} foi realizado a partir de rotinas matemáticas criadas no *software* LabView.

5.5. Variáveis do estudo

5.5.1 Variáveis de caracterização da amostra

As variáveis de caracterização da amostra foram: massa corporal (kg); estatura (cm), tempo de prática de corrida (anos); volume de treino semanal (km); percentual de gordura, consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e quociente respiratório (RER) correspondente ao segundo limiar ventilatório (LV2).

5.5.2. Variáveis Independentes

Foi considerada variável independente deste estudo a velocidade.

5.5.3. Variáveis Dependentes

Foi considerada variável dependente deste estudo o custo de transporte (CoT).

5.5.4. Covariáveis

Foram consideradas covariáveis deste estudo: K_{vert} , K_{leg} e Razão comprimento de passo/frequência de passo (Razão CP/FP).

5.6. Determinação das variáveis biomecânicas

Os parâmetros do sistema massa-mola, K_{leg} (kN.m^{-1}) e K_{vert} (kN.m^{-1}), foram estimadas de acordo com Morin et al, 2005, utilizando o comprimento de membro inferior (cm), massa corporal (kg), velocidade (km/h), tempo de contato (TC) (s), e tempo de voo (TV) (s).

Tempo de contato e tempo de voo foram determinados durante 20 passos, da seguinte maneira: número de frames do apoio multiplicado pelo período (DT), e número de frames do tempo de voo multiplicado pelo DT, sendo este calculado pelo inverso da frequência de amostragem da câmera, que foi 120Hz (DT=1/120).

K_{vert} foi calculado pela seguinte equação:

$$\hat{K}_{vert} = \hat{F}_{max} \cdot \Delta\hat{y}_c^{-1}$$
$$\hat{F}_{max} = mg \frac{\pi}{2} \left(\frac{ta}{tc} + 1 \right)$$
$$\Delta\hat{y}_c = \frac{\hat{F}_{max} \cdot tc^2}{m \pi^2} + g \frac{tc^2}{8}$$

Onde: $F_{m\acute{a}x}$ é a força máxima estimada, delta y o deslocamento vertical do centro de massa durante o contato.

K_{leg} foi calculado pela seguinte equação:

$$\hat{K}_{leg} = \hat{F}_{max} \cdot \Delta\hat{L}^{-1}$$
$$\hat{F}_{max} = mg \frac{\pi}{2} \left(\frac{ta}{tc} + 1 \right)$$
$$\Delta\hat{L} = L - \sqrt{L^2 - \left(\frac{vtc^2}{2} \right) + \Delta\hat{y}_c}$$

Onde: $F_{m\acute{a}x}$ é a força máxima estimada, e o delta L o pico de deslocamento do membro inferior, sendo L o comprimento do membro inferior.

5.7. Tratamento Estatístico

Para análise estatística foi utilizado o *software SPSS18*. Para o tratamento estatístico usou-se os Modelos Lineares-Mistos Generalizados (GLMM) com nível de significância de 5%. A estatística descritiva foi apresentada na forma de média e intervalos de confiança 95%.

Para testar se a variável sujeito foi ou não candidata a variável de efeito randômico, foi calculado o Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC-pré), analisando a variância dos componentes pelo *Restricted Maximum Likelihood Method*. Valores de ICC-pré maiores que 5% sugeriram o uso dessa variável como aleatória.

Foram testados quatro modelos de ajuste para avaliar a matriz de covariância: Variance Components, First-Order Autoregressive (AR1), Compound Symmetry and Diagonal. O melhor ajuste foi considerado como o menor valor de *Akaike's Information Criterion* (AIC).

Também, foi calculado o ICC-pós como uma medida que quantifica percentualmente a contribuição da variável aleatória na explicação do modelo. O ICC-pós foi calculado pela equação (MARÔCO, 2014):

$$ICC - pos = \frac{\textit{estimativadoefeitoaleatório}}{(\textit{estimativadoefeitoaleatório} + \textit{estimativaresidual})} * 100$$

6. RESULTADOS

Participaram da amostra 13 voluntários: $27,3 \pm 4,4$ anos; massa corporal $73,2 \pm 9,3$ kg; estatura $179 \pm 8,9$ cm, tempo de prática de corrida $6,5 \pm 4,6$ anos; volume de treino semanal $47,6 \pm 18,7$ km; percentual de gordura $9,7 \pm 4,2\%$; $VO_{2m\acute{a}x}$ $64,1 \pm 5,7$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, e RER correspondente ao LV2 $0,98 \pm 0,08$.

A descrição das principais características de cada categoria de velocidade está apresentada na Tabela 1.

Tabela1: Valores médios e intervalo de confiança de 95% das características para cada categoria de velocidade.

Categoria	Velocidade ($km \cdot h^{-1}$)		RER	
	Média	IC 95%	Média	IC 95%
Fixa 1	7,5	-	0,78	0,73-0,83
Fixa 2	8,5	-	0,78	0,75-0,80
Fixa 3	10	-	0,75	0,71-0,80
Fixa 4	14,2	-	0,84	0,79-0,89
VP	14,3	13,5-15,1	0,79	0,75-0,82
VP + 5%	15,0	14,2-15,9	0,82	0,78-0,86
VP - 10%	12,9	12,2-13,6	0,75	0,71-0,78
VP - 15%	12,2	11,5-12,8	0,74	0,71-0,76
VLV2 - 3%	17,4	16,4-18,4	0,95	0,89-1,00
FP170	14,0	12,5-15,5	0,86	0,80-0,91

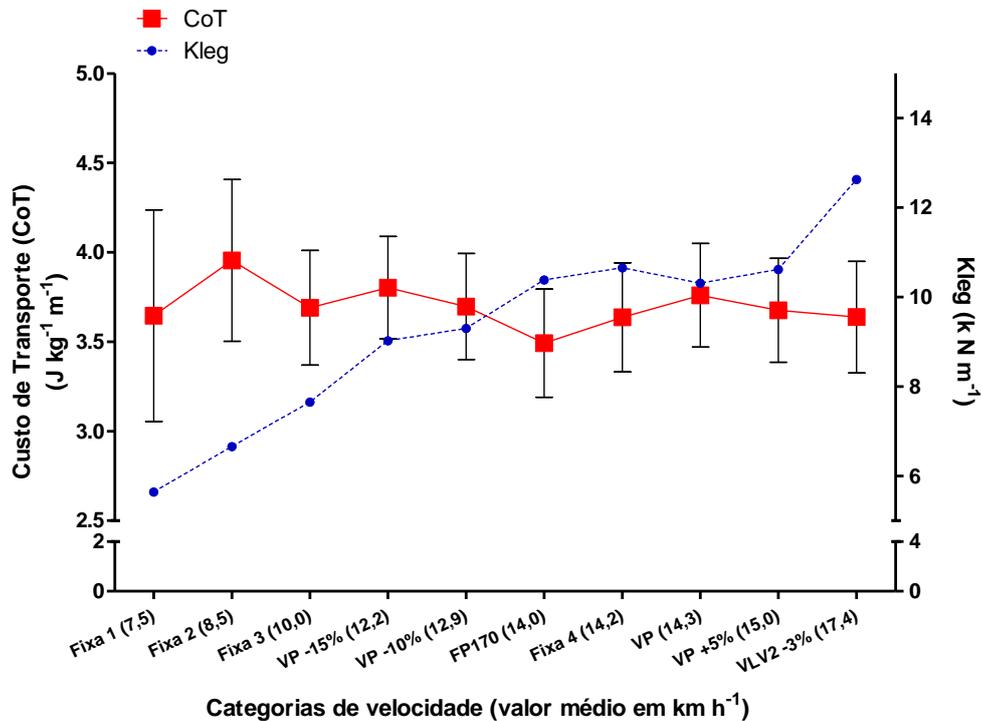
Legenda: Velocidade Preferida (VP); Velocidade Preferida menos 15% (VP -15%); Velocidade Preferida menos 10% (VP -10%); Velocidade com Frequência de Passo de 170 passos por minuto (FP 170); Velocidade Preferida (VP); Velocidade Preferida mais 5% (VP + 5%); Velocidade no LV2 menos 3% (VLV2 -3%).

Na análise para verificar o efeito da velocidade no custo de transporte (CoT), os ICCs-pré das variáveis K_{leg} , K_{vert} e Razão CP/FP, respectivamente, foram de 54,29%, 54,18% e 55,15%. Portanto, a variável sujeitos foi considerada como termo de efeitos aleatórios neste estudo. De acordo com ICCs-pós, houve uma melhoria na explicação do modelo para K_{leg} na ordem de 55,07%, para K_{vert} na ordem de 51,30% e para Razão CP/FP na ordem de 53,16%.

De acordo com os critérios da AIC, o modelo com o melhor ajuste foi o Variance Components para K_{leg} (Variance Components= 184,833; First-Order Autoregressive (AR1) = 186,822; Compound Symmetry = 186,833; Diagonal = 197,560), bem como para K_{vert} (Variance Components= 196,888; AR1 = 198,714; Compound Symmetry = 198,888; Diagonal = 207,417) e Razão CP/FP (Variance Components= 159,566; AR1 = 159,566; Compound Symmetry = 159,566; Diagonal = 159,566).

Os resultados demonstraram que não houve diferença estatística no custo de transporte (CoT) em função da variação da velocidade e as covariáveis estudadas: K_{leg} (velocidade: $F(9, 104)=0,477$; $p=0,887$; K_{leg} : $F(1, 104)=3,918$; $p=0,050$; interação velocidade x K_{leg} : $F(9, 104)=0,347$; $p=0,957$); K_{vert} (velocidade: $F(9, 92,910)=0,494$; $p=0,876$; K_{vert} : $F(1, 72,040)=0,432$; $p=0,513$; interação velocidade x K_{vert} : $F(9, 93,955)=0,204$; $p=0,993$); Razão CP/FP (velocidade: $F(9, 96,2)=0,253$; $p=0,985$; Razão CP/FP: $F(1, 103,537)=0,024$; $p=0,877$; interação velocidade x Razão CP/FP: $F(9, 96,754)=0,218$; $p=0,991$).

A estatística descritiva na forma de média e IC para os valores de CoT em função da variação da velocidade e das covariáveis estudadas estão apresentadas na figura 1.



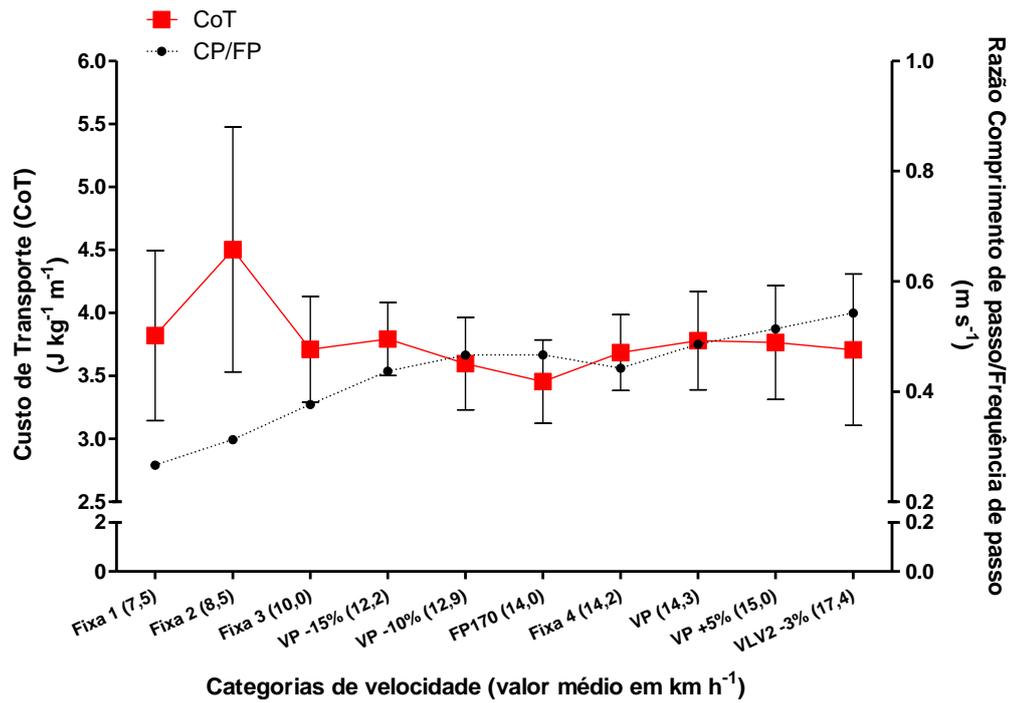
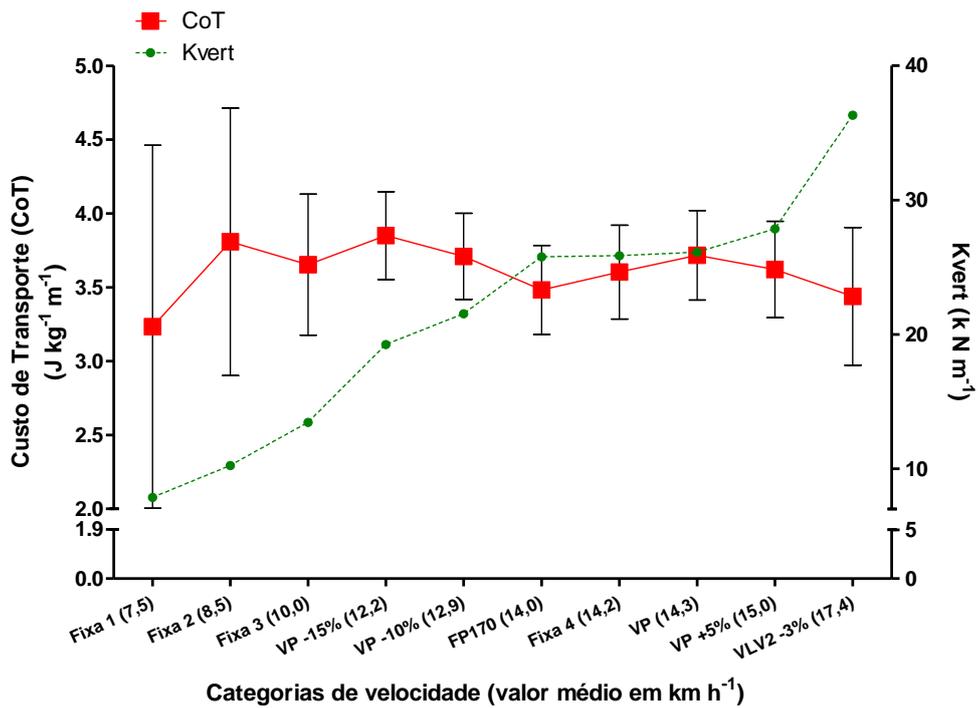


Figura 1: Estatística descritiva em forma de média e IC 95% para os valores de custo de transporte (CoT) em função da variação da velocidade, K_{leg} , K_{vert} e Razão CP/FP, respectivamente.

7. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a repercussão das mudanças nos parâmetros do sistema massa-mola, especificamente na rigidez vertical do sistema (K_{vert}) e na rigidez do membro inferior (K_{leg}), decorrentes da variação da velocidade de corrida e dos ajustes nos parâmetros espaço-temporais na EC, representada pelo CoT.

O CoT não foi influenciado pela variação da velocidade, confirmando a hipótese nula para esse estudo. Os parâmetros mecânicos do sistema massa-mola parecem ter sido ajustados durante a corrida a fim de minimizar a energia despendida e equilibrar a relação entre trabalho mecânico e gasto metabólico (ARELLANO, KRAM, 2014; HELGERUD, STOREN, HOFF, 2010; LACOUR, BOURDIN, 2015; SAIBENE, MINETTI, 2003). Ainda, os valores de CoT mantiveram-se próximos de $4 \text{ J.kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ em todas as velocidades testadas, corroborando com achados anteriores (SAIBENE, MINETTI, 2003).

Durante a corrida, o sistema massa-mola adota uma oscilação mecânica no seu desenvolvimento, na qual é ajustada pela rigidez muscular, que pode aumentar ou diminuir de acordo com a variação da velocidade. Essa oscilação, denominada frequência do sistema, está relacionada com a FP, bem como pelo CP e TC do pé com o solo, que são fatores que desempenham papel determinante no desenvolvimento das velocidades de corrida, e interferem diretamente no custo energético (CAVAGNA et al., 1997; HUNTER, SMITH, 2007; FARLEY, GONZÁLEZ, 1996; MORIN, SAMOZINO, ZAMEZIATI, 2007).

A velocidade parece ter causado um efeito de aumento na rigidez mecânica, indicando uma possível alteração no comportamento de K_{vert} numa relação direta com o acréscimo da velocidade conforme observado na figura 1; justificado pelo fato de que o armazenamento e reutilização de energia elástica contribui para a variabilidade de CoT (LACOUR, BOURDIN, 2015; ARAMPATZIS, 1999). Além do mais, existe uma correlação inversa entre a rigidez e o CoT, sugerindo que corredores mais rígidos, em função das adaptações causadas pelo treinamento do CAE, são mais econômicos (SLAWINSKY, 2008).

Um aumento nos valores de K_{leg} também pôde ser observado no presente estudo. Entretanto, esta relação direta entre rigidez e velocidade não segue o mesmo comportamento para k_{leg} , de modo que este é diretamente influenciado por parâmetros cinemáticos (FARLEY, GONZÁLEZ, 1996; MORIN, SAMOZINO, ZAMEZIATI, 2007).

Estudos prévios observaram aumentos nos valores de K_{leg} entre FP mais baixas e mais altas em relação à FP preferida durante a corrida, demonstrando que o ajuste mais importante

utilizado pelo sistema massa-mola é o aumento na rigidez da mola para acomodar FP mais altas (FARLEY, GONZÁLEZ, 1996). No entanto, o tempo de contato do pé com o solo parece ser um fator mais determinante de K_{leg} quando comparado com a FP; quanto mais reativo for o contato do pé com o solo, maior será o potencial elástico dos tendões (MORIN, SAMOZINO, ZAMEZIATI, 2007). Assim, acredita-se que K_{leg} tenha aumentado a rigidez em decorrência da diminuição do TC e aumento da FP na medida em que ocorreu o aumento da velocidade.

Estudos demonstraram que a razão CP/FP está relacionada diretamente com a EC, pois quanto maior for o CP e menor a FP, maior será a EC (CAVANAGH, WILLIAMS, 1982; TARTATUGA, et al., 2004). Os autores apontam que, quanto maior for a experiência do corredor, melhor será a adaptação desses parâmetros espaço-temporais para realizar uma determinada intensidade submáxima de esforço (CAVANAGH, WILLIAMS, 1982). Essa combinação comprimento-frequência é denominada auto-otimização (HUNTER E SMITH, 2007). No presente estudo, supõe-se que a auto-otimização tenha sido preservada, sugerindo que os participantes adequaram esses parâmetros para reduzir o gasto energético, justificando a manutenção do CoT.

8. CONCLUSÃO

Conclui-se que o CoT não foi influenciado pela variação da velocidade e as covariáveis estudadas no presente estudo. Acredita-se que os parâmetros do sistema massa-mola, juntamente com os parâmetros espaço-temporais, realizaram ajustes de modo que o gasto energético fosse mantido durante as velocidades submáximas de corrida.

REFERÊNCIAS

ARAMPATZIS, A. B. G., METZLER, V. The effect of speed on leg stiffness and joint kinetics in human running. *J. Biomech.*, 32, n. 12, p. 1349-53, 1999.

ARELLANO, C. J.; KRAM, R. Partitioning the metabolic cost of human running: a task-by-task approach. *Integrative and Comparative Biology*, Oxford, 2014, [Epub ahead of print].

BLACK, M. I. et al. Is there an optimum speed for economical running? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, In press, 2017.

CARRIER, D. R.; ANDERS, C.; SCHILLING, N. The musculoskeletal system of humans is not tuned to maximize the economy of locomotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Washington, v. 108, n. 46, p. 18631-18636, 2011.

CAVAGNA, G. A.; MANTOVANI, M. et al. The resonant step frequency in human running. *Pflugers Arch*, v. 434, n. 6, Nov, p. 678-84, 1997.

CAVANAGH, P. R., WILLIAMS, K. R. The effect of stride length variation oxygen uptake during distance running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 14, n. 1, p. 30-5, 1982.

CHER, P. H.; STEWART, I. B.; WORRINGHAM, C. J. Minimum cost of transport in human running is not ubiquitous. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, 2014.

DANIELS, J. *Fórmula de corrida de Daniels*. 2. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2013

DE RUITER, C. J. et al. Stride frequency in relation to oxygen consumption in experienced and novice runners. *European Journal of Sport Science*, Abingdon, v. 14, n. 3, p. 251-258, 2014.

DENADAI, B. S. Aspectos fisiológicos relacionado com a economia de movimento. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*. V. 1, n. 3, pag. 59-73, 1996.

DI PRAMPERO, P. E. A simple method for assessing the energy cost of running during incremental tests. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v. 107, n. 4, p. 1068- 1075, 2009.

DI PRAMPERO, P. E. et al. The energetics of endurance running. *European Journal of Applied Physiology*, v. 55, n. 3, p. 259-266, 1986.

FARLEY, C. T., GONZALES, O. Leg Stiffness and stride frequency in human running. *J. Biomech.*, v. 29, n. 2, p. 181-06, 1996

FLETCHER, JR.; ESAU, S.P.; MACINTOSH, B. R. Economy of running: beyond the measurement of oxygen uptake. *Journal of Applied Physiology*, v. 107, n. 6, p. 1918-1922, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK.,K. D. S.Física 2, volume 1,5 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

HELGERUD, J.; STOREN, O.; HOFF, J. Are there differences in running economy at different velocities for well-trained distance runners? *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v. 108, n. 6, p. 1099-1105, 2010.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R.; WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 27, n. 9, p. 1292–1301, 1995

HUNTER, I.; SMITH, G. A. Preferred and optimal stride frequency, stiffness and economy: changes with fatigue during a 1-h high intensity run. *European Journal of Applied Physiology*, v. 100, n. 6, Aug, pag. 653-61, 2007.

KOMI, P. V. *Força e Potência no Esporte – 2ª Edição – 2006*

LACOUR, J.R.; BOURDIN, M. Factors affecting the energy cost of level running at submaximal speed. *European Journal of Applied Physiology* (2015) 115:651–673.

LOURENÇO, T. F. et al. Reproducibility of an incremental treadmill VO₂max test with gas exchange analysis for runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 25, n. 7, p. 1994–1999, 2011.

MARÔCO, J. *Análise Estatística com o SPSS Statistic*. Lisboa, Portugal: Editora Report Number, 2014. 990 p.

MORIN, J. B.; DALLEAU, G.; KYRÖLÄINEN, H.; JEANNIN, T.; BELLI, A. A simple method for measuring stiffness during running. *Journal of Applied Biomechanics*, v. 21, n. 2, p. 167-180, 2005.

MORIN, J.B., P. SAMOZINO et al. Effects of altered stride frequency and contact time on leg-spring behavior in human running. *Journal of Biomechanics*, 40, n. 15, p. 3341-8, 2007.

OLIVEIRA, A. S.; et al. Modular control of treadmill vs over ground running. *PLOS ONE*, v. 11, n. 4, p. e0153307, 2016. Doi.org/10.1371/journal.pone.0153307

SAIBENE, F. et al. Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v. 88, n. 4-5, p. 297-316, 2003.

SAUNDERS PU, PYNE DB, TELFORD RD, HAWLEY JA. Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners. *Sports Medicine*; 34 (7): 465-485. 2004

SHAW, A. J.; INGHAM, S. A.; FOLLAND, J. P. The valid measurement of running economy in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v. 46, n. 10, p. 1968-1973, 2014.

SLAWINSKI, J. et al. Changes in spring-mass model parameters and energy cost during track running to exhaustion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 22, n. 3, p. 930-936, 2008.

SLAWINSKI, J. S.; BILLAT, V. L. Difference in mechanical and energy cost between highly, well, and non trained runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Hagerstown, v. 36, n. 8, p. 1440-1446, 2004.

STEUDEL-NUMBERS, K. L.; WALL-SCHEFFLER, C. M. Optimal running speed and the evolution of hominin hunting strategies. *Journal of Human Evolution*, London, v. 56, n. 4, p. 355-360, 2009.

TARTARUGA, L. A. P., TARTARUGA, M., RIBEIRO, J. L., COERTJENS, M., RIBAS, L. R., KRUEL, L. F. M. Correlação entre economia de corrida e variáveis cinemáticas em corredores de alto nível. *Revista Brasileira de Biomecânica*, v. 5, n. 9, Nov, p. 51-58, 2004.

TAYLOR, H. L.; BUSKIRK, E.; HENSCHER, A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *Journal of Applied Physiology*, v. 8, n. 1, p. 73-80, 1955.

ANEXO 1

NOTA DE DIVULGAÇÃO DO PROJETO

Nós, do grupo de pesquisa LOCOMOTION/ ESeF-UFRGS, na figura do Prof. Dr Leonardo Tartaruga e do aluno de doutorado Alberito Carvalho, convidamos, a quem tiver interesse, para participar da pesquisa de doutorado intitulada "INTER-RELAÇÃO CARDIOLOCOMOTORA: REPERCUSSÕES SOBRE PARÂMETROS BIOENERGÉTICOS E BIOMECÂNICOS EM CORREDORES DE LONGAS DISTÂNCIAS".

A pesquisa visa investigar a contribuição da velocidade na qual a frequência cardíaca se aproxima da frequência de passo na economia de corrida. Para isso serão realizados vários testes, inclusive teste de esforço máximo.

Assim, busca-se voluntários com as seguintes características:

- Homens (idade entre 27 e 45 anos)
- Treinamento predominantemente para competições de 10 km com frequência mínima de três vezes e um volume mínimo de 35 km na semana
- Participação de provas oficiais de 10 km nos últimos meses e que tenham tempos de prova entre 33'00'' e 45'99''
- Sem doenças sistêmicas ou musculoesquelética recente
- Disponibilidade para realizar as avaliações

Os resultados dos testes feitos serão repassados aos voluntários. A participação no estudo é livre e não haverá custos monetários para o voluntário na realização dos testes.

Os interessados obterão informações mais detalhadas com Alberito Carvalho pelo telefone (51) 81405187.

ANEXO 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, portador do documento de identidade número _____, concordo voluntariamente em participar da pesquisa "INTER-RELAÇÃO CARDIOLOCOMOTORA: REPERCUSSÕES SOBRE PARÂMETROS BIOENERGÉTICOS E BIOMECÂNICOS EM CORREDORES DE LONGAS DISTÂNCIAS". Declaro estar ciente que esta pesquisa será desenvolvida pelos pesquisadores Pedro Dal Lago, Alberito Rodrigo de Carvalho, Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga e Marlus Karsten. Estou ciente de que todas as informações coletadas e registradas no decorrer deste trabalho serão utilizadas para a elaboração de artigos científicos dos referidos pesquisadores anteriormente citados, e que todas as informações utilizadas deverão manter o sigilo dos indivíduos avaliados.

Este estudo terá por objetivo: avaliar se quando, durante a minha corrida, os meus batimentos cardíacos (frequência cardíaca) forem próximos ao número de passos que realizo dentro de 1 minuto (frequência de passos), isso pode tornar minha corrida mais econômica (em relação à energia que o meu corpo gasta).

Estou ciente que para a realização dessa pesquisa serei submetido aos seguintes testes e procedimentos:

- Testes para encontrar a velocidade de corrida na qual a minha frequência cardíaca fique próxima da minha frequência de passo. Para tanto terei de correr em esteira 10 vezes (10 blocos de corrida) com duração de 4 minutos cada, em dois dias consecutivos (5 blocos no primeiro dia e 5 blocos no segundo) em velocidades escolhidas pelo pesquisador levando em conta a minha frequência cardíaca e minha frequência de passo. Fui informado que haverá um descanso entre cada bloco para que eu me recupere.
- 1 teste de esforço máximo, em que terei de correr sem intervalos para descanso em várias velocidades até chegar na velocidade mais alta que eu puder. Este teste visa avaliar o meu consumo de oxigênio máximo o qual está relacionado com minha capacidade de realizar exercícios físicos de longa duração.
- 4 testes, cada um em um dia diferente, para avaliar o quanto econômico eu sou correndo. A economia será avaliada medindo o quanto de oxigênio eu consumo enquanto eu corro. Para

isso, terei de intercalar, sem interrupções, entre períodos de caminhada e períodos de corrida na esteira.

- 1 teste que também avaliará minha economia de corrida, mas que, durante esse teste, ouvirei um sinal sonoro que ditará o ritmo da minha frequência de passo o qual eu devo seguir. 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 em todos os testes eu terei de colocar alguns eletrodos no meu corpo (coxa e tórax) que permitirão avaliar a atividade dos meus músculos e os meus batimentos cardíacos. Para isso, nos locais em que os eletrodos serão colocados, será necessário realizar uma raspagem com lâmina de barbear, de meu uso exclusivo, para limpar a pele e retirar eventuais pelos. Ainda fui informado que em todos os testes serão gravados vídeos da minha corrida.

Riscos: Estou ciente que haverá um 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 Pedro Dal Lago, Alberito Rodrigo de Carvalho, Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga, Marlus Karsten, 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 Alberito Rodrigo de Carvalho, algum bolsista ou assistente;
2. Eu entendo que Alberito Rodrigo de Carvalho 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 Pedro Dal Lago, com o autor do estudo Alberito Rodrigo de Carvalho 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) 33038876. Telefone do Comitê de Ética em Pesquisa/UFCSPA: (51) 33039000 (solicitar ramal do Comitê de Ética em Seres Humanos).

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 sob propriedade, responsabilidade e guarda dos pesquisadores acima mencionados.

Assinatura: _____ Data: _____