

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

Henrique Bianchi Oliveira

**MECÂNICA E ENERGÉTICA
DA CAMINHADA DE CRIANÇAS OBESAS**

Dissertação de Mestrado

Porto Alegre
2015

Henrique Bianchi Oliveira

**MECÂNICA E ENERGÉTICA
DA CAMINHADA DE CRIANÇAS OBESAS**

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

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga

Coorientador: Prof. Dr. Roberto Fernandes da Costa

Porto Alegre
Junho de 2015

CIP - Catalogação na Publicação

Oliveira, Henrique Bianchi
Mecânica e Energética da Caminhada de Crianças
Obesas / Henrique Bianchi Oliveira. -- 2015.
82 f.

Orientador: Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga.
Coorientador: Roberto Fernandes da Costa.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa
de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,
Porto Alegre, BR-RS, 2015.

1. Obesidade infantil. 2. Marcha. 3. Trabalho
mecânico. 4. Economia de movimento. 5. Mecanismo
pendular. I. Alexandre Peyré Tartaruga, Leonardo,
orient. II. Fernandes da Costa, Roberto, coorient.
III. Título.

AGRADECIMENTOS

Após a última leitura de revisão deste trabalho, chega o momento de escrever os agradecimentos. Para mim é um momento especial, pois consigo ver o quanto sou privilegiado por estar no meio de tantas pessoas incríveis que dividem comigo esse momento tão importante para mim.

Meu primeiro “muito obrigado” é para o meu orientador, grande professor e amigo Leonardo Tartaruga. “Vecchio”, eu realmente tenho muito a te agradecer. Obrigado pela confiança depositada em mim, principalmente em situações ligadas à pesquisa e área acadêmica, mas também em outros momentos, como quando tu me convidou para assumir a secretaria do CBCE ou por dirigir o carro em algum lugar incerto no meio do Maranhão. Não foram poucas as horas que tu investiste em mim e eu realmente quero poder dar um retorno suficiente. Obrigado também pelos ensinamentos sobre a vida e as relações humanas, vou levar muitas das nossas conversas para toda a vida.

Um agradecimento mais do que especial aos meus colegas, digo, grandes amigos, do grupo Locomotion: “onde pesquisar sempre teve graça” (STORNILO, 2015). Começo agradecendo a minha grande amiga Natalia Gomeñuka. “Naty”, obrigado por me incentivar e motivar sempre, pelo abraço amigo nos momentos complicados, por ouvir os problemas e tentar solucioná-los sempre. Naty, Martín e Ezequiel são uma das famílias que eu tenho mais carinho e admiro pelos exemplos de superação e de amor. Meu grande amigo e irmão Rodrigo. “Rodri”, tu é um exemplo de caráter e humildade, te admiro muito. Obrigado por todos os momentos em que estivemos juntos, em que tu me puxava, sentava do meu lado e me ajudava a resolver o que fosse preciso. Assim como aquela Heinken na noite em que eu estava mais precisando em meio à dissertação. Com certeza ainda vamos colher muitos frutos dessa nossa amizade que só se fortalece. Meu outro irmão Jorginho, que, mesmo agora estando *lontano*, se faz presente em diversos momentos, seja nas histórias que construímos juntos durante esses anos, seja nas consultorias via google ou skype.

Agradeço ao Alberito, que foi muito importante em praticamente todos os momentos desse trabalho, presente em quase todas as coletas e atento em todos os detalhes da parte escrita. Muito obrigado à Elren, pelas generosas doses de bom humor e por ser um grande exemplo de pessoa e de profissional, principalmente na

tua relação com os “velhinhos”. Agradeço aos colegas e amigos Leandro Franzoni, Leandro Padovani, Jonas Santos, Araton Cardoso, Marcela, Edson, Gabriela Fischer, Paula Finatto, Renata, Artur, Marcelão, Alex, Diana, Berriel, Karen, Onécimo, Paula Figueiredo, Patrícia Pantoja e todos os demais colaboradores, pois todos foram realmente importantes em algum momento desse processo.

O grupo GPAT também foi muito importante durante todo esse trabalho, deixo o meu muito obrigado especialmente ao Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Krueel, por estar sempre disposto a me ajudar e colaborar, aos colegas Rodrigo Delevatti e sua linda família, Felipe Schuch, Ana Kanitz, Alexandre König, Matheus Conceição, Rochelle Costa, Giane Veiga, Natalia Soares dos Santos, e demais integrantes do grupo pelas ricas discussões acadêmicas e poucas (porém ótimas) festas.

Agradeço ao meu coorientador Prof. Dr. Roberto Fernandes da Costa, por sua disponibilidade e grandes ensinamentos.

Um agradecimento muito especial aos meus amiguinhos que foram os sujeitos dessa pesquisa e seus pais e responsáveis pela paciência durante os testes e compreensão da importância de suas participações.

Chegou a hora de agradecer à família e começou a faltar palavras. Durante o período de desenvolvimento desse trabalho, passamos pelo momento mais triste de nossas vidas, com a perda da minha linda e querida “Tia Lu” (a qual eu devo grande parte do que sou hoje e tenho certeza que está muito feliz com essa minha conquista) e fomos obrigados a nos unir mais do que nunca para enfrentar esse momento. Agora o que me resta é agradecer ao Tio Pá, por ser o maior exemplo pra mim de o que é ser homem, por seu exemplo de caráter e amor com os meus queridos primos Ricardo e Felipe, que eu amo muito e são muito importantes na minha vida. Agradeço a minha mãe que é a minha grande amiga e parceira, pelos momentos em que me mandou dormir, comer e descansar principalmente na parte final desse trabalho, mas acima de tudo por me ensinar as coisas da vida. Tenho o privilégio de ter as minhas duas avós, grandes cozinheiras e exemplos de carinho e amor com todos. A todos os tios e todas as tias, muito importantes sempre, assim como meus primos. Agradeço ao meu pai pela parceria e ajuda em todos os sentidos.

Estendo os agradecimentos aos meus amigos-irmãos, principalmente os da época do Santa Rosa, pois são referências de amizade e absolutamente importantes na minha vida. Muito obrigado à CAPES pelo apoio financeiro em parte do projeto.

RESUMO

A obesidade é considerada atualmente como uma doença com proporções epidêmicas. O excesso de peso está relacionado com a falta de atividade física suficiente e tem sido diagnosticado, de forma crescente, desde a infância. Diversos fatores de risco estão ligados à obesidade, como diabetes tipo 2, hipertensão arterial, dislipidemias entre outros. A caminhada apresenta associação com a diminuição desses fatores de risco, além da melhora na saúde ortopédica e metabólica, principalmente em crianças e adolescentes obesos. Embora existam evidências sobre a marcha de adultos e adolescentes obesos, informações sobre a mecânica da marcha de crianças obesas são limitadas. Especificamente, um quadro detalhado dos determinantes mecânicos relacionados à energética da marcha de crianças obesas, para nosso conhecimento, é ausente na literatura. Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos da obesidade nos parâmetros biomecânicos e metabólicos de crianças, durante a caminhada em diferentes velocidades. Para isso, participaram do estudo 24 crianças, entre sete e nove anos de idade, divididos em dois grupos (grupo de obesos (GO), com $n=12$ e grupo eutrófico (GE), com $n=12$), pareados por sexo. Foi realizada uma coleta cinemática (para determinar os componentes espaço-temporais e os componentes do trabalho mecânico) em conjunto com uma coleta metabólica (para determinar o custo energético da caminhada). Foi utilizada estatística descritiva, com médias e desvios padrão, além de análise de variância (ANOVA) de dois caminhos (para verificar os efeitos do grupo e das velocidades de caminhada) e foi utilizado o teste *post-hoc* de Bonferroni para localizar as diferenças. O nível de significância adotado foi $\alpha = 0,05$. Os resultados demonstraram que há efeito da obesidade sobre a mecânica e a energética da caminhada de crianças. Crianças obesas utilizam uma estratégia locomotora em que há maior tempo de contato com o solo (em média 14% maior) durante a passada e maior comprimento de passada (em média 9% maior), o que pode estar relacionado com a manutenção da estabilidade entre os grupos. Na análise do trabalho mecânico total ($J.kg^{-1}.m^{-1}$), não foram identificadas diferenças significativas em nenhuma velocidade, apesar de as crianças obesas apresentarem maior trabalho interno nas maiores velocidades (4km.h⁻¹ no GO foi $0,30 \pm 0,04$ e no GE foi $0,24 \pm 0,04$, $p=0,022$; 5km.h no GO foi $0,42 \pm 0,09$ e no GE foi $0,33 \pm 0,03$, $p=0,041$). A análise dos componentes metabólicos demonstrou importante influência da normalização dos dados, uma vez que, com a normalização pela massa corporal total e com o coeficiente alométrico, o grupo eutrófico apresentou maiores valores na maioria das velocidades, contudo sem a normalização (valores brutos) o custo metabólico foi maior para o grupo obeso em todas as velocidades. Conclui-se que a estratégia locomotora do grupo obeso foi eficiente em aumentar a estabilidade da caminhada, diminuir as diferenças esperadas quanto à realização de trabalho mecânico em relação ao grupo eutrófico, sendo mais econômicas na análise de quantidade de energia consumida por unidade de massa corporal e por unidade de metro percorrido, contudo menos econômicas na análise da quantidade de energia bruta consumida por tempo.

Palavras-chave: obesidade infantil, marcha, trabalho mecânico, economia de movimento, mecanismo pendular.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

Autor: Henrique Bianchi Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga

Título da Dissertação: Efeitos da obesidade na mecânica e energética da caminhada de crianças.

Porto Alegre, 2015.

ABSTRACT

Obesity is currently considered a disease with epidemic proportions. Overweight is related to the lack of physical activity at sufficient level and has been diagnosed from childhood. Several risk factors are associated with obesity, such as type 2 diabetes, hypertension, dyslipidemia and others. Walking practice is associated with a decreased in these risk factors, in addition to improved orthopedic and metabolic health, especially in obese children and adolescents. Although there is evidence about obese adolescents and adults, information regarding the mechanics of the gait of obese children are limited. Specifically, details of the mechanical determinants related to energy gait of obese children, to our knowledge, is absent in the literature. In this regard, the aim of this study was to investigate the obesity effects on biomechanical and metabolic parameters in children during walking at different speeds. The study included 24 children, between seven and nine years old, divided into two groups (obese group (OG), n=12; eutrophic group (EG), n=12), paired by sex. A kinematic collect was performed to determine the spatiotemporal parameters and the mechanical work components with a metabolic collect to determine the walking energy cost. Descriptive statistics were used with means and standard deviations, as well as a two-way ANOVA (to check the effects of the group and speeds) and we used the post-hoc test of Bonferroni to identify the differences. The significance level was $\alpha = 0.05$. The results showed that there is influence of obesity on mechanics and energetics parameters in children's walking. Obese children use a locomotors strategy in which there is longer stance time and (on average 14% higher) and greatest stride length (on average 9% higher), and it can be related to the maintenance of stability between groups. In the total mechanical work analyses, no significant differences were identified in any speeds, although obese children showed greater internal work in the higher speeds (4km.h⁻¹ on OG was $0,30 \pm 0,04$ and on EG was $0,24 \pm 0,04$, $p=0,022$; 5km.h on OG was $0,42 \pm 0,09$ and on EG was $0,33 \pm 0,03$, $p=0,041$). The metabolic components analyses showed great influence of the data normalization, because with the normalization, by total body mass and by allometric coefficient normalization, the eutrophic group showed higher values in most speeds, but without normalization the gross metabolic cost was higher for the obese group at all speeds. We concluded that locomotors strategy of the obese group was effective to increase the stability of walking, reduce the expected differences on the achievement of mechanical work in relation to the eutrophic group, being more economical in the amount of energy expenditure by unity of total body mass, however less economic by a gross metabolic analyses.

Key words: child obesity, gait, mechanical work, movement economy, pendular mechanism.

FEDERAL UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL

POST-GRADUATION PROGRAM ON HUMAN MOVEMENT SCIENCES

Author: Henrique Bianchi Oliveira

Advisor: Prof. Dr. Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga

Title: Obesity effects in mechanical and energy of children walking.

Porto Alegre, 2015.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo físico do pêndulo invertido. Adaptado de Cavagna <i>et al.</i> (1963). ...	13
Figura 2: Energia metabólica gasta ($\text{kJ}\cdot\text{min}^{-1}$) em função da velocidade ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) da caminhada de crianças. Adaptado de Maffei <i>et al.</i> (1993).....	15
Figura 3: Localização dos 35 marcadores reflexivos para utilização do modelo <i>template Plug-in-Gait FullBody</i>	29
Figura 4: Coeficiente de variação do tempo de contato (CoV TC, %).	36
Figura 5: Coeficiente de variação do tempo de balanço (CoV TB, %).	37
Figura 6: Coeficiente de variação do comprimento de passada (CoV CP, %).	37
Figura 7: Coeficiente de variação da frequência de passada (CoV FP, %).	38
Figura 8: Trabalho mecânico externo (W_{ext} , $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$)	39
Figura 9: Trabalho mecânico interno (W_{int} , $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$)	40
Figura 10: Trabalho mecânico total (W_{tot} , $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$)	41
Figura 11: Custo de transporte (C, $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$)	42
Figura 12: Custo de transporte com coeficiente alométrico (C, $\text{J}\cdot\text{kg}^{-0,75}\cdot\text{m}^{-1}$)	43
Figura 13: Potência metabólica (P_{met} , $\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$)	44
Figura 14: Potência metabólica com coeficiente alométrico (P_{met} , $\text{W}\cdot\text{kg}^{-0,75}$)	45
Figura 15: Potência metabólica bruto ($P_{\text{met(bruta)}}$, $\text{kJ}\cdot\text{min}^{-1}$).....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C	Custo metabólico
$C^{-0,75}$	Custo metabólico com coeficiente alométrico -0,75
CM	Centro de massa corporal
CoV	Coefficiente de variação
CP	Comprimento de passada
E_C	Energia cinética
E_{kh}	Energia cinética horizontal
E_{kv}	Energia cinética vertical
E_P	Energia potencial gravitacional
FP	Frequência de passada
g	Aceleração gravitacional
GE	Grupo eutrófico
GO	Grupo obeso
h	Altura
Hz	Hertz
IMC	Índice de massa corporal
J	Joule
m	Massa
ml	Mililitro
MC	Massa corporal
PA	Perímetro Abdominal
P_{bruta}	Potência metabólica bruta
P_{met}	Potência metabólica
$P_{met}^{-0,75}$	Potência metabólica com coeficiente alométrico -0,75
TA	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TB	Tempo de balanço
TC	Tempo de contato
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
V	Velocidade
VAS	Velocidade autosselecionada
V_h	Velocidade horizontal

$V_{\text{ótima}}$	Velocidade ótima
V_v	Velocidade vertical
W_{ext}	Trabalho mecânico externo
W_{int}	Trabalho mecânico interno
W_{mec}	Trabalho mecânico positivo das unidades músculo-tendão
W_{tot}	Trabalho mecânico total
Δt	Varição de tempo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	16
1.2 HIPÓTESES	17
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1 Objetivo geral	17
1.3.2 Objetivos específicos	17
1.4 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS	18
1.4.1 Tempo de contato (TC)	18
1.4.2 Tempo de balanço (TB)	18
1.4.3 Comprimento de passada (CP)	18
1.4.4 Frequência de passada (FP)	18
1.4.5 Coeficiente de variação (CoV)	19
1.4.6 Trabalho mecânico total (W_{tot})	19
1.4.7 Custo de Transporte (C)	19
1.4.8 Potência Metabólica (P_{met})	19
1.4.9 Potência Metabólica Bruta (P_{met} bruta)	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 MECÂNICA E ENERGÉTICA DA CAMINHADA DE CRIANÇAS	20
2.2 DETERMINANTES DA ENERGÉTICA DA CAMINHADA RELACIONADOS À OBESIDADE.....	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	24
3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	24
3.3 PROCEDIMENTOS PARA SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	24
3.4 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....	25
3.5 INSTRUMENTOS DE MEDIDA	25
3.6 VARIÁVEIS DO ESTUDO.....	26
3.6.1 Variáveis dependentes	26
3.6.2 Variáveis independentes.....	26
3.6.2.1 Grupos.....	26
3.6.2.2 Velocidades	26
3.7 PROCEDIMENTOS DA COLETA DE DADOS.....	27
3.7.1 Delineamento Experimental.....	27
3.7.2 Determinação das variáveis cinemáticas.....	28
3.7.3 Determinação das variáveis metabólicas	29

3.8 TRATAMENTO DOS DADOS.....	29
3.8.1 Parâmetros Cinemáticos.....	29
3.8.2 Trabalho mecânico.....	30
3.8.3 Parâmetros Metabólicos	32
3.9 TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	33
4 RESULTADOS.....	34
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	34
4.2 VELOCIDADE AUTOSSELECIONADA	34
4.3 PARÂMETROS ESPAÇO-TEMPORAIS.....	35
4.4 ESTABILIDADE DINÂMICA.....	36
4.5 TRABALHO MECÂNICO	38
4.5.1 Trabalho mecânico externo	38
4.5.2 Trabalho mecânico interno	39
4.5.3 Trabalho mecânico total.....	40
4.6 PARÂMETROS METABÓLICOS.....	41
4.6.1 Custo de transporte.....	41
4.6.2 Custo de transporte com coeficiente alométrico.....	42
4.6.3 Potência metabólica.....	43
4.6.4 Potência metabólica com coeficiente alométrico.....	44
4.6.5 Potência metabólica bruta	45
5 DISCUSSÃO	47
6 CONCLUSÃO	54
7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO	55
8 ESTUDOS FUTUROS.....	56
9 APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	57
REFERÊNCIAS.....	58
APÊNDICE 2 - TERMO DE ASSENTIMENTO (para menores).....	68
APÊNDICE 3 – PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA DA UFRGS... 70	
APÊNDICE 5 – INSTRUMENTO PARA COLETA DE DADOS	75
APÊNDICE 6 – TESTES DE NORMALIDADE E HOMOGENEIDADE	76

1 INTRODUÇÃO

Obesidade é definida como o acúmulo de tecido gorduroso localizado ou generalizado, provocado por desequilíbrio nutricional associado ou não a distúrbios genéticos e endócrino-metabólicos (WHO, 2012). A obesidade é reconhecida como uma doença que apresenta proporções epidêmicas desde 1999 (DIETZ, 2015). Aproximadamente 12% da população mundial é considerada obesa, o dobro do registrado em 1980. Além disso, é a causa de morte de 2,8 milhões de pessoas por ano (WHO, 2012). No Brasil, aproximadamente 18,2% das mulheres e 16,5% dos homens adultos são obesos. Além disso, 48% das mulheres e 54,5% dos homens estão com sobrepeso (BRASIL, 2012).

O excesso de peso é fortemente relacionado com a quantidade de atividade física realizada em níveis menores do que o recomendado e tem sido diagnosticado, de forma crescente, desde a infância, em função das crianças, de maneira geral, gastarem mais tempo em atividades sedentárias (MARSHALL *et al.*, 2004). Crianças obesas caminham em velocidades mais baixas e com maior percepção de esforço (o que diminui o tempo de envolvimento com a atividade) que crianças não obesas (BOVET; AUGUSTE; BURDETTE, 2007). Um dos fatores mais importantes para o aumento da massa gorda em crianças é, portanto, o desequilíbrio entre energia consumida e energia gasta (RAVUSSIN & GAUTIER, 1999; SINHA *et al.*, 2002).

A classificação da obesidade é dependente da idade e do sexo, sendo essa dependência mais relevante em crianças. Em adultos, o padrão internacional para classificação de obesidade é o índice de massa corporal (IMC = massa corporal (MC) x (estatura²), em kg.(m²) (GUILLAUME, 1999). Em crianças, o IMC também se associa de modo significativo à adiposidade. Porém, em razão das variações entre massa e estatura durante o crescimento, o limite de normalidade da gordura corporal pode ser estabelecido por curvas de percentil do IMC, separadas por idade e sexo (COSTA *et al.*, 2006).

Há diversos critérios para a determinação e classificação do estado nutricional de crianças. Atualmente, o critério mais aceito e utilizado é aquele proposto pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2007), no qual foram construídas as curvas de IMC ao longo das idades e, a partir das curvas de IMC, determinados os percentis para baixo peso (percentil menor do que 3), eutrofia (entre 3 e 85), sobrepeso (entre 85 e 97) e obesidade (maior do que 97).

Diversos fatores de risco associam-se à obesidade, como diabetes tipo 2, hipertensão arterial e outras doenças cardiovasculares (WHO, 2012). A caminhada promove diminuição desses fatores de risco, além de melhorar a saúde ortopédica e metabólica, especialmente em crianças e adolescentes (PEYROT *et al.*, 2010). Diversas intervenções para perda de peso têm utilizado a caminhada como exercício aeróbico primário, por ser ajustável em volume, intensidade e duração, à capacidade de cada indivíduo (SCHULTZ *et al.*, 2011).

Apesar de ser considerada uma atividade motora complexa, a caminhada humana pode ser descrita como um modelo de pêndulo invertido simples, o qual conserva as energias mecânicas do centro de massa corporal (CM) pela reconversão de energia potencial gravitacional (E_P) em energia cinética (E_C) e vice-versa (MARGARIA, 1976). Durante um ciclo de passada, a E_C ($E_C = (m \cdot v^2) \cdot 2^{-1}$) varia inversamente em relação à E_P ($E_P = m \cdot g \cdot h$) (figura 1).

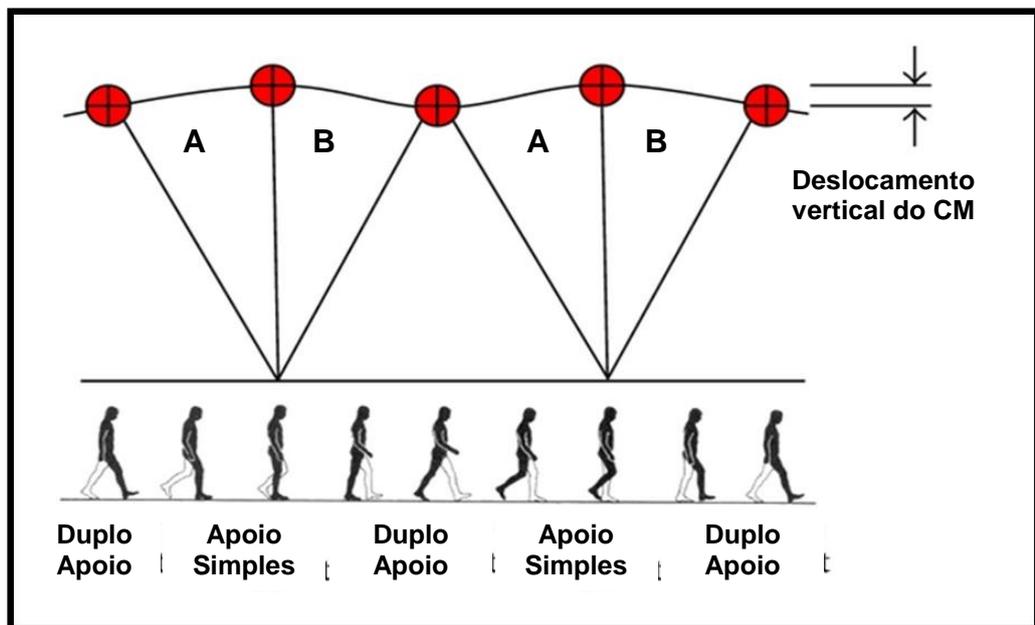


Figura 1: Modelo físico do pêndulo invertido. Na primeira metade do passo (A) a E_P aumenta em função do aumento da altura do CM e a E_C diminui, em função da diminuição da velocidade do CM. Na segunda metade do passo (B) ocorre o inverso: diminuição da E_P , em função da diminuição da altura do CM, enquanto a velocidade do CM aumenta, gerando aumento da E_C . Adaptado de Cavagna *et al.* (1963).

Contudo, a reconversão de energia advinda do mecanismo do pêndulo invertido não é de 100% (chega ao máximo de aproximadamente 70%). O restante

da energia necessária para realizar a caminhada é advindo do trabalho mecânico das unidades músculo-tendão (CAVAGNA; SAIBENE; MARGARIA, 1963).

O tamanho corporal e a carga extra de gordura transportada por indivíduos obesos podem influenciar nestas trocas de energia do CM e, conseqüentemente, exigir maior trabalho positivo das unidades músculo-tendão (W_{tot}) realizado durante a caminhada. O W_{tot} é a soma do trabalho mecânico externo (W_{ext}) - trabalho necessário para realizar o deslocamento do CM em relação ao ambiente – com o trabalho mecânico interno (W_{int}) – trabalho mecânico corresponde ao somatório dos incrementos positivos das energias rotacional e translacional dos segmentos em relação ao CM (CAVAGNA & KANEKO, 1977; WILLEMS *et al.*, 1995).

O W_{ext} é considerado o principal determinante do custo metabólico da caminhada em adultos saudáveis (DONELAN; KRAM; KUO, 2002) e diversos estudos têm analisado o comportamento do W_{ext} em situações de doenças, como a paralisia cerebral (MARCONI *et al.*, 2014), hemiparesia pós-AVC (FARRIS *et al.*, 2015), obesidade (MALATESTA *et al.*, 2009; PEYROT *et al.*, 2009; PEYROT *et al.*, 2010). Porém, não há consenso sobre essa relação, principalmente em crianças, sendo que não foram encontradas diferenças significativas no W_{ext} entre crianças obesas e não obesas, apesar do maior custo metabólico (C) em crianças obesas (DONELAN; KRAM; KUO, 2001). Fato que sugere que o maior C pode ser devido a um maior W_{int} das crianças obesas quando comparadas com não obesas, em função dos obesos apresentarem membros inferiores mais pesados, gerando menor tempo de balanço associado a uma maior abdução de quadril do que as crianças não obesas (BROWNING, 2012).

O W_{mec} é dependente da velocidade, que é um fator crítico da locomoção. Em situações normais, os seres humanos preferem determinadas velocidades de caminhada porque são mais econômicas, com base em sua estrutura corporal, MC, força muscular, flexibilidade, entre outras variáveis, levando a um melhor aproveitamento das energias mecânicas do CM (SAIBENE & MINETTI, 2003).

Além disso, outras alterações biomecânicas vêm sendo observadas na caminhada de obesos. Sabe-se que, tanto crianças quanto adultos obesos, escolhem caminhar em velocidades entre 10% e 15% mais baixas, quando comparados com não obesos. Há maior tempo de contato (TC) e menor tempo de balanço (TB), maior tempo de duplo apoio e maior largura do passo (BROWNING, 2012). A maior largura de passo deve-se a um acúmulo excessivo de tecido adiposo

nos membros inferiores e consequente maior perímetro da coxa (SPYROPOULOS *et al.*, 1991). Essa maior largura de passo parece contribuir para um maior gasto energético (DONELAN; KRAM; KUO, 2001), expresso pelo custo de transporte [quantidade de energia necessária, em Joules, para percorrer um metro de distância, normalizado pela MC ($C, J.kg^{-1}.m^{-1}$)] (SHIPMAN *et al.*, 2002).

O maior deslocamento médio-lateral do CM também está relacionado com alterações de estabilidade dinâmica da marcha, gerando menor eficiência mecânica em crianças obesas nas transferências de energia do CM, pois há desperdício de energia quando o CM é deslocado nesse sentido e há maior realização de contrações musculares de antagonistas (com a função de estabilização), aumentando o gasto energético. Porém, para aumentar a eficiência, o deslocamento do CM deveria ser apenas para frente e quanto maior a estabilidade da caminhada, menor deve ser o custo metabólico necessário para executar essa atividade (NANTEL; BROCHU; PRINCE, 2006).

Sugere-se que crianças e adolescentes obesos gastam mais energia metabólica bruta (não normalizada pela MC) que sujeitos não obesos em uma determinada velocidade de caminhada, especialmente em velocidades mais altas, como pode ser observado na figura 2 (MAFFEIS *et al.*, 1993; BROWNING *et al.*, 2006).

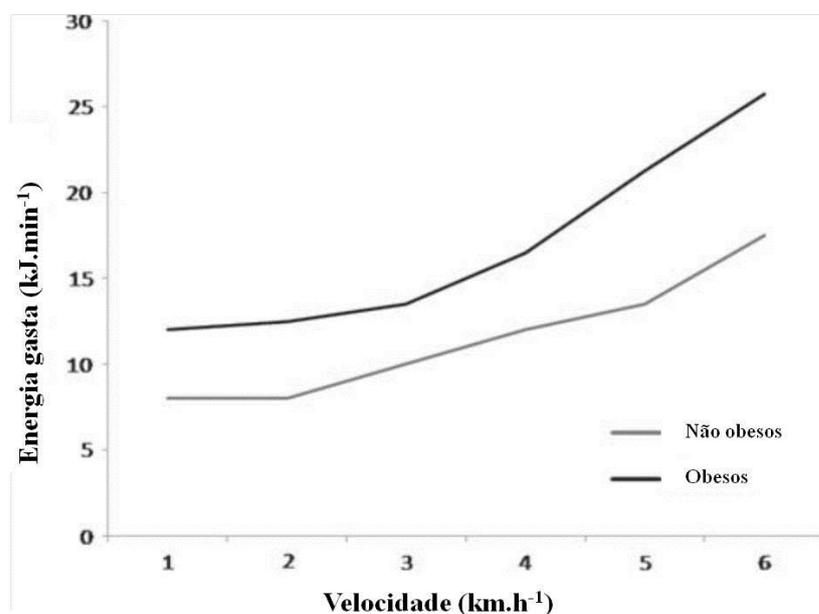


Figura 2: Energia metabólica gasta ($kJ.min^{-1}$) em função da velocidade ($km.h^{-1}$) da caminhada de crianças. Adaptado de Maffeis *et al.* (1993).

Mesmo quando normalizada em função da velocidade de caminhada e da MC, o custo metabólico bruto da caminhada ($C_{\text{bruto.MC}^{-1}}$; em $\text{J.kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$) ainda é 25% maior em adolescentes obesos (LAZZER *et al.*, 2003) e o custo metabólico líquido [$(C_{\text{líquido}}=C_{\text{bruto}} - C_{\text{repouso em pé}}).\text{MC}^{-1}$] é 10% maior em mulheres adultas obesas comparadas com seus pares de mesma idade (BROWNING & KRAM, 2005).

A curva de $C_{\text{líquido}}$ apresenta uma importante relação com a fisiologia muscular, pois representa, de maneira indireta, o custo para operar o maquinário locomotor e, por isso, pode ser comparado com a quantidade de W_{mec} realizado. Em sujeitos jovens e saudáveis, o C mínimo acontece na mesma velocidade de caminhada em que o W_{tot} é mínimo. Contudo, ainda não há estudos que tenham analisado essa relação de C e W_{tot} em crianças e, conseqüentemente, nem em crianças obesas (DeJAEGER *et al.*, 2001).

Com isso, enquanto os potenciais riscos à saúde relacionados à obesidade são conhecidos, há conflitos na literatura relativos à obesidade e à locomoção. Os resultados são provavelmente influenciados por divergências em protocolos experimentais, procedimentos de medida, técnicas de processamento dos dados, seleção dos participantes e tamanhos das amostras (DUFEEK *et al.*, 2012).

Diante deste contexto, justifica-se a importância de compreender, em situação de obesidade, os fatores mecânicos que podem alterar a energética da caminhada em crianças, tendo em vista o aumento significativo do desenvolvimento da obesidade na infância. A partir dos resultados obtidos, pretende-se aprimorar a prescrição de exercício de caminhada para crianças obesas. Pois, estabelecendo o comportamento dos padrões mecânicos e energéticos, torna-se possível executar essa atividade com a melhor relação mecânica e energética (melhor situação de trocas de energia do CM e o C em função da distância percorrida).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais os efeitos da obesidade infantil sobre o trabalho mecânico, a estabilidade dinâmica, o custo de transporte e a potência metabólica em diferentes velocidades de caminhada?

1.2 HIPÓTESES

- Crianças obesas, entre sete e nove anos de idade, apresentam maior tempo de contato e comprimento de passada, assim como menor tempo de balanço e frequência de passada, quando comparadas com crianças da mesma idade não obesas nas mesmas velocidades de caminhada;
- Crianças obesas, entre sete e nove anos de idade, apresentam maior variabilidade espaço-temporal do que crianças não obesas nas mesmas velocidades de caminhada;
- Crianças obesas, entre sete e nove anos de idade, apresentam maior trabalho mecânico total (principalmente em função de um maior trabalho mecânico interno), quando comparadas com crianças da mesma idade não obesas em velocidades iguais de caminhada;
- Crianças obesas, entre sete e nove anos de idade, apresentam maior custo de transporte (normalizada e não-normalizada) do que crianças não obesas nas mesmas velocidades de caminhada;
- Crianças obesas, entre sete e nove anos de idade, apresentam maior potência metabólica (normalizada e não-normalizada) do que crianças não obesas nas mesmas velocidades de caminhada.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Analisar os parâmetros biomecânicos e metabólicos em diferentes velocidades de caminhada entre crianças obesas e não obesas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar e comparar a velocidade autosselecionada (VAS) na caminhada de crianças obesas e não obesas, entre sete e nove anos de idade;
- Determinar e comparar na caminhada de crianças obesas e não obesas, entre sete e nove anos de idade, em cinco diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km.h⁻¹):
 - Tempo de contato (TC);
 - Tempo de balanço (TB);

- Comprimento da passada (CP);
- Frequência de passada (FP);
- Variabilidade espaço-temporal (CoV) do CP, FP, TC e TB;
- Trabalho mecânico externo (W_{ext});
- Trabalho mecânico interno (W_{int});
- Trabalho mecânico total ($W_{tot} = |W_{int}| + |W_{ext}|$);
- Custo de Transporte (C);
- Custo de Transporte (C) com coeficiente alométrico;
- Potência metabólica (P_{met});
- Potência metabólica (P_{met}) com coeficiente alométrico;
- Potência metabólica bruta ($P_{metbruta}$).

1.4 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS

1.4.1 Tempo de contato (TC)

Tempo em que o pé mantém contato com solo durante a passada (CAVAGNA & MARGARIA, 1966).

1.4.2 Tempo de balanço (TB)

Tempo em que o pé não está em contato com solo durante a passada. (CAVAGNA & MARGARIA, 1966).

1.4.3 Comprimento de passada (CP)

Definido como a distância entre o primeiro contato do pé com o solo e o primeiro contato realizado no passo subsequente (NUMMELA; KERANEN; MIKKELSSON, 2007).

1.4.4 Frequência de passada (FP)

Considerado o número de passadas realizado durante o período de tempo analisado (CAVAGNA *et al.*, 1988).

1.4.5 Coeficiente de variação (CoV)

Considerado como a divisão entre o desvio padrão e a média de determinada medida, multiplicado por 100, com o resultado expresso em porcentagem. Esta variável foi aplicada aos parâmetros espaço-temporais (TC, TB, CP e FP) a fim de determinar a estabilidade dinâmica da caminhada (OLIVEIRA *et al.*, 2011; BARTMANN *et al.*, 2013).

1.4.6 Trabalho mecânico total (W_{tot})

O trabalho mecânico total foi definido como o somatório dos trabalhos externo (W_{ext}) e interno (W_{int}), os quais contemplam a variação de energia para elevar e acelerar o CM em relação ao ambiente, e acelerar os segmentos do corpo em relação ao CM (W_{ext} e W_{int}) respectivamente (CAVAGNA; SAIBENE; MARGARIA, 1963).

1.4.7 Custo de Transporte (C)

Dispêndio energético (O_2 , ml.kg⁻¹.min⁻¹) realizado para percorrer a distância em metros das 15 passadas realizadas, subtraído pelo valor de repouso em pé, multiplicado pela constante de 20,1 para transformação para Joules (J), dividido pela massa corporal e pela velocidade de caminhada. A unidade é em J.kg⁻¹.m⁻¹ (SAIBENE & MINETTI, 2003).

1.4.8 Potência Metabólica (P_{met})

Dispêndio energético (O_2 , ml.kg⁻¹.min⁻¹) realizado por unidade de tempo (s) durante o exercício, subtraído pelo valor de repouso em pé, multiplicado pela constante de 20,1 para transformação para Joules (J) e dividido pela massa corporal. A unidade é em J.kg⁻¹.s⁻¹ (DeJAEGER *et al.*, 2001).

1.4.9 Potência Metabólica Bruta (P_{met} bruta)

Dispêndio energético (O_2 , ml.min⁻¹) realizado por unidade de tempo (s) durante o exercício, multiplicado pela constante de 20,1 para transformação para Joules (J). A unidade é em kJ.min⁻¹ (DeJAEGER *et al.*, 2001).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MECÂNICA E ENERGÉTICA DA CAMINHADA DE CRIANÇAS

O significativo aumento nas taxas de obesidade infantil, aliado aos fatores de risco associados, e seus presumíveis reflexos na idade adulta reforçam a importância de se buscar alternativas eficientes para diminuir esses números de proporções epidêmicas. A obesidade infantil está associada a diversos fatores, entre eles o nível de atividade física menor do que o adequado, considerando que as crianças têm gasto mais tempo em atividades sedentárias (SHULTZ, 2011).

O desenvolvimento de programas de treinamento que aumentem os níveis de atividade física até o considerado recomendado torna-se importante no combate à obesidade. Nesse contexto, a caminhada é considerada como uma alternativa capaz de aumentar os níveis de atividade física e, conseqüentemente, o gasto energético (HILLS *et al.*, 2006). Contudo, as alterações biológicas e biomecânicas decorrentes da obesidade limitam a prática da caminhada, pois, por exemplo, crianças obesas caminham com menores velocidades do que crianças não obesas, mas com maior percepção de esforço, o que acaba diminuindo o tempo e o engajamento na atividade (DEFORCHE *et al.*, 2003). Com o objetivo de aprimorar o desenvolvimento dos programas de treinamento que buscam a diminuição da obesidade, torna-se importante o melhor entendimento da mecânica e da energética de crianças obesas (SCHULTZ *et al.*, 2011).

A mecânica da caminhada pode ser descrita a partir do modelo do pêndulo invertido, o qual considera a conservação das energias mecânicas do CM pela reconversão da E_P em E_C e vice-versa (MARGARIA, 1976). As diferenças biomecânicas da caminhada, relativas à idade, estão presentes principalmente até os seis anos de idade, em função de as crianças menores do que essa idade apresentarem um padrão muscular imaturo, maior quantidade de contrações isométricas e de cocontrações dos músculos antagonistas para auxiliar na estabilidade da caminhada (GRIFFIN; ROBERTS; KRAM, 2003).

Quanto às alterações biomecânicas relativas à obesidade, crianças obesas preferem caminhar em velocidades mais baixas, apresentam maior tempo de contato e menor tempo de balanço, maior tempo de duplo contato e maior largura do passo (HILLS & PARKER, 1991; BROWNING & KRAM, 2005). Essas adaptações estão relacionadas às características antropométricas (maior diâmetro de coxa, por

exemplo), bem como à necessidade de manter a estabilidade durante a caminhada (McGRAW *et al.*, 2000). Apesar de as alterações mecânicas em um ciclo de passada resultarem em diferenças no custo metabólico associados à caminhada (PEYROT *et al.*, 2009), ainda não está claro o quanto essas diferenças representam uma mudança de estratégia para crianças obesas escolherem a velocidade que seja energeticamente ótima (HUANGH *et al.*, 2013).

No mesmo estudo de Huangh *et al.* (2013), os autores especulam que os resultados sugerem que as crianças obesas executam um padrão autosselecionado de caminhada (VAS e parâmetros espaço-temporais nessa velocidade) com o objetivo de minimizar o custo metabólico e o trabalho mecânico para mover o excesso de massa corporal da maneira mais eficiente possível. Contudo, foi avaliada apenas a VAS de caminhada e não foi possível analisar os efeitos velocidades maiores e menores do que a VAS, o que é destacado como limitação do estudo, uma vez que a velocidade exerce um papel fundamental na mecânica e na energética da caminhada. Além disso, destaca-se que são necessários estudos que envolvam diferentes velocidades de caminhada (acima e abaixo da VAS e iguais para os dois grupos – obeso e eutrófico), possibilitando assim estabelecer claramente as diferenças nas estratégias biomecânicas relacionadas à otimização do gasto energético em crianças obesas.

Em crianças, a velocidade ótima ($V_{ótima}$) de caminhada (velocidade em que há o menor custo metabólico e a maior reconversão de energias do CM) aumenta progressivamente com a idade e vai de $2,8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ aos dois anos de idade até aproximadamente $5\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ aos doze anos, permanecendo assim até a idade adulta (CAVAGNA *et al.*, 1983). A $V_{ótima}$, em todas as idades, é próxima da velocidade na qual o trabalho muscular para movimentar o CM em relação ao ambiente, W_{ext} , é mínimo. Em velocidades maiores ou menores do que a $V_{ótima}$ observa-se, de maneira geral, redução na reconversão das energias mecânicas do CM e, conseqüentemente, maior gasto energético (SCHEPENS *et al.*, 2004). Contudo, essa reconversão de energias não chega a 100% e se aproxima de 70% na velocidade ótima de caminhada. Os outros 30% da energia mecânica externa são perdidos no sistema e devem ser supridos pelo trabalho muscular (CAVAGNA *et al.*, 1977).

O mínimo custo energético acontece em velocidades de caminhada em que há a máxima transferência e reconversão das energias do CM pelo sistema

pendular. A curva do gráfico do custo energético em função da velocidade apresenta a forma de U para adultos (MARGARIA, 1938) e crianças maiores do que seis anos de idade (DeJAEGER *et al.*, 2001). Crianças e adolescentes obesos têm demonstrado gastar mais energia metabólica do que sujeitos não obesos em uma determinada velocidade de caminhada, especialmente em velocidades mais altas (MAFFEIS *et al.*, 1993; BROWNING *et al.*, 2006).

A abordagem típica de normalização referente às variáveis fisiológicas da caminhada considera a divisão do VO_2 absoluto ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$) pela massa corporal. Essa padronização de método de normalização está sendo questionada por alguns pesquisadores, os quais têm sugerido que a escala alométrica pode ser mais adequada para a normalização do VO_2 em função da massa corporal em crianças (ARMSTRONG & WELSMAN, 1994; ROGERS *et al.*, 1995).

Estudos recentes têm investigado os efeitos da obesidade sobre o W_{ext} e não foi possível estabelecer a relação de maior custo energético com maior W_{ext} , apesar do maior custo em situação de obesidade (BROWNING *et al.*, 2009). Para obter a quantidade de trabalho muscular total (W_{tot}) durante a caminhada, é necessário somar o W_{ext} ao W_{int} (trabalho realizado para acelerar os segmentos em relação ao CM corporal). Não foram encontrados estudos que tenham quantificado o W_{int} de obesos durante a caminhada, contudo, as alterações na biomecânica decorrentes da obesidade, assim como a maior massa localizada especialmente nos membros inferiores, sugerem que os obesos apresentarão maior W_{int} (gerando maior W_{tot}) do que não obesos, o que pode explicar o maior custo energético nessa situação (MALATESTA *et al.*, 2009; BROWNING, 2012).

2.2 DETERMINANTES DA ENERGÉTICA DA CAMINHADA RELACIONADOS À OBESIDADE

O aumento da prevalência da obesidade infantil tem ressaltado o interesse de pesquisadores em identificar os fatores determinantes para que as crianças obesas apresentem maior gasto energético durante a realização de exercícios aeróbicos, uma vez que esse maior gasto energético pode estar relacionado à diminuição do tempo que a criança consegue suportar o esforço, assim como o seu engajamento na atividade. Nesse contexto, a caminhada é considerada como uma alternativa efetiva no combate à obesidade, além de ser um dos movimentos mais praticados

no dia a dia das pessoas de maneira geral. Contudo ainda pouco se sabe sobre os principais determinantes do gasto energético da caminhada em condições de obesidade.

Dois estudos estabeleceram relações importantes referentes a estes determinantes. Ekelund *et al.* (2004) realizaram uma comparação da economia de caminhada entre adolescentes obesos e eutróficos. Verificaram que o grupo obeso apresentou maiores valores de VO_2 quando expresso de forma relativa à massa livre de gordura, mas quando o VO_2 foi expresso em função da massa corporal total, os resultados foram semelhantes para obesos e não obesos, apesar das diferenças entre os grupos de 29kg de massa gorda e de 40kg na massa corporal total. Com esses resultados foi possível concluir que a massa corporal total é o maior contribuinte para as diferenças observadas entre jovens obesos e eutróficos relativas ao gasto energético da caminhada.

Ao encontro dos achados de Ekelund *et al.* (2004), outro estudo destaca-se com um desenho de estudo considerado inovador nesse contexto. Ayub & Bar-Or (2003) mensuraram a energética da caminhada entre crianças obesas (11 anos de idade) e jovens não obesos (18 anos de idade) pareados pela massa corporal total, em três velocidades de caminhada: 4, 5 e 6km.h⁻¹. Foi verificado que o VO_2 , expresso em função da massa corporal total, foi similar entre os grupos nas duas menores velocidades, apesar de o grupo obeso apresentar 37% de massa gorda e o grupo eutrófico apenas 9%. Porém, na velocidade de 6km.h⁻¹, o VO_2 foi 12% maior no grupo obeso, provavelmente atribuído a um maior esforço ventilatório ou em função de uma mecânica de caminhada menos eficiente. Além disso, foi possível verificar a contribuição dos fatores massa corporal e adiposidade sobre a variância na economia da caminhada. A massa corporal representou entre 62 e 89% da variância, enquanto a adiposidade representou apenas entre 2 e 16% da variância, o que levou os autores a também concluírem que as demanda metabólicas da caminhada em meninos obesos são influenciadas primariamente pela massa corporal total.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa se caracteriza como tipo caso-controle, quantitativa, transversal e comparativa (CAMPBELL & STANLEY, 1979).

3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Para o estudo, calculou-se o número amostral com base nos estudos de Peyrot *et al.* (2010) e Browning (2012). Optou-se por estes estudos para o cálculo amostral por apresentarem variáveis semelhantes ao do presente estudo (W_{mec} e C), contendo a mesma divisão de grupos. O cálculo foi realizado para amostras emparelhadas por meio do *software Winpepi*, sendo adotado um nível de significância de 0,05, um poder estatístico de 90% e um coeficiente de correlação de 0,6 para todas as variáveis. Com base nos desvios-padrão e nas diferenças entre as médias obtidas dos estudos anteriormente citados, os cálculos realizados demonstraram a necessidade de um número de no mínimo 12 indivíduos para cada grupo estudado ($n = 24$).

3.3 PROCEDIMENTOS PARA SELEÇÃO DA AMOSTRA

Os indivíduos foram selecionados por voluntariedade e disponibilidade de horários para as coletas. Os convites foram realizados por meio de cartazes fixados nos murais da Escola de Educação Física da UFRGS, em publicações em redes sociais e por convite direto do pesquisador.

Os critérios de exclusão foram os seguintes: os indivíduos e/ou seus responsáveis relatarem quaisquer tipos de lesões musculoesqueléticas, doenças cardiovasculares, respiratórias e/ou diabetes.

Os critérios de inclusão foram os seguintes: para o grupo obeso, estar acima do percentil 97 das curvas de IMC por idade e sexo (WHO, 2007). Para o grupo eutrófico, estar acima do percentil 3 e abaixo do percentil 85 das mesmas curvas.

3.4 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Todos os pais ou responsáveis pelas crianças da pesquisa leram e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) contendo informações pertinentes ao experimento e assegurando também a sua privacidade e confidencialidade dos dados (apêndice 1). Um Termo de Assentimento (TA, apêndice 2) foi lido juntamente com as crianças para esclarecimento dos procedimentos em uma linguagem voltada para crianças, que assinaram esse termo após a leitura. O estudo atendeu à Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, a qual aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob o parecer número 834.854 (apêndice 3).

3.5 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

- Sistema de cinemetria *VICON* (*Vicon Motion Capture System* - Grupo de Instrumentos, Oxford, Reino Unido): composto por seis câmeras de infravermelho [sendo três do modelo BONITA 3 (0,3 megapixel) e três do modelo BONITA 10 (1,0 megapixel)], todas com frequência de amostragem de 200Hz.
- *Software NEXUS* (*Vicon Motion Capture System* - Grupo de Instrumentos, Oxford, Reino Unido), versão 1.8.2, foi utilizado para a aquisição e reconstrução dos dados de posição;
- 35 marcadores reflexivos (14 milímetros);
- 1 esteira rolante modelo ATL Inbrasport (Medgraphics, Ann Arbor, EUA);
- 1 equipamento de ergoespirometria modelo Aerosport VO2000 (Medical Graphics Corporation, St. Paul, EUA);
- 1 balança eletrônica, modelo OS-180 (Urano, Canoas, Brasil);
- 1 estadiômetro de parede, modelo OS-180 (Urano, Canoas, Brasil);
- 1 fita métrica (SANNY, São Paulo, Brasil).

3.6 VARIÁVEIS DO ESTUDO

3.6.1 Variáveis dependentes

- Tempo de contato, TC (s);
- Tempo de balanço, TB (s);
- Comprimento de passada, CP (m);
- Frequência de passada, FP (Hz);
- CoV, % (FP, CP, TC, TB).
- Trabalho externo, W_{ext} ($\text{J.kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$);
- Trabalho interno, W_{int} ($\text{J.kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$);
- Trabalho mecânico total, W_{tot} ($\text{J.kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$);
- Custo de transporte, C ($\text{J.kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$);
- Custo de transporte com coeficiente alométrico, $C^{-0,75}$ ($\text{J.kg}^{-0,75}.\text{m}^{-1}$);
- Potência metabólica, P_{met} ($\text{J.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$);
- Potência metabólica com coeficiente alométrico, $P_{\text{met}}^{-0,75}$ ($\text{J.kg}^{-0,75}.\text{s}^{-1}$);
- Potência metabólica bruta, P_{met} bruta (kJ.min^{-1});

3.6.2 Variáveis independentes

3.6.2.1 Grupos – dois grupos, pareados por sexo:

- i) Crianças, entre sete e nove anos de idade, com IMC no percentil 97 ou acima (WHO, 2007);
- ii) Crianças, entre sete e nove anos de idade, com IMC acima do percentil 3 e abaixo do percentil 85 (WHO, 2007)

3.6.2.2 Velocidades – cinco situações diferentes:

- i) 1 km.h^{-1}
- ii) 2 km.h^{-1}
- iii) 3 km.h^{-1}
- iv) 4 km.h^{-1}
- v) 5 km.h^{-1}

A escolha destas velocidades justifica-se em função do objetivo de construir e descrever o comportamento das curvas das variáveis mecânicas e metabólicas na execução da caminhada em velocidades consideradas baixas, médias e altas.

3.7 PROCEDIMENTOS DA COLETA DE DADOS

3.7.1 Delineamento Experimental

As coletas de dados foram realizadas no Centro Natatório da Escola de Educação Física da UFRGS. Cada criança, acompanhada de seu responsável, compareceu em uma única sessão de coleta que foi dividida em duas partes.

Na primeira parte, os responsáveis leram e assinaram o TCLE. Em seguida, o pesquisador realizou a leitura do termo de assentimento para as crianças que, se estivessem de acordo, o assinariam (todas as crianças e os responsáveis que compareceram para a avaliação concordaram com os termos). Após, foram realizadas medidas antropométricas de estatura e massa corporal, para cálculo posterior do IMC, além de perímetros dos segmentos (apêndice 5).

Após isso, os indivíduos realizaram um processo de familiarização com a caminhada em esteira. Esse processo ocorreu da seguinte forma: as crianças foram instruídas sobre as regras de segurança e posição de segurança sobre a esteira. Em seguida, foram convidados a testarem a esteira, começando com velocidades baixas ($0,5 - 1,0 \text{ km.h}^{-1}$) e aumentando $0,5 \text{ km.h}^{-1}$ a cada dois minutos, até chegar aos 5 km.h^{-1} . Durante o processo de aumento da velocidade, também foi realizado o teste da velocidade autosselecionada (velocidade preferida de caminhada de cada indivíduo), no qual, a cada velocidade imposta na esteira, à criança era perguntada se estava se sentindo bem e se achava que aquela velocidade estava boa, rápida ou devagar para a caminhada, até que fosse possível determinar a velocidade autosselecionada de cada criança.

Após, foi realizada a familiarização com a máscara de coleta de gases, na qual os sujeitos experimentaram a máscara e foram instruídos sobre a maneira de respirar quando estiverem a utilizando (somente pela boca).

Na segunda parte, foi realizado o teste de consumo de oxigênio em repouso (as crianças permaneciam em posição ortostática por cinco minutos). Em seguida,

foi realizada a preparação para a coleta cinemática, na qual foram colados (com fita dupla-face) os marcadores reflexivos. Após, iniciou-se a caminhada na esteira para a coleta cinemática, juntamente com a coleta de consumo de oxigênio em cinco velocidades (determinadas de forma aleatória). A caminhada em cada velocidade durou quatro minutos e o intervalo de recuperação entre as velocidades foi de três minutos. A coleta de gases foi realizada durante os dois últimos minutos de cada velocidade e a coleta cinemática no último minuto de cada velocidade.

3.7.2 Determinação das variáveis cinemáticas

As imagens foram capturadas e processadas com o sistema *VICON Motion Capture System* (Oxford, EUA). Foi utilizado o modelo de *template Plug-in-Gait Full Body*, no qual são utilizados 35 marcadores reflexivos (figura 3). Este processo permite que o sistema reconstrua tridimensionalmente a posição de todos os marcadores utilizados. Os padrões de calibração foram realizados conforme manual do fornecedor, utilizando o calibrador em forma de "T" (*5 Marker Wand & L-Frame*, com cinco marcadores de 14mm) fornecido pelo mesmo para a calibração dinâmica sobre o volume de coleta (a calibração era refeita se o valor do erro de imagem de pelo menos uma das câmeras apresentasse valor superior a 0,2). Também foi realizada a calibração estática de cada sujeito, na posição em pé com os braços erguidos e os cotovelos flexionados, para facilitar a identificação dos marcadores.

As medidas antropométricas utilizadas como dados de entrada para a construção do modelo são: massa, estatura, diâmetro do ombro, diâmetro do cotovelo, diâmetro do punho, largura da mão, diâmetro do joelho e diâmetro do tornozelo. Após a reconstrução dos dados da captura dinâmica, o sistema fornece uma matriz de 132 colunas, três para cada ponto de referência, sendo a primeira o deslocamento no eixo x, a segunda no eixo y e a terceira ao eixo z de cada ponto.

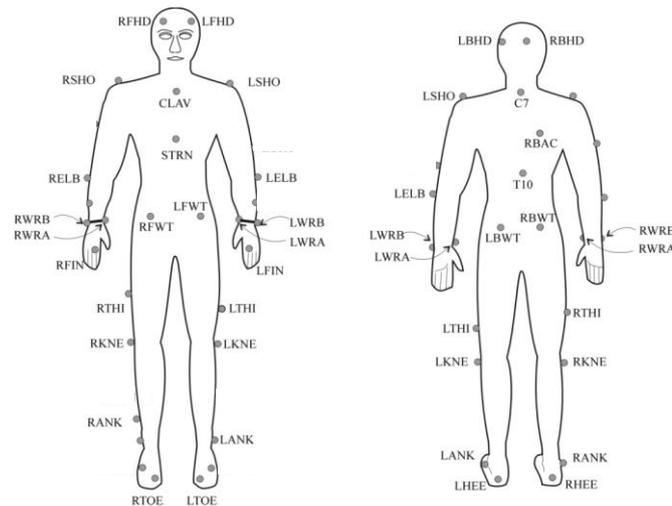


Figura 3: Localização dos 35 marcadores reflexivos para utilização do modelo *template Plug-in-Gait FullBody*, quadro detalhado da localização de cada ponto no apêndice 4.

3.7.3 Determinação das variáveis metabólicas

Os dados metabólicos foram coletados com o um analisador de gases portátil, modelo Aerosport VO2000 (Medical Graphics Corporation, St. Paul, EUA). Em todos os testes foram seguidas as orientações do manual, com a realização do aquecimento das células de gases por, no mínimo, uma hora antes da coleta. A calibração dos gases foi realizada no modo automático. Foi utilizado o pneumotacógrafo de fluxo baixo e o registro dos dados foi ajustado para cada 10 segundos. Os dados coletados foram transmitidos via cabo USB para um notebook com a utilização do *software* Breeze Suite, versão 6.4 (Medgraphics Cardiorespiratory, St. Paul, MN, USA).

3.8 TRATAMENTO DOS DADOS

3.8.1 Parâmetros Cinemáticos

- **Frequência de passada (FP):** O número de *frames* (*nf*) digitalizados a cada dois passos foi dividido pela variação do tempo (Δt) de cada *frame* (0,005s) do mesmo período, resultando na frequência de passada média do indivíduo.

Equação 1

$$FP = 1/nf \cdot \Delta t$$

- **Comprimento de passada (CP):** Foi obtido por meio da equação contendo V_h , representando a velocidade horizontal e FP.

Equação 2

$$CP = V_h / FP$$

- **Tempo de contato (TC):** Foi determinado a partir do número de *frames* em que o mesmo pé permanece em contato com o solo durante a passada, multiplicado pela variação do tempo (Δt) de cada *frame* (0,005s). Foi calculado o TC do pé direito e do pé esquerdo.

Equação 3

$$tc = (f_{despregue} - f_{contato}) \Delta t$$

Em que, $f_{despregue}$ representa o *frame* indicando o momento do último contato do pé, enquanto $f_{contato}$ é representativo ao *frame* durante o primeiro contato do pé com a esteira.

- **Tempo de balanço (TB):** Foi determinado a partir do número de frames em que o pé não está em contato com o solo durante a passada. Foi calculado o TB do pé direito e do pé esquerdo.

Equação 4

$$TB = (f_{contato} - f_{despregue\&passoanterior}) \Delta t$$

Em que, $f_{despregue}$ representa o *frame* do momento do último contato do pé, enquanto $f_{contato}$ é representativo ao *frame* do contato do passo anterior do mesmo pé com a esteira.

3.8.2 Trabalho mecânico

Dos valores de velocidade horizontal (V_h), indicados pela esteira rolante¹ e, da velocidade vertical (V_v), obtidos pela divisão entre o deslocamento vertical do CM pela variação de tempo, a energia cinética horizontal (E_{kh}) e vertical (E_{kv}) foram calculadas, respectivamente, conforme a seguir:

Energia cinética vertical:

Equação 6

$$E_{kv} = 0.5(m.V_v^2)$$

¹ Foi realizado o cálculo para determinar o percentual médio de erro de medida entre a velocidade indicada no controlador da esteira e a velocidade real da cinta da esteira com a criança caminhando. A diferença média foi de 2,95% e desvio padrão de $\pm 0,8$, considerada como não significativa ($p > 0,05$).

Energia cinética horizontal:

$$E_{kh} = 0.5(m.V_h^2)$$

Equação 7

Em que, m representa a massa corporal (kg).

A soma da variação de incrementos positivos da energia cinética total foi definido como o trabalho positivo necessário para acelerar o centro de massa corporal.

Dos valores de deslocamento vertical do CM, obtidos pela cinemetria, a E_p foi calculada conforme a seguir:

Energia potencial gravitacional:

Equação 8

$$E_p = m.g.h$$

Em que, g , representa a aceleração gravitacional ($\approx 9,81 \text{ m.s}^{-2}$).

O trabalho positivo contra a gravidade foi determinado pela soma dos incrementos de energia potencial, sendo que h representa a altura do CM em relação ao solo.

A energia mecânica total foi obtida pela adição das energias cinética, vertical e horizontal, e potencial.

Equação 9

$$E_{tot} = E_p + E_{kv} + E_{kh}$$

Logo, o W_{ext} (trabalho mecânico para elevar e acelerar o centro de massa em relação ao ambiente) foi obtido por meio da soma dos incrementos positivos de energia total.

Equação 10

$$W_{ext} = \Delta E_{tot}$$

O W_{int} corresponde ao somatório dos incrementos positivos das energias rotacional e translacional dos segmentos em relação ao CM. Determinado pela equação de Cavagna (1977) e Willems *et al.* (1995).

Equação 11

$$W_{int} = \sum 0,5miVi^2 + 0,5miK^2\omega_i^2$$

Em que: mi é massa do segmento i (em quilogramas), Vi é velocidade relativa do segmento i em relação ao CM em (metros por segundo), Ki é o raio de giração do segmento i (em metros) e ω_i é a velocidade angular do segmento i (em radianos por

segundo). A velocidade angular foi calculada apenas nos planos sagital e frontal, enquanto o plano transversal foi desprezado.

O trabalho mecânico total foi calculado como:

Equação 12
$$W_{tot} = |W_{ext}| + |W_{int}|$$

3.8.3 Parâmetros Metabólicos

- **Custo de transporte:** O custo de transporte (C) foi obtido por meio do consumo médio de oxigênio durante cada velocidade de caminhada, subtraído do consumo médio de oxigênio ($\text{mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) em repouso (posição ortostática) e então convertido em Joules por meio da multiplicação pelo equivalente energético de $20,1 \text{ J} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{O}_2$ (BLAXTER, 1989; MIAN *et al.*, 2006). Esse consumo energético líquido foi então multiplicado por 60 (para transformar minutos em segundos) e dividido pela velocidade de caminhada, em $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, obtendo a unidade em $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

Equação 13
$$C = (\dot{V}O_{2\text{exercício}} - \dot{V}O_{2\text{repouso}}) \cdot 20,1 (\text{J} \cdot \text{ml}^{-1} \text{O}_2) \cdot 60^{-1} \cdot \text{vel}^{-1}$$

- **Potência metabólica:** A potência metabólica (P_{met}) obtida por meio do consumo médio de oxigênio durante cada velocidade de caminhada, subtraído do consumo médio de oxigênio ($\text{mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) em repouso (posição ortostática) e então convertido em Joules por meio da multiplicação pelo equivalente energético de $20,1 \text{ J} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{O}_2$ (BLAXTER, 1989; MIAN *et al.*, 2006). Esse consumo energético líquido foi então multiplicado por 60 (para transformar minutos em segundos), obtendo a unidade em $\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Equação 14
$$P_{\text{met}} = (\dot{V}O_{2\text{exercício}} - \dot{V}O_{2\text{repouso}}) \cdot 20,1 (\text{J} \cdot \text{ml}^{-1} \text{O}_2) \cdot 60^{-1}$$

- **Potência metabólica bruta:** A potência metabólica bruta (P_{bruta}) obtida por meio do consumo médio de oxigênio durante cada velocidade de caminhada ($\text{mlO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$, convertido em Joules por meio da multiplicação pelo equivalente energético de $20,1 \text{ J} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{O}_2$ (BLAXTER, 1989; MIAN *et al.*, 2006), obtendo a unidade em $\text{kJ} \cdot \text{min}^{-1}$.

Equação 14
$$P_{\text{bruta}} = \dot{V}O_{2\text{exercício}} \cdot 20,1$$

Para a obtenção dos resultados das variáveis mecânicas e metabólicas, os dados advindos das coletas cinemática e metabólica foram processados em uma rotina computacional matemática construída no *software* Matlab® versão 2010.

3.9 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Foi utilizada estatística descritiva, com médias e desvios-padrão. O pressuposto de distribuição normal dos dados foi verificado pelo teste de *Shapiro-Wilk*. A homogeneidade das variâncias foi analisada pelo teste de *Levene* (resultados no apêndice 6).

Como a distribuição dos dados foi normal (dados paramétricos), foi utilizada a análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas de dois fatores (grupo x velocidade) para verificar interação entre os fatores grupo (obesos e controle) e velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km.h⁻¹). Quando ocorreu interação, foi realizado o desdobramento da seguinte maneira: com o teste *t* para amostras independentes para comparação entre grupo obeso e grupo controle em mesma velocidade e com o teste ANOVA para medidas repetidas de um fator. Foi utilizado o teste complementar de *Bonferroni* para localização das diferenças significativas. O nível de significância adotado foi de 5%. Todos os testes foram realizados no pacote estatístico *SPSS*, versão 18.0.

4 RESULTADOS

Os resultados são apresentados em relação às comparações intergrupos (entre grupo obeso e eutrófico, em mesmas velocidades) e em relação às comparações intragrupo (entre as cinco velocidades, dentro do mesmo grupo). As comparações intragrupo são representadas com letras minúsculas no grupo obeso e com letras maiúsculas no grupo eutrófico.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra final foi composta por 24 crianças, divididas em dois grupos de 12, conforme classificação do IMC. Foi realizado o pareamento por sexo, formando os dois grupos com seis meninos e seis meninas (tabela 1).

Tabela 1: Caracterização da amostra. Dados em média e desvio padrão de idade, sexo, estatura, massa, índice de massa corporal (IMC), percentil de IMC e relação cintura/estatura. * representa diferença significativa ($p < 0,05$) intergrupos.

Amostra	Obesos	Eutróficos	p
Sujeitos (masculino/feminino)	12 6/6	12 6/6	-
Idade (anos)	8,6 ± 0,51	7,8 ± 0,90	0,757
Estatura (m)	1,38 ± 0,04	1,31 ± 0,08	0,556
Massa (kg)	44,6 ± 6,65	26,8 ± 2,24	<0,001*
IMC (km.m ²)	24,1 ± 3,50	16,4 ± 1,40	<0,001*
Percentil IMC	97,9 ± 1,57	59,0 ± 30,08	<0,001*
Relação cintura/estatura	0,52 ± 0,04	0,43 ± 0,02	0,021*
Perímetro abdominal (cm)	76,8 ± 5,9	62,0 ± 4,2	0,038*

4.2 VELOCIDADE AUTOSSELECIONADA

A velocidade autosseleccionada (VAS) foi determinada em duas condições: na esteira e no solo. O grupo obeso registrou os seguintes valores em média ± DP: VAS esteira 3,75 ± 0,6km.h⁻¹ e VAS solo 3,95 ± 0,3km.h⁻¹. O grupo eutrófico registrou os seguintes valos médios: VAS esteira 4,16 ± 0,6 km.h⁻¹ e VAS solo 4,28 ± 0,9km.h⁻¹.

4.3 PARÂMETROS ESPAÇO-TEMPORAIS

Os resultados das comparações intergrupos e intragrupo das variáveis espaço-temporais podem ser visualizados na tabela 2.

Tabela 2: Variáveis espaço-temporais. Valores em média \pm desvio padrão para grupo obeso (GO) e grupo eutrófico (GE). * representa diferença significativa ($p < 0,05$) na comparação intergrupos. Letras diferentes significam diferenças significativas ($p < 0,05$) nas comparações intragrupo e *p* indica o maior valor do nível de significância nessa comparação.

Variáveis espaço temporais	Velocidade (km.h ⁻¹)					<i>p</i>
	1	2	3	4	5	
Tempo de contato GO (s)	1,43 \pm 0,26 ^a *	0,93 \pm 0,06 ^b *	0,71 \pm 0,04 ^c	0,64 \pm 0,03 ^c *	0,57 \pm 0,03 ^c *	<0,001
Tempo de contato GE (s)	1,11 \pm 0,07 ^A	0,82 \pm 0,1 ^B	0,68 \pm 0,07 ^C	0,56 \pm 0,03 ^D	0,51 \pm 0,02 ^D	<0,001
Tempo de balanço GO (s)	0,47 \pm 0,07 ^a	0,4 \pm 0,03 ^b	0,35 \pm 0,03 ^{bc}	0,34 \pm 0,02 ^c	0,32 \pm 0,03 ^c	<0,01
Tempo de balanço GE (s)	0,47 \pm 0,07 ^A	0,4 \pm 0,04 ^B	0,37 \pm 0,02 ^B	0,34 \pm 0,02 ^C	0,33 \pm 0,02 ^C	<0,01
Comprimento de passada GO (m)	0,53 \pm 0,08 ^a	0,74 \pm 0,05 ^b	0,9 \pm 0,06 ^c	1,1 \pm 0,05 ^d	1,28 \pm 0,06 ^e *	<0,001
Comprimento de passada GE (m)	0,46 \pm 0,04 ^A	0,67 \pm 0,06 ^B	0,87 \pm 0,06 ^C	1,05 \pm 0,07 ^D	1,19 \pm 0,06 ^E	<0,001
Frequência de passada GO (Hz)	0,51 \pm 0,08 ^a	0,75 \pm 0,07 ^b	0,91 \pm 0,06 ^c	1,0 \pm 0,04 ^c *	1,09 \pm 0,05 ^d	<0,03
Frequência de passada GE (Hz)	0,59 \pm 0,09 ^A	0,79 \pm 0,1 ^B	0,91 \pm 0,09 ^C	1,06 \pm 0,06 ^D	1,11 \pm 0,08 ^D	<0,03

A variável tempo de contato (TC) foi a que demonstrou maior efeito do fator grupo, sendo maior para o grupo obeso independente da velocidade, o que demonstra efeito da obesidade sobre esse parâmetro. Quanto ao efeito da velocidade intragrupo, as velocidades mais baixas e intermediárias (1 e 2km.h⁻¹ no grupo obeso e 1, 2 e 3km.h⁻¹ no grupo eutrófico) apresentaram maiores valores em relação às demais velocidades.

A variável tempo de balanço (TB) não demonstrou efeito do fator grupo. A comparação intragrupo apresentou comportamento semelhante ao TC, com as velocidades baixas e intermediárias com maiores valores em relação às demais velocidades.

Quanto às variáveis espaciais, os valores médios do comprimento da passada (CP) foram maiores no grupo obeso e na velocidade 5km.h⁻¹ houve diferença significativa ($p=0,04$). Na comparação intragrupo, os dois grupos apresentaram o comportamento de aumento significativo com o aumento da velocidade.

O padrão de comportamento da frequência de passada (FP) foi semelhante ao apresentado pelo CP, com aumento dos valores médios em função do aumento da velocidade. A diferença intergrupos foi identificada na velocidade $4\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($p=0,03$).

4.4 ESTABILIDADE DINÂMICA

A estabilidade dinâmica foi considerada como a variabilidade dos parâmetros espaço temporais, obtidos por meio do coeficiente de variação (CoV) desses parâmetros.

A análise da variável CoV TC não demonstrou diferenças significativas intergrupos em nenhuma velocidade. As comparações intragrupo estão indicadas na figura 4.

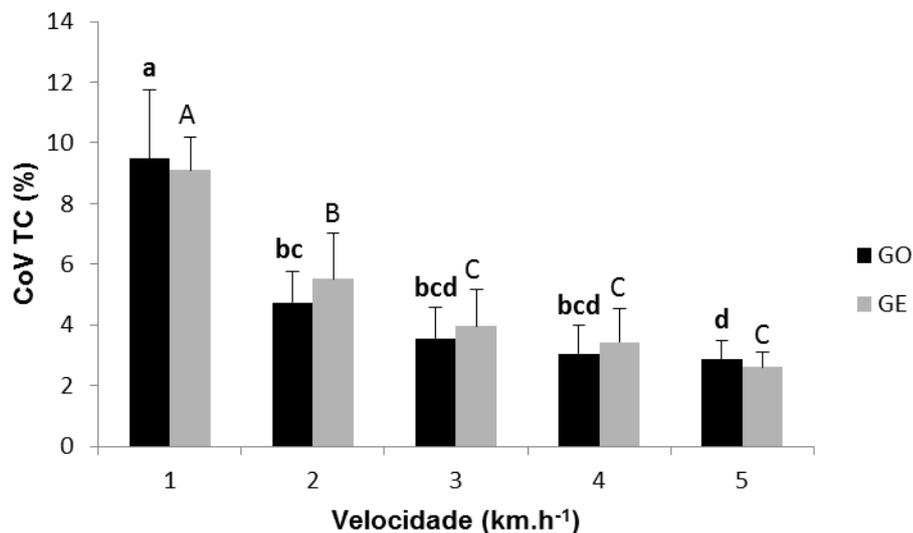


Figura 4: Coeficiente de variação do tempo de contato (CoV TC, %) para o grupo obeso (GO, colunas pretas) e grupo eutrófico (GE, colunas cinza). Letras diferentes representam diferenças significativas ($p<0,05$) na comparação intragrupo (letras minúsculas no GO e letras maiúsculas no GE).

No CoV TB, houve diferença significativa na comparação intergrupos, na qual o grupo obeso apresentou valores maiores na velocidade $2\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($p=0,02$). As comparações intragrupo estão indicadas na figura 5.

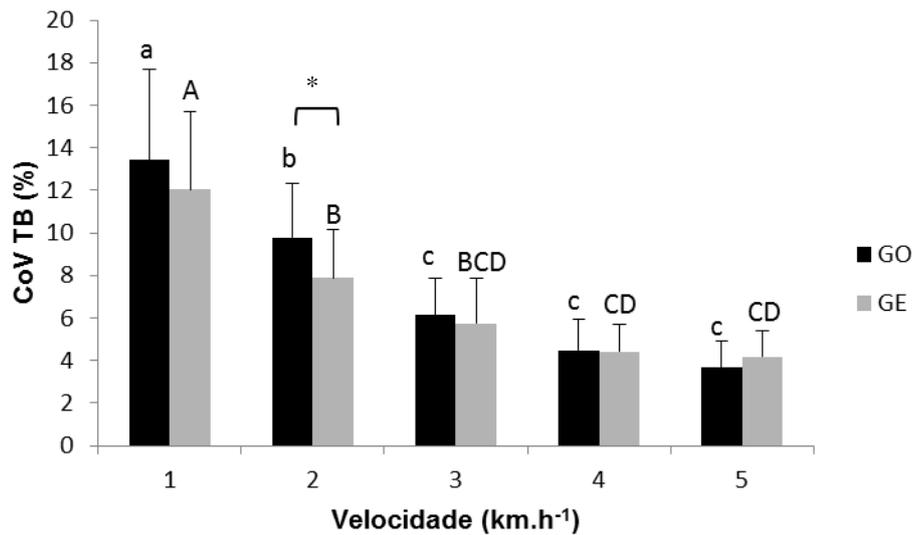


Figura 5: Coeficiente de variação do tempo de balanço (CoV TB, %) para o grupo obeso (GO, colunas pretas) e grupo eutrófico (GE, colunas cinza). * representa diferenças significativas ($p < 0,05$) intergrupo. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) na comparação intragrupo (letras minúsculas no GO e letras maiúsculas no GE).

A análise da variável CoV CP não demonstrou diferenças significativas intergrupos em nenhuma velocidade ($p > 0,05$). As comparações intragrupo estão indicadas na figura 6.

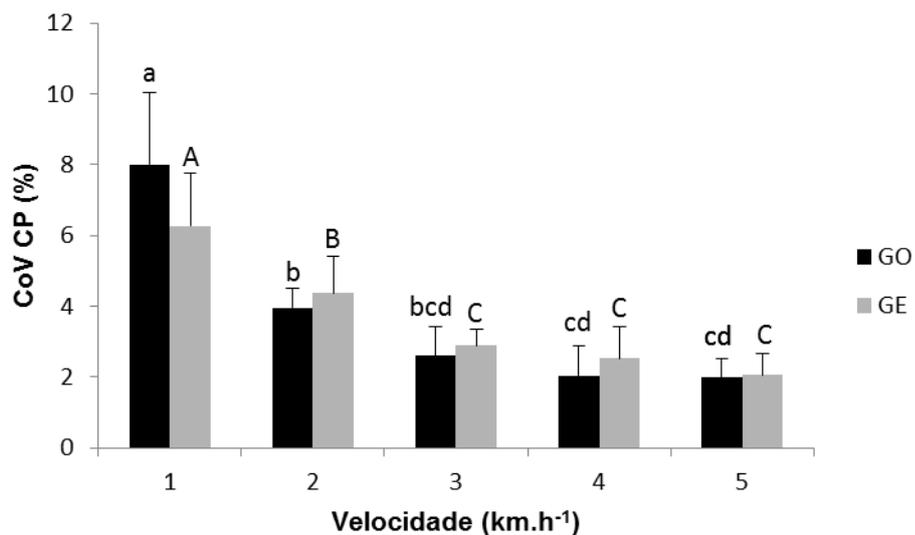


Figura 6: Coeficiente de variação do comprimento de passada (CoV CP, %) para o grupo obeso (GO, colunas pretas) e grupo eutrófico (GE, colunas cinza). Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) na comparação intragrupo (letras minúsculas no GO e letras maiúsculas no GE).

Quanto ao CoV FP, na comparação intergrupo, houve diferença na velocidade 1km.h^{-1} , na qual os valores do grupo eutrófico foram maiores. As comparações intragrupo estão indicadas na figura 7.

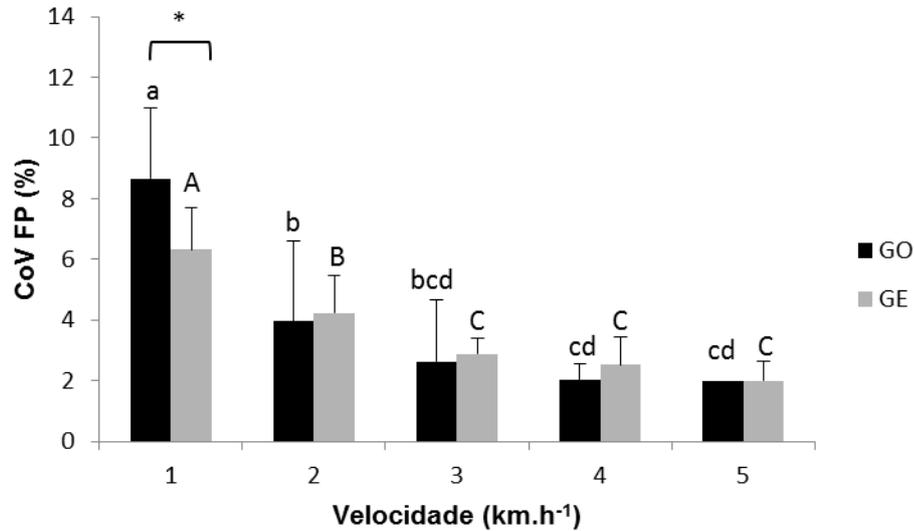


Figura 7: Coeficiente de variação da frequência de passada (CoV FP, %) para o grupo obeso (GO, colunas pretas) e grupo eutrófico (GE, colunas cinza). * representa diferenças significativas ($p < 0,05$) intergrupo. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) na comparação intragrupo (letras minúsculas no GO e letras maiúsculas no GE).

4.5 TRABALHO MECÂNICO

4.5.1 Trabalho mecânico externo

O trabalho mecânico externo (W_{ext}) não apresentou diferença significativa na análise intergrupo. Quanto à comparação intragrupo, o grupo obeso demonstrou maiores valores na velocidade 1km.h^{-1} em relação às velocidades 3 e 5km.h^{-1} e a velocidade 2km.h^{-1} foi maior que a velocidade 3km.h^{-1} (figura 8).

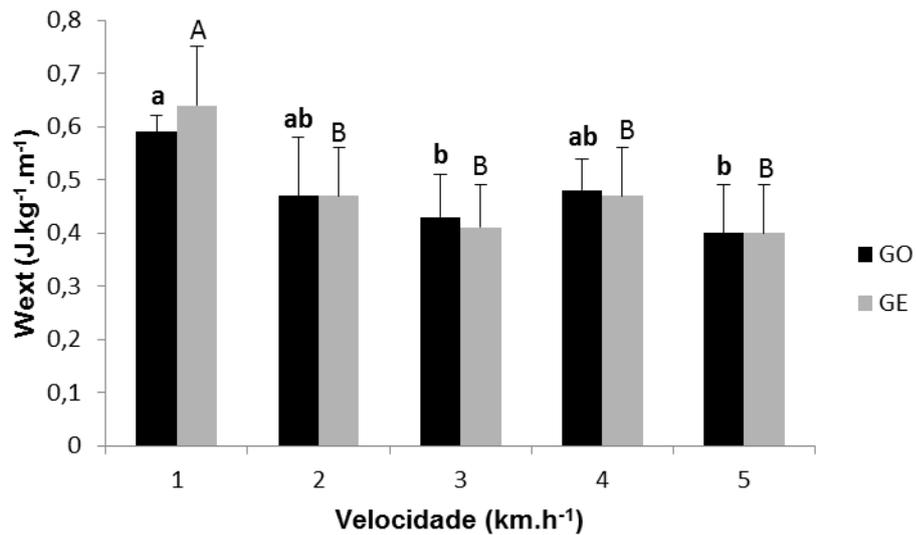


Figura 8: Trabalho mecânico externo (W_{ext} , $J.kg^{-1}.m^{-1}$) para o grupo obeso (GO, colunas pretas) e grupo eutrófico (GE, colunas cinza). Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) na comparação intragrupo (letras minúsculas no GO e letras maiúsculas no GE).

4.5.2 Trabalho mecânico interno

O trabalho mecânico interno (W_{int}) demonstrou grande influência da velocidade. Na comparação intragrupo, ambos os grupos demonstraram diferença significativa entre todas as velocidades em uma relação direta, de modo que, quanto maior a velocidade, maior o W_{int} . Na comparação intergrupo, o grupo obeso apresentou valores significativamente maiores nas velocidades 4 e $5 km.h^{-1}$ (figura 9).

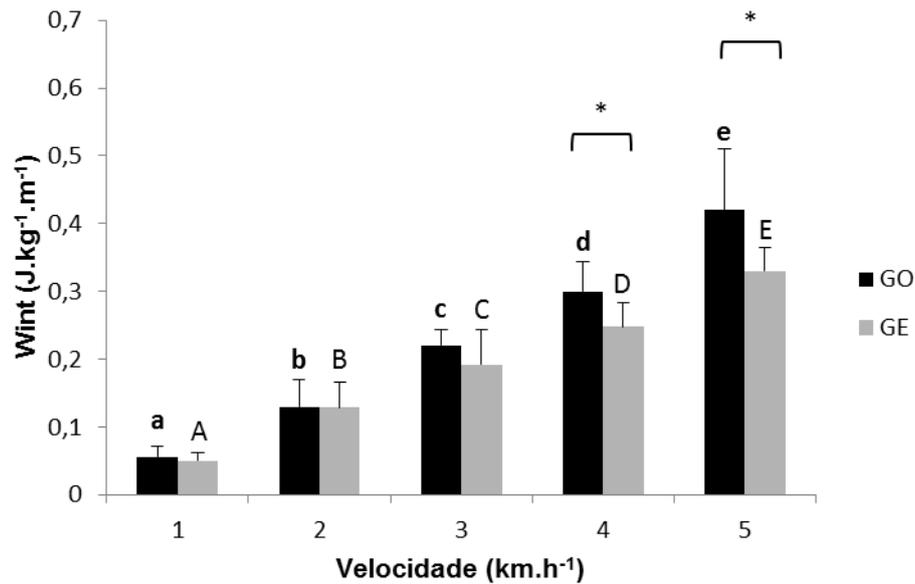


Figura 9: Trabalho mecânico interno (W_{int} , $J.kg^{-1}.m^{-1}$) para o grupo obeso (GO, colunas pretas) e grupo eutrófico (GE, colunas cinza). * representa diferenças significativas ($p < 0,05$) intergrupo. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) na comparação intragrupo (letras minúsculas no GO e letras maiúsculas no GE).

4.5.3 Trabalho mecânico total

O trabalho mecânico total (W_{tot}) não apresentou diferença significativa na comparação intergrupos. As comparações intragrupo, de maneira geral, demonstraram maiores valores nas maiores velocidades no grupo obeso e não houve influência da velocidade no grupo eutrófico (figura 10).

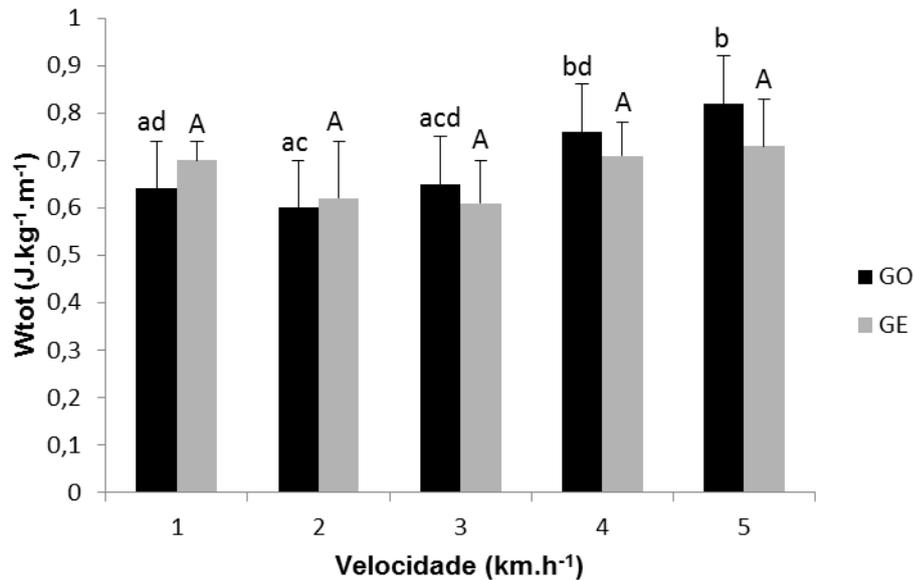


Figura 10: Trabalho mecânico total (W_{tot} , $J.kg^{-1}.m^{-1}$) para o grupo obeso (GO, colunas pretas) e grupo eutrófico (GE, colunas cinza). Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) na comparação intragrupo (letras minúsculas no GO e letras maiúsculas no GE).

4.6 PARÂMETROS METABÓLICOS

As variáveis metabólicas foram analisadas de três formas, com o objetivo de avaliar as diferenças da normalização em função da massa corporal. Portanto, além da normalização pela massa corporal total (kg^{-1}), foi realizada a normalização pela massa corporal com o coeficiente alométrico de $0,75 (kg^{-0,75})$ e sem a normalização pela massa corporal (bruto).

4.6.1 Custo de transporte

Custo de transporte (C), com a utilização da normalização da massa corporal total. A análise intergrupo demonstrou diferença significativa apenas na velocidade $2km.h^{-1}$, maior no grupo eutrófico. Sobre a análise intragrupo, em ambos os grupos a velocidade $1km.h^{-1}$ foi maior do que todas as outras velocidades (figura 11).

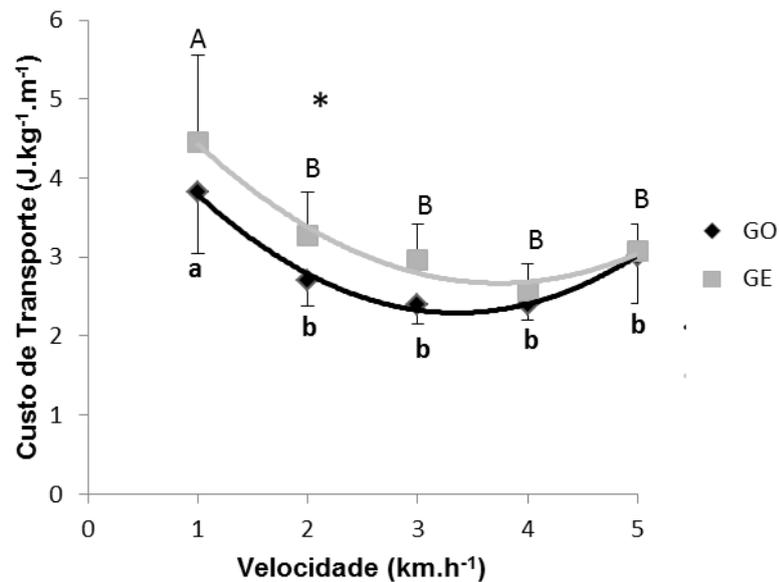


Figura 11: Custo de transporte (C , $J.kg^{-1}.m^{-1}$) para o grupo obeso (GO, losangos pretos) e grupo eutrófico (GE, quadrados cinza). * representa diferenças significativas ($p < 0,05$) intergrupo. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) na comparação intragrupo (letras minúsculas no GO e letras maiúsculas no GE).

4.6.2 Custo de transporte com coeficiente alométrico

O custo de transporte com coeficiente alométrico, na análise intergrupo, foi maior no grupo eutrófico nas velocidades 1, 2 e $3km.h^{-1}$ e maior no grupo obeso na velocidade $5km.h^{-1}$. Na análise intragrupo, o grupo obeso apresentou aumento significativo do custo de transporte com coeficiente alométrico com o aumento da velocidade, à exceção da velocidade $1km.h^{-1}$ para a velocidade $2km.h^{-1}$, na qual não houve diferença. No grupo eutrófico, a velocidade $1km.h^{-1}$ foi maior do que as demais velocidades e a velocidade $2km.h^{-1}$ foi maior do que a velocidade $4km.h^{-1}$ (figura 12).

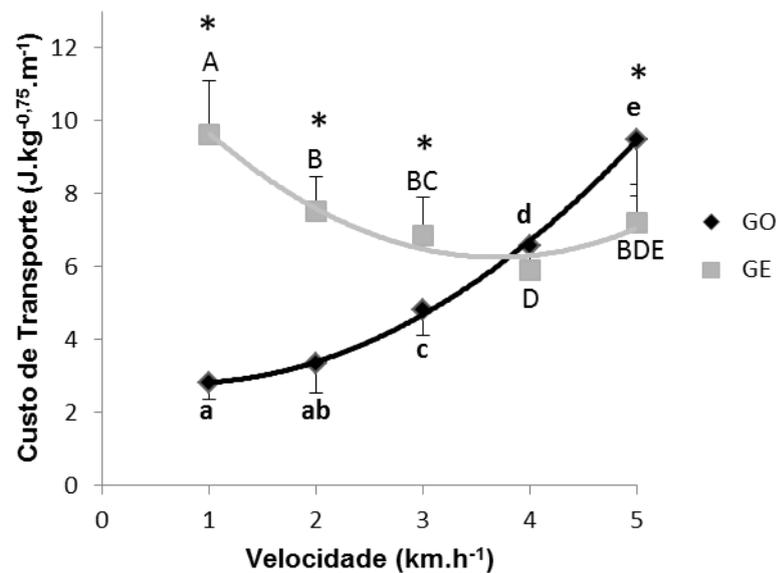


Figura 12: Custo de transporte com coeficiente alométrico (C , $J.kg^{-0,75}.m^{-1}$) para o grupo obeso (GO, losangos pretos) e grupo eutrófico (GE, quadrados cinza). * representa diferenças significativas ($p < 0,05$) intergrupo. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) na comparação intragrupo (letras minúsculas no GO e letras maiúsculas no GE).

4.6.3 Potência metabólica

A análise intergrupo da potência metabólica demonstrou maiores valores para o grupo eutrófico nas velocidades de 1 a 4km.h⁻¹ e não houve diferença significativa na velocidade 5km.h⁻¹. Quanto à análise intragrupo, o grupo obeso apresentou aumento significativo de potência com o aumento da velocidade, mas sem diferença significativa entre as velocidades 1 e 2km.h⁻¹. O grupo eutrófico apresentou o mesmo comportamento, além de também não demonstrar diferença significativa entre as velocidades 2 e 3km.h⁻¹ (figura 13).

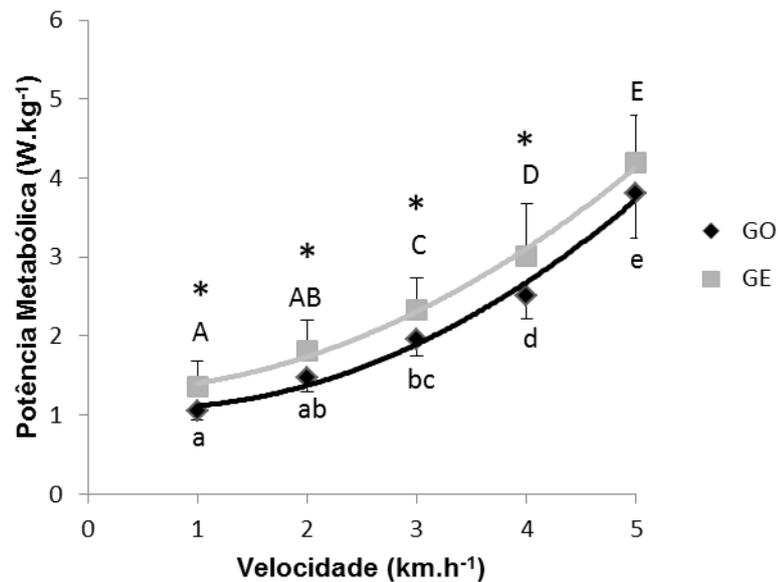


Figura 13: Potência metabólica (P_{met} , $W.kg^{-1}$) para o grupo obeso (GO, losangos pretos) e grupo eutrófico (GE, quadrados cinza). * representa diferenças significativas ($p < 0,05$) intergrupo. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) na comparação intragrupo (letras minúsculas no GO e letras maiúsculas no GE).

4.6.4 Potência metabólica com coeficiente alométrico

Na análise intergrupo da potência metabólica com coeficiente alométrico, houve diferença apenas na velocidade $3km.h^{-1}$, na qual a média do grupo eutrófico foi maior. Na análise intragrupo, ambos os grupos apresentaram resultados semelhantes, com aumento significativo da potência metabólica em função do aumento da velocidade, com exceção da velocidade 1 para a velocidade $2km.h^{-1}$, que não demonstrou diferença significativa em nenhum dos dois grupos (figura 14).

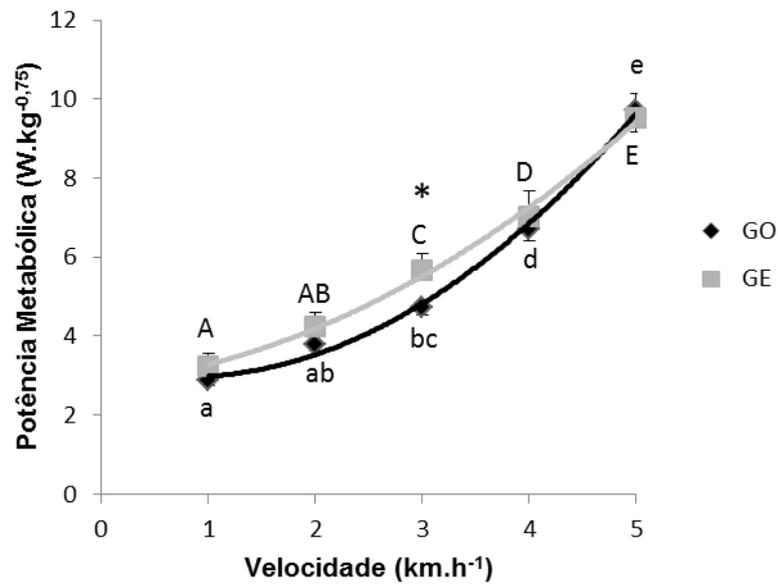


Figura 14: Potência metabólica com coeficiente alométrico (P_{metr} , $W.kg^{-0,75}$) para o grupo obeso (GO, losangos pretos) e grupo eutrófico (GE, quadrados cinza). * representa diferenças significativas ($p < 0,05$) intergrupo. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) na comparação intragrupo (letras minúsculas no GO e letras maiúsculas no GE).

4.6.5 Potência metabólica bruta

O cálculo da potência metabólica “bruta” fornece resultados que não são normalizados pela massa corporal e é considerado “bruto”, o valor de consumo de oxigênio não é diminuído do valor de repouso.

Na comparação intergrupo, o grupo obeso apresentou valores significativamente maiores em todas as velocidades. As comparações intragrupo estão indicadas na figura 15.

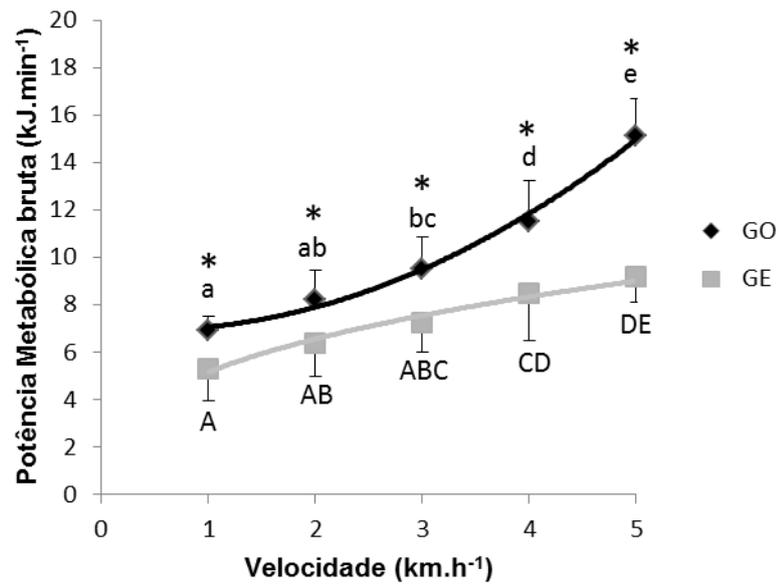


Figura 15: Potência metabólica bruta ($P_{met(bruta)}$, $\text{kJ}\cdot\text{min}^{-1}$) para o grupo obeso (GO, losangos pretos) e grupo eutrófico (GE, quadrados cinza). * representa diferenças significativas ($p < 0,05$) intergrupo. Letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) na comparação intragrupo (letras minúsculas no GO e letras maiúsculas no GE).

5 DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que há influência da obesidade sobre os parâmetros mecânicos e energéticos da caminhada de crianças. Crianças obesas apresentaram, de maneira geral, maior tempo de contato e maior comprimento de passada, enquanto crianças eutróficas apresentaram maior frequência de passada ao longo das velocidades. Quanto à estabilidade dinâmica, foi verificado comportamento semelhante entre os dois grupos e uma maior relação com a velocidade, em que nas menores velocidades foram encontrados menores valores de estabilidade. A análise das variáveis de trabalho mecânico W_{tot} e W_{ext} demonstrou não haver diferença significativa na comparação intergrupos, enquanto o W_{int} apresentou valores crescentes em função do aumento da velocidade para ambos os grupos e nas maiores velocidades (4 e 5km.h⁻¹) foi maior no grupo obeso.

A análise dos resultados das variáveis espaço-temporais demonstrou diferentes estratégias locomotoras entre os grupos. O grupo obeso se caracterizou por caminhar com maior tempo de contato em todas as velocidades (apenas na velocidade 3km.h⁻¹ não houve diferença intergrupos (p=0,42)). Fato que confirma a primeira hipótese desse estudo, a qual afirma que o grupo obeso apresentaria maior tempo de contato quando comparado com o grupo eutrófico nas mesmas velocidades de caminhada. Porém, a segunda hipótese, a qual afirma que o grupo obeso apresentaria menor tempo de balanço, quando comparado com o grupo eutrófico nas mesmas velocidades de caminhada foi rejeitada, pois a variável tempo de balanço não apresentou diferença significativa (p>0,05) entre os grupos em nenhuma velocidade, provavelmente em função de a caminhada ter sido realizada em esteira, a qual estimula o ritmo constante da caminhada, e os estudos que identificaram essa diferença foram realizados com a caminhada no solo (HILLS & PARKER, 1991; McGRAW *et al.*, 2000).

O grupo obeso também apresentou maior média de comprimento de passada em todas as velocidades e, de forma significativa (p=0,04), na velocidade 5km.h⁻¹ e menor média de frequência de passada do que o grupo eutrófico, de forma significativa (p=0,03) na velocidade 4km.h⁻¹. Essas diferentes estratégias podem estar relacionadas principalmente às questões antropométricas e às questões de manutenção do equilíbrio e da estabilidade durante a caminhada (BROWNING, 2012). O ciclo de passada completo envolve um desequilíbrio natural causado pelas

acelerações horizontais e pelos movimentos de centro de massa fora das linhas de base dos pés. Esse padrão acentua a instabilidade em obesos e explica em parte a estratégia de maior tempo de contato e maior comprimento de passada nesse grupo, pois assim é possível aumentar o percentual do tempo de passada em que o pé está em contato com o solo e a base de suporte (WINTER *et al.*, 1990; McGRAW *et al.*, 2000; BASTIEN *et al.*, 2003).

A caminhada de obesos pode ser comparada à caminhada de eutróficos com transporte de carga, em função de ser uma massa transportada que não produz energia. Nesse contexto, os achados de Singh & Koh (2009), vão ao encontro dos encontrados no presente estudo, pois foi verificado maior tempo de contato e maior tempo de duplo apoio na condição da caminhada de crianças eutróficas com carga. Os autores sugerem que isto seria relacionado a uma estratégia locomotora utilizada para minimizar a tensão mecânica no conjunto do sistema como um todo e aumentar a estabilidade dinâmica, visto que ao aumentar o período da passada em que os pés estão em contato com o solo, é possível diminuir a tensão mecânica do sistema locomotor e aumentar a base de apoio.

Dados que corroboram os achados de Hills & Parker (1990) que observaram maior comprimento de passada e maior tempo de contato em crianças obesas comparadas com crianças eutróficas. Estes autores sugerem que o menor nível de atividade física das crianças obesas, combinado com a condição de peso acima do ideal, são fatores importantes que contribuíram para a instabilidade em velocidades mais lentas e resultaram em uma marcha “hesitante”, caracterizada por um maior percentual do tempo de passada com os pés em contato com o solo.

A análise da variabilidade dos dados espaço-temporais (TC, TB, CP e FP), por meio de seus coeficientes de variação (CoV), demonstrou diferenças nas comparações intragrupo (efeito da velocidade) e não nas comparações intergrupos (efeito do grupo). As menores velocidades, principalmente 1 e 2km.h⁻¹, indicaram maiores valores de variabilidade do que as maiores velocidades (3, 4 e 5km.h⁻¹) em ambos os grupos. Esses resultados rejeitam a hipótese de que o grupo obeso apresentaria maior variabilidade espaço-temporal (e conseqüentemente menor estabilidade dinâmica).

Os valores de variabilidade para os dois grupos demonstram que as velocidades mais baixas, principalmente 1 e 2km.h⁻¹, apresentaram valores acima dos considerados como natural na biomecânica da caminhada, próximo a 3%

(BEAUCHET *et al.*, 2009; HAUSDORFF, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2013). Portanto, tanto para obesos quanto para eutróficos, velocidades de caminhadas entre 3 e 5km.h⁻¹ estão relacionadas com menores índices de variabilidade espaço-temporal, o que representa uma caminhada com maior estabilidade dinâmica.

Para o nosso conhecimento, nenhum outro estudo avaliou a variabilidade espaço-temporal da caminhada de crianças obesas. Contudo, em adultos e adolescentes, a obesidade exerce influência sobre os parâmetros de estabilidade (HUE *et al.*, 2007; BROWNING, 2012). Em adolescentes obesos que realizaram um programa de treinamento de redução de peso, foi verificada melhora na economia da caminhada e essa foi associada parcialmente a uma melhora na estabilidade dinâmica após o treinamento (PEYROT *et al.*, 2010).

Portanto, ao rejeitar a hipótese de que a estabilidade dinâmica não é diminuída em crianças obesas, provavelmente a parcela do custo energético que seria atribuída a essa característica não é computada. Isso explica, de maneira parcial, a não diferença entre o custo de transporte relativo à massa corporal na comparação intergrupos, pois a demanda energética muscular necessária para manter a estabilidade dinâmica não foi significativamente superior no grupo obeso.

Além da manutenção da estabilidade dinâmica e do suporte do peso corporal, o trabalho mecânico muscular é considerado como uma das principais fontes do gasto energético (DUFEEK *et al.*, 2012; HUANGH *et al.*, 2013). Os resultados do presente estudo não demonstraram diferenças significativas na análise comparativa intergrupos para o W_{ext} e o W_{tot} . Porém o grupo obeso apresentou valores significativamente maiores para W_{int} nas velocidades 4km.h⁻¹ (p=0,02) e 5km.h⁻¹ (p=0,04). Fato que aceita em parte a hipótese de que as crianças obesas apresentariam maior trabalho mecânico total, principalmente em função do maior W_{int} . A proporção da contribuição do W_{int} no W_{tot} é, de maneira geral, menor em relação ao W_{ext} , principalmente em baixas velocidades, o que pode explicar a causa de não ter sido identificada diferença significativa no W_{tot} (SCHEPENS *et al.*, 2003).

O W_{ext} é considerado um dos determinantes primários do custo energético da caminhada (DONELAN *et al.*, 2002; GRABOWSKI *et al.*, 2005). O W_{ext} absoluto (J.m⁻¹) de adultos obesos foi maior do que em adultos eutróficos. Porém, quando o W_{ext} é normalizado pela massa corporal (J.kg⁻¹.m⁻¹), essa diferença torna-se não significativa. Esses resultados sugerem que a massa corporal é o determinante

primário do W_{ext} e que o mecanismo do pêndulo invertido não é alterado em adultos obesos (BROWNING *et al.*, 2009; MALATESTA *et al.*, 2009; PEYROT *et al.*, 2009)

Em um estudo que comparou o W_{ext} entre adultos obesos e adultos eutróficos, constatou-se que, apesar de o W_{ext} ser considerado um dos principais determinantes do custo energético da caminhada (DONELAN *et al.*, 2002) e de o grupo obeso ter demonstrado maiores valores de custo, o W_{ext} não foi diferente entre os dois grupos (BROWNING *et al.*, 2009). O mesmo estudo sugere que o W_{int} deve ser maior em obesos, em função da maior massa segmentar principalmente dos membros inferiores, porém até o momento nenhum estudo havia calculado o W_{int} em obesos (BROWNING, 2012). Os dados corroboram os encontrados no presente estudo, que também não demonstrou diferença significativa entre os grupos para W_{ext} e um maior W_{int} para o grupo obeso principalmente nas maiores velocidades.

A relação entre as energias internas e externas é dependente da velocidade. Em velocidades abaixo de $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($3,6\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) a potência interna é menor do que a potência externa, devido ao fato de que as energias rotacionais e translacionais dos segmentos tendem a chegar a zero se a velocidade se aproxima de zero. De maneira contrária, a potência externa necessária para sustentar os movimentos verticais do CM não tende a chegar a zero se a velocidade se aproxima de zero (CAVAGNA, 1983). Em velocidades acima de $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, a potência interna aumenta em maior magnitude do que a potência externa e em altas velocidades chega a ficar entre 20-40% maior (SCHEPENS, 2003).

O custo metabólico da caminhada é determinado pelas tarefas mecânicas realizadas para manter o suporte do peso corporal, para elevar e acelerar o CM (W_{ext}), para acelerar os segmentos em relação ao CM (W_{int}) e para manter a estabilidade (CAVAGNA & KANEKO, 1977; DONELAN *et al.*, 2002; PEYROT *et al.*, 2010).

No presente estudo, a análise dos resultados da variável custo de transporte ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$) implica na rejeição da hipótese de que crianças obesas apresentariam maior custo de transporte do que crianças eutróficas em todas as velocidades de caminhada, pois os valores médios para o grupo eutrófico foram maiores em todas as velocidades e de maneira significativa na velocidade $2\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($p=0,05$). Contudo, cabe ressaltar que a questão da normalização da energia dispendida por metro é de fundamental importância no intuito da comparação entre os valores dos dois grupos, devido à grande diferença entre a massa corporal total dos dois grupos.

Na análise da potência metabólica bruta ($\text{kJ}\cdot\text{min}^{-1}$), em que não é realizada a normalização pela massa corporal, o grupo obeso apresentou valores de gasto energético significativamente maiores do que o grupo eutrófico em todas as velocidades, com maiores diferenças nas maiores velocidades. Resultados que vão ao encontro de estudos anteriores, nos quais crianças e adolescentes obesos demonstraram dispendir mais energia metabólica bruta (não normalizada pela massa corporal) do que eutróficos, principalmente nas maiores velocidades (SPYROPOULOS *et al.*, 1991; KINNEY, 1995; BROWNING *et al.*, 2009). No estudo de Peyrot *et al.* (2010), adolescentes obesos em velocidades de caminhada entre $1,1$ e $1,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($3,96 - 6,12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) apresentaram valores entre 71 e 84% maiores para a variável energia metabólica bruta (W) quando comparados com adolescentes eutróficos. No presente estudo, na velocidade $4\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, o custo metabólico bruto ($\text{kJ}\cdot\text{min}^{-1}$) foi 36% maior nas crianças obesas e, na velocidade $5\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, essa diferença foi de 64%. Portanto, o comportamento das diferenças entre obesos e eutróficos quanto ao custo metabólico bruto é mantido entre crianças e adolescentes, mas aparecem em maior magnitude na população adolescente, provavelmente em função da maior massa absoluta total e segmentar.

O custo metabólico, mesmo quando normalizado pela velocidade e pela massa corporal total ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$) ainda permanece 25% maior em adolescentes obesos do que em adolescentes eutróficos (HUNTER *et al.*, 2001). Fato que discorda dos achados do presente estudo, no qual, como dito anteriormente, o grupo obeso apresentou menores valores médios de custo quando normalizado pela massa corporal e pela velocidade ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$), sendo em média 20% menor nas velocidades 1 , 2 e $3\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ e 7 e 1% maior nas velocidades 4 e $5\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, respectivamente, com diferença significativa apenas na velocidade $2\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($p=0,05$). Por outro lado, outros estudos têm reportado valores similares de custo metabólico para crianças obesas e eutróficas após normalização pela massa corporal ou pela massa livre de gordura (MAFFEIS *et al.*, 1993; VOLPE & BAR-OR, 2003), que pode ocorrer em função do baixo nível de obesidade das amostras, consideradas próximas ao valor de corte mínimo do percentil de IMC, assim como a amostra do presente estudo, com média de percentil de IMC em $97,90\pm 1,57$.

A normalização do custo energético pela massa corporal total não leva em conta a não proporcionalidade entre o custo bruto e o custo líquido. Segundo Peyrot *et al.* (2009), uma normalização apropriada, para a melhor comparação do custo

metabólico em populações com grandes diferenças de massa corporal, deve utilizar um coeficiente escalar (alométrico) e esse expoente, na análise da caminhada, deve variar entre -0,67 e -0,75. No presente estudo, foi utilizado o coeficiente alométrico de -0,75 para calcular o custo metabólico ($J.kg^{-0,75}.m^{-1}$) e a potência metabólica ($W.kg^{-0,75}$).

A análise dos dados de custo metabólico com coeficiente alométrico revela um comportamento diferente do encontrado na normalização pela massa corporal total. A curva do grupo obeso deixou de apresentar o formato de “U” e passou a apresentar um formato próximo ao linear e as diferenças intergrupos foram maiores nas baixas velocidades. A curva do grupo eutrófico continuou mantendo o formato de “U” e na velocidade $4km.h^{-1}$ as linhas se cruzam, com valores maiores para o grupo obeso e na velocidade $5km.h^{-1}$ essa diferença foi significativa. Basicamente dois fatores parecem estar associados e com relação causal no aumento do custo de transporte com coeficiente alométrico no grupo obeso principalmente nas maiores velocidades: o próprio aumento do custo metabólico bruto e o aumento significativo do W_{int} .

A potência metabólica ($W.kg^{-1}$) e a potência metabólica com coeficiente alométrico ($W.kg^{-0,75}$) apresentaram valores esperados e de acordo com os dados da literatura relativos à idade (CAVAGNA *et al.*, 1983; DeJAEGER *et al.*, 2001; SCHEPENS *et al.*, 2003) sem apresentar diferenças intergrupos.

Outra análise advinda da curva de custo de transporte é em relação à velocidade ótima ($V_{ótima}$) de caminhada. A $V_{ótima}$ representa a velocidade em que o custo de transporte foi mínimo e está diretamente relacionada com o mecanismo do pêndulo invertido, o qual considera as transferências e o reaproveitamento entre as energias mecânicas (cinética e potencial) do CM e diminui a quantidade do trabalho mecânico muscular. Em adultos saudáveis, essa velocidade é em média próxima a $4km.h^{-1}$ e o valor de custo nessa velocidade é aproximadamente $2J.kg^{-1}.m^{-1}$ (SAIBENE & MINETTI, 2003). Os dados do presente estudo demonstram que houve diferença na $V_{ótima}$ entre os dois grupos: no grupo obeso foi na velocidade de $3km.h^{-1}$ ($2,40 \pm 0,24J.kg^{-1}.m^{-1}$) e no grupo eutrófico foi na velocidade de $4km.h^{-1}$ ($2,58 \pm 0,33J.kg^{-1}.m^{-1}$).

Sabe-se que em adultos saudáveis a $V_{ótima}$ coincide com a velocidade autosselecionada (VAS) de caminhada. É possível considerar que esse padrão se manteve em ambos os grupos no presente estudo. No grupo obeso, a VAS na

esteira foi $3,75 \pm 0,6 \text{km.h}^{-1}$ e a $V_{\text{ótima}}$ foi 3km.h^{-1} . No grupo eutrófico a VAS na esteira foi $4,16 \pm 0,6 \text{km.h}^{-1}$ e a $V_{\text{ótima}}$ foi 4km.h^{-1} . Essa característica reforça a ideia de que o mecanismo do pêndulo invertido é mantido em crianças obesas e eutróficas, porém parece que a velocidade em que as trocas de energias do CM são ótimas no grupo obeso é a 3km.h^{-1} , enquanto no grupo eutrófico é a 4km.h^{-1} .

6 CONCLUSÃO

O grupo obeso adota uma estratégia locomotora diferente do que o grupo eutrófico com adaptações ligadas aos parâmetros espaço-temporais. Essa estratégia é eficiente em aumentar a estabilidade da caminhada, diminuir as diferenças esperadas quanto à realização de trabalho mecânico em relação ao grupo eutrófico, sendo mais econômicas (na análise de quantidade de energia consumida por unidade de massa corporal e por unidade de metro percorrido), apesar de ainda serem menos econômicas na análise da quantidade de energia bruta consumida por tempo. O sistema pendular parece estar presente em crianças obesas e não obesas, mas a velocidade ótima em crianças obesas é menor do que em crianças eutróficas.

Estes resultados podem servir como critério de avaliação para lidar com a obesidade infantil e compreender os principais mecanismos relacionados ao padrão da caminhada em crianças obesas.

7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A determinação da obesidade não considerou a distribuição de gordura corporal e o percentual de gordura, seguindo apenas as classificações da OMS e considerando obesas as crianças com o percentil do IMC acima de 97. A determinação por meio de exames de imagem (p. ex. absorciometria de raios-x de dupla energia, DEXA) fornecem essas informações de distribuição de gordura corporal e percentual de gordura com alto grau de precisão, apesar do seu elevado custo.

8 ESTUDOS FUTUROS

Sugere-se a realização de estudos que analisem a caminhada de crianças obesas, conforme os métodos realizados nesse estudo, com a caminhada realizada no solo, que é a condição biológica mais próxima do cotidiano dessa população.

Além disso, sugere-se a realização de ensaios clínicos randomizados, nos quais seja possível a análise das variáveis do presente estudo em crianças obesas antes e após um programa de treinamento para diminuição da gordura corporal (p. ex. aeróbios, intervalados de alta intensidade, caminhada nórdica), verificando as adaptações referentes à estratégia locomotora nos dois momentos, assim como a influência da melhora desses fatores na qualidade de vida dessa população.

9 APLICAÇÕES PRÁTICAS

A melhor compreensão dos fatores mecânicos e metabólicos da caminhada de crianças obesas permite uma prescrição dessa atividade com maior grau de segurança, considerando sempre a individualidade biológica, quanto à estabilidade, à realização de trabalho mecânico e suas repercussões sobre o dispêndio energético dessa atividade. O que poderá auxiliar na escolha da intensidade (velocidade de caminhada) em relação aos objetivos da criança e em qual relação mecânica/metabólica pretende-se trabalhar.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, M. M., LAMOUNIER, J. A., COLOSIMO, E. A. Prevalência de sobrepeso e obesidade em crianças e adolescentes das regiões sudeste e nordeste. **Jornal de Pediatria**. 78(4):335-340. 2002.
- AYUB, B. V., BAR-OR, O. Energy cost of walking in boys who differ in adiposity but are matched for body mass. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 35:669-74. 2003.
- ARMSTRONG, N., WELSMAN, J. R. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. **Exercise Sports Science**. 22:435-75. 1994.
- BARTMANN, L. W., *et al.* Characterization of cognitive and motor performance during dual-tasking in healthy older adults and patients with Parkinson's disease. **Journal of Neurology**. 260(2):580-589. 2013.
- BASTIEN, G. J., HEGLUND, N. C., SCHEPENS, B. The double contact phase in walking children. **The Journal of Experimental Biology**. 206:2967-78. 2003.
- BEAUCHET, O., *et al.* Walking speed-related changes in stride time variability: effects of decreased speed. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**. 6:765-774. 2009.
- BLAXTER, K. **Energy metabolism in animals and man**. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 1989.
- BOVET, P., AUGUSTE, R., BURDETTE, H. Strong inverse association between physical fitness and overweight in adolescents: a large school-based survey. **International Journal of Behavior Nutrition and Physical Activity**. 4:24. 2007.
- BRASIL, Ministério da Saúde, Departamento de Análise de Situação de Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico, Vigitel 2012. Brasília: Ministério da Saúde. 2013.
- BROWNING, R.C. Locomotion mechanics in obese adults and children. **Current Obesity Reports**. 1(3):152-159. 2012.
- BROWNING, R. C., *et al.* Effects of obesity and sex on the energetic cost and preferred speed of walking. **Journal of Applied Physiology**. 100:390–398. 2006.

BROWNING, R. C., KRAM, R. Energetic cost and preferred speed of walking in obese vs. normal weight women. **Obesity Research**. 13:891–899. 2005.

BROWNING, R. C., MCGOWAN, C. P., KRAM R. Obesity does not increase external mechanical work per kilogram body mass during walking. **Journal of Biomechanics**. 42(14):2273–8. 2009.

CAMPBELL, D.T., STANLEY, J. C. **Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa**. São Paulo: EPU: Ed. Universidade de São Paulo, 1979.

CASTELLI, D. M., VALLEY, J. A. The relationship of physical fitness and motor competence to physical activity. **Journal of Teaching in Physical Education**. 26: 358–374. 2007.

CAVAGNA, G. A., FRANZETTI, P., FUCHIMOTO, T. The mechanics of walking in children. **Journal of Applied Physiology**. 343:323-339. 1983.

CAVAGNA, G. A., FRANZETTI, P., HEGLUND, N. C., WILLEMS, P. The determinants of the step frequency in running, trotting and hopping in man and other vertebrates. **Journal of Applied Physiology**. 399:81-92. 1988.

CAVAGNA, G. A., KANEKO, M. Mechanical work and efficiency in level walking and running. **Journal of Applied Physiology**. 268(2):467-481. 1977.

CAVAGNA, G., A., MARGARIA, R. Mechanics of walking. **Journal of Applied Physiology**. 21:271-278. 1966.

CAVAGNA, G. A., SAIBENE, F. P., MARGARIA, R. External work in walking. **Journal of Applied Physiology**. 18(1):1-9. 1963.

COSTA, R. F., CINTRA, I. P., FISBERG, M. Prevalência de sobrepeso e obesidade em escolares da cidade de Santos, SP. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**. 50(1):60-67. 2006.

DEFORCHE, B., LEFEVRE, J., DeBOURDEAUDHUIJ, I., HILLS, A.P., DUQUET, W., BOUCKAERT, J. Physical fitness and physical activity in obese and nonobese Flemish youth. **Obesity Research**. 11: 434-441. 2003.

DeJAEGER, D., WILLEMS, P. A., HEGLUND, N. C. The energy cost of walking in children. **Pflügers Archiv - European Journal of Physiology**. 441:538-543. 2001.

DIETZ, W. H. Health consequences of obesity in youth: childhood predictors of adult disease. **Journal of Pediatrics**. 101:518-526. 1998.

DIETZ, W. H. The Response of the US Centers for Disease Control and Prevention to the Obesity Epidemic. **Annual Review of Public Health**. 36: 575-596. 2015.

DONELAN, J. M., KRAM, R., KUO, A. D. Mechanical and metabolic determinants of the preferred step width in human walking. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Science**. 268:1985-1992. 2001.

DONELAN, J. M., KRAM, R., KUO, A. D. Mechanical work for step-to-step transitions is a major determinant of the metabolic cost of human walking. **The Journal of Experimental Biology**. 205(23):3717-27. 2002.

DUFECK, J. S., *et al.* Effects of overweight and obesity on walking characteristics in adolescents. **Human Movement Science**. 31(4):897-906. 2012.

D'HONDT, E., DEFORCHE, B., DeBOURDEAUDHUIJ, I., LENOIR, M. Relationship between motor skill and body mass index in 5- to 10-year-old children. **Adapted Physical Activity Quarterly**. 26:21-37. 2009.

EKELUND, U., *et al.* Oxygen uptakes adjusted for body composition in normal-weight and obese adolescents. **Obesity Research**. 12:513-20. 2004.

FARRIS, D.J., *et al.* Revisiting the mechanics and energetics of walking in individuals with chronic hemiparesis following stroke: from individual limbs to lower limb joints. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**. 27:12-24. 2015.

GRABOWSKI A, FARLEY CT, KRAM R. Independent metabolic costs of supporting body weight and accelerating body mass during walking. **Journal of Applied Physiology**. 98(2):579–83. 2005.

GRAF, C., KOCH, B., KRETSCHMANN-KANDEL, E., FALKOWSKI, G., CHRIST, H., COBURGER, S. *et al.* Correlation between BMI, leisure habits and motor abilities in childhood (CHILT-Project). **International Journal of Obesity**. 28:22-26. 2004.

GRIFFIN, T. M., ROBERTS, T. J., KRAM, R. Metabolic cost of generating muscular force in human walking: insights from load-carrying and speed experiments. **Journal of Applied Physiology**. 95:172-183. 2003.

GUILLAUME, M. Defining obesity in childhood: current practice. **The American Journal of Clinical Nutrition**. 70:126-30. 1999.

HAUSDORFF, J. M. Gait dynamics, fractals and falls: finding meaning in the stride-to-stride fluctuations of human walking. **Human Movement Science**. 26(4):55-589, 2007.

HILLS, A. P., BYRNE, N. M., WEARING, S., ARMSTRONG, T. Validation of the intensity of walking for pleasure in obese adults. **Preventive Medicine**. 42:47-50. 2006.

HILLS, A. P., PARKER, A. W. Gait characteristics of obese children. **Archives of Physical Medicine & Rehabilitation**. 72(6):403-7. 1991.

HUANG, L., ZHUANG, P. C., WALT, Y. Z. Metabolic cost, mechanical work, and efficiency during normal walking in obese and normal-weight children. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. 84:72-79. 2013.

HUE, O., *et al.* Body weight is a strong predictor of postural stability. **Gait & Posture**. 26(1):32–8. 2007.

HUNTER, G. R., NEWCOMER, B. R., LARSON-MEYER, D. E., BAMMAN, M. M., WEINSIER, R. L. Muscle metabolic economy is inversely related to exercise intensity and type II myofiber distribution. **Muscle & Nerve**. 24(5):654–61. 2001.

IBGE, Estatísticas da população de crianças brasileiras. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/criancas_adolescentes/default.shtm.

KINNEY, J. M. Influence of altered body weight on energy expenditure. **Nutrition Reviews**. 53(9):265–8. 1995.

LAZZER, S., *et al.* Assessment of energy expenditure associated with physical activities in free-living obese and non-obese adolescents. **The American Journal of Clinical Nutrition**. 78:471-479. 2003.

LOPES, V. P., STODDEN, D. F., BIANCHI, M. M., MAIA, J. A. R., RODRIGUES, L. P. Correlation between BMI and motor coordination in children. **Journal of Science and Medicine in Sport**. 15:38-43. 2012.

MAFFEIS, C., *et al.* Energy expenditure during walking and running in obese and nonobese prepubertal children. **Journal of Pediatrics**. 123:193-199. 1993.

MALATESTA, D., *et al.* Mechanical external work and recovery at preferred walking speed in obese subjects. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 41(2):426-34. 2009.

MARCONI, V., *et al.* Mechanical work and energy consumption in children with cerebral paralysis after single-event multilevel surgery. **Gait & Posture**. 40(4):633-39.

MARGARIA, R. Sulla fisiologia, e specialmente sul consumo energetico, della marcia e della corsa a varie velocità ed inclinazioni del terreno. **Atti Accademia Nazionale Lincei Classe Memorie**. 7:299-368. 1938.

MARGARIA, R. **Biomechanics and Energetics of Muscular Exercise**. Clarendon Press. Oxford. 146. 1976.

MARSHALL, S. J., BIDDLE, S. J., GORELY, T., CAMERON, N., MURDEY, I. Relationships between media use, body fatness and physical activity in children and youth: a meta-analysis. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders**. 28:1238-46. 2004.

McGRAW, B., McCLENAGHAN, B. A., WILLIAMS, H.G, *et al.* Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. 81(4):484-9. 2000.

MIAN, O. S., *et al.* Metabolic cost, mechanical work, and efficiency during walking in young and older men. **Acta Physiologica**, 186:127-139. 2006.

NANTEL, J., BROCHU, M., PRINCE, F. Locomotor strategies in obese and non-obese children. **The Obesity Society**. 14:1789-1794. 2006.

NGUYEN, V. T., LARSON, D. E., JOHNSON, R. K., GORAN, M. I. Fat intake and adiposity in children of lean and obese parents. **The American Journal of Clinical Nutrition**. 63:507-513. 1996.

NUMMELA, A., KERANEN, T., MIKKELSSON, L. O. Factors related to top running speed and economy. **International Journal of Sports and Medicine**. 28(8):655-61. 2007.

OKELY, A. D., BOOTH, M. L., CHEY, T. Relationship between body composition and fundamental movement skills among children and adolescents. **Research Quarterly of Exercise and Sport**. 75:238-247. 2004.

OLIVEIRA, H. B., *et al.* Comparação da variabilidade dos parâmetros espaço temporais e índice de simetria em cinco velocidades de caminhada em um idoso saudável e um idoso hemiparético. **Técnicouro**. 1:76-81. 2011.

OLIVEIRA, H. B. D.; ROSA, R. G. D.; GOMEÑUKA, N. A.; PEYRÉ-TARTARUGA, L. A. Estabilidade dinâmica da caminhada de indivíduos hemiparéticos: a influência da velocidade. **Revista da Educação Física/UEM**. 24(4):559-565, 2013.

PEYROT, N., *et al.* Do mechanical gait parameters explain the higher metabolic cost of walking in obese adolescents? **Journal of Applied Physiology**. 106(6):1763-70. 2009.

PEYROT, N., *et al.* Mechanical work and metabolic cost of walking after weight loss in obese adolescents. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 42(10):1914–22. 2010.

PUHL, R., BROWNELL, K. D. Bias, discrimination, and obesity. **Obesity Research**. 9:788-805. 2001.

RAVUSSIN, E., GAUTIER, J. F. Metabolic predictors of weight gain. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders**. 23(1):37-41. 1999.

ROGERS, D. M., *et al.* Allometric scaling factors for oxygen uptake during exercise in children. **Pediatric Exercise Science**. 7:12-25. 1995.

SAIBENE, F., MINETTI, A. E. Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans. **European Journal Applied Physiology**. 88:297-316. 2003.

SCHEPENS, B., BASTIEN, G. J., HEGLUND, N. C., WILLEMS, P. A. Mechanical work and muscular efficiency in walking children. **Journal of Experimental Biology**. 207:587-596. 2004.

SCHWIMMER, J. B., BURWINKLE, T. M., VARNI, J. W. Health-related quality of life in severely obese children and adolescents. **Journal of the American Medical Association**. 289:1813-1819. 2003.

SHIPMAN, D. W., *et al.* Metabolic cost of lateral leg swing in human walking. In: **World Congress of Biomechanics**. Calgary, Alberta, Canada. 2002.

SCHULTZ, S. P., *et al.* Childhood obesity and walking: guidelines and challenges. **International Journal of Pediatric Obesity**. 6:332-341. 2011.

SINGH, T., KOH, M. Effects of backpack load position on spatiotemporal parameters and trunk forward lean. **Gait & Posture**. 29(1):49-53. 2009.

SINHA, R., FISCH, G., TEAGUE, B., *et al.* Prevalence of impaired glucose tolerance among children and adolescence with marked obesity. **The New England Journal of Medicine**. 346:802-810. 2002.

SPYROPOULOS, P., *et al.* Biomechanical gait analysis in obese men. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. 72:1065-1070. 1991.

STRAUSS, R. S., POLLACK, H. A. Epidemic increase in childhood overweight, 1986–1998. **Journal of the American Medical Association**. 286:2845-2848. 2001.

SUGLIA, S. F., DUARTE, S. S., CHAMBERS, E. C., BOYNTON-JARRETT, R. Social and behavioral risk factors for obesity in early childhood. **Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics**. 34(8):549-556. 2013.

TSIROS, M. D., COATES, A. M., HOWE, P. R. C., GRIMSHAW, P. N., BUCKLEY, J, D. Obesity: the new childhood disability? **Obesity Research**. 12: 26-36. 2011.

VOLPE, A. B., BAR-OR O. Energy cost of walking in boys who differ in adiposity but are matched for body mass. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 35:669-74. 2003.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global Health Observatory. **World Health Statistics**. Fact Sheet (290). 2012.

WILLEMS, P. A., CAVAGNA, G. A., HEGLUND, N.C. External, internal and total work in human locomotion. **Journal of Experimental Biology**. 198(2):379-393. 1995.

WINTER, D. A, PATLA, A. E., FRANK, J. S., WALT, S. E. Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. **Journal of Physical Therapy**. 70:340-7.1990.

APÊNDICE 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO – TCLE

Instituição de pesquisa: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Estamos realizando uma pesquisa que tem como objetivo avaliar os efeitos da obesidade sobre a biomecânica do movimento durante a caminhada e sobre o gasto energético em diferentes velocidades dessa atividade. Dessa forma, gostaríamos de convidar seu dependente a participar deste estudo. Para que haja a participação no estudo você deve ler com atenção e conversar com o seu dependente sobre os procedimentos que serão explicados a seguir, tendo total liberdade de negar caso não concorde com uma ou mais situações do projeto.

Ele terá que comparecer em dois dias distintos, em horário a combinar, no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) na Escola de Educação Física da UFRGS. No primeiro dia, será realizada uma avaliação da composição corporal que consiste em verificar a quantidade de gordura e massa magra do corpo, por meio de medidas que necessitam ser realizadas com uso de trajes leves (calção ou bermuda). Neste dia, será realizada a familiarização da criança com os instrumentos utilizados para a coleta de dados, a saber: utilização de máscara de neoprene para medida de consumo de oxigênio (essa máscara será esterilizada a cada uso, não oferecendo risco); utilização de marcadores reflexivos (bolinhas reflexivas, em 35 pontos que serão mostrados nesse momento), que serão coladas na pele da criança com uma fita dupla-face de silicone de fácil remoção (é possível que a pele apresente uma pequena vermelhidão após a retirada da fita, mas não apresenta qualquer risco para a saúde da criança); utilização da esteira, pois os testes de caminhada serão realizados sobre uma esteira rolante e as crianças devem estar cientes das regras de segurança sobre a esteira, entendendo que há o risco de quedas durante os testes. Entretanto, terá uma equipe de prontidão altamente qualificada para fazer os procedimentos de primeiros socorros, enquanto um professor responsável da coleta fará a ligação para a Assistência Médica de Emergência (SAMU) que lhe encaminhará para o Hospital de Pronto Socorro de Porto Alegre e os demais custos por eventuais lesões que possam ocorrer decorrentes da pesquisa ocorrerão por conta dos responsáveis das crianças.

A criança poderá apresentar desconforto por cansaço: embora o exercício seja mantido em um nível de esforço seguro. No caso de haver desconforto durante a sessão, o exercício será imediatamente suspenso, e, se necessário for, será realizado o atendimento adequado; A criança poderá apresentar alterações nos batimentos cardíacos e na pressão arterial. Porém, entende-se que seus batimentos cardíacos serão monitorados durante os testes de laboratório, e que o avaliado poderá interromper o teste a qualquer momento.

Após um intervalo de, no mínimo, 48 horas, será realizado a avaliação principal da pesquisa, em horário a ser combinado. Nesse dia, será realizado o teste de consumo de oxigênio de repouso (a criança ficará em pé, parada, por cinco minutos, enquanto são coletados os dados de consumo de oxigênio com a máscara de neoprene). Após isso, serão coladas as bolinhas reflexivas com fita dupla-face nos 35 pontos de interesse para o sistema de captura de imagens. A criança então irá realizar os testes de caminhada sobre a esteira em cinco velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km/h), que serão sorteadas para saber a ordem, com intervalo de descanso entre cada velocidade de quatro minutos.

O sistema de captura de imagens utilizado não registra as imagens em “visão real”, ele apenas é capaz de captar a posição das bolinhas reflexivas, via infravermelho, o que garante total sigilo de identidade sobre os avaliados, assim como será feito com quaisquer outros dados coletados. Todos os dados coletados serão guardados em sigilo por cinco anos para diversas análises e após serão totalmente apagados.

Seu dependente terá os resultados sobre o índice de massa corporal (IMC), capacidade cardiorrespiratória e as principais solicitações metabólicas do exercício realizado mediante sua capacidade individual. Durante a realização do exercício, ele poderá sentir algum desconforto como náuseas e enjoo, devido à intensidade do exercício físico. Caso ocorra isso ele terá um acompanhamento adequado para seu restabelecimento total. No entanto, com o protocolo proposto não se espera esses sintomas.

A participação no estudo é voluntária, e você e seu dependente têm o direito a receber informações dos seus resultados ao longo do estudo em qualquer momento bem como, desistir da participação em qualquer estágio do processo. Os resultados deste estudo serão mantidos confidenciais e quando divulgados preservarão o anonimato dos participantes. Você e seu dependente são livres para realizar perguntas antes, durante e após o estudo.

Em todas as visitas você (responsável) poderá acompanhar todos os procedimentos da pesquisa. Os voluntários serão acompanhados e terão assistência durante todo o tempo de procedimentos por uma equipe treinada, a qual é responsável pelo estudo.

O pesquisador responsável se compromete a acompanhar o andamento de sua participação e prestar eventuais informações a qualquer momento do estudo. Também se compromete, caso houver uma nova informação que altere o que foi previsto durante a obtenção deste consentimento informado, a avisar imediatamente aos participantes do estudo e o Comitê de Ética, providenciando uma nova versão deste termo de consentimento. Qualquer evento adverso relevante que ocorra com algum dos participantes será comunicado ao CEP da UFRGS pelo pesquisador responsável em um prazo máximo de 48 horas.

Qualquer dúvida ou dificuldade você pode entrar em contato com os pesquisadores responsáveis Henrique Bianchi Oliveira ou Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga pelos telefones 8156-5600 ou 3308-5820 ou se preferir pode tirar suas dúvidas diretamente no comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o qual este localizado Av. Paulo Gama, 110 - 7º andar - Porto Alegre/RS ou pelo Fone/Fax: 51 3308-4085 - E-mail: pro-reitoria@propesq.ufrgs.br.

Eu, _____ e meu dependente _____ fomos informados sobre os objetivos acima especificados e da justificativa desta pesquisa, de forma clara e detalhada e aceitamos participar voluntariamente do estudo.

Este termo de consentimento livre e esclarecido deverá ser preenchido em duas vias, sendo uma mantida com o representante legal da criança, e outra mantida arquivada pelo pesquisador.

Porto Alegre, _____ de _____ de _____.

Assinatura do responsável pelo participante da pesquisa

Assinatura do participante da pesquisa

Assinatura do pesquisador responsável

APÊNDICE 2 - TERMO DE ASSENTIMENTO (para menores)

Meu nome é Henrique Bianchi Oliveira e o meu trabalho é pesquisar sobre as coisas boas que o exercício físico pode fazer para as pessoas da sua idade e achamos que essa pesquisa pode nos ajudar a confirmar isso. Eu vou informar você e convidá-lo a participar dessa pesquisa. Você pode escolher se quer participar ou não. Discutimos esta pesquisa com seus pais ou responsáveis e eles sabem que também estamos pedindo seu acordo. Se você vai participar da pesquisa, seus pais ou responsáveis também terão que concordar. Mas se você não desejar fazer parte na pesquisa, não é obrigado, até mesmo se seus pais concordarem. Você pode discutir qualquer coisa deste formulário com seus pais, amigos ou qualquer um com quem você se sentir a vontade de conversar. Você pode decidir se quer participar ou não depois de ter conversado sobre a pesquisa e não é preciso decidir imediatamente. Pode haver algumas palavras que não entenda ou coisas que você quer que eu explique mais detalhadamente porque você ficou mais interessado ou preocupado. Por favor, peça que pare a qualquer momento e eu explicarei.

Queremos achar melhores maneiras para prevenir que as crianças aumentem o peso e precisamos de crianças que tenham a sua idade, por isso escolhemos você. Você não precisa participar desta pesquisa se não quiser. É você quem decide. Se decidir não participar da pesquisa, é seu direito e nada mudará no seu tratamento de saúde. Até mesmo se disser "sim" agora, poderá mudar de ideia depois, sem nenhum problema.

Você terá que comparecer dois dias, em um horário que vamos combinar com você e seus pais/responsáveis, no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) na Escola de Educação Física da UFRGS. No primeiro dia, faremos uma avaliação da composição corporal que consiste em ver a quantidade de gordura e massa magra do seu corpo, por meio de medidas que necessitam ser realizadas com uso de calção ou bermuda, após vamos mostrar para você tudo que será utilizado para os nossos testes, como uma máscara de borracha para medir a sua respiração e umas bolinhas que serão coladas com fita no seu corpo para ver o seu movimento durante a caminhada. Neste dia, será realizada uma demonstração de como devemos caminhar na esteira.

Após no mínimo dois dias, vamos voltar a esse laboratório para a realização dos testes mesmo, que será caminhar na esteira em diferentes velocidades e com intervalo de descanso entre cada velocidade, com a utilização das bolinhas reflexivas e da máscara de borracha.

Há algumas outras coisas que eu gostaria que você soubesse que raramente acontecem durante o exercício, como um pouco de tontura, cansaço, enjoo. Isso quase nunca acontece, caso ocorra teremos pessoas preparadas para cuidar de você.

Não há nada que nos preocupe. Porém, se qualquer coisa incomum acontecer a você, precisaremos saber e você deverá se sentir à vontade de nos chamar a qualquer momento para falar sobre suas preocupações ou perguntas. Se você tiver preocupações ou perguntas nesse meio tempo, você deverá informar a mim e não precisa esperar por uma visita marcada.

Não falaremos para outras pessoas que você está nesta pesquisa e também não compartilharemos informação sobre você para qualquer um que não trabalha na pesquisa. Depois que a pesquisa acabar os resultados serão informados para você e para seus pais. As informações sobre você serão coletadas na pesquisa e ninguém, exceto os investigadores poderão ter acesso a elas. Qualquer informação sobre você terá um número ao invés de seu nome. Só os investigadores saberão qual é o seu número e manteremos em sigilo. Ela não será compartilhada com quem quer que seja exceto, alguém que tenha permissão de acesso à informação.

Quando terminarmos a pesquisa, eu sentarei com você e seus pais e falaremos sobre o que aprendemos com a pesquisa. Eu também lhe darei um papel com os resultados por escrito. Depois, iremos falar com mais pessoas, cientistas e outros, sobre a pesquisa. Faremos isto escrevendo e compartilhando relatórios e indo para as reuniões com pessoas que estão interessadas no trabalho que fazemos.

Você não tem que estar nesta pesquisa. Ninguém estará furioso ou desapontado com você se você disser não, a escolha é sua. Você pode pensar nisto e falar depois se você quiser. Você pode dizer "sim " agora e mudar de ideia depois e tudo continuará bem.

Você pode me perguntar agora ou depois. Eu escrevi um número de telefone e endereço onde você pode nos localizar ou, se você estiver por perto, você poderá vir e nos ver. Se você quiser falar com outra pessoa tal como o seu professor ou doutor ou tia, não tem problema. Meu telefone: (51) 8156-5600 ou 3308-5820. Endereço: Rua Felizardo, 750 - Porto Alegre – Bairro Jardim Botânico.

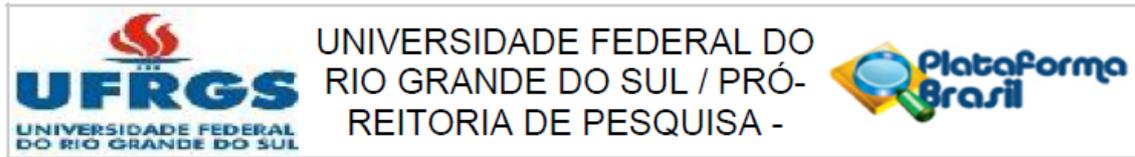
Porto Alegre, _____ de _____ de _____.

Assinatura da criança/adolescente

Assinatura dos pais/responsáveis

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE 3 – PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA DA UFRGS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DA OBESIDADE NA MECÂNICA E ENERGÉTICA DA CAMINHADA DE CRIANÇAS

Pesquisador: Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 33609414.5.0000.5347

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Patrocinador Principal: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 834.854

Data da Relatoria: 09/10/2014

Apresentação do Projeto:

Adequadamente apresentado Trata-se de um protocolo de dissertação de mestrado.

Objetivo da Pesquisa:

Analisar os efeitos da obesidade nos parâmetros biomecânicos e metabólicos de crianças, entre sete e nove anos de idade, durante a caminhada em diferentes velocidades.

Determinar e comparar o W_{ext} na caminhada de crianças obesas e não obesas, entre sete e nove anos de idade, em cinco diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km.h-1);

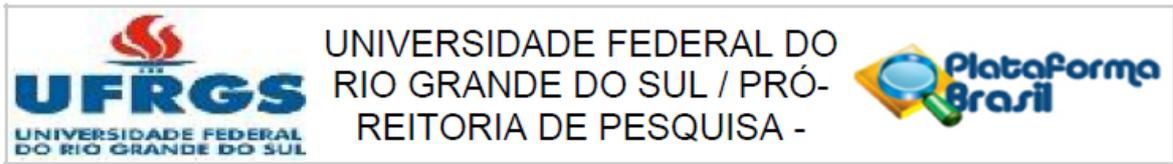
- Determinar e comparar o W_{int} na caminhada de crianças obesas e não obesas, entre sete e nove anos de idade, em cinco diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km.h-1);

10- Determinar e comparar o trabalho mecânico total ($W_{tot} = |W_{int}| + |W_{ext}|$) na caminhada de crianças obesas e não obesas, entre sete e nove anos de idade, em cinco diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km.h-1);

- Determinar e comparar o Custo de Transporte (C) na caminhada de crianças obesas e não obesas, entre sete e nove anos de idade, em cinco diferentes

velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km.h-1); - Determinar e comparar a potência metabólica (P_{met}) na caminhada de crianças obesas e não obesas, entre sete e nove anos de idade, em cinco diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km.h-1); - Determinar e comparar o comprimento da passada (CP) na

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 834.854

caminhada de crianças obesas e não obesas, entre sete e nove anos de idade, em cinco diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km.h-1);- Determinar e comparar a frequência de passada (FP) na caminhada de crianças obesas e não obesas, entre sete e nove anos de idade, em cinco diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km.h-1);- Determinar e comparar o tempo de contato (TC) na caminhada de crianças obesas e não obesas, entre sete e nove anos de idade, em cinco diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km.h-1); - Determinar e comparar o tempo de balanço (TB) na caminhada de crianças obesas e não obesas, entre sete e nove anos de idade, em cinco diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km.h-1); - Determinar e comparar a largura do passo (LP) na caminhada de crianças obesas e não obesas, entre sete e nove anos de idade, em cinco diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km.h-1); - Determinar e comparar a variabilidade (CoV) do CP, FP, TC, TB e LP na caminhada de crianças obesas e não obesas, entre sete e nove anos de idade, em cinco diferentes velocidades (1, 2, 3, 4 e 5 km.h-1).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Adequadamente apresentados.

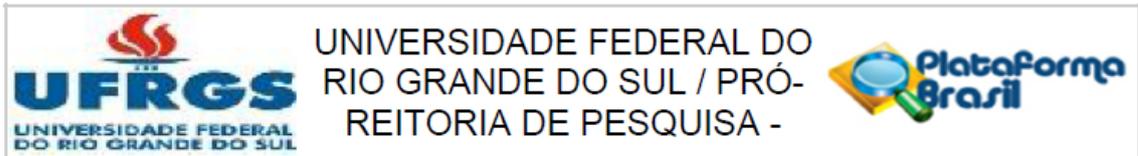
Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Estudo cuidadosamente delineado. Participarão do estudo 24 crianças, entre sete e nove anos, divididos em dois grupos (grupo de obesos, com n=12 e grupo controle, com n=12), pareados por sexo. Será realizada uma coleta cinemática (para determinar o comportamento dos componentes do modelo do pêndulo invertido, o qual considera a conservação de energia mecânica do centro de massa (CM) pela reconversão de energia potencial gravitacional (EP) em energia cinética (EC) e vice-versa) em conjunto com uma coleta metabólica (para determinar o custo de transporte, em J.kg-1.m-1). Será utilizada estatística descritiva, com média e desvio padrão, além de uma análise de variância (ANOVA) de dois caminhos (para verificar os efeitos do grupo e das velocidades de caminhada), será realizada transformação logarítmica se os dados não apresentarem normalidade, será utilizado um teste de post-hoc de Bonferroni para localizar as diferenças e o nível de significância será considerado = 0,05.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

TCLE: adequadamente apresentado;

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
 Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
 UF: RS Município: PORTO ALEGRE
 Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 834.854

Cronograma: adequadamente apresentado;
 Orçamento: adequadamente apresentado;
 Material de divulgação: adequadamente apresentado.

Recomendações:

Ausência de recomendações.

Como não foi apresentado o protocolo completo, não é possível observar-se se a solicitação de adequação do número da resolução do CNS para ética na pesquisa no Brasil foi efetivamente corrigida. Recomenda-se atender ao anteriormente solicitado.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Em condições de aprovação ética.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Aprovado.

PORTO ALEGRE, 16 de Outubro de 2014

Assinado por:
MARIA DA GRAÇA CORSO DA MOTTA
 (Coordenador)

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
 Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
 UF: RS Município: PORTO ALEGRE
 Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br

APÊNDICE 4 – REFERÊNCIAS DOS MARCADORES ANATÔMICOS REFLEXIVOS

Quadro detalhado da localização dos marcadores anatômicos reflexivos

Nome do ponto	Definição	Posição
LFHD	<i>Left front head</i> – ponto da cabeça, à esquerda, à frente	Têmpora esquerda
RFHD	<i>Right front head</i> – ponto da cabeça, à direita, à frente	Têmpora direita
LBHD	<i>Left back head</i> – ponto da cabeça, à esquerda, atrás	Parte posterior esquerda da cabeça
RBHD	<i>Right back head</i> – ponto da cabeça, à direita, atrás	Parte posterior direita da cabeça
C7	<i>Seventh cervical vertebrae</i> – sétima vertebra cervical	Sétima vertebra cervical
T10	<i>Tenth thoracic vertebrae</i> – décima vertebra torácica	Décima vértebra torácica
CLAV	<i>Clavicle</i> - Clavícula	Topo do osso do peito (extremidade esternal da clavícula)
STRN	<i>Sternum</i> - esterno	Base do osso do peito (porção distal do esterno)
RBAK	<i>Right back</i> – ponto das costas, à direita	Centro da escápula direita
LSHO	<i>Left shoulder</i> – Ombro esquerdo	Processo acrômio-clavicular esquerdo
LELB	<i>Left elbow</i> – cotovelo esquerdo	Epicôndilo lateral do úmero esquerdo
LWRA	<i>Left wrist</i> – punho esquerdo	Processo estiloide do rádio
LWRB	<i>Left wrist</i> – punho esquerdo	Processo estiloide da ulna
LFIN	<i>Left finger</i> – dedo esquerdo	Cabeça do 3º metacarpo esquerdo
RSHO	<i>Right shoulder</i> – Ombro direito	Processo acrômio-clavicular direito
RELB	<i>Right elbow</i> – cotovelo direito	Epicôndilo lateral do úmero direito
RWRA	<i>Right wrist</i> – punho direito	Processo estiloide do rádio
RWRB	<i>Right wrist</i> – punho direito	Processo estiloide da ulna
RFIN	<i>Right finger</i> – dedo direito	Cabeça do 3º metacarpo direito
LFWT	<i>Left front waist</i> – esquerdo frontal da cintura	Espinha íliaca anterossuperior esquerda
RFWT	<i>Right front waist</i> – direito frontal da cintura	Espinha íliaca anterossuperior direita
LBWT	<i>Left back waist</i> – esquerdo posterior da cintura	Crista íliaca posterossuperior esquerda
RBWT	<i>Right back waist</i> – direito posterior da cintura	Crista íliaca posterossuperior direita
LTHI	<i>Left thigh</i> – coxa esquerda	Linha média lateral da coxa esquerda (pode variar altura)
LKNE	<i>Left knee</i> – joelho esquerdo	Côndilo lateral do fêmur esquerdo
LSHN	<i>Left shin</i> – perna esquerda	Linha média lateral da perna esquerda (pode variar altura)

LANK	<i>Left ankle</i> – tornozelo esquerdo	Maléolo lateral da tíbia esquerda
LHEE	<i>Left heel</i> – calcanhar esquerdo	Osso calcâneo esquerdo
LTOE	<i>Left toe</i> – dedo do pé esquerdo	Porção distal do hálux esquerdo
RTHI	<i>Right thigh</i> – coxa direita	Linha média lateral da coxa direita (pode variar altura)
RKNE	<i>Right knee</i> – joelho direito	Côndilo lateral do fêmur direito
RSHN	<i>Right shin</i> – perna direita	Linha média lateral da perna direita (pode variar altura)
RANK	<i>Right ankle</i> – tornozelo direito	Maléolo lateral da tíbia direita
RHEE	<i>Right heel</i> – calcanhar direito	Osso calcâneo direito
RTOE	<i>Right toe</i> – dedo do pé direito	Porção distal do hálux direito

APÊNDICE 5 – INSTRUMENTO PARA COLETA DE DADOS

FICHA AVALIAÇÃO			

IDADE:	_____	SEXO:	_____
		DATA:	_____
MEDIDAS VICON			
MASSA:	_____ kg	ESTATURA:	_____ mm
CMI: DA ESPINHA ILÍACA ANTERIOR AO MALÉOLO MEDIAL			
CMI ESQ:	_____ mm	CMI DIR:	_____ mm
LARGURA JOELHO ESQ:	_____ mm	LARGURA JOELHO DIR:	_____ mm
LARGURA TORNOZELO ESQ:	_____ mm	LARGURA TORNOZELO DIR:	_____ mm
LARGURA COTOVELO ESQ:	_____ mm	LARGURA COTOVELO DIR:	_____ mm
LARGURA PUNHO ESQ:	_____ mm	LARGURA PUNHO DIR:	_____ mm
SHOLDER OFFSET ESQ:	_____ mm	SHOLDER OFFSET DIR:	_____ mm
ALTURA DA MÃO ESQ:	_____ mm	ALTURA DA MÃO DIR:	_____ mm
OUTRAS MEDIDAS			
CIRCUNFERÊNCIA CINTURA:	_____ cm	CIRCUNFERÊNCIA ABDOMINAL:	_____ cm
CIRCUNFERÊNCIA COXA ESQ:	_____ cm	CIRCUNFERÊNCIA COXA DIR:	_____ cm
FC REPOUSO - INICIO DOS 15 MIN SENTADA:	_____ bpm		
1MIN:	_____	2MIN:	_____
3MIN:	_____	4MIN:	_____
5MIN:	_____	6MIN:	_____
7MIN:	_____	8MIN:	_____
9MIN:	_____	10MIN:	_____
FC REPOUSO - FINAL DOS 15 MIN SENTADA:	_____ bpm		
VELOCIDADES			
i	_____ km.h ⁻¹	FC inicio:	_____
		FC final:	_____
ii	_____ km.h ⁻¹	FC inicio:	_____
		FC final:	_____
iii	_____ km.h ⁻¹	FC inicio:	_____
		FC final:	_____
iv	_____ km.h ⁻¹	FC inicio:	_____
		FC final:	_____
v	_____ km.h ⁻¹	FC inicio:	_____
		FC final:	_____

APÊNDICE 6 – TESTES DE NORMALIDADE E HOMOGENEIDADE

TESTE DE NORMALIDADE – VARIÁVEIS ESPAÇO-TEMPORAIS

Tests of Normality

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TC_1 OBESO	,209	12	,200*	,899	12	,212
TC_1 EUTROFICO	,280	12	,026	,863	12	,082
TC_2 OBESO	,173	12	,200*	,921	12	,367
TC_2 EUTROFICO	,162	12	,200*	,937	12	,516
TC_3 OBESO	,248	12	,081	,889	12	,167
TC_3 EUTROFICO	,232	12	,137	,837	12	,040
TC_4 OBESO	,145	12	,200*	,950	12	,664
TC_4 EUTROFICO	,195	12	,200*	,920	12	,359
TC_5 OBESO	,282	12	,024	,754	12	,004
TC_5 EUTROFICO	,226	12	,158	,936	12	,512
TB_1 OBESO	,153	12	,200*	,909	12	,274
TB_1 EUTROFICO	,181	12	,200*	,878	12	,123
TB_2 OBESO	,155	12	,200*	,949	12	,662
TB_2 EUTROFICO	,206	12	,200*	,930	12	,448
TB_3 OBESO	,149	12	,200*	,977	12	,945
TB_3 EUTROFICO	,214	12	,200*	,890	12	,169
TB_4 OBESO	,233	12	,134	,902	12	,230
TB_4 EUTROFICO	,235	12	,124	,909	12	,272
TB_5 OBESO	,181	12	,200*	,956	12	,738
TB_5 EUTROFICO	,294	12	,014	,889	12	,165
CP_1 OBESO	,167	12	,200*	,928	12	,429
CP_1 EUTROFICO	,112	12	,200*	,985	12	,985
CP_2 OBESO	,090	12	,200*	,986	12	,990
CP_2 EUTROFICO	,125	12	,200*	,972	12	,905
CP_3 OBESO	,132	12	,200*	,988	12	,993
CP_3 EUTROFICO	,211	12	,200*	,849	12	,057
CP_4 OBESO	,118	12	,200*	,960	12	,790
CP_4 EUTROFICO	,162	12	,200*	,964	12	,827
CP_5 OBESO	,173	12	,200*	,942	12	,577

	EUTROFICO	,144	12	,200*	,956	12	,735
FP_1	OBESO	,114	12	,200*	,960	12	,786
	EUTROFICO	,191	12	,200*	,892	12	,178
FP_2	OBESO	,167	12	,200*	,935	12	,497
	EUTROFICO	,197	12	,200*	,946	12	,618
FP_3	OBESO	,096	12	,200*	,990	12	,997
	EUTROFICO	,216	12	,200*	,882	12	,138
FP_4	OBESO	,213	12	,200*	,926	12	,405
	EUTROFICO	,152	12	,200*	,961	12	,799
FP_5	OBESO	,220	12	,185	,888	12	,163
	EUTROFICO	,176	12	,200*	,947	12	,632

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

TESTE DE HOMOGENEIDADE – VARIÁVEIS ESPAÇO-TEMPORAIS

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
TC_OB	12,391	4	45	,000
TC_EUT	4,049	4	45	,007
TB_OB	7,427	4	45	,000
TB_EUT	4,123	4	45	,006
CP_OB	,996	4	45	,420
CP_EUT	,276	4	45	,892
FP_OB	1,718	4	45	,163
FP_EUT	,646	4	45	,632

Tests of Normality

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
CoVTC_1 OBESO	,180	12	,200*	,956	12	,737
EUTROFICO	,153	12	,200*	,968	12	,874
CoVTC_2 OBESO	,155	12	,200*	,913	12	,300
EUTROFICO	,155	12	,200*	,959	12	,777

CoVTC_3	OBESO	,148	12	,200 ⁺	,954	12	,714
	EUTROFICO	,150	12	,200 ⁺	,938	12	,530
CoVTC_4	OBESO	,168	12	,200 ⁺	,940	12	,550
	EUTROFICO	,192	12	,200 ⁺	,866	12	,090
CoVTC_5	OBESO	,108	12	,200 ⁺	,979	12	,962
	EUTROFICO	,180	12	,200 ⁺	,926	12	,412
CoVTB_1	OBESO	,176	12	,200 ⁺	,966	12	,852
	EUTROFICO	,178	12	,200 ⁺	,941	12	,564
CoVTB_2	OBESO	,188	12	,200 ⁺	,927	12	,415
	EUTROFICO	,238	12	,115	,848	12	,055
CoVTB_3	OBESO	,215	12	,200 ⁺	,865	12	,087
	EUTROFICO	,118	12	,200 ⁺	,954	12	,720
CoVTB_4	OBESO	,331	12	,003	,652	12	,000
	EUTROFICO	,130	12	,200 ⁺	,969	12	,882
CoVTB_5	OBESO	,175	12	,200 ⁺	,873	12	,108
	EUTROFICO	,115	12	,200 ⁺	,962	12	,805
CoVCP_1	OBESO	,138	12	,200 ⁺	,960	12	,787
	EUTROFICO	,130	12	,200 ⁺	,935	12	,496
CoVCP_2	OBESO	,113	12	,200 ⁺	,977	12	,946
	EUTROFICO	,161	12	,200 ⁺	,936	12	,509
CoVCP_3	OBESO	,159	12	,200 ⁺	,978	12	,954
	EUTROFICO	,123	12	,200 ⁺	,937	12	,523
CoVCP_4	OBESO	,242	12	,101	,861	12	,078
	EUTROFICO	,265	12	,045	,837	12	,041
CoVCP_5	OBESO	,140	12	,200 ⁺	,920	12	,356
	EUTROFICO	,147	12	,200 ⁺	,963	12	,819
CoVFP_1	OBESO	,177	12	,200 ⁺	,956	12	,736
	EUTROFICO	,148	12	,200 ⁺	,960	12	,785
CoVFP_2	OBESO	,145	12	,200 ⁺	,938	12	,526
	EUTROFICO	,216	12	,200 ⁺	,920	12	,353
CoVFP_3	OBESO	,150	12	,200 ⁺	,973	12	,915
	EUTROFICO	,132	12	,200 ⁺	,940	12	,554
CoVFP_4	OBESO	,229	12	,146	,867	12	,091
	EUTROFICO	,252	12	,070	,828	12	,032

CoVFP_5	OBESO	,148	12	,200*	,927	12	,420
	EUTROFICO	,133	12	,200*	,964	12	,829

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

TESTE DE HOMOGENEIDADE – VARIÁVEIS VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAIS

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
CoVTC_OB	1,844	4	45	,137
CoVTC_EUT	2,045	4	45	,104
CoVTB_OB	3,599	4	45	,013
CoVTB_EUT	3,763	4	45	,010
CoVCP_OB	5,625	4	45	,001
CoVCP_EUT	3,287	4	45	,019
CoV_FP_OB	4,291	4	45	,005
CoV_FP_EU	2,328	4	45	,071
T				

TESTE DE HOMOGENEIDADE – VARIÁVEIS MECÂNICAS

Tests of Normality

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Wext_1 OBESO	,231	12	,140	,937	12	,518
EUTROFICO	,166	12	,200*	,918	12	,344
Wext_2 OBESO	,194	12	,200*	,911	12	,287
EUTROFICO	,260	12	,053	,861	12	,078
Wext_3 OBESO	,167	12	,200*	,956	12	,744
EUTROFICO	,162	12	,200*	,900	12	,221
Wext_4 OBESO	,340	12	,002	,820	12	,025
EUTROFICO	,170	12	,200*	,880	12	,130
Wext_5 OBESO	,179	12	,200*	,923	12	,386
EUTROFICO	,200	12	,200*	,912	12	,293

Wint_1	OBESO	,136	12	,200 [*]	,944	12	,594
	EUTROFICO	,181	12	,200 [*]	,913	12	,303
Wint_2	OBESO	,121	12	,200 [*]	,954	12	,721
	EUTROFICO	,293	12	,015	,701	12	,001
Wint_3	OBESO	,189	12	,200 [*]	,885	12	,150
	EUTROFICO	,171	12	,200 [*]	,980	12	,964
Wint_4	OBESO	,163	12	,200 [*]	,980	12	,966
	EUTROFICO	,191	12	,200 [*]	,953	12	,702
Wint_5	OBESO	,130	12	,200 [*]	,971	12	,898
	EUTROFICO	,256	12	,062	,856	12	,068
Wtot_1	OBESO	,193	12	,200 [*]	,953	12	,708
	EUTROFICO	,213	12	,200 [*]	,916	12	,326
Wtot_2	OBESO	,206	12	,200 [*]	,912	12	,292
	EUTROFICO	,248	12	,081	,886	12	,152
Wtot_3	OBESO	,241	12	,102	,922	12	,377
	EUTROFICO	,297	12	,013	,809	12	,019
Wtot_4	OBESO	,164	12	,200 [*]	,941	12	,559
	EUTROFICO	,180	12	,200 [*]	,927	12	,417
Wtot_5	OBESO	,184	12	,200 [*]	,881	12	,135
	EUTROFICO	,170	12	,200 [*]	,938	12	,530

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

TESTE DE HOMOGENEIDADE – VARIÁVEIS MECÂNICAS

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Wext_OB	,235	4	45	,917
Wext_EUT	4,414	4	45	,004
Wtot_OB	,841	4	45	,506
Wtot_EUT	3,911	4	45	,008
Wint_OB	3,877	4	45	,009
Wint_EUT	2,460	4	45	,059

TESTE DE NORMALIDADE – VARIÁVEIS METABÓLICAS

Tests of Normality

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
C_1	OBESO	,292	12	,015	,847	12	,053
	EUTROFICO	,170	12	,200*	,890	12	,168
C_2	OBESO	,164	12	,200*	,913	12	,302
	EUTROFICO	,163	12	,200*	,974	12	,924
C_3	OBESO	,216	12	,200*	,869	12	,099
	EUTROFICO	,169	12	,200*	,914	12	,311
C_4	OBESO	,193	12	,200*	,897	12	,202
	EUTROFICO	,274	12	,032	,806	12	,017
C_5	OBESO	,284	12	,021	,754	12	,004
	EUTROFICO	,275	12	,031	,854	12	,065
C075_1	OBESO	,221	12	,183	,945	12	,609
	EUTROFICO	,181	12	,200*	,953	12	,699
C075_2	OBESO	,130	12	,200*	,977	12	,946
	EUTROFICO	,255	12	,065	,837	12	,040
C075_3	OBESO	,190	12	,200*	,897	12	,206
	EUTROFICO	,233	12	,134	,854	12	,065
C075_4	OBESO	,237	12	,118	,908	12	,269
	EUTROFICO	,210	12	,200*	,931	12	,458
C075_5	OBESO	,176	12	,200*	,897	12	,204
	EUTROFICO	,219	12	,193	,914	12	,309
Pot_1	OBESO	,274	12	,032	,813	12	,021
	EUTROFICO	,232	12	,135	,866	12	,090
Pot_2	OBESO	,111	12	,200*	,966	12	,848
	EUTROFICO	,252	12	,071	,904	12	,241
Pot_3	OBESO	,300	12	,011	,796	12	,013
	EUTROFICO	,331	12	,003	,831	12	,034
Pot_4	OBESO	,200	12	,200*	,909	12	,272

	EUTROFICO	,257	12	,060	,858	12	,072
Pot_5	OBESO	,161	12	,200*	,947	12	,638
	EUTROFICO	,168	12	,200*	,943	12	,587
Pot075_1	OBESO	,151	12	,200*	,952	12	,698
	EUTROFICO	,125	12	,200*	,980	12	,967
Pot075_2	OBESO	,159	12	,200*	,958	12	,767
	EUTROFICO	,191	12	,200*	,952	12	,690
Pot075_3	OBESO	,163	12	,200*	,922	12	,376
	EUTROFICO	,230	12	,144	,855	12	,067
Pot075_4	OBESO	,201	12	,200*	,952	12	,696
	EUTROFICO	,171	12	,200*	,956	12	,744
Pot075_5	OBESO	,173	12	,200*	,938	12	,534
	EUTROFICO	,219	12	,190	,888	12	,160

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

TESTE DE HOMOGENEIDADE – VARIÁVEIS METABÓLICAS

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
C_OB	3,836	4	45	,329
C_EUT	4,463	4	45	,114
C075_OB	2,619	4	45	,057
C075_EUT	1,537	4	45	,208
POT_OB	8,091	4	45	,000
POT_EUT	,534	4	45	,712
POT075_OB	6,024	4	45	,001
POT075_EUT	1,636	4	45	,182