

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

OTÁVIO HENRIQUE CARDOSO LEITE

**VARIÁVEIS CINEMÁTICAS ESPAÇO-TEMPORAIS E ANGULARES ESTÃO
ASSOCIADAS AO CONSUMO DE OXIGÊNIO E AOS LIMIARES
VENTILATÓRIOS EM CORREDORES RECREACIONAIS?**

SÃO PAULO

2022

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

OTÁVIO HENRIQUE CARDOSO LEITE

**VARIÁVEIS CINEMÁTICAS ESPAÇO-TEMPORAIS E ANGULARES ESTÃO
ASSOCIADAS AO CONSUMO DE OXIGÊNIO E AOS LIMIARES
VENTILATÓRIOS EM CORREDORES RECREACIONAIS?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Nove de Julho (UNINOVE), como requisito para a obtenção do grau de mestre em Ciências da Reabilitação.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Garcia Lucareli.

SÃO PAULO

2022

Leite, Otávio Henrique Cardoso.

Variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares estão associadas ao consumo de oxigênio e aos limiares ventilatórios em corredores recreacionais? / Otávio Henrique Cardoso Leite. 2022. 56 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2022.

Orientador (a): Prof. Dr. Paulo Roberto Garcia Lucareli

1. Corrida. 2. Teste de esforço. 3. Consumo de oxigênio. 4. Cinemática.

I. Lucareli, Paulo Roberto Garcia.

II. Título

CDU 615.8

São Paulo, 15 de dezembro de 2022.

TERMO DE APROVAÇÃO

Aluno(a): OTÁVIO HENRIQUE CARDOSO LEITE

Título da Dissertação: "Variáveis Cinemáticas Espaço-Temporais Estão Associadas ao Consumo de Oxigênio de Corredores Recreacionais"

Presidente: PROF. DR. PAULO ROBERTO GARCIA LUCARELI



Membro: PROF. DR. RAPHAEL MENDES RITTI DIAS



Membro: PROFA. DRA. CINTIA LOPES FERREIRA



DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista à minha mãe e ao meu pai.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pelo suporte;

Agradeço ao professor orientador, professores do programa de pós graduação da UNINOVE e ao NAPAM por facilitar o alcance desse título profissional;

À Universidade Nove de Julho, por possibilitar a obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação;

Ao programa de bolsas da Fundação CAPES, pelo suporte financeiro fundamental para o desenvolvimento e conclusão deste projeto.

“Se houver uma camisa preta e branca pendurada no varal durante uma tempestade, o atleticano torce contra o vento.”

Roberto Drummond

RESUMO

Introdução: Ao longo dos anos, é crescente o número de pessoas que buscam aderir a prática de corrida objetivando condicionamento físico ou desempenho competitivo. Correr é uma atividade que necessita de uma perfeita interação entre demanda energética fisiológica e atividade muscular para que o corpo seja capaz de transferir as forças geradas pela resposta ao movimento. O aumento no número de participantes de corrida tem estimulado a comunidade científica a analisar a associação de diferentes fatores que podem afetar o desempenho de um corredor, como as variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares da corrida, o consumo de oxigênio e os limiares ventilatórios, que apesar da relação plausível, a associação entre tais variáveis não está claramente elucidada. Logo, se faz necessário compreender se variáveis fisiológicas podem estar associadas à variáveis biomecânicas e se alguma delas podem interferir no desempenho desses atletas. Avaliações laboratoriais como os testes ergoespirométricos de esforço e a avaliação cinemática da corrida são comumente utilizados e são capazes de identificar alterações em parâmetros da corrida que interferem no desempenho de corredores recreacionais. **Objetivo:** Verificar se há associação entre variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares da corrida com o consumo de oxigênio e os limiares ventilatórios de corredores recreacionais durante teste incremental máximo em esteira. **Métodos:** Trata-se de um estudo transversal com amostra de 40 corredores recreacionais de ambos os sexos. Os corredores foram submetidos simultaneamente a uma análise biomecânica da corrida e uma ergoespirometria durante teste incremental máximo em esteira. Os dados cinemáticos espaço-temporais e os dados angulares da corrida obtidos por meio do *Movement Deviation Profile* (MDP) foram associados em um modelo multivariado de equação estrutural bayesiana buscando associação com o consumo de oxigênio e os limiares ventilatórios. **Resultados:** Foi observado associação do consumo de oxigênio com a cadência, comprimento do passo e oscilação do centro de massa ($r = 0.95$), além da associação da cadência com o primeiro limiar ventilatório (OR = 1.03) e da cinemática angular da corrida obtida pelo MDP com a exaustão (OR = 1.47). **Conclusão:** De acordo com os resultados do presente estudo, pode-se concluir que a cadência está associada ao primeiro limiar ventilatório; variáveis cinemáticas angulares da corrida estão associadas ao alcance da exaustão; uma maior cadência e oscilação do centro de massa estão associados ao aumento do consumo de oxigênio e que o aumento do comprimento do passo reduz o consumo de oxigênio durante a realização de um teste incremental máximo em esteira.

Palavras-chave: Corrida; Teste de Esforço; Consumo de Oxigênio, Cinemática.

ABSTRACT

Introduction: Over the years, the number of people who search to join the practice of running for physical conditioning or competitive performance is increasing. Running is an activity that requires a perfect interaction between physiological energy demand and muscle activity so that the body is able to transfer the forces generated by the response to movement. The increase in the number of running participants has stimulated the scientific community to analyze the association of different factors that can affect a runner's performance, such as the spatiotemporal and angular kinematic variables of the running, oxygen consumption and the ventilatory thresholds, which despite the relationship intuitive, the association between such variables is not clearly elucidated. Therefore, it is necessary to understand if physiological variables can be associated with biomechanical variables and if any of them can interfere in the performance of these athletes. Laboratory assessments such as exercise stress tests and kinematics assessment of running are commonly used and are able to identify changes in running parameters that interfere with the performance of recreational runners. **Objective:** To verify if there is an association between spatiotemporal and angular kinematics variables of the running with the oxygen consumption and the ventilatory thresholds of recreational runners during maximal incremental test on a treadmill associated with a three-dimensional biomechanical assessment of the running. **Methods:** This is a cross-sectional study with a sample of 40 recreational runners of both sexes. The runners were simultaneously submitted to a biomechanical analysis of the running and an ergospirometry during maximal incremental test on a treadmill. The spatiotemporal kinematic data and the angular data of the running obtained through the Movement Deviation Profile (MDP) were associated in a multivariate model of Bayesian structural equation searching association with oxygen consumption and ventilatory thresholds. **Results:** It was observed association of oxygen consumption with step frequency, step length and oscillation of the center of mass ($r = 0.95$), in addition to the association of step frequency with the first ventilatory threshold (OR = 1.03) and angular kinematics of the running obtained by the MDP with exhaustion (OR = 1.47). **Conclusion:** According to the findings of the present study, it can be concluded that step frequency is associated with the first ventilatory threshold; angular kinematic variables of running are associated with reaching exhaustion; higher step frequency and center of mass oscillation are associated with increased oxygen consumption and that increasing step length reduces oxygen consumption during the performance of a maximal incremental test on a treadmill.

Keywords: Running; Exercise Test; Oxygen Consumption; Biomechanical Phenomena.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE ABREVIACÕES	
1 CONTEXTUALIZAÇÃO	12
2 OBJETIVO	16
3 MÉTODOS.....	17
3.1 DESENHO DO ESTUDO E PROCEDIMENTOS ÉTICOS	17
3.2 CASUÍSTICA.....	17
3.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA.....	17
3.3.1 Teste Ergoespirométrico	18
3.3.2 Avaliação Biomecânica da Corrida	19
3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS	21
3.4.1 Teste Ergoespirométrico	21
3.4.2 Avaliação Biomecânica da Corrida	21
3.5 Procedimentos Estatísticos	22
4 RESULTADOS	24
Resumo	25
4.1.1 Introdução	26
4.1.2 Métodos	27
4.1.3 Resultados.....	30
4.1.4 Discussão	35
4.1.5 Conclusão	38
4.1.6 Referências	39
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	49
APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO SOCIODEMOGRÁFICO	53

APÊNDICE C: PREPARO PARA AVALIAÇÃO	54
ANEXO A: ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO DE BORG	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados sociodemográficos e frequência cardíaca máxima atingida pelos corredores recreacionais voluntários da pesquisa	30
Tabela 2. Média de valores das variáveis fisiológicas e biomecânicas obtidas por corredores recreacionais durante teste incremental	31
Tabela 3. Modelo de Equação Estrutural de corredores recreacionais de ambos os sexos sendo o consumo de oxigênio (VO_2) a variável dependente	32
Tabela 4. Razão de chance das variáveis analisadas influenciarem no alcance do Primeiro Limiar Ventilatório (LV1) de corredores recreacionais	33
Tabela 5. Razão de chance das variáveis analisadas influenciarem no alcance do Primeiro Limiar Ventilatório (LV2) de corredores recreacionais	34
Tabela 6. Razão de chance das variáveis analisadas influenciarem no alcance da Exaustão de corredores recreacionais	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista da paramentação para realização das avaliações do estudo	20
Figura 2. Representação diagramática das variáveis utilizadas no Modelo de Equação Estrutural	23

LISTA DE ABREVIACOES

β : Coeficiente de Regressão

Cm: Centímetros

FC_{máx.}: Frequência Cardíaca Máxima

FPS: *Frames* por segundo

IC: Intervalo de Confiança

Hz: *Hertz*

Kg: Quilos

Km/h: Quilmetros por hora

LV1: Primeiro Limiar Ventilatório

LV2: Segundo Limiar Ventilatório

ml/kg/min: Mililitros por quilo por minuto

Mm: Milímetros

MP: *Megapixel*

MDP: *Movement Deviation Profile*

NAPAM: Núcleo de Apoio a Pesquisa em Análise do Movimento

OCM: Oscilao do Centro de Massa

OR: *Odds Ratio*

RER: Relao de Troca Respiratória

SEBRAE: Serviço Brasileiro de Apoio s Micro e Pequenas Empresas

SEM: Modelo de Equao Estrutural

TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UNINOVE: Universidade Nove de Julho

VO₂: Consumo de Oxigênio

3D: Tridimensional

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao longo dos anos, é crescente o número de pessoas que buscam aderir a prática de atividade física, objetivando condicionamento físico ou desempenho competitivo, e dentre o âmbito esportivo de opções disponíveis, a corrida se destaca¹. Sabe-se que a corrida de rua recreacional é considerada um esporte democrático por ser acessível para a população e de baixo custo, tornando-se um fenômeno social ao longo das últimas décadas².

Segundo dados do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), entre 2009 e 2019 houve um aumento de aproximadamente 200% do número de corridas de rua realizadas pelo país, o que representa uma movimentação financeira de mais de R\$ 1 bilhão³. Em suma, a alta popularidade e fácil acessibilidade a prática da corrida é um dos fatores primordiais que favorecem o estilo de vida efetivamente ativo da população⁴.

O aumento no número de participantes de corrida tem estimulado a comunidade científica a analisar os diferentes fatores que podem afetar o desempenho de um corredor. Dentre esses fatores destacam-se: o ritmo e a velocidade de corrida; as características fisiológicas dos atletas; o consumo de oxigênio em diferentes velocidades e o principal tipo de metabolismo utilizado, além de fatores físicos, biomecânicos, psicológicos e sociais⁵. Porém, o alto índice de corredores recreacionais, comprometidos com eventos de corrida de rua buscando competitividade e alcance de metas pessoais, fortalece a necessidade de realizar mais pesquisas com esse público, uma vez que o estudo desses fatores é em sua maioria voltado para atletas de elite².

Avaliações laboratoriais são capazes de identificar alterações em parâmetros fisiológicos que interferem no desempenho de corredores profissionais e recreacionais⁶. Durante a realização da corrida, a demanda da captação e utilização do oxigênio é maior quando comparado a atividades do cotidiano, necessitando então de maior interação entre o sistema respiratório, cardiovascular e muscular⁷. Sendo assim, a determinação de alguns fatores como o consumo de oxigênio e os limiares ventilatórios se torna essencial como uma forma de referência para avaliação da capacidade físico metabólica do corredor, além de estabelecer parâmetros que podem interferir em seu desempenho⁷.

A avaliação do consumo de oxigênio (VO_2) durante testes relacionados ao exercício físico corresponde a análise do consumo de oxigênio captado do ar ambiente, transportado pela corrente sanguínea até o músculo para ser metabolizado pelos processos aeróbios de bioenergética durante o esforço físico para a produção de energia⁸. Desta maneira, o consumo de oxigênio pode ser uma estimativa fidedigna referente a taxa periférica de troca gasosa,

podendo ser expresso em medidas absolutas (identificado por litros a cada minuto) ou valores relativos (ml/kg/min)⁹ sendo considerado um dos principais preditores de performance durante a corrida¹⁰.

Seltmann et al. (2020)¹¹ mencionam alguns fatores que podem afetar o consumo de oxigênio, tais como a massa corporal do indivíduo, gênero, o nível de treinamento físico, frequência cardíaca e a fadiga muscular respiratória. Além disso, os autores afirmam que uma maior demanda ventilatória durante o exercício físico pode interferir negativamente no consumo de oxigênio e no nível de treinamento dos atletas.

Da mesma forma que o consumo de oxigênio¹⁰, os limiares ventilatórios também são ferramentas importantes capazes de avaliar o desempenho aeróbico de um atleta e de estipular suas cargas de treino¹². Os limiares ventiladores são marcadores de estresse fisiológico que possibilitam dividir o exercício físico em domínio de intensidade leve, moderado e vigoroso¹³. Portanto, o Primeiro Limiar Ventilatório (LV1) é o momento de transição entre a zona de intensidade do exercício de leve para a moderada, e o Segundo Limiar Ventilatório (LV2) o momento que marca a troca de intensidade moderada para vigorosa^{14,15}.

Os parâmetros fisiológicos como o consumo de oxigênio e limiares ventilatórios explicam 70% da variância da velocidade média de corrida sustentada por um corredor e são bons marcadores de desempenho de resistência de indivíduos de diferentes idades e sexo¹⁶. Em relação a níveis de performance, para maratonistas de alto nível o consumo máximo de oxigênio é cerca de 70-85ml/kg/min, para corredores de baixo nível é aproximadamente de 65ml/kg/min e para corredores recreacionais em torno de 51-58 ml/kg/min¹⁶.

O teste cardiopulmonar de esforço ou teste ergoespirométrico, que tem como objetivo analisar os gases ventilatórios associados ao exercício físico em adultos, é altamente preciso¹⁷⁻²², sendo considerado o método mais eficaz para a avaliação do desempenho²³.

Correr exige que o corpo seja capaz de transferir as forças geradas pela resposta ao movimento²⁴. Durante a corrida, o corpo trabalha como um modelo de massa-mola capaz de lidar com a força de reação do solo e gerar propulsão para o avanço do corpo por meio de uma atividade conjunta entre demanda energética, cinemática e atividade muscular²⁵. Ajustes musculares que ocorrem durante a corrida estão intimamente relacionados com a geração de força durante a corrida e influenciam diretamente a técnica de corrida²⁶. A técnica de corrida pode ser definida como o conjunto automatizado de movimentos articulares realizados para atingir respostas integradas entre corpo e exercício²⁷. A análise dessa técnica pode ser realizada através de avaliação cinemática da corrida²⁰. Os sistemas de análise de movimento

tridimensional (3D) fornecem mensurações precisas das variáveis cinéticas e cinemáticas espaço-temporais e angulares da corrida, apresentando alta confiabilidade em seus resultados²⁸.

Ao longo dos últimos anos pesquisas^{19,20} buscam compreender o que constitui uma técnica eficaz de corrida. Alguns autores citam fatores biomecânicos modificáveis que podem influenciar o consumo de oxigênio na corrida e esses fatores podem ser classificados como intrínsecos ou extrínsecos. Os fatores intrínsecos referem à biomecânica da corrida de um indivíduo, como os parâmetros espaço-temporais como o tempo de contato com o solo, cadência e o comprimento da passada,²¹ assim como a cinemática angular²⁰; a cinética²⁹ e fatores neuromusculares como a ativação e coativação dos músculos³⁰. Já os fatores extrínsecos dizem respeito à interação do indivíduo com o meio externo no qual a prática esportiva é realizada, bem como equipamentos e acessórios³¹.

Sabe-se que possa existir uma relação entre variáveis fisiológicas e algumas variáveis biomecânicas, como a oscilação vertical (devido a mudança na energia potencial do corpo)³², o tempo de contato com o solo e comprimento e frequência da passada (variáveis relacionadas aos picos de impacto da força de reação do solo)³³. Estima-se que a alteração da frequência ou comprimento da passada pode levar à mudança no consumo de oxigênio em diferentes velocidades³⁴. Dentro das variáveis analisadas nesse contexto, as do plano sagital tem sido uma das mais exploradas, uma vez que parâmetros cinemáticos como o movimento de flexão e extensão das articulações dos membros inferiores durante a corrida parecem interferir no consumo de oxigênio³⁵.

Contudo, embora exista uma relação plausível entre biomecânica de corrida, desempenho e variáveis fisiológicas, a literatura não apresenta um consenso em relação a uma possível associação²⁷. Moore³⁶ em seu estudo, verificou que o consumo de oxigênio a 10km/h não era alterado em relação a mudança no comprimento do passo da corrida. Enquanto, De Ruiten et al.³³ mostrou que um maior comprimento do passo pode levar ao maior consumo de oxigênio. Quinn et al.³⁷, por outro lado, encontrou que o consumo de oxigênio pode ser menor entre 12 a 14km/h quando a cadência é aumentada, tornando-o um corredor mais econômico.

Para muitos corredores, reduzir o tempo e o esforço físico e metabólico gasto para completar determinada distância é fundamental. Ao longo dos anos, variáveis fisiológicas aeróbicas associadas a corrida foram identificadas, das quais destacam-se o consumo de oxigênio durante o exercício físico e os limiares ventilatórios²⁶. Logo, se faz necessário compreender se essas variáveis podem estar associadas às variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares da corrida e se algumas destas podem interferir no desempenho de corredores recreacionais^{37,38}. Deste modo, correlacionar associações existentes pode auxiliar treinadores e corredores a

compreender ajustes necessários para lapidar o desempenho de corredores recreacionais em treinos regulares de corrida ou aprimorá-los buscando melhores resultados em provas de resistência.

Desta forma, foi hipotetizado que existe associação entre variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares da corrida com o consumo de oxigênio de corredores recreacionais e os limiares ventilatórios de corredores recreacionais durante teste incremental máximo em esteira associado a avaliação biomecânica tridimensional da corrida.

2 OBJETIVO

Verificar se há associação entre variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares da corrida com o consumo de oxigênio e os limiares ventilatórios de corredores recreacionais durante teste incremental máximo em esteira.

3 MÉTODOS

3.1 DESENHO DO ESTUDO E PROCEDIMENTOS ÉTICOS

Tratou-se de um estudo transversal que foi realizado no Laboratório do Núcleo de Apoio a Pesquisa em Análise do Movimento (NAPAM) localizado na Rua Professora Maria José Barone Fernandes, 300/1º andar Vila Maria, São Paulo – SP, após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, sob o número de parecer 5.291.619.

Todos os participantes foram informados sobre a natureza e o objetivo do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A), de acordo com a Resolução Ética do CNS 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

A participação foi voluntária e seguiu todas as normas éticas e de biossegurança da instituição envolvida na pesquisa durante o período de abril a julho de 2022.

3.2 CASUÍSTICA

A amostra deste estudo foi composta por voluntários dos gêneros masculino e feminino, adultos saudáveis e praticantes de corrida recreacional de forma regular. Especificamente, participaram deste estudo uma amostra composta por 40 corredores recreacionais, sendo 20 homens e 20 mulheres, com faixa etária entre 18 e 45 anos.

Os critérios de inclusão foram: ser corredor recreacional por pelo menos um ano, ter entre 18 e 45 anos no dia da coleta e correr entre 40 a 60 km/semana nos 3 meses anteriores à coleta de dados. Os critérios de exclusão foram: gestantes, triatletas, histórico de lesão musculoesquelética incapacitante nos seis meses anteriores à coleta de dados e/ou queixa cardiorrespiratória ou musculoesquelética durante a execução do estudo, corredores que foram infectados com COVID-19 nos seis meses anteriores a data da coleta, além de voluntários que fizessem uso contínuo de medicamento controlador da frequência cardíaca.

3.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA

Inicialmente, todos os voluntários responderam a um questionário sociodemográfico composto por: nome, idade, peso, altura, tempo de prática de corrida, prática de outras modalidades, histórico de lesões e volume de treino semanal (APÊNDICE B).

Os voluntários do estudo realizaram uma avaliação biomecânica em conjunto com uma avaliação ergoespirométrica. Durante o período do estudo, os voluntários foram orientados a manter suas atividades de vida diária de forma regulares.

A sessão de avaliação do voluntário foi realizada durante a primeira e única visita do mesmo ao experimento e consistiu em um teste incremental máximo de corrida (ergoespirometria) em esteira ergométrica até a exaustão voluntária realizado simultaneamente a uma avaliação biomecânica 3D da corrida (cinemática 3D).

Todas as avaliações do estudo foram conduzidas em condições ambientais semelhantes e foram realizadas no mesmo horário para evitar qualquer interferência dos ritmos circadianos. Aos voluntários participantes da pesquisa foram solicitados a evitar o consumo de álcool e cafeína nas 24 horas antecedentes aos procedimentos, além de seguir outras recomendações específicas que foram detalhadas no arquivo do preparo da avaliação que foi enviado individualmente para cada voluntário com três dias de antecedência a data da coleta (APÊNDICE C).

3.3.1 Teste Ergoespirométrico

Foi realizado teste incremental de corrida em esteira ergométrica (Movement RT350), em laboratório com condições padrões de temperatura, pressão e umidade.

O protocolo do presente estudo consistiu no voluntário correr a uma velocidade constante com um aumento gradual da velocidade a cada minuto^{39,40}. A velocidade inicial foi de 6km/h para as mulheres e 7km/h para os homens, com incrementos de 1km/h a cada minuto⁴¹, até que o voluntário alcançasse a fadiga exaustiva voluntária, momento este que devido às características fisiológicas de esforço físico caracteriza um teste de esforço máximo, ou seja: platô na curva do VO_2 mesmo com incremento na carga de trabalho; frequência cardíaca máxima ($FC_{m\acute{a}x.}$) > 95% da prevista; relação de troca respiratória (RER) ≥ 1.10 ; cansaço extremo e ter ultrapassado o 2º limiar ventilatório^{9,42}. Os participantes fizeram uso de uma máscara facial (FIGURA 1) sem aberturas para respiração durante todo o procedimento e foram incentivados a se manterem no teste pelo maior tempo possível. Os participantes foram monitorados, por meio da frequência cardíaca durante todo o teste.

Para determinação dos gases ventilatórios, foi utilizado um analisador de gases (Cortex Metalyzer 3B) no qual as amostras dos gases emitidos pelo participante foram coletadas e mensuradas de forma direta durante o teste. Durante cada expiração, para determinação dos limiares ventilatórios, foram registradas as seguintes variáveis ventilatórias: volume corrente,

o consumo de oxigênio e de dióxido de carbono⁴³, pressão expiratória de oxigênio e de gás carbono, além das relações entre ventilação e oxigênio e ventilação e gás carbônico⁹. Os limiares ventilatórios foram identificados por intermédio da integração de métodos pré-existentes descritos na literatura⁴⁴. Sendo assim, o LV1 foi identificado no ponto em que houve o primeiro aumento da relação entre ventilação e consumo de oxigênio (VE/VO₂) sem incremento simultâneo do equivalente ventilatório da relação ventilação e gás carbônico (VE/VCO₂)⁴⁴. Já o LV2 foi identificado no momento de menor valor da relação ventilação e gás carbônico (VE/VCO₂) seguido de desvio da curva e aumento dos valores de pressão expiratória de gás carbônico⁴⁵.

Durante cada minuto do exame foi perguntado ao voluntário sobre sua percepção de esforço em relação ao teste incremental. Foi utilizado uma escala de percepção de esforço (ANEXO A) conhecida como escala de Borg, ferramenta fácil e não invasiva, composta por uma escala categórica capaz de relacionar a intensidade do exercício com o cansaço apresentado pelo voluntário⁴⁶. Para aquisição e processamento dos dados ergoespirométricos foi utilizado o software MetaSoft Studio[®]. O registro dos dados do teste ergoespirométrico foi realizado no período entre 30'' a 45'' finais de cada minuto para posterior análise.

3.3.2 Avaliação Biomecânica da Corrida

Os dados cinemáticos foram coletados por meio do sistema Vicon-Nexus[®] de análise do movimento composto por 8 câmeras de infravermelho de frequência de 240 frames por segundo (fps) e resolução de 1 megapixel (MP) 1024x1024.

Todos os 40 voluntários do estudo utilizavam shorts (homens e mulheres) e tops (mulheres) a fim de facilitar a colocação dos marcadores e a leitura dos mesmos pelas câmeras. Inicialmente, pontos específicos da pele foram limpos com algodão e álcool 70% para facilitar o posicionamento dos marcadores.

Quarenta marcadores esféricos retro-reflexivos (14mm de diâmetro) foram fixados com dupla face (3M[®]) em pontos anatômicos específicos, como referência para o sistema de captura de análise do movimento. Os marcadores são esferas de polietileno envoltas por uma fita adesiva revestida de esferas microscópicas de vidro que são fixadas sobre uma base plástica que facilita a fixação da fita dupla face, por consequente, a fixação na pele do voluntário. Seu formato esférico permite que a luz seja refletida em todas as direções. Os marcadores foram posicionados sobre o sétimo processo cervical, uma faixa com quatro marcadores na cabeça, acrômios, manúbrio, processo xifoide, escápula direita, terço proximal dos braços, epicôndilos

laterais dos úmeros, processos estiloides dos rádios e das ulnas, terço médio das mãos entre o segundo e terceiro metacarpos, décimo processo espinhoso torácico, bilateralmente nas espinhas ilíacas ântero-superiores e nas espinhas ilíacas póstero-superiores, região anterior e lateral da coxa bilateralmente, face lateral da base da patela direita e esquerda, epicôndilo lateral dos fêmures, terço médio lateral da perna direita e esquerda, terço médio e distal anterior da tibia bilateralmente, maléolo lateral bilateral. Além disso, com auxílio de fita adesiva extra para evitar perda dos marcadores devido ao impacto do contato do pé com a esteira, foi posicionado por cima do tênis do voluntário um marcador nos calcâneos e um entre o terço médio do 2º e 3º metatarsos de forma bilateral. Também foram utilizados quatro marcadores adicionais que foram utilizados apenas no modelo estático, estes marcadores foram posicionados nos maléolos mediais e epicôndilos femorais mediais bilateralmente. Este conjunto de marcadores foi posicionado e baseado no modelo biomecânico *Vicon Plug-in-Gait*[®], que é um modelo utilizado para estipular a posição dos centros articulares, além de, calcular a cinemática tridimensional das articulações do corpo^{47,48} (FIGURA 1).

Para aquisição e processamento dos dados cinemáticos foi utilizado o software *Vicon Nexus*[®] (Versão 2.12). O registro dos dados da análise biomecânica foi realizado no período entre 30'' a 45'' finais de cada minuto para posterior análise.



Figura 1: Vista da paramentação para realização das avaliações do estudo

3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS

3.4.1 Teste Ergoespirométrico

Após exportação do arquivo bruto do exame a média de dados do intervalo de 30'' a 45'' segundos finais de cada minuto, para cada quilometragem, foram tabulados e registrados em uma planilha de Excel. Foi identificado o VO_2 em ml/kg/minuto, o volume de gás carbônico, a relação de troca respiratória, a ventilação, a relação entre ventilação e consumo de oxigênio, relação entre ventilação e volume de gás carbônico, e as pressões expirada de oxigênio e de gás carbônico⁹. Além disso foi registrado a frequência cardíaca e o indicador da percepção de cansaço. Todos esses parâmetros foram identificados a cada minuto do teste. A partir das análises das variáveis acima descritas, também foi registrado os limiares ventilatórios de cada participante, porém, devido a colinearidade dos dados apenas o VO_2 e os limiares ventilatórios foram utilizados para análise estatística.

3.4.2 Avaliação Biomecânica da Corrida

Após a captura das coordenadas dos marcadores, foi feita a reconstrução tridimensional do modelo biomecânico seguido da nomeação dos marcadores. O processamento dos dados iniciou com a marcação do ciclo da corrida, a cada quilômetro, partindo do primeiro toque no solo do pé esquerdo até o mesmo tocar no solo novamente, sendo realizado em sequência o mesmo protocolo para o membro contralateral, sendo registrados 6 ciclos de ambos os membros para cada quilometragem de todo o teste incremental para todos os voluntários. Em seguida, foi utilizado um filtro *Butterworth* de 8 Hz para diminuir ruídos ocasionados pela movimentação de tecidos do corpo. Os dados das coordenadas dos marcadores foram usados para aplicar o modelo biomecânico *Plug-in-Gait*[®] com objetivo de estimar os centros articulares e reconstruir os segmentos do corpo. A partir dos dados cinemáticos, o valor da média dos dados dos 6 ciclos da corrida para cada quilometragem, referente ao período de 30'' a 45'' finais de cada minuto do teste, foram identificados os seguintes parâmetros: cadência (número de passos por minuto); comprimento do passo (distância entre o primeiro toque de um pé no solo medida até o primeiro toque do pé contralateral) e oscilação do centro de massa (oscilação súpero-inferior do centro gravitacional do corpo durante cada passo). Todos os procedimentos de processamento foram realizados no software Vicon Nexus 2.12^{®48}. Os valores das médias das variáveis biomecânicas identificadas foram tabulados em um banco de dados do Excel para posterior análise estatística.

Os 6 ciclos dos movimentos compostos por uma série temporal de 51 pontos de dados de 10 curvas cinemáticas (do tronco e pelve em relação ao laboratório nos 3 planos de movimentos; do quadril em relação a pelve no plano sagital e frontal; perna em relação a coxa e o pé em relação a perna no plano sagital) para cada velocidade do teste incremental foram tabulados separadamente e analisados em uma rede neural não supervisionada denominada *Movement Deviation Profile* (MDP). O MDP é um método baseado em uma rede neural artificial, ou, mapa auto-organizado, capaz de calcular o afastamento do padrão de movimento de determinado voluntário em relação a um grupo de características semelhantes⁴⁹. O mapa auto-organizado associa modelos de entrada com base na distância entre o grupo referência e cada sujeito. Em relação a análise de atividades relacionadas a marcha, o mapa auto-organizado pode ser analisado como uma medida capaz de sintetizar e simplificar dados cinemáticos com intuito de facilitar sua interpretação e comparação⁵⁰.

3.5 Procedimentos Estatísticos

Inicialmente, foi montado um *Path Diagram* (FIGURA 2) com as variáveis selecionadas a fim de simplificar o modelo teórico e combinar livremente as associações existentes entre as variáveis de acordo com as características delas entre si, que são descritas na literatura. O *Path Diagram* descrito abaixo, buscou relacionar variáveis interligadas com linhas de direção que são utilizadas para indicar a relação de fluxo entre as variáveis. O modelo de equação estrutural foi desenvolvido buscando obter associação entre cadência, comprimento do passo, oscilação do centro de massa e MDP com o VO_2 e com os limiares ventilatórios. Variáveis demográficas de ajuste como idade, peso, sexo, velocidade do teste incremental e tempo de prática de corrida foram utilizados para ajuste do modelo estatístico.

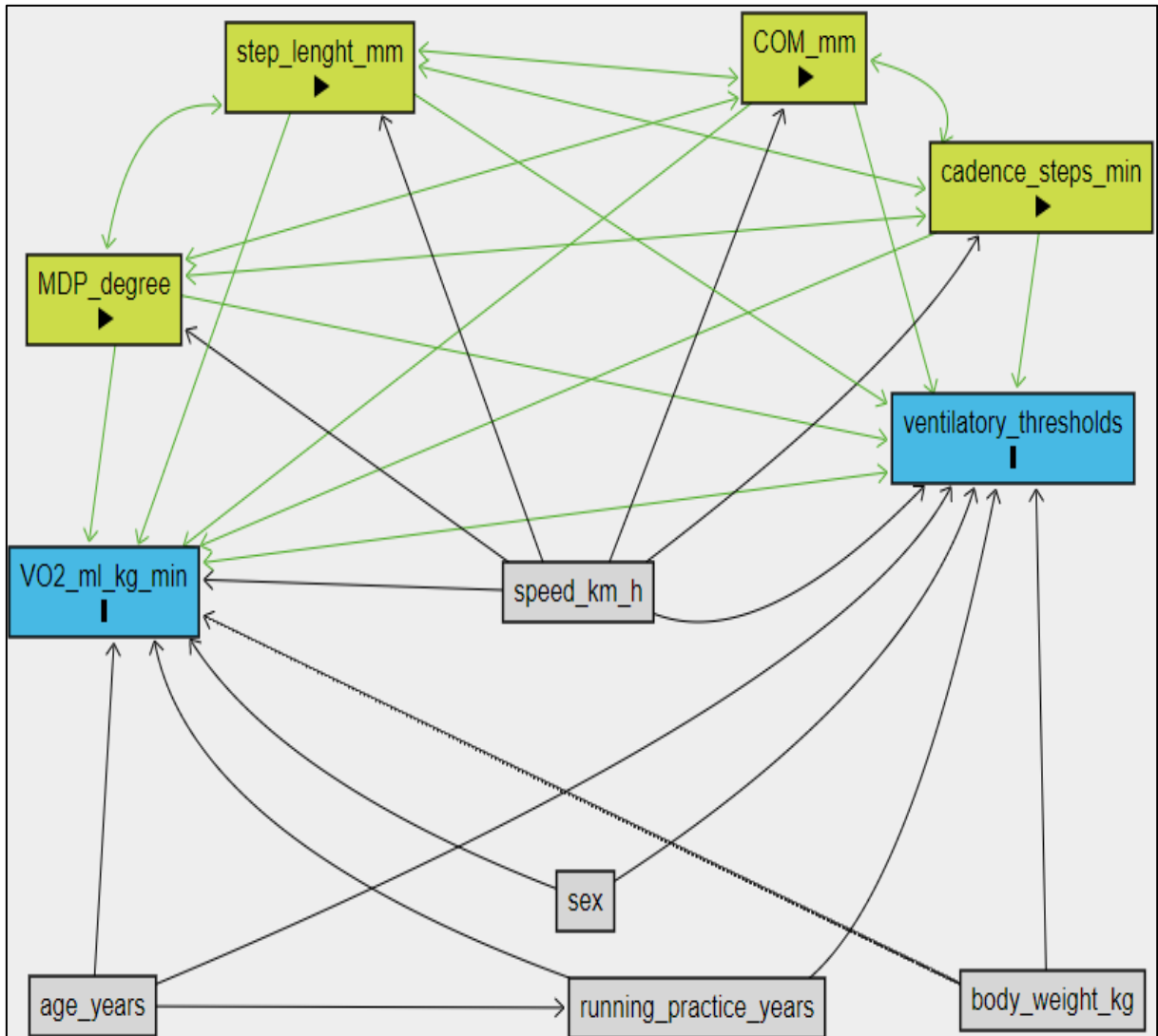


Figura 2: Representação diagramática das variáveis dependente (azul), variáveis biomecânicas (verde) e variáveis demográficas (cinza) utilizadas no Modelo de Equação Estrutural

Análises descritivas foram realizadas para sumarizar os dados. As distribuições foram avaliadas pela inspeção de histogramas, funções de densidade de probabilidade, gráficos de barra, linha e dispersão dependendo de dados numéricos, dicotômicos ou categóricos. As variáveis numéricas foram resumidas usando o mínimo (min), o quartil de 25% (Q1), a mediana, o quartil de 75% (Q3), o máximo (máximo), a média, o desvio padrão (DP) e o intervalo de confiança de 95% (95% IC). Variáveis dicotômicas e categóricas foram resumidas por meio da distribuição de frequência, proporções e porcentagens (%). Para fornecer uma visão geral média das variáveis que foram medidas repetidas, conduzimos modelos mistos lineares e modelos mistos de probabilidade linear para variáveis dicotômicas/categóricas numéricas e fictícias, respectivamente. Modelos mistos foram conduzidos com efeitos aleatórios de

interceptação, incluindo uma variável indicadora para as medidas repetidas na parte de efeitos aleatórios dos modelos.

Utilizando o software R (4.1.2)⁵¹ um modelo multivariado foi desenvolvido, uma vez que o referencial teórico indicava as seguintes duas variáveis dependentes correlacionadas representando o construto da fisiologia do exercício: (1) “VO₂ (ml/kg/min)” e (2) “limiares ventilatórios”. No entanto, essas variáveis eram de natureza diferente, ou seja, a primeira era uma variável contínua enquanto a segunda era uma variável ordinal. Portanto, desenvolvemos um modelo de equação estrutural bayesiana (SEM) para lidar com a complexidade do modelo teórico com uma abordagem flexível. Um modelo linear misto foi desenvolvido para investigar a associação de variáveis biomecânicas com a variável fisiológica dependente “VO₂ ml/kg/min”.

Um modelo logístico misto foi desenvolvido para investigar a associação de variáveis biomecânicas com a variável fisiológica dependente “limiares ventilatórios”. Os resultados do componente do modelo linear misto de SEM foram apresentados como coeficientes de regressão (β) e seu intervalo de confiança de densidade posterior de 95% mais alto (95%IC). Os resultados do componente do modelo misto ordinal do SEM foram apresentados como *odds ratio* (OR) e seu intervalo de confiança de 95%.

Através da análise dos gráficos, as seguintes suposições das análises dos modelos foram realizadas: normalidade dos resíduos, linearidade, homocedasticidade e normalidade dos efeitos aleatórios e probabilidades proporcionais.

4 RESULTADOS

Os resultados da presente dissertação, intitulada “Variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares estão associadas ao consumo de oxigênio e aos limiares ventilatórios em corredores recreacionais?” serão apresentados no formato de artigo.

4.1 Artigo: “Variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares estão associadas ao consumo de oxigênio e aos limiares ventilatórios em corredores recreacionais?”

Resumo

Introdução: Ao longo dos anos, é crescente o número de pessoas que aderem a corrida objetivando desempenho competitivo. O aumento de participantes estimula a comunidade científica a analisar a associação de diferentes fatores que podem afetar o desempenho de um corredor, como as variáveis cinemáticas, o consumo de oxigênio e os limiares ventilatórios, que apesar da possível relação, a associação entre essas variáveis não está claramente elucidada.

Objetivo: Verificar se há associação entre variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares da corrida com o consumo de oxigênio e os limiares ventilatórios de corredores recreacionais durante teste incremental máximo em esteira. **Métodos:** Estudo transversal com amostra de 40 corredores recreacionais submetidos simultaneamente a análise biomecânica da corrida e ergoespirometria. Um modelo multivariado de equação estrutural bayesiana foi desenvolvido para verificar a associação entre o consumo de oxigênio e limiares ventilatórios com os dados cinemáticos angulares obtidos pelo *Movement Deviation Profile* (MDP) e dados espaço-temporais da corrida. **Resultados:** Foi observado associação do consumo de oxigênio com a cadência, comprimento do passo e oscilação do centro de massa ($r = 0.95$), além da associação da cadência com o primeiro limiar ventilatório (OR = 1.03) e da cinemática angular da corrida com a exaustão (OR = 1.47). **Conclusão:** Pode-se concluir que a cadência está associada ao primeiro limiar ventilatório; variáveis cinemáticas angulares à exaustão; uma maior cadência e oscilação do centro de massa estão associados ao aumento do consumo de oxigênio e que o aumento do comprimento do passo reduz o consumo de oxigênio.

Palavras-chave: Corrida; Teste de Esforço; Consumo de Oxigênio, Cinemática.

Abstract

Introduction: Over the years, the number of people who join the running aiming at competitive performance is increasing. The increase in participants encourages the scientific community to analyze the association of different factors that can affect a runner's performance, such as kinematic variables, oxygen consumption and ventilatory thresholds, which despite the intuitive relationship, the association between these variables is not clearly elucidated. **Objective:** To verify if there is an association between the spatiotemporal and angular kinematics variables of the running with the oxygen consumption and the ventilatory thresholds of recreational runners

during maximal incremental test on a treadmill. **Methods:** Cross-sectional study with a sample of 40 recreational runners simultaneously submitted to a biomechanical analysis of the running and ergospirometry. A multivariate Bayesian structural equation model was developed to verify the association between oxygen consumption and ventilatory thresholds with the angular kinematic data obtained by the Movement Deviation Profile (MDP) and the running spatiotemporal data. **Results:** It was observed association of oxygen consumption with step frequency, step length and oscillation of the center of mass ($r = 0.95$), besides the association of step frequency with the first ventilatory threshold (OR = 1.03) and angular kinematics of the running with exhaustion (OR = 1.47). **Conclusion:** It can be concluded that step frequency is associated with the first ventilatory threshold; angular kinematic variables at exhaustion; higher step frequency and center of mass oscillation are associated with increased oxygen consumption and that increasing step length reduces oxygen consumption.

Keywords: Running; Stress Test; Oxygen Consumption, Kinematics.

4.1.1 Introdução

Ao longo dos anos, é crescente o número de pessoas que aderem à corrida como forma de condicionamento físico ou desempenho competitivo¹, o que faz da corrida de rua um fenômeno social ao longo das últimas décadas². O aumento no número de participantes nessa modalidade tem estimulado a comunidade científica a analisar os diferentes fatores que podem afetar o desempenho de um corredor, como os fatores biomecânicos, o consumo de oxigênio (VO_2)³ e os limiares ventilatórios (LV), variáveis essas que podem ser identificadas por meio de avaliações laboratoriais comumente utilizadas⁴, como o teste ergoespirométrico⁵ e a avaliação cinemática da corrida⁶.

A análise do consumo de oxigênio durante testes relacionados ao exercício físico é frequentemente realizada⁷, uma vez que um menor consumo de oxigênio durante a corrida torna o corredor mais econômico e é um dos principais preditores de performance durante atividades como a corrida^{8,9}, bem como a identificação dos limiares ventilatórios, que por serem marcadores de estresse fisiológicos possibilitam dividir o exercício físico em domínio de intensidade leve, moderado e vigoroso¹⁰.

Considera-se que possa existir uma relação entre variáveis fisiológicas representativas do desempenho esportivo e variáveis biomecânicas, como por exemplo: oscilação vertical¹¹, tempo de contato com o solo, comprimento e frequência do passo¹². Moore¹³ em seu estudo,

verificou que o consumo de oxigênio em uma velocidade de 10km/h não era alterado com a mudança no comprimento do passo durante a corrida. Enquanto De Ruitter et al.¹² mostrou que um maior comprimento do passo pode levar ao maior consumo de oxigênio em velocidades abaixo do segundo limiar ventilatório. Quinn et al.¹⁴, por outro lado, mostrou que o consumo de oxigênio pode ser menor entre 12 a 14km/h quando a cadência é aumentada, o que tornaria o corredor mais econômico.

Embora exista uma relação plausível entre biomecânica de corrida, desempenho e variáveis fisiológicas, a literatura não apresenta um consenso em relação a uma possível associação entre essas variáveis¹⁵. Logo, se faz necessário compreender se variáveis fisiológicas podem estar associadas à variáveis biomecânicas e se podem interferir no desempenho de corredores recreacionais. Além disso, é notória a necessidade de aumentar o número de pesquisas com esse público de corredores, uma vez que o estudo desses fatores, é em sua maioria, voltado para atletas de elite¹⁶.

Diante disso, o objetivo do presente estudo foi verificar se há associação entre variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares da corrida com o consumo de oxigênio e os limiares ventilatórios de corredores recreacionais durante teste incremental máximo em esteira. Foi hipotetizado que existe associação entre variáveis biomecânicas da corrida com o consumo de oxigênio de corredores recreacionais e os limiares ventilatórios de corredores recreacionais durante teste incremental máximo em esteira associado a avaliação biomecânica tridimensional da corrida.

4.1.2 Métodos

Tratou-se de um estudo transversal conduzido entre o período de abril a julho de 2022, que foi realizado em um Laboratório de Análise do Movimento após aprovação do Comitê de Ética da mesma instituição, sob o número de parecer 5.291.619.

Participantes

Uma amostra composta por 40 corredores recreacionais, sendo 20 homens e 20 mulheres, com faixa etária entre 18 e 45 anos foram recrutados para o estudo.

Os critérios de inclusão foram: ser corredor recreacional por pelo menos um ano, ter entre 18 e 45 anos no dia da coleta e correr entre 40 a 60 km/semana nos 3 meses anteriores à coleta de dados. Os critérios de exclusão foram: gestantes, triatletas, histórico de lesão

musculoesquelética incapacitante nos seis meses anteriores à coleta de dados e/ou queixa cardiorrespiratória ou musculoesquelética durante a execução do estudo, corredores que foram infectados com COVID-19 nos seis meses anteriores a data da coleta, além de voluntários que fizessem uso contínuo de medicamento controlador da frequência cardíaca.

Instrumentação e Procedimentos

Inicialmente, todos os voluntários responderam a um questionário sociodemográfico composto por questões relacionadas a informações pessoais e/ou relativas a prática de corrida e em seguida foram submetidos de forma simultânea a uma avaliação cinemática da corrida e a um teste ergoespirométrico.

4.1.2.1 Ergoespirometria

Os voluntários foram submetidos a um teste incremental em esteira no qual as mulheres iniciaram a 6km/h e os homens a 7km/h, com incrementos de 1km/h a cada minuto¹⁷, até que o voluntário alcançasse a fadiga exaustiva voluntária, momento este que devido às características fisiológicas da corrida caracteriza um teste de esforço máximo^{18,19}. Para determinação dos gases ventilatórios de forma direta, um analisador de gases (Cortex Metalyzer 3B) foi utilizado. Para determinação dos limiares ventilatórios, a cada expiração foram registradas as seguintes variáveis ventilatórias: volume corrente, o consumo de oxigênio e de dióxido de carbono¹⁸, pressão expiratória de oxigênio e de gás carbono, além das relações entre ventilação e oxigênio e ventilação e gás carbônico¹⁹. Os limiares ventilatórios foram identificados por meio da integração de métodos pré-existentes descritos na literatura²⁰.

Durante cada minuto do exame foi perguntado ao voluntário sobre sua percepção de esforço em relação ao teste incremental. Foi utilizado uma escala de percepção subjetiva de esforço conhecida como escala de Borg, escala categórica capaz de relacionar a intensidade do exercício com o cansaço apresentado pelo voluntário²¹. Para aquisição e processamento dos dados ergoespirométricos foi utilizado o software MetaSoft Studio[®]. O registro dos dados do teste ergoespirométrico foi realizado no período entre 30'' a 45'' finais de cada minuto, referente a cada quilometragem, para posterior análise.

4.1.2.2 Avaliação Cinemática da Corrida

Os dados cinemáticos foram coletados por meio do sistema Vicon-Nexus[®] de análise do movimento composto por 8 câmeras de infravermelho de frequência de 240 frames por segundo. Quarenta marcadores esféricos retro-reflexivos foram fixados com dupla face em pontos anatômicos específicos, como referência para o sistema de captura de análise do movimento baseado no modelo biomecânico Vicon *Plug-in-Gait*^{®22}. Para aquisição e processamento dos dados cinemáticos foi utilizado o software Vicon Nexus[®] (Versão 2.12). O registro dos dados biomecânicos, referente a cada quilometragem do teste ergoespirométrico, foi realizado no período entre 30'' a 45'' finais de cada minuto para posterior análise.

Processamento dos Dados

Após a captura das coordenadas dos marcadores, foi feita a reconstrução tridimensional do modelo biomecânico seguido da nomeação dos marcadores. O processamento dos dados iniciou com a marcação do ciclo da corrida a cada quilômetro²³, sendo registrados 6 ciclos de ambos os membros para cada velocidade de todo o teste incremental para todos os voluntários. Em seguida, foi utilizado um filtro *Butterworth* de 8 Hz para diminuir ruídos ocasionados pela movimentação de tecidos do corpo. Os dados das coordenadas dos marcadores foram usados para aplicar o modelo biomecânico *Plug-in-Gait*[®] com objetivo de estimar os centros articulares e reconstruir os segmentos do corpo²². A partir das coordenadas dos marcadores biomecânicos foram identificados 6 ciclos de movimento para cada velocidade dos seguintes parâmetros: cadência, comprimento do passo e oscilação do centro de massa, onde a média dos valores das variáveis biomecânicas espaço-temporais foram tabuladas em um banco de dados para posterior análise estatística. Os dados angulares de 51 pontos de dados de 10 curvas cinemáticas (do tronco e pelve em relação ao laboratório nos 3 planos de movimentos; do quadril em relação a pelve no plano sagital e frontal; perna em relação a coxa e o pé em relação a perna no plano sagital) para cada velocidade do teste incremental foram tabulados separadamente e usados em uma rede neural não supervisionada denominada *Movement Deviation Profile* (MDP). O MDP é um método baseado em uma rede neural artificial capaz de calcular o afastamento do padrão de movimento de determinado voluntário em relação a um grupo de características semelhantes. Assim, esse método consegue sintetizar e simplificar dados cinemáticos com intuito de facilitar sua interpretação e comparação²⁴.

Os dados ergoespirométricos de frequência cardíaca por minuto e VO₂ em ml/kg/minuto, bem como a velocidade em que eram identificados os limiares ventilatórios também foram registrados no mesmo banco de dados para ser realizada a análise estatística.

Análise Estatística

Utilizando o software R (4.1.2)²⁵ foi elaborado um modelo de equação estrutural bayesiana (SEM) buscando associar o consumo de oxigênio e os limiares ventilatórios com as variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares da corrida por meio do ajuste das variáveis demográficas sexo, peso, idade, tempo de prática da corrida e velocidade do teste incremental. Os resultados do componente do modelo linear misto de SEM foram apresentados como coeficientes de regressão (β) e intervalo de confiança de 95% (IC 95%) para a associação entre consumo de oxigênio, variáveis demográficas de ajuste e variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares da corrida. Assim como, os resultados do componente do modelo misto ordinal do SEM foram apresentados como *odds ratio* (OR) e seu intervalo de confiança de 95% para a associação entre limiares ventilatórios, variáveis demográficas de ajuste e variáveis cinemáticas espaço-temporais da corrida.

4.1.3 Resultados

Participaram desta pesquisa 40 corredores recreacionais de ambos os sexos.

Os dados demográficos dos voluntários participantes do estudo, além da porcentagem média da frequência cardíaca máxima atingida durante as avaliações dos participantes são demonstrados na tabela 1.

Tabela 1: Dados demográficos e Frequência Cardíaca Máxima alcançada durante as avaliações

Caracterização da Amostra	Média	IC 95%
Idade (anos)	34.7	32.81 – 36.64
Peso (kg)	66.3	62.66 – 68.94
Altura (cm)	1.7	1.67 – 1.73
Tempo de Prática de Corrida (anos)	8.4	7.91 – 14.59
Frequência Cardíaca Máxima (%)	98.94	98.23 – 99.55

Legenda: "IC": intervalo de confiança de 95%.

Os valores obtidos de média e intervalo de confiança referente a todas as velocidades do teste incremental por todos os corredores recreacionais avaliados, além das velocidades onde cada limiar ventilatório foi alcançado são apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Média de valores das variáveis fisiológicas e biomecânicas obtidas por corredores recreacionais durante todas as velocidades do teste incremental

Variáveis	Média	IC 95%
VO ₂ Teste Incremental Completo (ml/kg/min.)	36.39	35.36 – 37.42
VO ₂ Primeiro Limiar Ventilatório (ml/kg/min.)	34.63	33.00 – 36.41
VO ₂ Segundo Limiar Ventilatório (ml/kg/min.)	43.08	41.19 – 44.96
VO ₂ Máximo (ml/kg/min.)	48.87	46.82 – 50.92
VO ₂ Primeiro Limiar Relativo Máximo (%)	70.94	70.85 – 71.02
VO ₂ Segundo Limiar Relativo Máximo (%)	88.15	87.68 – 87.83
Cadência (passos/min.)	170.35	168.77 – 171.06
OCM (mm)	964.96	960.40 – 969.51
Comp. passo (mm)	964.77	943.50 – 986.04
MDP (°)	8.97	8.75 – 9.18
Primeiro Limiar Ventilatório (Km/h)	10.45	10.08 – 10.81
Segundo Limiar Ventilatório (Km/h)	13.47	13.07 – 13.87
Exaustão Máxima Voluntária (Km/h)	16.27	15.82 – 16.72

Legenda: "IC": intervalo de confiança de 95%; "VO₂": consumo de oxigênio; "MDP": *Movement Deviation Profile*; "OCM": Oscilação do Centro de Massa.

Baseado no SEM, os achados do presente estudo revelaram haver associação significativa entre a média do VO₂ (ml/kg/min.) de todas as velocidades do teste incremental com as seguintes variáveis: peso corporal, velocidade, oscilação do centro de massa, cadência e comprimento do passo; com base na análise do coeficiente de regressão (β) associado ao intervalo de confiança de 95%, como descrito na tabela 3:

Tabela 3: Modelo de Equação Estrutural de corredores recreacionais avaliados sendo o consumo de oxigênio (VO₂) a variável dependente

Parâmetro	β	IC 95%
Variável dependente: VO₂ (ml/kg/min.)		
VO ₂ _Intercept	33.99	30.02 – 38.00
VO ₂ _Mulheres	5.05	-0.21 – 10.75
VO ₂ _Idade (anos)	0.09	-0.28 – 0.44
VO ₂ _PesoCorporal (kg)*	-0.40	-0.69 – (-0.10)
VO ₂ _Prática de Corrida (anos)	-0.06	-0.42 – 0.33
VO ₂ _Velocidade (Km/h)*	3.13	2.82 – 3.45
VO ₂ _MDP (°)	0.12	-0.08 – 0.31
VO ₂ _OCM (mm)*	0.13	0.09 – 0.17
VO ₂ _Cadência (passos/minuto)*	0.10	0.08 – 0.13
VO ₂ _Comp. Passo (mm)*	-0.01	-0.01 – (-0.00)

Legenda: " β ": coeficiente de regressão; "IC": intervalo de confiança de 95%; "*": $p < 0.05$; "LV1": Primeiro Limiar Ventilatório; "VO₂": Consumo de Oxigênio; "MDP": *Movement Deviation Profile*; "OCM": Oscilação do Centro de Massa.

R Estimado: 0.95 Erro Estimado: 0.001 Q2.5: 0.947 Q97.5: 0.954

A partir da análise do SEM, os resultados demonstraram que o aumento do peso corporal reduz em 0.40ml/kg/min o consumo de oxigênio; o incremento da velocidade do teste incremental aumenta o consumo de oxigênio em 3.13ml/kg/min; uma maior oscilação do centro de massa aumenta em 0.13ml/kg/min o consumo de oxigênio; uma maior cadência corresponde ao aumento do consumo de oxigênio em 0.10ml/kg/min e o aumento do comprimento do passo diminui em 0.01ml/kg/min o consumo de oxigênio em corredores recreacionais durante teste incremental máximo em esteira.

A tabela 4 descrita a seguir apresenta os resultados do Modelo de Equação Estrutural com base na análise da razão de probabilidade (OR) em relação a associação das variáveis biomecânicas e das variáveis demográficas de ajuste analisadas com o alcance do Primeiro Limiar Ventilatório de corredores recreacionais durante teste incremental.

Tabela 4: Razão de chance das variáveis analisadas influenciarem no alcance do Primeiro Limiar Ventilatório (LV1) de corredores recreacionais

Parâmetro	Exp (β) = OR	IC 95%	p < 0.05
Variável dependente: LV1			
LV1_ <i>Intercept</i>	0.40	0.24 - 0.67	0.005
LV1_Mulheres	1.17	0.55 – 2.49	0.685
LV1_Idade (anos)	0.98	0.93 – 1.03	0.384
LV1_PesoCorporal (kg)	1.03	0.99 – 1.07	0.160
LV1_PraticadeCorrida (anos)	1.03	0.99 – 1.08	0.151
LV1_Velocidade (Km/h)*	0.61	0.45 – 0.81	0.000
LV1_MDP (°)	0.98	0.87 – 1.09	0.679
LV1_OCM (mm)	1.00	0.99 – 1.01	0.921
LV1_Cadência (passos/minuto)*	1.03	1.01 – 1.05	0.013
LV1_Comp.Passo (mm)	1.00	1.00 – 1.01	0.132

Legenda: " β ": coeficiente de regressão; "OR": *odds ratio*; "IC": intervalo de confiança de 95%; "*": p < 0.05; "LV1": Primeiro Limiar Ventilatório; "VO₂": Consumo de Oxigênio; "MDP": *Movement Deviation Profile*; "OCM": Oscilação do Centro de Massa.

R Estimado: 0.22

A partir da análise do SEM, percebe-se que a partir da análise do valor de p dentre as variáveis analisadas, apenas a velocidade do teste incremental (OR = 0.61) e a cadência (OR = 1.03) respondem ao alcance do Primeiro Limiar Ventilatório em corredores recreacionais submetidos a um teste incremental máximo em esteira.

A tabela 5 descrita a seguir apresenta os resultados do Modelo de Equação Estrutural com base na análise da razão de probabilidade (OR) em relação a associação das variáveis biomecânicas e das variáveis demográficas de ajuste analisadas com o alcance do Segundo Limiar Ventilatório de corredores recreacionais durante teste incremental.

Tabela 5: Razão de chance das variáveis analisadas influenciarem no alcance do Segundo Limiar Ventilatório (LV2) de corredores recreacionais

Parâmetro	Exp (β) = OR	IC 95%	p < 0.05
Variável dependente: LV2			
LV2_ <i>Intercept</i>	0.40	0.08 - 0.34	0.000
LV2_Mulheres	1.22	0.46 – 3.24	0.690
LV2_Idade (anos)*	1.06	1.00 – 1.12	0.048
LV2_PesoCorporal (kg)	0.97	0.92 – 1.03	0.350
LV2_PráticadeCorrida (anos)	0.97	1.06 – 2.01	0.275
LV2_Velocidade (Km/h)*	1.46	1.06 – 2.01	0.021
LV2_MDP (°)	0.99	0.85 – 1.14	0.862
LV2_OCM (mm)	1.01	1.00 – 1.02	0.112
LV2_Cadência (passos/minuto)	1.02	0.99 – 1.05	0.234
LV2_Comp.Passo (mm)	1.00	1.00 – 1.00	0.621

Legenda: " β ": coeficiente de regressão; "OR": *odds ratio*; "IC": intervalo de confiança de 95%; "*": p < 0.05; "LV2": Segundo Limiar Ventilatório; "VO₂": Consumo de Oxigênio; "MDP": *Movement Deviation Profile*; "OCM": Oscilação do Centro de Massa.

R Estimado: 0.77

A partir da análise do SEM, percebe-se que a partir da análise do valor de p dentre as variáveis analisadas, apenas a idade (OR = 1.06) e a velocidade do teste incremental (OR = 1.46) respondem ao alcance do Segundo Limiar Ventilatório em corredores recreacionais submetidos a um teste incremental máximo em esteira.

A tabela 6 descrita a seguir apresenta os resultados do Modelo de Equação Estrutural com base na análise da razão de probabilidade (OR) em relação a associação das variáveis biomecânicas e das variáveis demográficas de ajuste analisadas com o alcance da exaustão voluntária de corredores recreacionais durante teste incremental, variável obtida por meio dos dados da velocidade do teste incremental onde o mesmo era interrompido a partir do comando do voluntário.

Tabela 6: Razão de chance das variáveis analisadas influenciarem no alcance da Exaustão de corredores recreacionais

Parâmetro	Exp (β) = OR	IC 95%	p < 0.05
Variável dependente: Velocidade de Exaustão			
Exaustão_ <i>Intercept</i>	0.00	0.00 - 0.00	0.000
Exaustão_Mulheres*	9.87	1.30 – 74.80	0.026
Exaustão_Idade (anos)	1.04	0.93 – 1.17	0.470
Exaustão_PesoCorporal (kg)*	1.16	1.05 – 1.29	0.004
Exaustão_PráticadeCorrida (anos)	0.90	0.80 – 1.01	0.076
Exaustão_Velocidade (Km/h)*	8.00	3.62 – 17.67	0.000
Exaustão_MDP (°)*	1.47	1.13 – 1.91	0.004
Exaustão_OCM (mm)	0.99	0.97 – 1.00	0.081
Exaustão_Cadência (passos/minuto)	1.00	0.95 – 1.05	0.926
Exaustão_Comp.Passo (mm)	1.00	0.99 – 1.00	0.153

Legenda: " β ": coeficiente de regressão; "OR": *odds ratio*; "IC": intervalo de confiança de 95%; "*": p < 0.05; "MDP": *Movement Deviation Profile*; "OCM": Oscilação do Centro de Massa.

R Estimado: 0.96

A partir da análise do SEM, percebe uma maior influência das variáveis analisadas no alcance da exaustão voluntária, onde foi observado que a cinemática angular da corrida calculada pelo MDP influencia na chegada à exaustão em 1.47 vezes, a velocidade influencia o alcance da exaustão em 8 vezes, o peso em 1.16 vezes e que corredoras recreacionais alcançam a exaustão voluntária em 9.87 vezes previamente em comparação com os homens durante um teste incremental.

4.1.4 Discussão

O presente estudo buscou analisar a associação de variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares da corrida com o consumo de oxigênio e os limiares ventilatórios de corredores recreacionais durante um teste incremental máximo em esteira. Em relação as variáveis-biomecânicas avaliadas, os resultados obtidos suportam parcialmente nossa hipótese. Mais especificamente, variáveis espaço-temporais como a cadência, comprimento do passo e oscilação do centro de massa estão associadas ao consumo de oxigênio, e em relação aos limiares ventilatórios, apenas a cadência se associou ao LV1, e a cinemática angular da corrida,

obtida por meio do MDP, se mostrou associada com a exaustão voluntária durante o teste incremental.

Variáveis demográficas de ajuste vem sendo estudadas como fatores relacionados ao consumo de oxigênio e ao desempenho da corrida. Nossos resultados mostraram que para a população de corredores recreacionais avaliados, com características demográficas controladas, o aumento do peso corresponde a um menor consumo de oxigênio para percorrer determinada distância, acredita-se que essa associação indireta seja devido ao nível de treino destes atletas associada a condição físico-muscular desta população. Embora as evidências presentes na literatura não apresentem um consenso sobre a associação do peso corporal com o consumo de oxigênio²⁶⁻²⁸, se faz necessário que esta variável seja analisada com certa prudência devido as diferenças ocasionadas no consumo de oxigênio referente ao peso corporal associado a massa muscular ou quando atrelado a níveis de gordura corporal.

Nos últimos anos, a literatura²⁹ tem demonstrado uma possível associação de variáveis representativas do desempenho esportivo em corredores durante testes de corrida em diferentes velocidades. Moore²⁹ afirma que fatores modificáveis como as variáveis espaço-temporais da corrida estão associadas com o consumo de oxigênio e com o desempenho da corrida. Tartaruga e colaboradores³⁰ durante estudo com corredores em teste de velocidade constante abaixo do segundo limiar ventilatório afirmam que alterações nos padrões biomecânicos espaço-temporais, cinemáticos e cinéticos da corrida influenciaram em aproximadamente 25% o consumo de oxigênio.

Apesar da associação entre variáveis cinemáticas espaço-temporais da corrida com o consumo de oxigênio, ainda não é possível elucidar como essa associação acontece, como a alteração de uma das variáveis interfere diretamente em outra³¹. Morgan et al.³² observaram que a diminuição do comprimento do passo resulta no aumento do consumo de oxigênio. No entanto, outros estudos encontraram aumento do consumo de oxigênio tanto quando o comprimento do passo foi aumentado quanto diminuído^{13,33}.

Estudos conduzidos entre biomecânica e fisiologia respiratória buscam correlacionar principalmente cadência e comprimento do passo com o consumo de oxigênio em velocidade constante durante a prática da corrida^{13,14,34,35} e não durante todo um teste incremental. Variáveis espaço-temporais da corrida como a cadência ou comprimento do passo são dependentes entre si e influenciam a velocidade da corrida²⁹ e quanto maior a velocidade, maior o consumo de oxigênio³⁶. Corroborando estes resultados, foi observado que em corredores recreacionais o aumento da velocidade e o aumento da cadência representaram aumento do consumo de oxigênio, tornando o corredor menos econômico, por consumir mais oxigênio.

Sabe-se que corredores treinados são capazes de escolher a cadência ou comprimento do passo de maneira que possam consumir menos oxigênio^{13,29,37-39}.

Nossos resultados revelaram o aumento quantitativo da OCM em relação ao aumento do consumo de oxigênio. Devido a necessidade do corpo armazenar e dissipar energia potencial na corrida, existe uma relação direta entre deslocamento do centro de massa e consumo de oxigênio¹¹, onde alterações na OCM levam ao aumento do consumo de oxigênio^{31,40-42}.

Em relação aos limiares ventilatórios poucas pesquisas foram conduzidas a fim de fundamentar ou invalidar diretamente a associação dos limiares ventilatórios com as variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares da corrida. Variáveis demográficas de ajustes como as citadas, podem influenciar no desempenho da corrida e no momento de alcance dos limiares ventilatórios⁴³⁻⁴⁵, uma vez que atletas mais velhos, ambientados com a prática de corrida alcançam o segundo limiar ventilatório mais tardiamente do que corredores mais jovens⁴⁶, uma maior cadência nas mulheres^{30,47} pode aumentar o gasto energético e levá-las a exaustão mais rápido quando comparado aos homens, bem como o maior gasto energético associado ao aumento do peso²⁶.

No geral, os limiares ventilatórios estão associados a velocidade e a performance durante a corrida⁴⁸. Embora essas variáveis sejam fatores fundamentais para o desempenho de um corredor, as características biomecânicas dessa população também precisam ser levadas em consideração⁴⁹. É de conhecimento que o aumento da cadência durante um teste incremental reflete em uma resposta excitatória do centro respiratório aumentando a ventilação⁵⁰, no entanto, a falta de dados na literatura sobre essa relação dificulta esclarecer com clareza a real associação da cadência apenas com o LV1. Quanto a cinemática angular da corrida, acredita-se que os fatores biomecânicos estão associados com a exaustão durante o exercício físico^{51,52}, embora a magnitude da mudança existente entre os parâmetros biomecânicos da corrida e exaustão⁵³ ainda não seja claramente esclarecida⁵⁴.

Em nossa investigação, a cinemática angular da corrida, obtida pelo *Movement Deviation Profile*, não apresentou associação estatística com o consumo de oxigênio, foi observado apenas uma associação dos dados angulares com o alcance da exaustão voluntária durante o teste incremental. Os dados existentes na literatura mostram que em momentos de exaustão durante a corrida existe o aumento dos momentos de pico da cinemática angular do joelho e quadril⁵⁵, o que nos leva a crer que essa mudança biomecânica da corrida durante a exaustão, associada ao padrão homogêneo do estudo, ajuda a responder a associação estatística encontrada entre a exaustão do teste incremental com a cinemática angular da corrida, aqui

expressa como uma única variável que foi obtida pela combinação das variáveis angulares da corrida que foram utilizadas em uma rede neural auto-organizada.

Com base nas informações existentes na literatura, entende-se que a associação entre variáveis biomecânicas e fisiológicas não podem ser explicadas apenas por uma única variável, mas sim que as variáveis fisiológicas estão relacionadas a soma de diversos fatores, entre eles os fatores biomecânicos³⁵. Sendo assim, tais características podem ser utilizadas como parâmetros de desempenho em esportes de resistência⁴⁸. Acredita-se que a forte correlação observada entre as variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares da corrida com o consumo de oxigênio, o segundo limiar ventilatório e a exaustão voluntária pode ser devido à forte homogeneidade da amostra da pesquisa ou ao possível efeito de colinearidade das variáveis biomecânicas entre si, por mais que tal efeito tenha sido atenuado durante a seleção das variáveis que foram utilizadas na estatística. Contudo, por mais que a natureza deste estudo não permita inferirmos relação de causa e efeito, é concebível afirmar que as associações aqui encontradas podem servir como dicas de futuras intervenções a serem realizadas em estudos envolvendo corredores recreacionais buscando um melhor desempenho durante a corrida.

Entretanto, algumas limitações devem ser reconhecidas. Por exemplo, trata-se de um estudo transversal realizado em ambiente totalmente controlado o que pode causar determinada interferência, uma vez que estes resultados podem não representar os mesmos achados de um estudo realizado com uma maior amostra em um ambiente de treino específico para este perfil de público avaliado. Os corredores recreacionais aqui avaliados fazem parte de uma amostra homogênea, conseqüentemente, os resultados aqui apresentados não podem ser extrapolados para corredores com características distintas aos corredores avaliados. Novos estudos, como validação externa devem ser feitos para reiterar ou refutar tais achados e aprimorar as importâncias clínicas dos mesmos.

4.1.5 Conclusão

De acordo com os resultados do presente estudo, pode-se concluir que a cadência está associada ao primeiro limiar ventilatório; variáveis cinemáticas angulares da corrida obtidas pelo *Movement Deviation Profile* estão associadas ao alcance da exaustão, e que o aumento das variáveis cinemáticas espaço-temporais da corrida como a cadência, e oscilação do centro de massa aumentam o consumo de oxigênio, enquanto o aumento do comprimento do passo reduz o consumo de oxigênio.

4.1.6 Referências

1. Ridge ST, et al. The Effect of Training in Minimalist Running Shoes on Running Economy. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2015; 14(3):643-7. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281514845_The_Effect_of_Training_in_Minimalist_Running_Shoes_on_Running_Economy
2. Borel WP, et al. Prevalence of Injuries in Brazilian Recreational Street Runners: Meta-Analysis. *Rev Bras Med Esporte*. 2019 Mar-Apr; 25(2). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1517-869220192502214466>
3. Hernando C, et al. Using Accelerometry for Evaluating Energy Consumption and Running Intensity Distribution Throughout a Marathon According to Sex. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Sep; 17(17): 6196. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7503696/>
4. Boullosa D, Esteve-Lanao J, Casado A, Peyré-Tartaruga LA, da Rosa RG, Coso JD. Factors Affecting Training and Physical Performance in Recreational Endurance Runners. *Sports (Basel)*. 2020 Mar; 8(3): 35. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7183043/>
5. Moore IS, Jones AM, Dixon SJ. Relationship between metabolic cost and muscular coactivation across running speeds. *J Sci Med Sport*. 2013 Nov; 17(6):671–6. doi: 10.1016/j.jsams.2013.09.014
6. Moore IS, Jones AM, Dixon SJ. Mechanisms for improved running economy in beginner runners. *Med Sci Sports Exerc*. 2012 Sep; 44(9): 1756–1763. doi: 10.1249/MSS.0b013e318255a727
7. Peserico CS, et al. Comparação entre os métodos direto e indireto de determinação do consumo máximo de oxigênio em mulheres corredoras. *Rev Bras Med Esporte*. 2011 Ago; 17(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922011000400012>
8. Esteve-Lanao J et al. Predicting Recreational Runners' Marathon Performance Time During Their Training Preparation. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2021 Nov; 35(11): 3218-24. doi: 10.1519/JSC.0000000000003199.
9. Breiner TJ, Ortiz ALR, Kram R. Level, uphill and downhill running economy values are strongly intercorrelated. *European Journal of Applied Physiology*. 2019 Oct; 119:257–264. doi: 10.1007/s00421-018-4021-x
10. Faude O, Kindermann W, Meyer, T. Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports medicine*. 2009; 39(6): 469–90.
11. Halvorsen K, Eriksson M, Gullstrand L. Acute effects of reducing vertical displacement and step frequency on running economy. *J Strength Cond Res*. 2012 Aug; 26(8): 2065-70. doi: 10.1519/JSC.0b013e318239f87f

12. de Ruyter CJ, Verdijk PWL, Werker W, Zuidema MJ, de Haan A. Stride frequency in relation to oxygen consumption in experienced and novice runners. *European Journal of Sport Science*. 2013 Apr; 14(3), 251–258. doi:10.1080/17461391.2013.783627
13. Moore IS, Jones AM, Dixon SJ. The pursuit of improved running performance: can changes in cushioning and somatosensory feedback influence running economy and injury risk? *Footwear Sci*. 2014; 6: 1–11. doi: 10.1080/19424280.2013.873487.
14. Quinn TJ, Dempsey SL, LaRoche DP, Mackenzie AM, Cook SM. Step Frequency Training Improves Running Economy in Well-Trained Female Runners. *J Strength Cond Res*. 2019 Jul; 11. doi: 10.1519/JSC.0000000000003206.
15. Folland JP, Allen SJ, Black MI, Handsaker JC, Forrester SE. Running Technique is an Important Component of Running Economy and Performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2017 Jul; 49(7): 1412-1423. doi: 10.1249/MSS.0000000000001245
16. Torres CS, Gomes AC, da Silva SG. Characteristics of training and association with injuries in recreational road runners. *Rev Bras Med Esporte*. 2020 Sep-Oct; 26(5). Disponível em: https://doi.org/10.1590/1517-8692202026052020_0045
17. Lanferdini FJ, Silva ES, Machado E, Fischer G, Peyré-Tartaruga LA. Physiological Predictors of Maximal Incremental Running Performance. *Front Physiol*. 2020 11; 979. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7419685/>
18. Floriano RS, Orsini M, Reis MS. Importância do teste cardiopulmonar para a fisioterapia cardiovascular. *Fisioterapia Brasil*. 2019; 20(4). Disponível em: <https://portalatlanticaeditora.com.br/index.php/fisioterapiabrasil/article/view/2411/html>
19. Brussel MV, et al. A Systematic Approach to Interpreting the Cardiopulmonary Exercise Test in Pediatrics. *Pediatric Exercise Science*. 2019; 31(2): 194-203. doi: 10.1123/pes.2018-0235
20. Gaskill SE, et al. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001; 33(11): 1841-8. doi:10.1097/00005768-200111000-00007
21. Cabral LL, et al. Revisão Sistemática da Adaptação Transcultural e Validação da Escala de Percepção de Esforço de Borg. *J. Phys. Educ.* 28, e2853, 2017. doi: 10.4025/jphyseduc.v28i1.2853
22. Kadaba MP, Ramakrishnan HK, Wootten ME. Measurement of lower extremity kinematics during level walking. *J Orthop Res*. 1990; 8(3): 383-392.
23. Zeni Jr, Richards JG, Higginson JS. Two simple methods for determining gait events during treadmill and overground walking using kinematic data. *Gait Posture*, 2008; May; 27(4): 710-4. doi: 10.1016/j.gaitpost.2007.07.007. Epub 2007 Aug 27.
24. Barton GJ, Hawken MB, Scott MA, Schwartz MH. Movement deviation profile: a measure of distance from normality using a self-organizing neural network. *Hum Mov Sci*. 2012; 31(2): 284-294.

25. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2021.
26. Arellano CJ, Kram R. Partitioning the metabolic cost of human running: a task-by-task approach. *Integr Comp Biol*. 2014; 54: 1084–98.
27. Davies CT, Thompson MW. Aerobic performance of female marathon and male ultramarathon athletes. *Eur J Appl Physiol*. 1979; 41(4): 233–45.
28. Barnes KR, Kilding AE. Running economy: measurement, norms, and determining factors. *Sports Medicine*. 2015; 1:8. <https://doi.org/10.1186/s40798-015-0007-y>
29. Moore IS. Is There an Economical Running Technique? A Review of Modifiable Biomechanical Factors Affecting Running Economy. *Sports Med*. 2016 Jun; 46: 793–807. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4887549/>
30. Tartaruga MP, et al. The Relationship Between Running Economy and Biomechanical Variables in Distance Runners. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2012; 83(3): 367-375.
31. Tseh W, Caputo JL, Morgan DW. Influence of gait manipulation on running economy in female distance runners. *J Sports Sci Med*. 2008 Mar; 7(1): 91–5. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3763358/>
32. Morgan DW, Martin PE, Krahenbuhl GS. Factors affecting running economy. *Sports Med*. 1989 May; 7(5): 310-30. doi: 10.2165/00007256-198907050-00003.
33. Craighead DH, Lehecka N, King DL. A novel running mechanic's class changes kinematics but not running economy. *J Strength Cond Res*. 2014; 28: 3137–3145. doi: 10.1519/JSC.0000000000000500.
34. Nummela A, Rusko H, Mero A. EMG activities and ground reaction forces during fatigued and nonfatigued sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1994; 26: 605-609.
35. Williams KR, Cavanagh PR. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *J Appl Physiol*. 1987 Sep; 63: 1236–1245, 1987. doi: 10.1152/jappl.1987.63.3.1236
36. Saunders PU et al. Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners. *Sports Med*. 2004; 34 (7): 465-485. doi: 10.2165/00007256-200434070-00005
37. Cavanagh PR, Williams KR. The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Med Sci Sports Exerc*. 1982; 14:30–5.
38. Hunter I, Smith GA. Preferred and optimal stride frequency, stiffness and economy: changes with fatigue during a 1-h high-intensity run. *Eur J Appl Physiol*. 2007; 100: 653–61.
39. Connick MJ, Li FX. Changes in timing of muscle contractions and running economy with altered stride pattern during running. *Gait Posture*. 2014; 39:634–7.

40. Egbuonu ME, Cavanagh PR, Miller TA. Degradation of running economy through changes in running mechanics. *Med Sci Sports Exerc.* 1990; 22:S17.
41. Fourchet F, et al. Changes in leg spring behaviour, plantar loading and foot mobility magnitude induced by an exhaustive treadmill run in adolescent middle-distance runners. *J Sci Med Sport.* 2014; 18: 199–203.
42. Hayes PR, Caplan N. Leg stiffness decreases during a run to exhaustion at the speed at VO₂max. *Eur J Sport Sci.* 2014; 14:556–62
43. Maffulli N, Capasso G, Lancia A. Anaerobic threshold and performance in middle and long distance running. *J Sports Med Phys.* 1991; 31: 332–8.
44. Zacharogiannis E, Farrally M. Ventilatory threshold, heart rate deflection point and middle distance running performance. *J Sports Med Phys.* 1993; 33: 337–47.
45. Abe D, et al. Assessment of middle-distance running performance in sub-elite young runners using energy cost of running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1998; 77: 320-5.
46. Heller J. Physiological Profiles of Recreational Runners and Cyclists Aged 20 to 60 Years. *Applied Science.* 2022; 12: 3252.
Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app12073252>
47. Williams, KR, Cavanagh, PR, and Ziff, JL. Biomechanical studies of elite female distance runners. *Int J Sports Med* 8. 1987; 107–118.
48. Glosk AK. Anaerobic Threshold: Its Concept and Role in Endurance Sport. *Malays J Med Sci.* 2004, Jan; 11(1): 24–36.
49. Thompson MA. Physiological and Biomechanical Mechanisms of Distance Specific Human Running Performance. *Integrative and Comparative Biology.* 2017; 57(2): 293–300.
Disponível em: <https://doi.org/10.1093/icb/icx069>
50. Cottin F, et al. Ventilatory Thresholds Assessment from Heart Rate Variability during an Incremental Exhaustive Running Test. *International Journal of Sports Medicine.* 2007; 28(4): 287–294. doi:10.1055/s-2006-924355
51. McKenna MJ, Hargreaves M. Resolving fatigue mechanisms determining exercise performance: integrative physiology at its finest! *J Appl Physiol.* 2008; 104:286–287. doi: 10.1152/jappphysiol.01139.2007.
52. Levine BD. VO₂ max: what do we know, and what do we still need to know? *J Physiol.* 2008; 586: 25–34. doi: 10.1113/jphysiol.2007.147629
53. Prigent G, et al. Concurrent Evolution of Biomechanical and Physiological Parameters With Running-Induced Acute Fatigue. *Front. Physiol.* 2022; 13: 814172.
doi: 10.3389/fphys.2022.814172
54. Apte S, et al. Biomechanical Response of the Lower Extremity to Running-Induced Acute Fatigue: A Systematic Review. *Front Physiol.* 2021; 12: 646042.

doi: 10.3389/fphys.2021.646042

55. Chan-Roper M., et al. Kinematic changes during a marathon for fast and slow runners. *J. Sport Sci. Med.* 2012; 11, 77–82.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados encontrados, o presente estudo conseguiu estabelecer uma associação direcional das variáveis cinemáticas espaço-temporais e angulares de corredores recreacionais com o consumo de oxigênio e limiares ventilatórios avaliados simultaneamente em uma avaliação biomecânica tridimensional e uma ergoespirometria.

Foi possível observar que a magnitude de aumento das variáveis cinemáticas espaço-temporais da corrida como a cadência, e oscilação do centro de massa aumentam o consumo de oxigênio, enquanto o aumento do comprimento do passo reduz o consumo de oxigênio.

Que seja do nosso conhecimento, este estudo foi o primeiro a associar variáveis cinemáticas angulares da corrida obtidas pelo *Movement Deviation Profile* com os limiares ventilatórios durante um teste incremental máximo em esteira. Foi possível observar uma associação da cinemática angular com a exaustão do teste incremental.

Neste estudo exploratório não podemos afirmar que o desempenho de um corredor está apenas associado com às variáveis aqui avaliadas, mas sim, podemos afirmar que o desempenho de um corredor é influenciado por uma gama de fatores, entre eles os biomecânicos, o consumo de oxigênio e o momento de alcance dos limiares ventilatórios.

Estudos futuros devem ser desenvolvidos para aprimorar os resultados aqui apresentados, uma vez que tais informações ainda são carentes na literatura e podem auxiliar treinadores e corredores no aprimoramento da performance da corrida recreacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ridge ST, et al. The Effect of Training in Minimalist Running Shoes on Running Economy. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2015; 14(3): 643-7. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281514845_The_Effect_of_Training_in_Minimalist_Running_Shoes_on_Running_Economy
2. Torres CS, Gomes AC, da Silva SG. Characteristics of training and association with injuries in recreational road runners. *Rev Bras Med Esporte*. 2020 Sep-Oct; 26(5). Disponível em: https://doi.org/10.1590/1517-8692202026052020_0045
3. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, SEBRAE, 2019. 26 de agosto de 2019. Disponível em: <http://3sprojetos.com.br/2019/08/26/corridas-de-rua-brasil/>. Acesso em: 15/08/2022 às 11:38.
4. Ooms L, Veenhof C, de Bakker DH. Effectiveness of Start to Run, a 6-week training program for novice runners, on increasing health-enhancing physical activity: a controlled study. *BMC Public Health*. 2013; 13:697. doi:10.1186/1471-2458-13-697.
5. Hernando C, et al. Using Accelerometry for Evaluating Energy Consumption and Running Intensity Distribution Throughout a Marathon According to Sex. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Sep; 17(17): 6196. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7503696/>
6. Boullosa D, Esteve-Lanao J, Casado A, Peyré-Tartaruga LA, da Rosa RG, Coso JD. Factors Affecting Training and Physical Performance in Recreational Endurance Runners. *Sports (Basel)*. 2020 Mar 8(3): 35. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7183043/>
7. Nakahra H, Ueda S, Miyamoto T. Low Frequency Severe-Intensity Interval Training Markedly Alters Respiratory Compensation Point During Incremental Exercise in Untrained Male. *Front. Physiol*. 2020 11:1100. doi: 10.3389/fphys.2020.01100
8. Peserico CS, et al. Comparação entre os métodos direto e indireto de determinação do consumo máximo de oxigênio em mulheres corredoras. *Rev Bras Med Esporte*. 2011 Ago; 17(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922011000400012>
9. Floriano RS, Orsini M, Reis MS. Importância do teste cardiopulmonar para a fisioterapia cardiovascular. *Fisioterapia Brasil*. 2019; 20(4). Disponível em: <https://portalatlanticaeditora.com.br/index.php/fisioterapiabrasil/article/view/2411/html>
10. Esteve-Lanao J et al. Predicting Recreational Runners' Marathon Performance Time During Their Training Preparation. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2021 Nov 35(11): 3218-24. doi: 10.1519/JSC.0000000000003199.
11. Seltmann CL, Killen LG, Green JM, O'Neal EK, Swain JC, Frisbie CM. Effects of 3 Weeks Yogic Breathing Practice on Ventilation and Running Economy. *Int J Exerc Sci*. 2020 Feb; 13(2): 62–74. Cited: PMID: 32148615

12. Marcin M, et al. Effect of Body Composition on Respiratory Compensation Point During an Incremental Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*: 2014 July; 28(7): 2071-2077. doi: 10.1519/JSC.0000000000000347
13. Faude O, Kindermann W, Meyer, T. Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports medicine*. 2009; 39(6): 469–90.
14. Kindermann W, Simon G, Keul J. The Significance of the Aerobic-anaerobic Transition for determination of work load intensities during endurance training. *European Journal of Applied Physiology*. 1979; 42(42): 25–34.
15. Sjodin B, Jacobs I, Karlsson J. Onset of blood lactate accumulation and enzyme activities in M. Vastus Lateralis in man. *International Journal of Sports Medicine*. 1981.
16. Myrkos A, Smilios I, Kokkinou EM, Rousopoulos E, Douda H. Physiological and Race Pace Characteristics of Medium and Low-Level Athens Marathon Runners. *Sports (Basel)*. 2020 Sep; 8(9): 116. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7552741/>
17. Hollmann, W. Historical Remarks on the Development of the Aerobic-Anaerobic Threshold up to 1966. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, 6, 1985.
18. Wasserman, K.; McIlroy, MB. Detecting the Threshold of Anaerobic Metabolism in Cardiac Patients During Exercise. *The American Journal of Cardiology*. 1964; 14: 844–852.
19. Tseh W, Caputo JL, Morgan DW. Influence of gait manipulation on running economy in female distance runners. *J Sports Sci Med*. 2008 Mar; 7(1): 91–5. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3763358/>
20. Moore IS, Jones AM, Dixon SJ. Mechanisms for improved running economy in beginner runners. *Med Sci Sports Exerc*. 2012 Sep; 44(9): 1756–1763. doi: 10.1249/MSS.0b013e318255a727
21. Barnes KR, McGuigan MR, Kilding AE. Lower-body determinants of running economy in male and female distance runners. *J Strength Cond Res*. 2014 May; 28 (5): 1289–97. doi: 10.1519/JSC.0000000000000267
22. Moore IS, Jones AM, Dixon SJ. Relationship between metabolic cost and muscular coactivation across running speeds. *J Sci Med Sport*. 2013 Nov; 17(6): 671–6. doi: 10.1016/j.jsams.2013.09.014
23. Herdy AH. Teste Cardiopulmonar de Exercício: Fundamentos, Aplicabilidade e Interpretação. *Arq Bras Cardiol*. 2016; 107(5): 467-481. doi: 10.5935/abc.20160171
24. Nicola TL, Jewison David J. The Anatomy and Biomechanics of Running. *Clin Sports Med*, 2012; 31: 187–201. doi:10.1016/j.csm.2011.10.001.
25. Hamner, S. R., Seth, A., & Delp, S. L.. Muscle contributions to propulsion and support during running. *Journal of Biomechanics*, 2010; 43(14), 2709–2716. doi:10.1016/j.jbiomech.2010.06.025

26. Moore IS. Is There an Economical Running Technique? A Review of Modifiable Biomechanical Factors Affecting Running Economy. *Sports Med.* 2016 Jun; 46: 793–807. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4887549/>
27. Folland JP, Allen SJ, Black MI, Handsaker JC, Forrester SE. Running Technique is an Important Component of Running Economy and Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2017 Jul; 49(7): 1412-1423. doi: 10.1249/MSS.0000000000001245
28. Geiger M, Supiot A, Pradon D, Do M-C, Zory, R, Roche N. Minimal detectable change of kinematic and spatiotemporal parameters in patients with chronic stroke across three sessions of gait analysis. *Human Movement Science.* 2019 Apr; 64,101107. doi:10.1016/j.humov.2019.01.011
29. Worobets J, Wannop JW, Tomaras E, Stefanyshyn S. Softer and more resilient running shoe cushioning properties enhance running economy. *Footwear Sci.* 2014; 6: 147–53. doi: 10.1080/19424280.2014.918184
30. Sinclair J, Taylor PJ, Edmundson, CJ, Brooks D, Hobbs SJ. The influence of footwear kinetic, kinematic and electromyographical parameters on the energy requirements of steady state running. *Mov Sport Sci.* 2012; 80: 39–49. doi.org/10.3917/sm.080.0039
31. Williams KR, Cavanagh PR. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *J Appl Physiol.* 1987 Sep; 63: 1236–1245, 1987. doi: 10.1152/jappl.1987.63.3.1236
32. Halvorsen K, Eriksson M, Gullstrand L. Acute effects of reducing vertical displacement and step frequency on running economy. *J Strength Cond Res.* 2012 Aug; 26(8): 2065-70. doi: 10.1519/JSC.0b013e318239f87f
33. de Ruyter CJ, Verdijk PWL, Werker W, Zuidema MJ, de Haan A. Stride frequency in relation to oxygen consumption in experienced and novice runners. *European Journal of Sport Science.* 2013 Apr; 14(3), 251–258. doi:10.1080/17461391.2013.783627
34. Austin CL, Hokanson JF, McGinnis PM, Patrick S. The Relationship between Running Power and Running Economy in Well-Trained Distance Runners. *Sports (Basel).* 2018 Dec; 6(4): 142. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6317050/>
35. Williams KR, Cavanagh, PR. Biomechanical correlates with running economy in elite distance runners. Presented at North American Congress on Biomechanics, Montreal, August 1986.
36. Moore IS, Jones AM, Dixon SJ. The pursuit of improved running performance: can changes in cushioning and somatosensory feedback influence running economy and injury risk? *Footwear Sci.* 2014; 6: 1–11. doi: 10.1080/19424280.2013.873487.
37. Quinn TJ, Dempsey SL, LaRoche DP, Mackenzie AM, Cook SM. Step Frequency Training Improves Running Economy in Well-Trained Female Runners. *J Strength Cond Res.* 2019 Jul; 11. doi: 10.1519/JSC.0000000000003206.

38. Hahn H, et al. Biomechanical, metabolic and cardiopulmonary responses of masters recreational runners during running at different speeds. *Research in Sports Medicine*. 2017; 25. doi: 10.1080/15438627.2017.1282359
39. Reed JL, et al. Submaximal Exercise Testing in Cardiovascular Rehabilitation Settings. *Front. Physiol*. 2020; 10: 1517. doi: 10.3389/fphys.2019.01517.
40. American College of Sports Medicine, (2017). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins, 66–142.
41. Lanferdini FJ, Silva ES, Machado E, Fischer G, Peyré-Tartaruga LA. Physiological Predictors of Maximal Incremental Running Performance. *Front Physiol*. 2020 11: 979. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7419685/>
42. Brussel MV, et al. A Systematic Approach to Interpreting the Cardiopulmonary Exercise Test in Pediatrics. *Pediatric Exercise Science*. 2019; 31(2): 194-203. doi: 10.1123/pes.2018-0235
43. Bijl RC et al. The physiological effect of early pregnancy on a woman's response to a submaximal cardiopulmonary exercise test. *Physiol Rep*. 2020 Nov; 8(21): e14624. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7666775/>
44. Gaskill SE, et al. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001; 33(11): 1841-8. doi: 10.1097/00005768-200111000-00007
45. Silva PRS, et al. A importância do limiar anaeróbio e do consumo máximo de oxigênio (VO₂ máx.) em jogadores de futebol. *Rev Bras Med Esporte*. 1999; 5(6). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-86921999000600005>
46. Cabral LL, et al. Revisão Sistemática da Adaptação Transcultural e Validação da Escala de Percepção de Esforço de Borg. *J. Phys. Educ.* 28, e2853, 2017. doi: 10.4025/jphyseduc.v28i1.2853
47. Carson MC, Harrington ME, Thompson N, O'Connor JJ, Theologis TN. Kinematic analysis of a multi-segment foot model for research and clinical applications: a repeatability analysis. *J Biomech*. 2001; 34(10): 1299-1307.
48. Kadaba MP, Ramakrishnan HK, Wootten ME. Measurement of lower extremity kinematics during level walking. *J Orthop Res*. 1990; 8(3): 383-392.
49. Barton GJ, Hawken MB, Scott MA, Schwartz MH. Movement deviation profile: a measure of distance from normality using a self-organizing neural network. *Hum Mov Sci*. 2012; 31(2): 284-294.
50. Barton GJ, et al. Visualisation of gait data with Kohonen self-organising neural maps. *Gait & Posture*, 2006; 24(1): 46-53. doi:10.1016/j.gaitpost.2005.07.005
51. R Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2021.

APÊNDICES

APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TCLE - Termo de Consentimento livre e esclarecido para Participação em Pesquisa Clínica:

Nome do participante: _____

Endereço: _____

Telefone para contato: _____ Cidade: _____ CEP: _____

E-mail: _____

1. Título do Trabalho Experimental: ‘‘Variáveis biomecânicas estão associadas ao consumo de oxigênio de corredores recreacionais durante teste incremental em esteira?’’: estudo transversal (estudo observacional onde será realizado apenas uma avaliação da condição atual do participante).

2. Objetivo: Relacionar as características e possíveis alterações biomecânicas (como se movimentam as juntas do corpo) e fisiológicas (gases respiratórios expirados durante o exercício) que podem influenciar no desempenho de corredores recreacionais.

3. Justificativa: Para corredores, reduzir o tempo e o esforço gasto para completar determinada distância é fundamental. Logo, se faz necessário compreender as variáveis determinantes que podem influenciar no desempenho desses atletas. Entretanto, poucos estudos buscaram relacionar as alterações biomecânicas e metabólicas produzidas em corredores recreacionais após a realização de um teste incremental de esteira. Conseqüentemente, como e até que ponto as variáveis cinemáticas e fisiológicas podem ser correlacionadas para delinear os parâmetros necessários para melhorar o desempenho de corredores, não está claramente elucidado. A falta de estudos precisos envolvendo grupos homogêneos de corredores e a escassez na literatura de protocolos de avaliação bem estabelecidos, precisos e padronizados, dificulta avaliar o participante de uma maneira eficaz, de modo que o mesmo possa ser auxiliado para gerar melhores resultados físicos, metabólicos e de desempenho. Assim, o presente estudo torna-se relevante à medida que busca relacionar as características biomecânicas e fisiológicas que podem influenciar no desempenho de corredores recreacionais. Atualmente ressalta-se a utilização de avaliações específicas como medida objetiva na avaliação das variáveis biomecânicas, metabólicas e cardiorrespiratórias relacionadas ao exercício.

4. Procedimentos da Fase Experimental: Você está sendo convidado(a) a participar deste estudo no qual será realizada uma avaliação que durará cerca de 2 horas. A avaliação irá acontecer em um laboratório que fica localizado na Clínica de Fisioterapia da UNINOVE, localizada na Rua Professora Maria José Barone Fernandes, nº 300. Vila Maria. São Paulo – SP / CEP 02117-020. Tel.: (11) 26339301. A pesquisa é intitulada ‘‘Variáveis biomecânicas estão associadas ao consumo de oxigênio de corredores recreacionais durante teste incremental em esteira?’’. Na sua participação, inicialmente você responderá a um questionário de identificação (nome, idade, peso, altura, histórico de lesões, volume de treino semanal). No atendimento inicial você será submetido a uma análise cinemática (analisar como se movimentam suas pernas e braços e as juntas do seu corpo) simultaneamente a uma análise

ergoespirométrica (exame que analisa a quantidade de oxigênio que você respira e a quantidade de gás carbônico que você solta) em esteira durante um teste incremental (velocidade aumenta gradualmente) de corrida até exaustão voluntária. A velocidade inicial será de 7km·h⁻¹ se você for homem, e 6km·h⁻¹ se você for mulher, com incrementos (aumento da velocidade) de 1km·h⁻¹ a cada minuto até você não aguentar mais (devido as características individuais de cada participante não é possível prever quantos minutos durará este teste). Você fará uso de uma máscara facial sem aberturas para respiração durante todo o procedimento e será incentivado a se manter no teste durante todo o tempo necessário. Você será monitorado durante todo o teste, sua frequência cardíaca (quantidade de vezes que seu coração bate durante um minuto) será verificada a cada minuto com auxílio de um oxímetro de pulso (aparelho que será colocado na ponta do seu dedo para verificar quantas vezes seu coração bate durante um minuto).

5. Desconforto ou Riscos Esperados: Durante o preenchimento do questionário você pode se sentir desconfortável para responder determinada(s) pergunta(s). Durante a realização dos testes em esteira você estará sem camisa e usando shorts no caso dos homens e top e shorts no caso das mulheres, isso pode te trazer algum constrangimento. No decorrer da ergoespirometria e do teste em esteira você corre o risco, mesmo que improvável de queda, dor, desconforto muscular, sensação de tontura, mal-estar durante a aplicação das avaliações. Pela utilização de uma fita adesiva dupla face, mesmo que hipoalérgica, corre-se o risco de alguma reação alérgica ao material que será colado em sua pele. Para melhor adesão da fita adesiva ao seu corpo, seus pelos serão raspados. Devido ao momento atual, poderá haver o risco de contágio pela COVID-19.

6. Medidas protetivas aos riscos: Para diminuir o risco de qualquer incidente durante a aplicação do teste, os participantes receberão orientações e esclarecimentos antes da realização de cada procedimento. Para minimizar os riscos de constrangimentos por parte dos participantes ao responder o questionário, o mesmo foi elaborado com perguntas simples, objetivas e diretas, e, que dizem respeito apenas aos hábitos cotidianos do participante em relação ao esporte alvo da pesquisa e que é praticado pelo participante. Para evitar qualquer constrangimento por parte dos participantes do estudo, devido as vestimentas que serão utilizadas, todo o procedimento de avaliação será realizado em um local reservado onde só ficarão presentes os avaliadores pertencentes ao estudo. Para evitar o risco de alguma reação alérgica ao material dos marcadores corporais, será utilizado material hipoalérgico, isto é, material que não cause alergias ou qualquer outro tipo de evento adverso. Para evitar o risco de corte ou de alergia durante o processo de retirada de pelos, será utilizada uma máquina de barbear hipoalérgica apropriada que não agrida a sua pele. Para evitar o risco de quedas, dor ou desconforto muscular, a aplicação dos testes será baseada na individualidade física e funcional de cada participante, e as velocidades do treino em esteira serão velocidades seguras. Caso ocorra qualquer tipo de mal estar durante os procedimentos, ou, qualquer uma das intercorrências citadas no tópico acima, a pesquisa será interrompida e o participante será encaminhado para avaliação ou tratamento no ambulatório médico da UNINOVE campus Vila Maria, que se encontra no mesmo local onde o estudo será realizado, para que sejam tomados os devidos cuidados. Durante as avaliações os participantes estarão sendo acompanhados pelo fisioterapeuta responsável pelo projeto, que intervirá se houver necessidade. Todos os membros da equipe e participantes da pesquisa deverão utilizar máscaras faciais de proteção contra a COVID-19 durante todo o estudo. Além disso, todos os membros da equipe que realizarão a aplicação dos testes serão recreacionais para que os riscos sejam minimizados.

7. Benefícios da Pesquisa: Os benefícios do estudo serão diretos. O participante da pesquisa receberá de forma gratuita uma análise ergoespirométrica e biomecânica com resultados e orientações e entregues em mãos.

8. Métodos Alternativos Existentes: Não se aplica.

9. Retirada do Consentimento: O participante da pesquisa tem a liberdade de retirar seu consentimento e deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhum lucro ou prejuízo.

10. Garantia do Sigilo: Os pesquisadores asseguram a privacidade dos participantes referente aos dados sigilosos envolvidos na pesquisa.

11. Formas de Ressarcimento das Despesas decorrentes da Participação na Pesquisa: Não haverá valor econômico a ser recebido ou pago pelo participante no decorrer da pesquisa.

12. Local da Pesquisa: Clínica de Fisioterapia da UNINOVE, localizada na Rua Professora Maria José Barone Fernandes, nº 300. Vila Maria. São Paulo – SP / CEP 02117-020. Tel.: (11) 26339301.

13. Aspecto Legal: Este estudo foi elaborado de acordo com as diretrizes e normas regulamentadas de pesquisa envolvendo seres humanos atendendo à Resolução n.º 196, de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério de Saúde – Brasília – DF.

14. Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) é um colegiado interdisciplinar e independente, que deve existir nas instituições que realizam pesquisas envolvendo seres humanos no Brasil, criado para defender os interesses dos participantes de pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos (Normas e Diretrizes Regulamentadoras da Pesquisa envolvendo Seres Humanos – Res. CNS n.º 466/12 e Res. CNS 510/2016). O Comitê de Ética é responsável pela avaliação e acompanhamento dos protocolos de pesquisa no que corresponde aos aspectos éticos. **Endereço do Comitê de Ética da Uninove: Rua. Vergueiro nº 235/249 – 12º andar – Liberdade – São Paulo – SP CEP. 01504-001. Telefone: 3385-9010. E-mail: comitedeetica@uninove.br**

Horários de atendimento do Comitê de Ética: segunda-feira a sexta-feira – Das 11h30 às 13h00 e Das 15h30 às 19h00

15. Nome Completo e telefones dos Pesquisadores para Contato: Prof. Dr. Paulo Roberto Garcia Lucareli - (011) 9 4157-9003, Otávio Henrique Cardoso Leite - (034) 9 9956-9939.

16. Informações: O participante tem garantia que receberá respostas a qualquer pergunta ou esclarecimento de qualquer dúvida quanto aos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa. Também os pesquisadores supracitados assumem o compromisso de proporcionar informação atualizada obtida durante o estudo, ainda que esta possa afetar a vontade do participante em continuar participando.

São Paulo, de 2022.

17. Consentimento Pós-Infirmação:

Eu, _____, após leitura e compreensão deste termo de informação e consentimento, entendo que minha participação é voluntária, e que

posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confirmo que recebi uma via deste termo de consentimento, e autorizo a realização do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos somente neste estudo no meio científico.

Assinatura do Participante



(Todas as folhas devem ser rubricadas pelo participante da pesquisa)

18. Eu, Otávio Henrique Cardoso Leite, certifico que:

- a) Esta pesquisa só terá início após a aprovação do(s) referido(s) Comitê(s) de Ética em Pesquisa o qual o projeto foi submetido.
- b) Considerando que a ética em pesquisa implica o respeito pela dignidade humana e a proteção devida aos participantes das pesquisas científicas envolvendo seres humanos;
- c) Este estudo tem mérito científico e a equipe de profissionais devidamente citados neste termo é treinada, capacitada e competente para executar os procedimentos descritos neste termo;

Otávio Henrique Cardoso Leite
Pesquisador Responsável

APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO SOCIODEMOGRÁFICO

	QUESTIONÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DO VOLUNTÁRIO	
1) Dados Pessoais		
Nome Completo:		
Data de Nascimento:		Idade:
Peso:		Altura:
Celular:		
E-mail:		
2) Lesões Prévias em Membros Inferiores? () SIM () NÃO		
3) Tempo de prática de corrida:		
4) Pratica outras modalidades esportivas? () SIM () NÃO		
5) Volume de treino semanal (em quilômetros):		
6) Desenvolveu quadro de COVID-19? () SIM () NÃO		
7) Medicamentos: () SIM () NÃO Se sim, qual?		

APÊNDICE C: PREPARO PARA AVALIAÇÃO



Preparo Avaliação Biomecânica associada à Ergoespirometria

- Realizar uma alimentação leve e não ingerir café, chá e bebida alcoólica nas 24 horas anteriores ao dia do exame;
- Não suspender medicação(s) de uso contínuo;
- Não realizar atividade física no dia anterior e no dia do exame;
- Não utilizar cremes ou óleos corporais no dia do exame;
- Vir devidamente trajado para o seu exame, ou seja: tênis de rodagem usual, meia de cano invisível ou sem meia, shorts, camiseta (H) e top (M);
OBS: O short deverá ser o mais curto possível.
- Vir completamente sem adereços e/ou adornos, tais como: colares, pulseiras, relógios, etc.
- Mulheres devem manter seu cabelo preso (coque) durante todo o teste. Levar equipamentos que facilitem a manutenção deste penteado.

ANEXOS

ANEXO A: ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO DE BORG

ESCALA DE BORG MODIFICADA	
0	NADA CANSADO
1	MUITO FÁCIL
2	FÁCIL
3	MODERADO
4	MODERAMENTE DIFÍCIL
5	DIFÍCIL
6	DIFÍCIL
7	MUITO DIFÍCIL
8	MUITO DIFÍCIL
9	MUITO, MUITO, DIFÍCIL
10	MAXIMO. NÃO AGUENTO MAIS

Fonte: <https://files.passeidireto.com/Thumbnail/88fe8bb4-a1ea-467d-bc42-1359088f5e26/210/1.jpg>