UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Efeito da posição corporal na precisão do apontar de obesos e
eutróficos

Fernanda Mottin Refinetti

São Paulo
2019

FERNANDA MOTTIN REFINETTI

Efeito da posição corporal na precisão do apontar de obesos e
eutróficos

VERSÃO CORRIGIDA

Dissertação apresentada à Escola de
Educação Física e Esporte da
Universidade de São Paulo, como requisito
parcial para a obtenção do título de Mestre
em Ciências.

Área de concentração: Estudos
Socioculturais e Comportamentais da
Educação Física e Esporte

Orientador: Prof. Dr. Flavio Henrique
Bastos

São Paulo

2019

Catálogo da Publicação
Serviço de Biblioteca
Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo

Refinetti, Fernanda Mottin

Efeito da posição corporal na precisão do apontar de obesos e eutróficos / Fernanda Mottin Refinetti. – São Paulo : [s.n.], 2019. 67p.

Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Henrique Bastos

1. Obesidade 2. Controle motor I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: REFINETTI, Fernanda Mottin.

Título: Efeito da posição corporal na precisão do apontar de obesos e eutróficos.

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento _____

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Dr. Flavio Henrique Bastos, pela paciência, dedicação, carinho e sabedoria. Os conhecimentos e experiências transmitidos têm sido determinantes para a minha formação pessoal, profissional e acadêmica.

Aos professores do Lacom, Prof^a. Dr^a. Andrea Michele Freudenheim, Prof^a. Dr^a. Camila Torriani-Pasin, Prof. Dr. Go Tani, Prof. Dr. Jorge Alberto Oliveira, Prof. Dr. Luciano Basso e Prof. Dr. Umberto Cesar Corrêa, pelos ensinamentos proporcionados nas reuniões de laboratório e em momentos informais.

Aos membros da banca, pelas sugestões que contribuíram para realização e aperfeiçoamento deste trabalho.

Aos funcionários da EEFE, pela prestatividade em todos os momentos.

Ao CNPQ, pela concessão da bolsa de estudo que possibilitou minha dedicação a esse processo.

Aos voluntários, pela disponibilidade e colaboração.

Aos meus amigos e colegas do Lacom, em especial Fabian, Fernando, Leandro, Maria Teresa, Nathalia e Ricardo, pela amizade, convivência e incentivo.

Aos meus familiares, pelo apoio e confiança, mesmo que à distância.

Aos meus amigos, pelo carinho, cumplicidade, parceria e momentos compartilhados durante esse processo.

RESUMO

REFINETTI, F. M. **Efeito da posição corporal na precisão do apontar de obesos e eutróficos**. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

Estudos anteriores indicam que a obesidade afeta negativamente o tempo de movimento em tarefas que exigem velocidade e precisão, especificamente quando essas tarefas são realizadas em pé. Entretanto, nenhum estudo investigou se esse efeito negativo se estende para a precisão do movimento, dado que nesses estudos apenas as tentativas corretas foram analisadas, ou seja, a magnitude do erro não foi considerada. Deste modo, o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito de duas posições corporais, em pé e sentado, na precisão de uma tarefa de apontar em obesos e eutróficos. Para tal, foram analisados o Tempo de Movimento (TM), o Erro Radial (ER) e o Tempo de Preparação (TP), além da quantidade de movimentos finalizados dentro do alvo, para cada grupo, alvo e posição corporal. Participaram do estudo 42 mulheres distribuídas em dois grupos de acordo com o índice de massa corporal (IMC): obesas (OB, $IMC = 37,4 \pm 5,9 \text{ kg/m}^2$) e eutróficas (EU, $IMC = 22,2 \pm 2,1 \text{ kg/m}^2$). A tarefa consistiu em levar um cursor circular, apresentado em um monitor LCD, da posição inicial até o centro de um alvo o mais rápido e preciso possível, por meio do deslocamento de um *stylus* sobre uma mesa digitalizadora. Foram utilizadas quatro larguras de alvos (0,5 cm, 1,0 cm, 2,5 cm e 5 cm de diâmetro), apresentados a uma distância de 39,5 cm da posição inicial do cursor, correspondendo a um movimento de 25,5 cm na mesa digitalizadora. A tarefa foi executada em pé e sentado. Para cada tamanho de alvo foram realizadas 15 tentativas em cada posição corporal, somando um total de 120 tentativas por participante (4 tamanhos de alvo x 15 tentativas x 2 posições corporais). Os resultados revelaram que o grupo OB apresentou maior TM e menor ER em pé em relação à sentado. Por sua vez, o grupo EU apresentou TM e ER similares em ambas as posições corporais. Adicionalmente, nenhum dos grupos apresentou efeito da posição corporal no TP e o número de tentativas finalizadas dentro do alvo foi similar entre as posições corporais em ambos os grupos. Portanto, a posição corporal afeta o TM e a precisão do apontar de mulheres obesas, efeito não observado em mulheres eutróficas, indicando que a obesidade afeta negativamente a qualidade de movimentos que exigem velocidade e precisão quando realizados em pé.

Palavras-Chave: Obesidade; Controle motor; Tarefa de apontar; Condição postural

ABSTRACT

REFINETTI, F. M. **Effect of body position on the precision of discrete aiming of obese and normal weight adults**. 67 p. Dissertation (Master of Science) - School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, São Paulo, 2019.

Previous research has shown that obesity adversely affects movement time in tasks that require speed and accuracy, specifically when these tasks are performed in a standing position. Nevertheless, no research has shown whether this negative effect extends to the accuracy of the movement, since only correct trials were analyzed, i.e., error magnitude was not considered. This study sought to determine the effect of two body positions, standing upright and seated, on the precision of discrete aiming, in obese and normal weight adults. To investigate this issue, Movement Time (MT), Radial Error (RE) and Preparation Time (PT) were analyzed, as well as the number of movements completed within the target, for each group, in each target and body position. Forty-two women were distributed in two groups according to their Body Mass Index (BMI): obese (OB, BMI = $37.4 \pm 5.9 \text{ kg/m}^2$) and normal weight (EU, BMI = $22.2 \pm 2.1 \text{ kg/m}^2$). The task goal consisted of moving a circular cursor, showed on a LCD monitor, from the starting position to the center of a target as quickly and accurately as possible, by moving a hand-held stylus on a digitizing tablet. There was four possible target diameters (0.5 cm, 1.0 cm, 2.5 cm and 5 cm), presented 39,5 cm from the cursor initial position, which corresponded to a 25,5 cm displacement of the stylus on the tablet. Participants performed the task in seated and standing upright body positions. For each target size, participants performed 15 trials in each body position (4 target sizes x 15 trials x 2 body positions - 120 total). The OB group showed higher MT and lower RE while standing upright, compared to seated. In turn, the EU group showed similar MT and RE, regardless of body position. In addition, none of the groups showed any effect of body position on PT or on the number of completed trials within the target. Therefore, body position affects both MT and accuracy of obese women in a discrete aiming task, opposed to what was observed for normal weight women, indicating that obesity adversely affects the quality of movements that require speed and accuracy when they are performed in a standing upright position.

Keywords: Obesity; Motor control; Aiming task; Postural condition.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Categorias para interpretação do Bayes factor (LEE; WAGENMAKERS, 2013; adaptado de JEFFREYS, 1961).....	35
---	----

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - A – Equipamentos que compunham a tarefa experimental; B e C – organização dos equipamentos e posições do participante ao realizar a tarefa sentado e em pé, respectivamente..... 31
- Figura 2** - Esquema da tarefa experimental para cada tamanho de alvo (sem escala). Os painéis da esquerda para a direita indicam a trajetória esperada para o cursor da posição inicial até o centro do alvo 32
- Figura 3** - TM, ER e TP das participantes obesas, por ID da tarefa..... 37
- Figura 4** - Bayes factors dos quatro melhores modelos para o TM do grupo OB, com ID, posição corporal e a interação dessas como variáveis preditoras. Cada barra representa a evidência relativa do modelo em relação ao modelo nulo (i.e. quanto provável é a ocorrência dos dados sob cada modelo, comparado ao modelo nulo) com Bayes factor 1 indicando nenhuma evidência a favor, tanto da hipótese alternativa como da nula..... 38
- Figura 5** - Distribuição posterior para o TM do grupo OB com as contribuições do ID (primeiro painel) e da posição corporal (segundo painel). No eixo x, o valor 0 representa a grande média estimada e o valor indicado dentro das distribuições são os desvios dessa grande média por ID (primeiro painel) e posição corporal (segundo painel)..... 40
- Figura 6** - TM, ER e TP das participantes eutróficas, por ID da tarefa..... 41
- Figura 7** - Bayes factors dos quatro melhores modelos para o TM do grupo EU, com ID, posição corporal e a interação dessas como variáveis preditoras. Cada barra representa a evidência relativa do modelo em relação ao modelo nulo (i.e. quanto provável é a ocorrência dos dados sob cada modelo, comparado ao modelo nulo) com Bayes factor 1 indicando nenhuma evidência a favor, tanto da hipótese alternativa como da nula..... 42
- Figura 8** - Distribuição posterior para o TM do grupo EU com a contribuição do ID. No eixo x, o valor 0 representa a grande média estimada e o valor indicado dentro das distribuições são os desvios dessa grande média por ID..... 43
- Figura 9** - Bayes factors dos quatro melhores modelos para o ER do grupo OB, com ID, posição corporal e a interação dessas como variáveis preditoras. Cada barra representa a evidência relativa do modelo em relação ao modelo nulo (i.e. quanto provável é a ocorrência dos dados sob cada modelo, comparado ao modelo nulo) com Bayes factor 1 indicando nenhuma evidência a favor, tanto da hipótese alternativa como da nula..... 44

Figura 10 - Distribuição posterior para o ER do grupo OB com as contribuições do ID (primeiro paine) e da posição corporal (segundo painel). No eixo x, o valor 0 representa a grande média estimada e o valor indicado dentro das distribuições são os desvios dessa grande média por ID (primeiro painel) e posição corporal (segundo painel)..... 46

Figura 11 - Bayes factors dos quatro melhores modelos para o ER do grupo EU, com ID, posição corporal e a interação dessas como variáveis preditoras. Cada barra representa a evidência relativa do modelo em relação ao modelo nulo (i.e. quão provável é a ocorrência dos dados sob cada modelo, comparado ao modelo nulo) com Bayes factor 1 indicando nenhuma evidência a favor, tanto da hipótese alternativa como da nula..... 47

Figura 12 - Bayes factors dos quatro melhores modelos para o TP do grupo OB, com ID, posição corporal e a interação dessas como variáveis preditoras. Cada barra representa a evidência relativa do modelo em relação ao modelo nulo (i.e. quão provável é a ocorrência dos dados sob cada modelo, comparado ao modelo nulo) com Bayes factor 1 indicando nenhuma evidência a favor, tanto da hipótese alternativa como da nula..... 49

Figura 13 - Distribuição posterior para o TP do grupo OB, com a contribuição do ID. No eixo x, o valor 0 representa a grande média estimada e o valor indicado dentro das distribuições são os desvios dessa grande média por ID..... 50

Figura 14 - Bayes factors dos quatro melhores modelos para o TP do grupo EU, com ID, posição corporal e a interação dessas como variáveis preditoras. Cada barra representa a evidência relativa do modelo em relação ao modelo nulo (i.e. quão provável é a ocorrência dos dados sob cada modelo, comparado ao modelo nulo) com Bayes factor 1 indicando nenhuma evidência a favor, tanto da hipótese alternativa como da nula..... 51

Figura 15 - Distribuição posterior para o TP do grupo EU, com a contribuição do ID. No eixo x, o valor 0 representa a grande média estimada e o valor indicado dentro das distribuições são os desvios dessa grande média por ID..... 52

Figura 16 - Média da quantidade de acertos em cada diâmetro do alvo, para o grupo EU (primeiro painel) e para o grupo OB (segundo painel)..... 53

LISTA DE ANEXOS

Anexo I - Termo de consentimento livre e esclarecido.....	65
--	----

LISTA DE SIGLAS

BS	Base de Sustentação
CoM	Centro de Massa Corporal
CoP	Centro de Pressão
CR	Conhecimento de Resultado
CP	Controle Postural
ER	Erro Radial
EU	Eutróficos
H_0	Hipótese Nula
H_1	Hipótese Alternativa
IC	Intervalo de Credibilidade
ID	Índice de Dificuldade
IMC	Índice de Massa Corporal
OB	Obesos
OMS	Organização Mundial da Saúde
TM	Tempo de Movimento
TP	Tempo de Preparação
VM	Velocidade do Movimento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 OBESIDADE	16
2.2 CONTROLE POSTURAL	18
2.3 CONTROLE POSTURAL E OBESIDADE	19
2.4 CONTROLE DO MOVIMENTO DO APONTAR	22
2.4.1 Lei de Fitts	24
2.4.2 Velocidade do movimento.....	25
2.5 CONTROLE DO MOVIMENTO DO APONTAR E OBESIDADE	26
3. MÉTODO	30
3.1 PARTICIPANTES.....	30
3.2 EQUIPAMENTO E TAREFA	30
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	32
3.4 PROCEDIMENTOS.....	32
3.5 MEDIDAS.....	33
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	34
4. RESULTADOS	37
4.1 TEMPO DE MOVIMENTO.....	37
4.1.1 Obesas	37
4.1.2 Eutróficas.....	41
4.2 ERRO RADIAL	43
4.2.1 Obesas	44
4.2.2 Eutróficas.....	47
4.3 TEMPO DE PREPARAÇÃO	48
4.3.1 Obesas	48

4.3.2 Eutróficas.....	50
4.4 ACERTOS.....	52
5. DISCUSSÃO	54
6. CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS.....	61
ANEXOS	65

1. INTRODUÇÃO

A obesidade tem sido vista como uma epidemia mundial (WHO, 2018). Em 2016, mais de 1,9 bilhões de adultos, acima de 18 anos, apresentaram sobrepeso, sendo que 650 milhões eram obesos. O número de crianças com idade menor que 5 anos, com sobrepeso ou obesas no mundo, também é alto, 41 milhões. No Brasil, com base nos dados obtidos pela Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico – Vigitel – (Ministério da Saúde, 2017), a frequência de excesso de peso já chega a 54% do total da população brasileira, atingindo 57,3% dos homens e 51,2% das mulheres. Já a frequência de obesidade chega a 18,9% do total da população do Brasil, dos quais 19,2% são homens e 18,7% são mulheres.

O excesso de peso é um fator preocupante, dado que pode causar prejuízo à saúde e até levar à morte, uma vez que algumas doenças têm como fator de risco o aumento de massa gorda. Além de ser fator de risco para uma série de doenças, tem-se verificado uma maior incidência de quedas e fraturas em obesos (DEL PORTO et al., 2012; KOUVONEN et al., 2013; OWUSU et al., 1998), devido a um pior controle na manutenção do equilíbrio, fator que também resulta em prejuízo em algumas atividades da vida diária.

De acordo com Teasdale et al. (2013), na grande maioria das atividades diárias, o controle do equilíbrio auxilia nos movimentos do membro superior direcionados a um alvo (e.g. alcançar um objeto estando em pé). Portanto, realizar uma tarefa em pé, especificamente, uma de apontar para um alvo ou apreender um objeto, pode resultar em um efeito negativo no desempenho dessa tarefa para a população obesa.

Alguns estudos analisaram a relação entre obesidade, controle postural e desempenho em tarefas de apontar. Boucher et al. (2015), observou que crianças obesas apresentam maior tempo de movimento em uma tarefa de apontar do que crianças com peso normal (eutróficas), sendo as maiores diferenças observadas no alvo de menor tamanho. Ainda analisando crianças, D'Hondt et al. (2008) observou pior desempenho de crianças obesas em uma tarefa de *'Pegboard'* em comparação com crianças eutróficas na posição corporal com maior demanda de controle postural.

Além desses estudos, Berrigan et al. (2006b, 2008), observaram, respectivamente, que o tempo de movimento de adultos obesos é maior do que o apresentado pelos participantes eutróficos nos movimentos direcionados aos alvos de

menor tamanho e realizados em pé, e que um programa de perda de peso melhora o desempenho em tarefas de apontar realizadas em uma condição com maior demanda de controle postural (em pé). Esses estudos sugerem que quando o controle de equilíbrio é concomitante à execução de movimentos do membro superior (tarefa suprapostural - WULF et al. (2004)), a obesidade afeta negativamente esse controle e reduz a eficiência dos movimentos durante a tarefa.

Esses resultados enfatizam que a obesidade tem um efeito negativo no controle do equilíbrio e no desempenho de tarefas de apontar executadas em pé. Com isso, pode-se dizer que indivíduos obesos apresentarão desempenho inferior ao realizarem uma tarefa de apontar em condições que exigem maior demanda de controle postural, em pé, comparado com a posição de menor demanda, sentado (BERRIGAN et al., 2006b, 2008; BOUCHER et al., 2015; D'HONDT et al., 2008; TEASDALE et al., 2013).

Além dos estudos realizados com indivíduos obesos, pesquisadores também observaram os efeitos de diferentes posições corporais, em uma tarefa de apontar, em pessoas eutróficas (Berrigan et al., 2006a). Os resultados encontrados indicam que realizar a tarefa em pé, no menor alvo (maior índice de dificuldade da tarefa), aumenta o tempo de movimento, comparado com a posição sentado. Os autores justificaram esse resultado argumentando que a posição em pé aumenta a dificuldade de realização de movimentos rápidos e precisos com o membros superiores.

Entretanto, nenhum estudo observou efeito da demanda de precisão (índice de dificuldade da tarefa) no desempenho do apontar. Deste modo, o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito de duas posições corporais, em pé e sentado, na precisão de uma tarefa de apontar em obesos e eutróficos. Adicionalmente, o efeito dessas posições corporais no Tempo de Movimento e no Tempo de Preparação, em ambas as populações, também foi investigado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 OBESIDADE

Obesidade e sobrepeso são definidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como o acúmulo anormal ou excessivo de gordura que pode causar prejuízo à saúde (WHO, 2000). Mais especificamente, entende-se que uma pessoa apresenta 'sobrepeso' quando seu índice de massa corporal (IMC), calculado a partir do peso, em quilogramas, dividido pelo quadrado da altura, em metros, é igual ou superior à 25 kg/m², e 'obesidade' quando seu IMC é igual ou superior à 30 kg/m². Ainda de acordo com a OMS (WHO, 2000), podemos classificar a obesidade em três graus: grau I, IMC entre 30 e 34,9 kg/m²; grau II, IMC entre 35 e 39,9 kg/m²; e grau III, IMC igual ou superior à 40 kg/m².

A OMS adverte, entretanto, que esses pontos de referência são úteis para avaliação individual, mas que o risco de doenças crônicas em populações aumenta progressivamente a partir do IMC 21 kg/m². Além disso, algumas doenças cardiovasculares, diabetes e alguns tipos de câncer, como o endometrial, de mama e de cólon, têm como fator de risco o aumento do IMC (WHO, 2000).

Todavia, o IMC não distingue massa gorda (gordura) de massa magra (músculo) e acaba não levando em consideração a distribuição da gordura no corpo, podendo ser superestimado em alguns casos, como em indivíduos musculosos que apresentam IMC elevado em razão da grande quantidade de massa magra (ABESO, 2016; WHO, 2000). Uma forma simples e prática de avaliar melhor essa distribuição da gordura corporal e identificar pessoas com obesidade é avaliar a combinação do IMC com a medida da circunferência da cintura (ABESO, 2016). Ainda de acordo com a ABESO (2016), uma pessoa é considerada obesa quando a medida da cintura for maior que 102 cm em homens e que 88 cm em mulheres. Essa medida é importante porque reflete o conteúdo de gordura visceral e se associa à gordura corporal total, portanto, uma mulher com IMC maior que 30 kg/m² e com circunferência da cintura maior que 88 cm apresenta obesidade e riscos elevados para diabetes e doenças cardiovasculares.

Além de ser fator de risco para uma série de doenças, tem-se verificado que o excesso de peso gera modificações no padrão normal da marcha, aumenta a incidência de fraqueza muscular e compromete o equilíbrio, o que resulta em aumento do risco de quedas da população obesa (DEL PORTO et al., 2012).

Com o objetivo de mostrar a relação entre obesidade e índice de quedas, a revisão de Del Porto et al. (2012) apresentou dois estudos. O primeiro, de Finkelstein et al. (2007), examinou uma seção transversal da população não institucionalizada dos EUA ao longo de três anos e revelou que indivíduos com excesso de peso enfrentam um risco aumentado de lesão, 15% mais provável para indivíduos com sobrepeso e até 48% mais prováveis para indivíduos com IMC acima de 40 kg/m², e apresentam chances significativamente maiores de sofrerem uma queda, bem como entorses, luxações e fraturas como resultado de quedas e outros acidentes. O segundo estudo, de Fjeldstad et al. (2008), mostrou que 27% dos indivíduos obesos relataram história de quedas em comparação com apenas 15% das pessoas com peso normal.

Ainda com a preocupação de relacionar obesidade a quedas e lesões, Kouvonen et al. (2013) investigou o excesso de peso como preditor de lesões ocupacionais em cerca de 70.000 pessoas que fazem parte de um estudo (em curso) do setor público Finlandês, com perspectiva epidemiológica, com funcionários que trabalham em 10 cidades e 21 hospitais. Nele, funcionários com sobrepeso e obesidade apresentaram risco aumentado de escorregar, tropeçar e tropeçar e cair no local de trabalho quando comparados com os funcionários com peso normal. Outro estudo, de Owusu et al. (1998), investigou as características antropométricas, como as circunferências da cintura e do quadril e a relação cintura-quadril, de obesos e não obesos e verificou que quanto maiores as medidas, maior a incidência de quedas e fraturas.

Deste modo, observa-se uma relação positiva entre obesidade e índice de quedas e fraturas, na qual obesos apresentam maiores índices do que pessoas com peso normal (DEL PORTO et al., 2012; FINKELSTEIN et al., 2007; FJELDSTAD et al., 2008; KOUVONEN et al., 2013; OWUSU et al., 1998). Essa maior incidência de quedas e fraturas em obesos está relacionada a um pior controle na manutenção do equilíbrio, mas como será que isso ocorre? Para responder a essa pergunta, os próximos tópicos do trabalho irão abordar o conceito de controle postural, seguido de sua relação com a obesidade.

2.2 CONTROLE POSTURAL

O controle postural (CP) é considerado uma habilidade motora complexa derivada da interação de múltiplos processos sensório-motores (HORAK, 2006) e pode ser definido como a capacidade de produzir e aplicar forças de uma forma coordenada, a fim de controlar a posição do corpo no espaço para estabilidade e orientação (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2007).

A estabilidade postural é a habilidade de controlar o centro de massa corporal (CoM) dentro dos limites da base de sustentação (BS) durante distúrbios do equilíbrio desencadeados interna e externamente em uma determinada tarefa. O CoM é o ponto central da massa corporal, determinado pelo encontro do peso médio de cada segmento do corpo, e a BS é a área que está em contato com a superfície de apoio (HORAK, 2006; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2007; WINTER, 1995). Os limites da BS são denominados 'limites de estabilidade' e representam a inclinação máxima na qual o indivíduo pode mover seu CoM e manter o equilíbrio sem mudar sua BS, ou seja, sem perder o equilíbrio ou desviar os pés na direção de avanço, dando um passo. Os limites são alterados de acordo com a tarefa, a biomecânica individual e os diversos aspectos do ambiente (HORAK, 2006; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2007).

Shumway-Cook e Woollacott (2007) afirmam que para manter a estabilidade ao ficar em pé são necessários alguns fatores, como o alinhamento do corpo e o tônus postural. O alinhamento ideal do corpo permite a manutenção do equilíbrio com um gasto mínimo de energia, e o tônus postural permite a manutenção da postura, através da ativação de músculos responsáveis pelo CP para compensar a força da gravidade.

Já a orientação postural é a habilidade de manter uma relação apropriada entre os segmentos corporais e entre o corpo e o ambiente específico da tarefa (HORAK; MACPHERSON, 2010), alinhando ativamente o tronco e a cabeça em relação à gravidade, à superfície de apoio e ao ambiente (HORAK, 2006). De acordo com Shumway-Cook e Woollacott (2007), Winter (1995) e Winter, Patla e Frank (1990), para manutenção do equilíbrio e da postura, são necessárias múltiplas referências sensoriais, como a gravidade (sistema vestibular), a superfície de apoio (sistema somatossensorial) e a relação do corpo com os objetos do ambiente (sistema visual). O sistema vestibular informa sobre a aceleração da cabeça, de acordo com a

aceleração linear e angular da mesma, para manutenção do equilíbrio. O sistema visual, além de informar sobre a posição e movimentação do corpo, também fornece informações sobre o ambiente ao redor, possibilitando evitar obstáculos ao longo do caminho. E o sistema somatossensorial fornece informações sobre a posição e a movimentação do corpo, tendo como referência as superfícies de contato, para organização das informações e definição da orientação do corpo no espaço.

Do ponto de vista biomecânico, o CP nas atividades da vida diária é regulado pela aceleração horizontal do CoM, que está associada à distância horizontal entre o centro de pressão (CoP) e o CoM (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2007). De acordo com Winter (1995), o CoP é a localização do ponto do vetor vertical da força de reação do solo e representa uma média ponderada de todas as pressões sobre a superfície da área de contato com o solo. Sua localização é uma reflexão direta da ação muscular dos músculos do tornozelo, uma vez que o CoP é controlado pelo torque dos músculos flexores e dorsiflexores plantares do tornozelo. Esse torque tem a finalidade de manter o equilíbrio ao compensar as forças desestabilizadoras associadas à movimentação de um membro - deslocamento do CoM (HORAK, 2006; WINTER et al., 1998; WINTER; PATLA; FRANK, 1990).

Obesos apresentam maior índice de quedas (DEL PORTO et al., 2012; FINKELSTEIN et al., 2007; FJELDSTAD et al., 2008; KOUVONEN et al., 2013; OWUSU et al., 1998), indicando pior CP. Deste modo, o próximo tópico do trabalho apresentará como é o CP na população obesa.

2.3 CONTROLE POSTURAL E OBESIDADE

Segundo Mignardot et al. (2013), a obesidade, por seu acúmulo excessivo de massa gorda, gera uma distribuição desigual de massa em todas as regiões do corpo, principalmente no tronco, na área abdominal. Isso faz com que ocorram modificações na localização do CoM de cada segmento que podem afetar a estabilidade postural dessa população.

Para analisar o efeito da obesidade no CP, alguns estudos foram realizados. Gravante et al. (2003), testaram a hipótese da localização do CoP ser significativamente mais adiante em indivíduos com obesidade do que em pessoas

com peso normal, em equilíbrio estático (em pé), assim como verificaram se a área de superfície ou a pressão plantar diferem entre os grupos. Esse estudo confirmou que a obesidade modifica significativamente as superfícies plantares, com um aumento na área de contato e na pressão plantar, porém a localização do CoP não diferiu entre os grupos, o que mostra que ela não parece ser afetada pelo excesso de peso. Outro estudo, de Simoneau e Teasdale (2015), teve como objetivo, determinar se uma velocidade mais rápida do CoP poderia estar relacionada a uma maior variabilidade nos comandos motores de equilíbrio em indivíduos obesos e obesos mórbidos, quando comparados com pessoas eutróficas. Os resultados confirmaram uma relação positiva entre maior velocidade de CoP e maior variabilidade nos comandos motores do equilíbrio em pessoas obesas, ou seja, o CP em obesos é mais variável do que em pessoas com peso normal.

Muitos estudos avaliaram os efeitos de um maior peso corporal no equilíbrio. Os estudos de Greve et al. (2007), Hue et al. (2007) e Ku et al. (2012), apresentaram a correlação positiva entre instabilidade postural e IMC. Observaram que o aumento do peso corporal, maior IMC, reduz o equilíbrio e afeta a seleção de estratégias motoras utilizadas para fazer a manutenção do mesmo, dificultando a regulação das oscilações do corpo. Greve et al. (2007), avaliaram 40 indivíduos do sexo masculino, com idade de 26 ± 5 anos e IMC de $23,3 \pm 3,2$ kg/m². Observaram que um aumento de 20% da massa corporal reduz a capacidade de fazer ajustes posturais em resposta a alterações externas da posição ortostática e aumenta a instabilidade postural. Hue et al. (2007) avaliaram 59 voluntários do sexo masculino com idade entre 24 e 61 anos, com grande variação de peso e IMC, numa tarefa de equilíbrio, em duas condições, com visão e sem visão (olhos fechados). Notaram que a velocidade do CoP plantar aumenta linearmente, tanto com visão quanto sem, conforme aumenta o peso corporal do participante, o que indica que uma maior massa corporal reduz o equilíbrio pois o sistema de controle de instabilidade fica menos sensível para regular as oscilações do corpo. Além disso, o estudo de Ku et al. (2012) mostrou o efeito negativo do aumento de IMC no CP. A tarefa consistiu em manter-se equilibrado em uma postura bipedal (em pé) e outra unipedal por 30 segundos. Os resultados revelaram que obesos apresentam maior instabilidade nas duas posturas, assim como uma pior estabilidade anteroposterior, quando comparados com indivíduos sem obesidade.

Um estudo feito por McGraw et al. (2000) observou o mesmo efeito, redução do equilíbrio devido ao excesso de peso, porém com uma população mais jovem, crianças de 8 a 10 anos de idade e do sexo masculino. A força de reação do solo foi utilizada para analisar a estabilidade quando os participantes ficavam parados em pé, com os pés em duas posições diferentes (normal – pés juntos com calcanhares unidos – e com o pé dominante na frente) e com três situações de visão (total visão do movimento, total bloqueio da visão, e conflito visual). Foi observado, nos obesos, um aumento na variabilidade e no deslocamento do CoP para manter a postura, assim como uma maior dificuldade para manter o equilíbrio em quase todas as situações de teste, quando comparados com os eutróficos.

Uma das evidências mais significativas de que a obesidade perturba o controle do equilíbrio é apresentada no estudo de Teasdale et al. (2007), o qual analisa a relação entre perda de peso corporal e algumas medidas de estabilidade, como o CoP. Neste estudo, a perda de peso foi induzida em obesos por meio de uma dieta hipocalórica e em obesos mórbidos, por cirurgia bariátrica. Observaram que a perda de peso leva a uma diminuição no alcance e na velocidade do CoP, sendo a magnitude da diminuição diretamente relacionada à quantidade de peso perdida. Estes resultados mostram que o excesso de peso representa uma importante restrição postural que afeta negativamente a estabilidade postural, e que a perda de peso tem um efeito direto na redução de oscilações posturais.

Para explicar essa relação entre redução da massa corporal e aumento do equilíbrio existem duas hipóteses. A primeira diz respeito à relação entre a resposta motora do tornozelo às variações do corpo, devido ao deslocamento do CoM para frente por causa da gordura abdominal, o que torna a velocidade do CoP mais rápida, resultando em uma maior variabilidade nos comandos motores responsáveis pelo equilíbrio. A segunda diz respeito à resposta sensorial dos mecanorreceptores plantares, que é reduzida devido à contínua pressão exercida sobre eles por causa da grande quantidade de massa corporal em sujeitos com obesidade. Esta diminuição da informação sensorial pode explicar porque os indivíduos obesos são menos sensíveis a perturbações e menos estáveis do que pessoas com peso normal (SIMONEAU; TEASDALE, 2015; TEASDALE et al., 2013).

Os estudos acima citados observaram a relação entre obesidade e CP a fim de contextualizar o foco principal do trabalho, especificamente, a relação entre obesidade e desempenho de ações motoras que dependem do CP. Para a maioria das atividades

diárias, o controle do equilíbrio auxilia nos movimentos de membro superior direcionados a um alvo (e.g. alcançar um objeto a partir da postura em pé). De acordo com Teasdale et al. (2013), esses movimentos voluntários criam forças sobre o corpo e o meio ambiente que precisam ser controladas para garantir estabilidade, alcance com precisão e agarre eficiente de um objeto. A fim de neutralizar essas forças e estabelecer o equilíbrio corporal, antes do movimento dos membros ser efetivado, comandos motores estabilizadores são gerados. Portanto, quando alguém aponta para um alvo ou apreende um objeto, uma postura inicial menos estável (maior velocidade do CoP) pode adicionar uma restrição e limitar o desempenho dessa tarefa.

Há evidências de que indivíduos obesos apresentam desempenho inferior a eutróficos ao realizarem tarefas que exigem maior demanda de CP. Isso ocorre em razão de obesos apresentarem maior instabilidade postural (i.e. maior velocidade do CoP), em razão do maior custo atencional necessário à manutenção da postura em pé (MIGNARDOT et al., 2010; SIMONEAU; TEASDALE, 2015; TEASDALE et al., 2007, 2013), o que pode gerar restrição ou limitação no desempenho da tarefa. O estudo de Mignardot et al. (2010), avaliou 10 sujeitos com IMC normal e 10 sujeitos obesos em duas tarefas posturais, permanecer sentados ou equilibrados em um só pé. Essas tarefas foram realizadas exclusivamente ou combinadas a uma tarefa de tempo de reação auditivo. Uma vez que ambas as tarefas tiveram um custo atencional, foi possível inferir o exigido para o CP por meio do desempenho na tarefa de tempo de reação. Observou que obesos apresentam maior tempo de reação na condição de equilíbrio unipedal, em relação à condição sentado, e um pior desempenho em relação aos participantes com IMC normal na condição unipedal. Adicionalmente, sentados, ambos os grupos apresentam o mesmo desempenho. Esse resultado indica que os obesos tiveram que tratar como secundária a tarefa de tempo de reação na condição unipedal, implicando um alto custo atencional necessário ao CP / manutenção do equilíbrio. Com isso, os próximos tópicos do trabalho abordarão tarefas de apontar e sua relação com a obesidade e a posição corporal, uma vez que esse tipo de tarefa foi utilizado nos estudos que embasam o presente trabalho.

2.4 CONTROLE DO MOVIMENTO DO APONTAR

A tarefa de apontar pode ser definida como uma habilidade motora que envolve movimento de braço, mãos e/ou dedos em direção a um determinado ponto no espaço (LATASH, 2012; MAGILL, 2007). O presente estudo irá analisar uma tarefa de apontar na qual o participante deve deslocar uma caneta (*stylus*), por meio da realização de uma extensão de braço, de uma posição inicial até um determinado alvo.

Neste tipo de tarefa, o padrão da curva de velocidade do movimento tem o formato de sino (*bell-shaped*) e tende a se modificar de acordo com a distância a ser percorrida. Esse padrão é caracterizado por uma fase de aceleração no início do movimento, seguido de uma fase de desaceleração (LATASH, 2012; ROSENBAUM, 2009). Ambas as fases serão detalhadas em breve.

No movimento do apontar, a acurácia do movimento é de extrema importância, dado que deve atingir um determinado alvo/objeto. Entretanto, existem dois fatores que podem afetá-la, a oferta e qualidade da informação visual e a velocidade de execução da tarefa (FITTS, 1954; TRESILIAN, 2012).

O primeiro fator que pode afetar a precisão do movimento do apontar é a oferta e a qualidade da informação visual oferecida ao sujeito, o que inclui a informação visual sobre o tamanho e localização do alvo – distância e direção (TRESILIAN, 2012). Essas informações são essenciais para preparar um movimento de apontar com precisão.

O segundo fator que pode afetar a precisão do movimento do apontar é a velocidade de execução da tarefa. Tresilian (2012) afirma que a velocidade pode ser determinada por especificidade da tarefa (e.g. a pessoa deve executar a tarefa em um tempo determinado), pela instrução dada pelo experimentador ou por escolha do sujeito. Movimentos realizados rapidamente tendem a ter maior índice de erros do que movimentos mais lentos. Uma explicação para isso é o fato de que em movimentos muito rápidos, o tempo para se obter informação de feedback visual e de correção não é suficiente para que seja possível processá-lo.

Portanto, para evitar a perda de precisão durante a tarefa de apontar, ocorre o que chamamos de *trade-off* ou troca de velocidade por precisão. O *trade-off* é uma característica da habilidade motora de apontar na qual a velocidade de execução da tarefa é influenciada pela demanda de acurácia do movimento. Em outras palavras, é uma estratégia na qual há redução da velocidade de execução do movimento para obtenção de uma melhor precisão (FITTS, 1954; LATASH, 2012; MAGILL, 2007; TRESILIAN, 2012).

Essa troca de velocidade por precisão prediz que ao se aumentar a velocidade do movimento, a acurácia diminui, e vice e versa (FITTS, 1954; TRESILIAN, 2012). No próximo tópico será explicado como esse *trade-off* pode ser quantificado através da lei formulada por Paul Fitts.

2.4.1 Lei de Fitts

Em 1954, Paul Fitts formulou uma lei que relaciona o tempo necessário para realizar uma tarefa de apontar, a distância a ser percorrida (entre o início e o final do movimento) e o tamanho do alvo. A Lei de Fitts consiste em:

$$TM = a + b \times \log_2(2D/W),$$

onde TM é o tempo de movimento, a e b são constantes, D é a distância entre a posição inicial e o alvo e W é o tamanho do alvo. Essa lei é uma descrição quantitativa da troca de velocidade por precisão que mostra como o Tempo de Movimento (TM) aumenta quando a demanda de acurácia é aumentada. De acordo com essa lei, quanto mais distante e menor for o alvo, maior será o TM ao se realizar a tarefa de apontar (FITTS, 1954; LATASH, 2012; MAGILL, 2007; ROSENBAUM, 2009; TRESILIAN, 2012).

Essa demanda de acurácia é o que se chama de índice de dificuldade (ID). O ID está contido na Lei de Fitts e é uma medida quantitativa da dificuldade na execução da tarefa que requer precisão e velocidade (FITTS, 1954; MAGILL, 2007). É uma relação entre distância e tamanho do alvo. O ID é representado por:

$$\log_2(2D/W),$$

onde D é a distância entre a posição inicial e o alvo e W é o tamanho do alvo.

De acordo com a Lei de Fitts, o ID está diretamente relacionado ao TM da tarefa (TM aumenta linearmente conforme aumenta o ID). Quanto maior o ID, mais difícil é

a tarefa e menor é a velocidade de execução, devido ao efeito do *trade-off*. Um maior ID ocorre nas seguintes situações: (1) se a distância entre alvos de mesmo tamanho aumenta, (2) se o tamanho do alvo, em mesma distância, diminui ou (3) se a distância aumenta e o tamanho do alvo diminui (FITTS, 1954; LATASH, 2012; MAGILL, 2007; ROSENBAUM, 2009; TRESILIAN, 2012).

2.4.2 Velocidade do movimento

Velocidade do Movimento (VM), é a velocidade média de execução da tarefa, ou seja, é a distância percorrida dividida pelo TM (TRESILIAN, 2012). A VM não é constante, ela difere ao longo da tarefa. O início e o final são mais lentos e o meio é mais rápido, apresentando um padrão em formato de sino (conceito apresentado no tópico 2.4). Essa característica da VM ocorre porque o movimento é constituído por duas fases, uma de aceleração e outra de desaceleração.

A fase de aceleração representa o início do movimento e a fase de desaceleração, o final. Na tarefa de apontar, o indivíduo inicia o movimento parado e deve acertar o alvo da forma mais rápida e precisa possível. Para que isso ocorra, ele deve acelerar o membro efector do movimento e, na sequência, freá-lo. Ou seja, ele parte da velocidade zero até atingir uma velocidade máxima e depois freia para conseguir acertar o alvo (TRESILIAN, 2012).

Em movimentos que exigem mais precisão, a fase de desaceleração tende a ser maior do que a fase de aceleração, e a velocidade média e o pico de velocidade tendem a ser menores. Além disso, quanto menor for o alvo, menor será o pico de velocidade, e quanto mais distante estiver o alvo, maior será o pico (TRESILIAN, 2012).

A aceleração do movimento tende a ser mais suave do que a desaceleração, que pode apresentar irregularidades, com a presença de um ou mais picos de velocidade. Os submovimentos da fase de desaceleração são causados pelas correções realizadas após feedback visual da tarefa. Esses picos secundários podem ser produzidos, por exemplo, pela correção por feedback, com o intuito de se obter a maior precisão possível. Porém, não se pode correlacionar os picos secundários da

fase de desaceleração com as correções de feedback, pois podem haver picos sem correções, e correções sem picos secundários (TRESILIAN, 2012).

A fim de observar os efeitos de diferentes posições corporais em eutróficos adultos, em uma tarefa de apontar, Berrigan et al. (2006a) analisou a interação entre TM e ID, em duas posições corporais, em pé e sentado. A tarefa consistiu em, ao ouvir um sinal sonoro, direcionar uma caneta a um alvo localizado à frente do participante. Quatro alvos retangulares com diferentes larguras foram utilizados de forma a criar IDs conhecidos. Observou-se aumento do TM com o aumento do ID em ambas as condições, ou seja, quanto maior a dificuldade da tarefa, mais tempo é necessário para realizar o movimento. Entretanto, no maior ID (menor alvo), na condição em pé, os participantes apresentaram maior TM em relação à sentado, devido ao maior tempo da fase de desaceleração ocasionado pelo aumento da dificuldade desse movimento, rápido e preciso, na posição em pé.

Após caracterizar o controle do movimento de apontar e apresentar os efeitos de duas posições corporais sobre esse controle em eutróficos, o próximo tópico apresentará estudos realizados com obesos, a fim de esclarecer como se dá o controle do movimento de apontar nessa população.

2.5 CONTROLE DO MOVIMENTO DO APONTAR E OBESIDADE

Dois estudos investigaram as diferenças entre obesos e eutróficos em tarefas de apontar em diferentes posições corporais. O primeiro estudo, Berrigan et al. (2006b), investigou os efeitos dessa mesma tarefa de apontar, apenas na condição em pé, em obesos e eutróficos. No referido estudo, o TM de ambos os grupos aumentou com o aumento do ID – diminuição do tamanho do alvo, – porém os obesos apresentaram maior TM, pela maior fase de desaceleração do movimento, nos dois maiores IDs, comparado aos eutróficos. Os autores partiram da premissa de que para realizar um movimento direcionado a um alvo de forma rápida e precisa é necessária uma postura estável e controlada, e caso a obesidade adicione restrições ao controle do equilíbrio, seria esperado maior TM dessa população na tarefa realizada em pé. Deste modo, os resultados confirmaram essa premissa ao indicarem que a obesidade

aumenta as oscilações corporais e reduz o desempenho (aumenta o TM) dos movimentos de apontar realizados com maior demanda de CP (em pé).

Para verificar se o TM, em indivíduos obesos, se altera em tarefas realizadas em pé e se a perda de peso afeta o TM, Berrigan et al. (2008) realizou um segundo estudo, no qual comparou o desempenho de obesos com o de obesos após perda de peso (cirurgia bariátrica) na mesma tarefa dos estudos anteriores nas duas posições corporais, em pé e sentado. Observou que obesos apresentam maior TM ao realizarem a tarefa em pé em relação à sentado, e que um programa de perda de peso melhora o TM dos participantes ao realizarem a tarefa em pé, mostrando que a perda de peso faz com que o desempenho dessas mesmas pessoas melhore, i.e. após a perda de peso, ao realizar a tarefa em pé, o TM é similar ao da posição sentado. Para explicar esses resultados, duas hipóteses foram levantadas, a primeira sugere que a melhora no desempenho foi resultado da redução da inércia local (problema mecânico do movimento) provocada pela diminuição da massa dos membros superiores após a perda de peso, e a segunda sugere que a melhora no desempenho foi devida ao aprimoramento no controle do equilíbrio. Entretanto, a primeira hipótese foi descartada, uma vez que sentados, todos os participantes tiveram o mesmo desempenho independente da perda de peso, o que deixa a segunda hipótese como possível explicação para a melhora no desempenho na tarefa feita em pé. Esses resultados enfatizam que o excesso de peso tem um efeito negativo no controle do equilíbrio e no desempenho de tarefas de apontar executadas em pé.

Uma observação semelhante foi feita por D'Hondt et al. (2008) em um estudo com crianças obesas e eutróficas. Foi avaliado o efeito da obesidade infantil no CP e na execução de tarefas de precisão com movimento de membros superiores, em duas condições, sentado e em pé em tandem (alta demanda de CP). A tarefa realizada exigia a preensão e manipulação de pequenos objetos (*'Pegboard'*). Observou-se que o desempenho de todas as crianças foi inferior na condição de alta demanda de CP, e que as crianças obesas apresentaram piores resultados do que as de peso normal nessa mesma condição. Outro estudo, de Boucher et al. (2015), também investigou a relação entre obesidade, CP e desempenho em tarefas manuais em crianças. Avaliou crianças obesas e eutróficas em uma tarefa semelhante à dos estudos de Berrigan et al. (2006a, 2006b, 2008), porém utilizou apenas dois tamanhos de alvo e metade da distância entre a posição inicial e o alvo. Observou que em ambos os grupos, tanto em pé quanto sentado, o TM aumentou com o aumento do ID, e que o TM foi maior

em pé do que sentado. Adicionalmente, observou que crianças obesas apresentam maior TM do que crianças eutróficas ao realizarem a tarefa sentadas, e no maior ID (menor alvo) quando ficam em pé. De acordo com Teasdale et al. (2013), essas observações confirmam os trabalhos de Berrigan et al. (2006b, 2008) e Mignardot et al. (2010) realizados com adultos obesos, os quais sugerem que quando o controle do equilíbrio é concomitante à execução de movimentos do membro superior (tarefa suprapostural - WULF et al. (2004)), a obesidade afeta negativamente esse controle e reduz a eficiência dos movimentos, especialmente em tarefas de apontar com maiores IDs.

Entretanto, nenhum estudo verificou se o TM, em tarefas de apontar, tem relação com a precisão na tarefa, uma vez que nos estudos anteriores considerou-se apenas as tentativas em que houve 'acerto', i.e. a magnitude do erro não foi observada. Com isso, o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito de duas posições corporais, em pé e sentado, na precisão de uma tarefa de apontar em obesos e eutróficos, além do efeito no TM e no Tempo de Preparação em ambas as populações. Com base nos estudos apresentados ao longo da revisão de literatura esperava-se, para ambos os grupos, aumento do TM com o aumento dos IDs. Entretanto, no que se refere à posição corporal, esperava-se que o grupo OB apresentasse maior TM na posição em pé, em relação à posição sentado, com ainda maior TM nos maiores IDs. Para o grupo EU também era esperado maior TM na posição em pé, em relação à sentado, porém somente nos maiores IDs. No que se refere à precisão na tarefa de apontar, esperava-se que ambos os grupos diminuíssem o ER com o aumento dos IDs e que somente o grupo OB apresentasse maior ER em pé do que sentado. Adicionalmente, esperava-se que o Tempo de Preparação (TP) aumentasse com o aumento do ID para ambos os grupos, além de que fosse mais elevado para o grupo OB na posição em pé, em razão da reduzida estabilidade postural desse grupo nessa posição corporal (BERRIGAN et al., 2006b, 2008; BOUCHER et al., 2015; D'HONDT et al., 2008; MIGNARDOT et al., 2010; TEASDALE et al., 2013).

Dessa forma, três medidas foram analisadas. O TM, para investigar o efeito da posição corporal e do ID em uma variável utilizada previamente na literatura; o Erro Radial (ER), para investigar se esses fatores afetam o desempenho de obesos e eutróficos, especialmente ao realizar a tarefa em pé; e o TP, para investigar se maiores IDs, para ambos os grupos, e a realização da tarefa em pé, para o grupo OB,

elevam a demanda de planejamento da ação motora de apontar, uma vez que tarefas mais complexas exigem maior TP (SCHMIDT; LEE, 2011).

3. MÉTODO

3.1 PARTICIPANTES

Participaram do estudo 42 mulheres divididas em dois grupos experimentais: obesas (OB) com IMC acima de 30 kg/m^2 ($n = 21$, idade de $38,2 \pm 11,5$ anos, IMC de $37,4 \pm 5,9 \text{ kg/m}^2$ e circunferência da cintura de $100,26 \pm 10,46 \text{ cm}$) e eutróficas (EU) com IMC normal, abaixo de 25 kg/m^2 ($n = 21$, idade de $37,0 \pm 11,1$ anos e IMC de $22,2 \pm 2,1 \text{ kg/m}^2$ e circunferência da cintura de $71,14 \pm 3,38 \text{ cm}$). As participantes do grupo EU foram selecionadas de forma que a idade fosse correspondente às das participantes do grupo OB. Além disso, todas participaram do experimento como voluntárias, não tinham experiência prévia com a tarefa e apresentaram visão normal ou corrigida.

A participação no experimento foi condicionada ao preenchimento de um termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo I), informando os procedimentos da pesquisa, bem como os direitos da participante em um experimento para fins científicos. O estudo foi submetido ao Comitê de Ética da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo (CAAE: 01281112.2.0000.5391).

3.2 EQUIPAMENTO E TAREFA

Utilizou-se uma mesa digitalizadora (Wacom Intuos - 20,3 cm de largura e 32,5 cm de comprimento), disposta no plano horizontal, posicionada à frente do participante, uma caneta digitalizadora, um computador e um monitor LCD (*Liquid Crystal Display*) de 22" – com taxa de atualização de 120 Hz e resolução de 1680 x 1050 pixels. A tarefa experimental e a aquisição dos dados foram realizadas por meio de um *script* escrito especificamente para a realização desse experimento. O *script* utilizou o *software* GNU/Octave e o *toolbox* Psychtoolbox – que permitem a apresentação de estímulos visuais e registro de informações com precisão de

milésimos de segundo (KLEINER et al., 2007) – que foram executados no sistema operacional Linux, Ubuntu 16.04.

O monitor foi posicionado sobre um anteparo (caixa de madeira com altura de 24 cm, largura de 80 cm e profundidade de 70 cm), de forma que a mesa digitalizadora ficasse abaixo dele, permitindo movimentar a caneta sob o monitor, sem visualização do movimento do braço, que estava oculto pelo anteparo. Além disso, foram utilizadas uma mesa de madeira de altura de 77,5 cm para apoio do anteparo, uma cadeira giratória, sem apoio de braço, com rodízios e regulagem de altura. Foi utilizada uma estrutura de metal para permitir que o equipamento tivesse sua altura regulada de acordo com a altura de cada participante – pois a tarefa foi realizada nas posições em pé e sentada (Figura 1).

Figura 1 - A – Equipamentos que compunham a tarefa experimental; B e C – organização dos equipamentos e posições do participante ao realizar a tarefa sentado e em pé, respectivamente.

A posição da caneta no monitor LCD foi representada por um cursor circular verde de 3,2 mm de diâmetro. A meta da tarefa consistiu em levar o cursor da posição inicial (círculo de 6,4 mm de diâmetro) até o centro do alvo o mais rápido e preciso possível, sem realizar correções de movimento. O *software* foi elaborado de forma que se o deslocamento do cursor fosse menor do que 5 pixels (~ 1,3 mm) em 8 ms após sair da posição inicial, essa posição era considerada a posição final. Esse recurso foi adicionado ao *software* para evitar que fossem realizadas correções de movimento (realização de submovimentos nas fases de aceleração e desaceleração).

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Durante a sessão experimental, foram utilizadas quatro larguras de alvos circulares (0,5 cm, 1,0 cm, 2,5 cm e 5 cm de diâmetro) localizados a uma distância de 39,5 cm da posição inicial, na tela do monitor LCD, correspondendo a um movimento de 25,5 cm na mesa digitalizadora (Figura 2), ou seja, o movimento da mão deveria ser de 25,5 para acertar o centro do alvo. Para cada tamanho de alvo, foram realizadas 5 tentativas de familiarização e, em seguida, 10 tentativas que foram efetivamente consideradas na análise – ou seja, 15 tentativas consecutivas em cada alvo. A tarefa foi executada em duas posições corporais, em pé e sentado. Com isso, cada participante realizou um total de 120 tentativas (4 tamanhos de alvo x 15 tentativas x 2 posições corporais). A ordem com que as participantes realizaram a tarefa em cada ID e posição corporal foi contrabalanceada entre os grupos, ou seja, cada participante realizou a tarefa em uma ordem pseudoaleatória de IDs e posição corporal.

Figura 2 - Esquema da tarefa experimental para cada tamanho de alvo (sem escala). Os painéis da esquerda para a direita indicam a trajetória esperada para o cursor da posição inicial até o centro do alvo.

3.4 PROCEDIMENTOS

O experimento foi realizado em uma sala isolada, de forma que não houvesse interrupções ou distrações. As participantes foram recebidas pelo experimentador e convidadas à sala de coleta de dados, onde lhes foi entregue o termo de

consentimento livre e esclarecido (Anexo I). Foram explicadas a meta da tarefa, o número de tentativas total, as variações de tamanho dos alvos e posição corporal, o número de tentativas em cada ID e como executar cada tentativa.

Para que as participantes pudessem realizar a tarefa na posição sentado, o anteparo foi apoiado na mesa de madeira e a participante sentou em uma cadeira com regulagem de altura e rodízios. Para realizar a tarefa em pé, o anteparo teve sua altura ajustada – de acordo com a altura da participante – por meio de uma estrutura metálica construída para esse fim. Em ambas as posições corporais, a altura da cadeira com rodízio (sentado) e do anteparo (em pé) foi regulada de forma que ficasse em uma altura confortável e que o anteparo não interferisse no movimento de extensão de braço realizado para alcançar o alvo.

Cada tentativa de prática somente foi iniciada após a participante posicionar o cursor na posição inicial. Após dois segundos de permanência na posição inicial, o alvo era apresentado no monitor LCD. Todas as tentativas foram consideradas válidas. Entretanto, para assegurar que as participantes fizessem movimentos balísticos em direção ao centro alvo, elas foram instruídas a acertar o centro do alvo o mais rápido e preciso possível, para evitar a realização de correções durante o movimento. Tentativas com TM acima de 5 segundos foram invalidadas e realizadas novamente, a fim de evitar possíveis erros gerados pelo *software*.

3.5 MEDIDAS

Para inferir sobre a precisão do movimento utilizou-se a medida de ER, que consistiu na distância, em módulo, entre o centro do alvo e a posição final do cursor. Adicionalmente, foi analisado o TM, medida derivada do deslocamento da caneta, considerado como o período entre a saída do cursor da sua posição inicial e a chegada na posição final.

Analisou-se também o TP para o movimento, que consistiu no tempo entre o aparecimento do alvo no monitor LCD e o início do movimento do cursor (i.e. saída do cursor do círculo que representa a posição inicial). Vale ressaltar que não foi fornecida instrução para que a saída da posição inicial fosse realizada o mais rápido possível

após o aparecimento do alvo. Ou seja, o TP não se trata de uma medida de tempo de reação, em razão de não haver restrição temporal.

Além dessas medidas, foi analisada a média da quantidade de ‘acertos’ de cada grupo (i.e. média da quantidade de tentativas, por grupo, em que o cursor estava dentro do alvo no final da tentativa) em cada posição corporal – em pé e sentado. Essa medida adiciona informações sobre o fenômeno, em relação a estudos anteriores (BERRIGAN et al., 2006a, 2006b, 2008; BOUCHER et al., 2015), dado que esses estudos consideraram apenas as tentativas corretas e o presente estudo considerou todas as tentativas como válidas. Utilizou-se a distância anteroposterior entre a posição final do cursor e o centro do alvo para medir os acertos, pois nos estudos anteriores, em razão da tarefa envolver atingir uma placa retangular disposta horizontalmente, a precisão latero-lateral não era determinante para o sucesso na tarefa.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A organização e análises dos dados obtidos foram realizadas utilizando o programa ‘R’, uma linguagem e ambiente para computação estatística (R CORE TEAM, 2016). A análise foi realizada apenas para as 10 tentativas finais de cada alvo, ou seja, as tentativas de familiarização foram excluídas da análise. Além disso, a análise se deu sobre as médias trimadas dessas tentativas, utilizando-se um fator de 20% (trim = 0.2).

Para a análise descritiva, foram feitos gráficos de linha das medidas de ER, TM e TP tanto para o grupo OB como para o grupo EU. Como medida de dispersão foi utilizada o *bootstrap*, que gera, repetidamente, amostras do mesmo tamanho da amostra inicial, a fim de se obter resultados que possam ser considerados válidos para uma determinada população, e não apenas para o grupo de pessoas analisados. Essa medida é uma forma de estimar o comportamento de uma determinada população com base em uma amostra.

As medidas de ER, TM e TP foram analisadas através de uma regressão linear Bayesiana - JZS Bayes Factor Linear Model (ROUDER et al., 2012), utilizando o pacote R BayesFactor (MOREY; ROUDER; JAMIL, 2015). Para esta análise, o ID, a

posição corporal e a interação entre esses dois fatores foram as variáveis preditoras e os participantes foram considerados como efeitos aleatórios (*random effects*) e foram incluídos em todos os modelos, inclusive no modelo nulo.

A regressão linear bayesiana gera diferentes modelos com as variáveis preditoras (combinação das variáveis preditoras e a interação entre elas), além do modelo nulo. Para cada modelo gerado, o pacote BayesFactor calcula um 'Bayes factor', um número que representa a probabilidade de ocorrência da hipótese alternativa (H_1) sobre a hipótese nula (H_0), i.e. uma quantificação de evidência para cada modelo. De acordo com Wagenmakers et al. (2018), a fim de facilitar a compreensão e a comunicação científica sobre a força de evidência de um modelo, em termos de 'Bayes factors', foram elaboradas categorias inspiradas nas elaboradas por Jeffreys (1961, Quadro 1) que devem ser consideradas apenas como uma articulação descritiva aproximada de diferentes patamares de evidência. As categorias estão representadas no quadro abaixo e serão utilizadas ao longo do trabalho.

Quadro 1 - Categorias para interpretação do Bayes factor (LEE; WAGENMAKERS, 2013; adaptado de JEFFREYS, 1961)

Bayes factor	Categorias de evidência
> 100	Evidência extrema de H_1
30 - 100	Evidência muito forte de H_1
10 - 30	Evidência forte de H_1
3 - 10: 3 - 6 6 - 10	Evidência moderada de H_1 : Evidência leve de H_1 Evidência moderada de H_1
1 - 3	Evidência fraca de H_1 (inconclusivo)
1	Sem evidência
1/3 - 1	Evidência fraca de H_0 (inconclusivo)
1/10 - 1/3	Evidência moderada de H_0
1/30 - 1/10	Evidência forte de H_0
1/100 - 1/30	Evidência muito forte de H_0

< 1/100	Evidência extrema de H_0
---------	----------------------------

Fonte: Wagenmakers et al. (2018)

Os critérios para seleção do melhor modelo para análise foram a quantidade de evidência, a simplicidade e o valor teórico do modelo, ou seja, mesmo que vários modelos apresentassem evidência extrema de ocorrência, foi selecionado o modelo mais simples e com maior valor teórico ao trabalho. Após selecionar o modelo, a análise bayesiana permite estimar a contribuição das variáveis preditoras em um modelo de regressão, além de estimar o nível de incerteza dessa estimativa (KRUSCHKE; LIDDELL, 2018). Este é um dos pontos fortes da análise bayesiana em relação à frequentista.

Intervalos de Credibilidade (IC) (MOREY et al., 2016) para as variáveis preditoras estimadas foram calculados a partir de 10.000 amostras dos modelos utilizando-se a distribuição posterior obtida por meio da função 'posterior' do pacote BayesFactor.

4. RESULTADOS

4.1 TEMPO DE MOVIMENTO

4.1.1 Obesas

O TM do grupo OB, em cada ID da tarefa, é apresentado no painel superior da Figura 3. É possível observar um aumento do TM conforme aumenta o ID, além de um indicativo de que realizar a tarefa em pé leva a um TM maior, em relação a realizar a tarefa sentado.

Figura 3 – TM, ER e TP das participantes obesas, por ID da tarefa.

A análise inferencial realizada por meio de uma regressão linear bayesiana (Figura 4) apresenta a quantidade de evidência de cada modelo em relação ao modelo nulo (participantes). As barras na figura mostram o quanto os dados obtidos estão a favor da hipótese alternativa (H_1) para cada modelo (barra branca – à direita do eixo

y) ou da hipótese nula (H_0 , barra cinza – à esquerda do eixo y). Neste caso, todos os modelos indicam evidência a favor da H_1 .

Figura 4 - Bayes factors dos quatro melhores modelos para o TM do grupo OB, com ID, posição corporal e a interação dessas como variáveis preditoras. Cada barra representa a evidência relativa do modelo em relação ao modelo nulo (i.e. quão provável é a ocorrência dos dados sob cada modelo, comparado ao modelo nulo), com Bayes factor 1 indicando nenhuma evidência a favor, tanto da hipótese alternativa como da nula.

Na Figura 4, pode-se observar o ajuste dos dados sob os modelos com as combinações das variáveis preditoras ID, posição corporal e a interação dessas duas. Nota-se que o modelo com ID, posição corporal e participantes é o mais provável de ocorrer, indicando que um efeito de ID e posição corporal é $11.669,95 \pm 1,35\%$ mais provável do que a ausência desse efeito sobre o TM do grupo OB. Esse valor consiste no Bayes factor do modelo e é classificado como evidência extrema (Quadro 1) para efeitos do ID e da posição corporal no TM da população OB na tarefa deste estudo. Porém, como o fator de evidência dos dois próximos modelos também é alto, acima de 100 vezes, foi realizada uma comparação entre os Bayes factors desses modelos a fim de verificar a probabilidade de um modelo sobre o outro.

Comparando o Bayes factor do primeiro modelo (ID, posição corporal e participantes), com o do segundo (ID e participantes) obtém-se um valor de $3,55 \pm 1,64\%$, valor considerado como evidência leve (Quadro 1) – dentro da faixa moderada – de ocorrência do primeiro modelo sobre o segundo. Tomados em conjunto, a baixa evidência de diferença entre os modelos e o maior valor teórico do primeiro modelo para este trabalho, o mesmo foi selecionado para obtenção das distribuições

posteriores. Vale destacar que uma segunda comparação foi realizada para verificar se o terceiro modelo, com a interação entre ID e posição corporal, poderia ser selecionado, dado que seria o modelo com maior valor teórico para este estudo. Se o valor dessa comparação fosse baixo, seria oportuno escolhê-lo, porém, o valor da comparação dos modelos foi de $62,75 \pm 9,08\%$, caracterizando uma evidência muito forte (Quadro 1) de ocorrência do primeiro modelo sobre o terceiro.

Com isso, para examinar o efeito principal do ID e da posição corporal do modelo selecionado (ID, posição corporal e participantes), foi utilizada a função 'posterior' (pacote BayesFactor). A Figura 5 apresenta a estimativa da contribuição dessas duas variáveis no TM. Para facilitar a leitura, os IDs foram renomeados de 1 a 4, sendo o ID1 o de menor valor (3,98) e ID4 o de maior valor (7,3).

Figura 5 - Distribuição posterior para o TM do grupo OB com as contribuições do ID (primeiro painel) e da posição corporal (segundo painel). No eixo x, o valor 0 representa a grande média estimada e o valor indicado dentro das distribuições são os desvios dessa grande média por ID (primeiro painel) e posição corporal (segundo painel).

A Figura 5 mostra a contribuição dos IDs e da posição corporal no TM, que foi medido em milissegundos (ms). Essa contribuição representa o quanto realizar a tarefa em diferentes IDs, e em pé ou sentado, acrescenta ao TM médio desse grupo, que foi de 545 ms. Os valores médios e o IC do TM de cada ID e posição corporal estão representados na própria Figura 5.

Com relação aos diferentes IDs da tarefa, pode-se observar que ao aumentar o ID, o TM aumenta linearmente, sendo o menor TM no ID1 (505 ms) e o maior TM no ID4 (586 ms). No que se refere à posição corporal, realizar a tarefa em pé aumentou o TM nessa tarefa, em relação à posição sentado (TM em pé: 561 ms, TM sentado: 529 ms).

4.1.2 Eutróficas

A análise descritiva da média do TM das EU, de acordo com o ID da tarefa, é apresentada na Figura 6. Pode-se observar que o TM aumenta conforme aumenta o ID, entretanto, o valor do TM permanece praticamente o mesmo do ID3 para o ID4. Além disso, parece que não há diferença ao realizar a tarefa em diferentes posições corporais.

Figura 6 – TM, ER e TP das participantes eutróficas, por ID da tarefa.

Da mesma forma como no grupo OB, foi realizada uma análise inferencial por meio de uma regressão linear bayesiana para o TM do grupo EU (Figura 7). Os

modelos gerados representam a quantidade de evidência de cada um em relação ao modelo nulo (participantes). Apenas o último modelo (posição corporal e participantes) apresentou evidência a favor da H_0 , com Bayes factor de $14,79 \pm 1,49\%$ mais provável de ocorrência da H_0 do que da H_1 , valor considerado como evidência forte (Quadro 1) de que nenhum efeito da posição corporal no TM do grupo EU ocorra nesta tarefa, i.e. a posição corporal não afeta o TM da população EU. Todos os outros modelos foram a favor da H_1 .

Figura 7 - Bayes factors dos quatro melhores modelos para o TM do grupo EU, com ID, posição corporal e a interação dessas como variáveis preditoras. Cada barra representa a evidência relativa do modelo em relação ao modelo nulo (i.e. quão provável é a ocorrência dos dados sob cada modelo, comparado ao modelo nulo) com Bayes factor 1 indicando nenhuma evidência a favor, tanto da hipótese alternativa como da nula.

Na Figura 7, o ajuste dos dados sob os modelos com as combinações das variáveis preditoras ID, posição corporal e a interação dessas duas, revelou que o modelo com ID e participantes é o mais provável de ocorrer, indicando que um efeito de ID é $896.577,9 \pm 0,64\%$ mais provável do que a ausência desse efeito sobre o TM do grupo EU. Esse valor, Bayes factor do modelo, é classificado como evidência extrema (Quadro 1) para efeitos do ID no TM da população EU na tarefa deste estudo.

O segundo modelo (ID, posição corporal e participantes) também apresenta fator de evidência alto, acima de 100 vezes, entretanto, a variável posição corporal não afeta o TM dessa população, uma vez que tem o seu modelo com evidência forte a favor da H_0 . Com isso, não se faz necessária nenhuma outra comparação, dado que

a força dos modelos deriva apenas do ID. Deste modo, esses resultados indicam que apenas o ID gera efeito no TM da população EU nesta tarefa.

Com isso, para examinar o efeito principal do ID do modelo selecionado (ID e participantes), foi utilizada a função 'posterior' (pacote BayesFactor). A Figura 8 apresenta a estimativa da contribuição dessa variável no TM.

Figura 8 - Distribuição posterior para o TM do grupo EU com a contribuição do ID. No eixo x, o valor 0 representa a grande média estimada e o valor indicado dentro das distribuições são os desvios dessa grande média por ID.

A Figura 8 mostra a contribuição dos IDs no TM, medido milissegundos (ms), sendo o TM médio igual a 543 ms. Os valores médios e o IC do TM de cada ID estão representados na própria Figura 8.

Com relação aos diferentes IDs da tarefa, pode-se observar que ao aumentar o ID, o TM aumenta até o ID3, permanecendo, praticamente com o mesmo valor no ID4. No ID1 o TM equivale a 508 ms, no ID2 a 535 ms, no ID3 a 564 ms e no ID4 a 565 ms.

4.2 ERRO RADIAL

4.2.1 Obesas

A análise descritiva da média do ER das OB, de acordo com o ID da tarefa, é apresentada no segundo painel da Figura 3. De acordo com o ER, é possível observar que a posição corporal sentado apresenta maior erro em todos os IDs em comparação com a posição em pé. Além disso, na posição sentado, o ER diminui do ID1 até o ID3 e aumenta no ID4. Enquanto isso, na posição em pé, o erro permanece praticamente o mesmo até o ID3 mas aumenta no ID4. Todavia, esperava-se que o ER aumentasse linearmente com o aumento do ID e que os maiores índices fossem encontrados na posição em pé.

Da mesma forma como foi feito para o TM, a análise inferencial para o ER do grupo OB foi realizada por meio de uma regressão linear bayesiana. Os modelos gerados (Figura 9), representam a quantidade de evidência de cada um em relação ao modelo nulo (participantes). Apenas o último modelo (ID e participantes) apresentou evidência a favor da H_0 , com Bayes factor indicando ser $2,13 \pm 0,68\%$ mais provável a ocorrência de H_0 em relação a H_1 , valor considerado como evidência fraca e inconclusiva (Quadro 1), impossibilitando fazer qualquer inferência imediata sobre o efeito do ID no ER do grupo OB na tarefa deste estudo. Todos os outros modelos foram a favor da H_1 .

Figura 9 - Bayes factors dos quatro melhores modelos para o ER do grupo OB, com ID, posição corporal e a interação dessas como variáveis preditoras. Cada barra representa a evidência relativa do modelo em relação ao modelo nulo (i.e. quanto provável é a ocorrência dos dados sob cada modelo, comparado ao modelo nulo) com Bayes factor 1 indicando nenhuma evidência a favor, tanto da hipótese alternativa como da nula.

Na Figura 9, a comparação do ajuste dos dados sob os modelos com as combinações das variáveis preditoras ID, posição corporal e a interação dessas duas, revelou que o modelo com posição corporal e participantes é o mais provável de ocorrer, indicando que um efeito de posição corporal é $34.147,67 \pm 1,6\%$ mais provável do que a ausência desse efeito sobre o ER do grupo OB. Esse valor, Bayes factor do modelo, é classificado como evidência extrema (Quadro 1) para efeitos da posição corporal no ER da população OB na tarefa deste estudo. Porém, como o fator de evidência dos dois próximos modelos também é alto, acima de 100 vezes, foi realizada uma comparação entre os Bayes factors desses modelos a fim de verificar a probabilidade de um modelo sob o outro.

Dividindo o Bayes factor do primeiro modelo (posição corporal e participantes), pelo o do segundo (ID, posição corporal e participantes), obtém-se $1,93 \pm 2,49\%$, valor considerado como evidência fraca e inconclusiva (Quadro 1) de ocorrência do primeiro modelo sobre o segundo. Tomados em conjunto, a baixa evidência de diferença entre os modelos e o maior valor teórico do segundo modelo para este trabalho, o mesmo foi selecionado para obtenção das distribuições posteriores. Vale destacar que uma segunda comparação foi realizada para verificar se o terceiro modelo, com a interação entre ID e posição corporal, poderia ser selecionado, dado que seria o modelo com maior valor teórico para este estudo. Se o valor dessa comparação fosse baixo, seria oportuno escolhê-lo, porém, o valor da comparação dos modelos foi de $19,31 \pm 2,5\%$, caracterizando uma evidência forte (Quadro 1) de ocorrência do segundo modelo sobre o terceiro.

Com isso, para examinar o efeito principal do ID e da posição corporal do modelo selecionado (ID, posição corporal e participantes), foi utilizada a função 'posterior' (pacote BayesFactor). A Figura 10 apresenta a estimativa da contribuição dessas duas variáveis no ER.

Figura 10 - Distribuição posterior para o ER do grupo OB com as contribuições do ID (primeiro painel) e da posição corporal (segundo painel). No eixo x, o valor 0 representa a grande média estimada e o valor indicado dentro das distribuições são os desvios dessa grande média por ID (primeiro painel) e posição corporal (segundo painel).

A Figura 10 mostra as contribuições dos IDs e das posições corporais no ER que foi medido em milímetros (mm), sendo o ER médio igual a 14,34 mm. Os valores médios e o IC do ER de cada ID estão representados na própria Figura 10.

Com relação aos diferentes IDs da tarefa, pode-se observar que ao aumentar o ID, o ER diminui do ID1 (15,00 mm) até o ID3 (12,98 mm) e depois aumenta no ID4 (15,03 mm), retornando a um valor próximo do obtido no ID1. No que se refere à

posição corporal, realizar a tarefa sentado aumenta o ER nessa tarefa, em relação à posição em pé (ER sentado: 15,60 mm, ER em pé: 13,08 mm).

4.2.2 Eutróficas

A análise descritiva da média do ER do grupo EU, de acordo com o ID da tarefa, é apresentada no segundo painel da Figura 6. É possível observar que o ID e a posição corporal não modificam o ER dessa população, ou seja, o erro permanece praticamente igual em todos os IDs da tarefa e nas duas posições corporais, sendo o erro médio de 14,17 mm. Todavia, era esperado que o ER aumentasse linearmente com o aumento do ID e que realizar a tarefa em pé no maior ID apresentasse maior ER.

Da mesma forma como foi feito para o grupo OB, a análise inferencial para o ER do grupo EU foi realizada por meio de uma regressão linear bayesiana. Os modelos gerados (Figura 11), representam a quantidade de evidência de cada um em relação ao modelo nulo (participantes). Todos os modelos apresentaram evidência a favor da H_0 .

Figura 11 - Bayes factors dos quatro melhores modelos para o ER do grupo EU, com ID, posição corporal e a interação dessas como variáveis preditoras. Cada barra representa a evidência relativa do modelo em relação ao modelo nulo (i.e. quão provável é a ocorrência dos dados sob cada modelo, comparado ao modelo nulo) com Bayes factor 1 indicando nenhuma evidência a favor, tanto da hipótese alternativa como da nula.

Na Figura 11, a comparação do ajuste dos dados sob os modelos com as combinações das variáveis ID, posição corporal e a interação dessas duas, revelou que todos os modelos estão a favor da H_0 , ou seja, nenhuma das variáveis analisadas afetam o desempenho da população EU nesta tarefa. A fim de mostrar que as variáveis ID e posição corporal não afetam o desempenho do grupo EU, como fazem para o grupo OB, verificou-se a força da evidência do modelo com ID, posição corporal e participantes. O valor obtido foi de $770,72 \pm 1,41\%$, ou seja, uma probabilidade 770 vezes maior de ausência desse efeito sobre o ER do grupo EU. Esse valor, Bayes factor do modelo, é classificado como evidência extrema (Quadro 1) a favor da H_0 , fornecendo confiança para afirmar que não há efeito dessas variáveis no ER. Dessa maneira, pode-se dizer que para o grupo EU, nem o ID e nem a posição corporal apresentaram contribuições no ER.

4.3 TEMPO DE PREPARAÇÃO

4.3.1 Obesas

A análise descritiva da média do TP do grupo OB, de acordo com o ID da tarefa, é apresentada no terceiro painel da Figura 3. É possível observar que o TP aumenta conforme aumenta o ID da tarefa, mas realizar a tarefa em pé ou sentado, não o altera. Todavia, era esperado que o TP aumentasse linearmente com o aumento do ID, como de fato ocorreu, e que os maiores índices fossem encontrados na posição em pé.

Da mesma forma como foi feito para o TM e o ER, a análise inferencial para o TP do grupo OB foi realizada por meio de uma regressão linear bayesiana. Os modelos gerados (Figura 12), representam a quantidade de evidência de cada um em relação ao modelo nulo (participantes). Apenas o último (posição corporal e participantes) apresentou evidência a favor da H_0 , com Bayes factor de $18,09 \pm 2,28\%$, ou seja, com probabilidade 18 vezes maior de ocorrência de H_0 do que de H_1 , valor considerado como evidência forte (Quadro 1), indicando que a posição corporal não afeta o TP do grupo OB nesta tarefa. Todos os outros modelos foram a favor da H_1 .

Figura 12 - Bayes factors dos quatro melhores modelos para o TP do grupo OB, com ID, posição corporal e a interação dessas como variáveis preditoras. Cada barra representa a evidência relativa do modelo em relação ao modelo nulo (i.e. quão provável é a ocorrência dos dados sob cada modelo, comparado ao modelo nulo) com Bayes factor 1 indicando nenhuma evidência a favor, tanto da hipótese alternativa como da nula.

Na Figura 12, a comparação do ajuste dos dados sob os modelos com as combinações das variáveis preditoras ID, posição corporal e a interação dessas duas, revelou que o modelo com ID e participantes é o mais provável de ocorrer, indicando que um efeito de ID é $36.967,77 \pm 0,61\%$ mais provável do que a ausência desse efeito sobre o TP do grupo OB. Esse valor, Bayes factor do modelo, é classificado como evidência extrema (Quadro 1) para efeitos do ID no TP da população OB na tarefa deste estudo.

O segundo modelo (ID, posição corporal e participantes) também apresenta fator de evidência alto, acima de 100 vezes, entretanto, a variável posição corporal não afeta o TP dessa população, uma vez que tem o seu modelo com evidência forte a favor da H_0 . Com isso, não se faz necessária nenhuma outra comparação, dado que a força dos modelos deriva apenas do ID. Deste modo, esses resultados indicam que apenas o ID gera efeito no TP da população OB nesta tarefa.

Com isso, para examinar o efeito principal do ID do modelo selecionado (ID e participantes), foi utilizada a função 'posterior' (pacote BayesFactor). A Figura 13 apresenta a estimativa da contribuição dessa variável no TP.

Figura 13 - Distribuição posterior para o TP do grupo OB, com a contribuição do ID. No eixo x, o valor 0 representa a grande média estimada e o valor indicado dentro das distribuições são os desvios dessa grande média por ID.

A Figura 13 mostra a contribuição do ID no TP que foi medido em milissegundos (ms), sendo o TP médio igual a 1134 ms. Os valores médios e o IC do TP de cada ID estão representados na própria Figura 13.

Com relação aos diferentes IDs da tarefa, pode-se observar que ao aumentar o ID, o TP aumenta, porém, o maior aumento se dá do ID2 para o ID3. No ID1, o TP médio foi de 1071 ms, no ID2 de 1100 ms, no ID3 de 1173 ms e no ID4 de 1192 ms.

4.3.2 Eutróficas

A análise descritiva da média do TP das EU, de acordo com o ID da tarefa, é apresentada no terceiro painel da Figura 6. É possível observar que o TP aumenta conforme aumenta o ID, além de apresentar indícios de que realizar a tarefa sentado tem maior TP do que ao realizar a tarefa em pé. Todavia, era esperado que o TP aumentasse linearmente com o aumento do ID, como observado, e que realizar a tarefa em pé ou sentada tivesse o mesmo tempo.

Da mesma forma como foi feito para o grupo OB, a análise inferencial para o TP do grupo EU foi realizada por meio de uma regressão linear bayesiana. Os modelos gerados (Figura 14), representam a quantidade de evidência de cada um em relação ao modelo nulo (participantes). Apenas o último modelo (posição corporal e participantes) não apresentou evidências de ocorrência, nem a favor da H_0 e nem da H_1 (Bayes factor = $1,04 \pm 0,94\%$), não sendo possível concluir se há ou não efeito da posição corporal no TP do grupo EU. Todos os outros modelos foram a favor da H_1 .

Figura 14 - Bayes factors dos quatro melhores modelos para o TP do grupo EU, com ID, posição corporal e a interação dessas como variáveis preditoras. Cada barra representa a evidência relativa do modelo em relação ao modelo nulo (i.e. quão provável é a ocorrência dos dados sob cada modelo, comparado ao modelo nulo) com Bayes factor 1 indicando nenhuma evidência a favor, tanto da hipótese alternativa como da nula.

Na Figura 14, a comparação do ajuste dos dados sob os modelos com as combinações das variáveis preditoras ID, posição corporal e a interação dessas duas, revelou que o modelo com ID e participantes é o mais provável de ocorrer, indicando que um efeito de ID é $991.699,7 \pm 7,99\%$ mais provável do que a ausência desse efeito sobre o TP do grupo EU. Esse valor, Bayes factor do modelo, é classificado como evidência extrema (Quadro 1) para efeitos do ID no TP da população EU nesta tarefa.

O segundo modelo (ID, posição corporal e participantes) também apresenta fator de evidência alto, acima de 100 vezes, entretanto, a variável posição corporal não afeta o TP dessa população, uma vez que tem o seu modelo com valor próximo a 1, mostrando que não há nenhuma evidência sobre o efeito da posição corporal no

TP do grupo EU. Com isso, não se faz necessária nenhuma outra comparação, dado que a força dos modelos deriva apenas do ID. Deste modo, esses resultados indicam que apenas o ID gera efeito no TP da população EU nesta tarefa.

Com isso, para examinar o efeito principal do ID do modelo selecionado (ID e participantes), foi utilizada a função ‘posterior’ (pacote BayesFactor). A Figura 15 apresenta a estimativa da contribuição dessa variável no TP.

Figura 15 - Distribuição posterior para o TP do grupo EU, com a contribuição do ID. No eixo x, o valor 0 representa a grande média estimada e o valor indicado dentro das distribuições são os desvios dessa grande média por ID.

A Figura 15 mostra as contribuições dos IDs e das posições corporais no TP que foi medido em milissegundos (ms), sendo o TP médio igual a 1145 ms. Os valores médios e o IC do TP de cada ID estão representados na própria Figura 15.

Com relação aos diferentes IDs da tarefa, pode-se observar que há aumento no TP do ID1 (1066 ms) para o ID2 (1140 ms), mantém um valor semelhante no ID3 (1159 ms) e aumenta no ID4 (1215 ms).

4.4 ACERTOS

Na Figura 16, observa-se, de maneira geral, reduzida quantidade de acertos nos alvos menores, principalmente no alvo de 5 mm de diâmetro, no qual os participantes acertaram, aproximadamente, 25% das tentativas. Em contrapartida, nos alvos maiores, a taxa de acerto é de quase 100%. O desvio padrão de ambos os grupos é elevado, exceto no alvo de 50 mm, o que mostra que a variabilidade entre os participantes é elevada quando a tarefa exige precisão em alvos menores.

Além disso, ambos os grupos se comportam de maneira semelhante, aumentam a quantidade de acertos conforme o tamanho do alvo também aumenta. Para o grupo EU, fazer a tarefa em pé e sentado não afetou a quantidade de acertos, porém para o grupo OB, no alvo de 25 mm de diâmetro, parece que realizar a tarefa em pé facilitou para acertar o alvo, o que corrobora com o dado encontrado no ER, no qual obesos têm menor ER ao realizarem a tarefa em pé.

Figura 16 - Média da quantidade de acertos em cada diâmetro do alvo, para o grupo EU (primeiro painel) e para o grupo OB (segundo painel).

5. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito de duas posições corporais, em pé e sentado, no TM, na precisão e no TP do apontar de obesas e eutróficas. O TM foi utilizado por permitir observar efeitos encontrados por Berrigan et al. (2006a, 2006b, 2008), quais sejam, (1) maior TM dos obesos ao realizarem uma tarefa de apontar em pé em relação a realizá-la sentado, (2) maior TM dos obesos em relação aos eutróficos na posição em pé, nos maiores IDs e (3) maior TM dos eutróficos no maior ID ao realizarem a tarefa em pé. O ER foi usado para investigar se também há efeitos na precisão ao realizar a tarefa em pé e/ou sentado e em diferentes IDs, em ambas as populações. Já o TP foi utilizado para investigar se maiores IDs, para ambos os grupos, e a realização da tarefa em pé, para o grupo OB, implicam algum mecanismo associado ao planejamento da ação motora do alcançar.

Os resultados obtidos para o TM do grupo OB confirmaram a hipótese de que este grupo apresentaria maior TM ao realizar a tarefa do apontar na posição em pé, em relação à posição sentado. Esse resultado pode ser explicado pela maior instabilidade postural do grupo OB (i.e. maior velocidade do CoP) em razão do maior custo atencional necessário à manutenção da postura em pé por esse grupo (BERRIGAN et al., 2006b, 2008; BOUCHER et al., 2015; D'HONDT et al., 2008; MIGNARDOT et al., 2010; SIMONEAU; TEASDALE, 2015; TEASDALE et al., 2007, 2013).

Além disso, foi possível observar que o grupo EU não apresenta nenhuma diferença no TM em função da posição corporal. Esse resultado não corrobora o obtido por Berrigan et al. (2006a), que analisou o TM de pessoas de peso normal em uma tarefa de apontar, nas posições corporais em pé e sentado, e observou aumento do TM na posição em pé quando houve alta demanda de precisão (maior ID). Uma possível explicação para a divergência entre os resultados encontrados no estudo de Berrigan et al. (2006a) e no presente estudo refere-se a diferenças metodológicas, dentre elas, o sexo dos participantes (sexo masculino no estudo de Berrigan et al. (2006a) e feminino no presente estudo) e os procedimentos para obtenção dos dados (com a repetição das tentativas até totalizar 10 acertos no alvo no estudo de Berrigan et al. (2006a) e considerando todas as tentativas realizadas no presente estudo).

Entretanto, futuros estudos são necessários a fim de verificar se a divergência nos efeitos observados foi devida a essas diferenças metodológicas.

Adicionalmente, para ambos os grupos, OB e EU, o TM aumenta conforme aumenta o ID da tarefa. Esse fenômeno é observado nas tarefas de apontar que exigem precisão (BERRIGAN et al., 2006a, 2006b; BOUCHER et al., 2015), corroborando a lei de Fitts, que relaciona TM ao ID da tarefa, na qual um maior ID representa um maior TM. Entretanto, para o grupo EU, o aumento do TM ocorreu apenas do ID1 até o ID3, pois no ID4, o grupo apresentou TM semelhante ao ID anterior. Em outras palavras, para essa população, o ID dos dois últimos alvos não afetou o TM apesar do aumento na dificuldade da tarefa. Entretanto, esse efeito platô nos dois maiores IDs não é encontrado para o grupo OB, indicando uma maior dificuldade desse grupo nesses IDs.

Os resultados obtidos para o ER não confirmaram a hipótese de um pior desempenho (i.e. maior ER) do grupo OB ao realizar a tarefa em pé. Ao contrário, foi observado menor ER nessa posição corporal. Para as participantes do grupo OB, era previsto um efeito principal de posição corporal, ou seja, maiores erros na posição em pé em razão da maior instabilidade postural (i.e. maior velocidade do CoP) por causa do maior custo atencional necessário à manutenção da postura em pé por esse grupo (BERRIGAN et al., 2006b, 2008; BOUCHER et al., 2015; D'HONDT et al., 2008; MIGNARDOT et al., 2010; SIMONEAU; TEASDALE, 2015; TEASDALE et al., 2007, 2013).

Esse dado é contraditório, pois, esperava-se que a posição em pé, por demandar mais recursos atencionais do grupo OB, prejudicasse o desempenho da tarefa, levando a um pior desempenho. Entretanto, agiu como um facilitador, otimizando a realização da tarefa. Uma possível explicação para um melhor desempenho do grupo OB na posição em pé, em relação a posição sentado, diz respeito ao fato de que em pé existem mais graus de liberdade disponíveis para realização da ação motora (e, com isso, mais recursos para atingir a meta da tarefa) do que na posição sentado (D'HONDT et al., 2008; ROSENBAUM, 2009). Ao realizar a tarefa em pé, os participantes podem usufruir dos graus de liberdade do tornozelo, joelho, quadril, ombro e cotovelo (ROSENBAUM, 2009), permitindo que todo seu corpo se desloque em direção ao movimento que deve realizar. Em contrapartida, realizar a tarefa sentado, reduz esses graus de liberdade, restando apenas movimentações do quadril, ombro e cotovelo (ROSENBAUM, 2009), limitando os

recursos disponíveis para a ação do grupo OB nesta tarefa de apontar. Dessa forma, embora o resultado do TM, neste estudo e em estudos anteriores (BERRIGAN et al., 2006a, 2006b, 2008; BOUCHER et al., 2015), indique uma maior dificuldade do grupo OB ao realizar uma tarefa de apontar em pé, o TM sozinho, sem a medida de erro na tarefa nos mostrava um retrato incompleto do fenômeno. Especificamente, para o grupo OB, os resultados do TM e do ER em conjunto indicam que, embora mais tempo seja necessário para realizar a tarefa, ela é realizada com maior precisão na posição em pé, na qual há mais graus de liberdade disponíveis.

Berrigan et al. (2006b), por exemplo, verificou que os participantes obesos utilizaram como recurso, o deslocamento do corpo todo para frente a fim de auxiliar na execução da tarefa, movimento não realizado pelo grupo EU. É possível supor que esse deslocamento do corpo à frente, para auxiliar a realização da tarefa, também ocorreu no presente estudo, beneficiando o grupo OB ao realizar a tarefa em pé. Ainda com relação ao ER, para o grupo OB, foi encontrada redução do ER com o aumento de alguns IDs da tarefa (IDs 1 ao 3), corroborando a hipótese deste estudo, redução do ER ao reduzir o tamanho do alvo.

Uma possível explicação para essa diminuição do ER com o aumento do ID advém de estudos sobre o fornecimento de Conhecimento de Resultado (CR). Drews (2017) faz uma revisão dos tipos de CR estudados na literatura, inclusive sobre o CR com manipulação da faixa de amplitude. O fornecimento desse tipo de CR está relacionado com o alcance ou não de uma faixa de erro predeterminada, i.e. o participante recebe o CR ao não atingir a faixa de erro estabelecida (BARROCAL et al., 2006; SCHMIDT; LEE, 2011; SHERWOOD, 1988). Nas pesquisas manipulando CR fornecido somente quando o aprendiz realiza a tarefa com erro acima de um determinado limite (banda de CR) seu desempenho tende a ser mais variável, em comparação ao CR sobre a quantidade precisa de erro, pois de acordo com Salmoni, Schmidt e Walter (1984), o desempenho em uma tarefa tende a melhorar conforme aumenta a precisão de CR fornecido até um determinado momento, em que o desempenho deixa de melhorar mesmo com o aumento da precisão do CR. Além disso, quanto maior a banda, mais variável o erro, ou seja, pior é o desempenho. No presente estudo, observou-se comportamento similar ao reduzir o tamanho do alvo (aumentar o ID). Especificamente, quanto menor o alvo, melhor era a referência do centro do alvo para o participante e, também, mais preciso era o feedback visual do erro (posição final do cursor em relação ao alvo) ao completar a tarefa. Comparando-

se aos protocolos de banda de CR, quanto menor o alvo, pelo menos entre os IDs 1 e 3, menor a faixa de amplitude (melhor a precisão do CR) e, com isso, melhor o desempenho, corroborando a literatura (SALMONI; SCHMIDT; WALTER, 1984). Adicionalmente do ID3 para o ID4, o grupo OB apresentou aumento do ER (piora no desempenho), fato que também corrobora o estudo de Salmoni, Schmidt e Walter (1984) o qual afirma que o desempenho deixa de melhorar a partir de um determinado ponto de precisão de CR, indicando que mesmo uma informação ainda mais precisa, o desempenho pode não melhorar.

Para o grupo EU, nenhuma diferença com relação ao ER foi encontrada, indo contra a hipótese de que a posição corporal afetaria o desempenho da população eutrófica em um maior grau de demanda de precisão (i.e. maior ID). O ER se manteve constante em todos os IDs, evidenciando diferença entre eutróficas e obesas no que se refere ao efeito do ID na precisão da ação do apontar. Esses resultados, referentes à precisão do movimento em participantes obesas e eutróficas, complementam a literatura sobre o tema. Os estudos de Berrigan et al. (2006a, 2006b, 2008) e Boucher et al. (2015) observaram o TM em uma tarefa de apontar, entretanto não observaram medidas de erro, pois nas tentativas avaliadas houve acerto do alvo – meta da tarefa – de forma que elas eram refeitas caso o participante errasse o alvo. Entretanto, no presente estudo, foram consideradas válidas todas as tentativas, mesmo as que não acertavam o alvo, para poder avaliar a precisão das participantes com relação ao ER.

Através da análise conjunta do TM com o ER é possível observar como velocidade e precisão do movimento se relacionam em cada população. Para o grupo OB, realizar a tarefa em diferentes posições corporais, trouxe diferentes resultados. Sentadas, as participantes obesas apresentaram menor TM e maior ER com relação a posição em pé, respectivamente, devido a estabilidade postural reduzida do grupo OB ao ficarem em pé (BERRIGAN et al., 2006b, 2008; BOUCHER et al., 2015; D'HONDT et al., 2008; MIGNARDOT et al., 2010; SIMONEAU; TEASDALE, 2015; TEASDALE et al., 2007, 2013) e à menor disponibilidade de graus de liberdade para realizar o movimento sentado (D'HONDT et al., 2008; ROSENBAUM, 2009). Ao ficar em pé, o grupo OB obteve menor ER nessa posição corporal, indicando que executar a tarefa em uma velocidade menor e com mais graus de liberdade, favorece a precisão da mesma. Além disso, ainda para o grupo OB, aumentar o ID da tarefa fez com que as participantes tivessem maior TM e menor ER, exceto para o ID4, no qual apesar do TM apresentar o maior índice dentre os IDs, o ER teve valor semelhante ao do ID1

(maior erro). O maior TM e menor ER encontrados com o aumento do ID da tarefa foram resultados esperados, em razão da Lei de Fitts que prevê a troca de velocidade por precisão na tarefa.

Para o grupo EU, apesar do TM aumentar com o ID da tarefa, o ER é o mesmo, ou seja, a precisão não muda, o que sugere que as participantes eutróficas também trocaram velocidade por precisão para conseguirem manter o mesmo nível de precisão mesmo em alvos com maior ID.

Além dessas duas medidas de desempenho, o TP foi utilizado para investigar se a obesidade e a realização da tarefa em pé implicam algum mecanismo associado ao planejamento da ação motora do alcançar. Esperávamos observar aumento do TP com o aumento do ID da tarefa em ambos os grupos, além de um maior TP para o grupo OB na tarefa realizada em pé em razão da reduzida estabilidade postural desse grupo nessa posição corporal (BERRIGAN et al., 2006b, 2008; BOUCHER et al., 2015; D'HONDT et al., 2008; MIGNARDOT et al., 2010; SIMONEAU; TEASDALE, 2015; TEASDALE et al., 2007, 2013). Vale ressaltar que no presente estudo, não foi fornecida instrução sobre iniciar o movimento o mais rápido possível, ou seja, não houve restrição temporal.

Para ambos os grupos, foi encontrado aumento do TP com o aumento do ID da tarefa. Esse resultado corrobora a hipótese formulada, dado que ao planejar uma ação motora, informações sobre a tarefa e o membro a ser usado devem ser integradas antes que um programa motor seja formulado com o propósito de gerar o movimento desse membro (HOSHI; TANJI, 2000; REUTER; BEHRENS; ZSCHORLICH, 2015). Nesse caso, com o aumento da demanda de precisão da tarefa, (e.g. redução do tamanho do alvo), aumenta o TP (FITTS; PETERSON, 1964). Adicionalmente, esperava-se encontrar maior TP no grupo OB ao realizarem a tarefa em pé, porém, isso não foi confirmado pelos resultados. As participantes obesas apresentaram o mesmo TP em ambas as posições corporais, mostrando que a posição corporal não interfere no planejamento da ação motora do apontar. Dessa forma, se a obesidade implica em maior instabilidade postural em razão do maior custo atencional necessário à manutenção da postura em pé (BERRIGAN et al., 2006b, 2008; BOUCHER et al., 2015; D'HONDT et al., 2008; MIGNARDOT et al., 2010; SIMONEAU; TEASDALE, 2015; TEASDALE et al., 2007, 2013), esse mesmo custo não afeta o planejamento da ação motora. Em outras palavras, a literatura que versa sobre obesidade e comportamento motor tem apresentado evidências de que a obesidade parece

causar, centralmente, um prejuízo ao controle de movimentos em obesos (BERRIGAN et al., 2006b, 2008; D'HONDT et al., 2008; TEASDALE et al., 2013). Entretanto, sejam quais forem os mecanismos afetados, aqueles associados ao planejamento da ação motora não parecem estar implicados. O grupo EU também não apresentou nenhuma diferença no TP ao realizar a tarefa em pé ou sentado, corroborando a hipótese proposta.

Por fim, ao observar os resultados da média dos acertos, medida utilizada a fim de complementar os resultados e adicionar informação em relação a estudos anteriores, ambos os grupos apresentaram o mesmo padrão, com mais acertos (aproximadamente 100% das tentativas) nos maiores alvos e menos acertos, nos menores (com menos de 50% das tentativas corretas). Obesas e eutróficas aumentaram o TM com o aumento do ID em busca de maior precisão, porém essa troca, de velocidade por precisão, não melhorou o número de acertos. Dessa forma, esse resultado permite concluir que, utilizando somente os acertos e erros ao alvo, apesar dos grupos se comportarem de maneira distinta ao executar a tarefa (conforme mostrou a medida de ER), o desempenho de ambos seria considerado similar, dado que acertam os alvos na mesma proporção.

6. CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo permitem concluir que há efeitos da posição corporal no TM e na precisão do apontar de obesas. O grupo OB, ao realizar a tarefa em pé, apresentou maior TM e menor ER ao executar a tarefa em pé. Já o grupo EU não apresentou nenhum efeito de posição corporal nessas medidas, indicando que realizar a tarefa em pé e/ou sentado não afeta o TM e o ER do apontar de eutróficas. Adicionalmente, nenhum dos grupos apresentou efeito da posição corporal no TP, que permaneceu com a mesma magnitude em ambas as posições. Por último, a taxa de acertos ao alvo parece ser a mesma nas diferentes posições corporais e nos dois grupos, indicando que obesas e eutróficas acertam na mesma proporção, independentemente da posição corporal.

REFERÊNCIAS

ABESO (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O ESTUDO DA OBESIDADE E DA SÍNDROME METABÓLICA). **Diretrizes brasileiras de obesidade**. Disponível em: <http://www.abeso.org.br/pdf/diretrizes_brasileiras_obesidade_2009_2010_1.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2017.

BARROCAL, R. M. et al. Faixa de amplitude de conhecimento de resultados e processo adaptativo na aquisição de controle da força manual. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 20, n. 2, p. 111–119, 1 jun. 2006.

BERRIGAN, F. et al. Coordination between posture and movement: interaction between postural and accuracy constraints. **Experimental Brain Research**, v. 170, n. 2, p. 255–264, 1 abr. 2006a.

BERRIGAN, F. et al. Influence of obesity on accurate and rapid arm movement performed from a standing posture. **International Journal of Obesity**, v. 30, n. 12, p. 1750–1757, 18 abr. 2006b.

BERRIGAN, F. et al. Obesity Adds Constraint on Balance Control and Movement Performance. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, v. 52, n. 19, p. 1364–1368, 1 set. 2008.

BOUCHER, F. et al. Childhood obesity affects postural control and aiming performance during an upper limb movement. **Gait & Posture**, v. 42, n. 2, p. 116–121, jul. 2015.

DEL PORTO, H. et al. Biomechanical Effects of Obesity on Balance. **International Journal of Exercise Science**, v. 5, n. 4, 22 out. 2012.

D'HONDT, E. et al. Childhood obesity affects fine motor skill performance under different postural constraints. **Neuroscience Letters**, v. 440, n. 1, p. 72–75, 25 jul. 2008.

DREWS, R. **Efeitos de diferentes frequências de feedback autocontrolado na aprendizagem de uma tarefa de timing coincidente**. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 28 jul. 2017.

FINKELSTEIN, E. A. et al. The Relationship Between Obesity and Injuries among U.S. Adults. **American Journal of Health Promotion**, v. 21, n. 5, p. 460–468, 5 jun. 2007.

FITTS, P. M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. **Journal of experimental psychology**, v. 47, n. 6, p. 381, 1954.

FITTS, P. M.; PETERSON, J. R. Information capacity of discrete motor responses. **Journal of Experimental Psychology**, v. 67, n. 2, p. 103–112, 1964.

FJELDSTAD, C. et al. The influence of obesity on falls and quality of life. **Dynamic Medicine**, v. 7, p. 4, 27 fev. 2008.

GRAVANTE, G. et al. Comparison of ground reaction forces between obese and control young adults during quiet standing on a baropodometric platform. **Clinical Biomechanics**, v. 18, n. 8, p. 780–782, out. 2003.

GREVE, J. et al. Correlation between body mass index and postural balance. **Clinics**, v. 62, n. 6, p. 717–720, 2007.

HORAK, F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? **Age and Ageing**, v. 35, n. suppl_2, p. ii7–ii11, 1 set. 2006.

HORAK, F. B.; MACPHERSON, J. M. Postural Orientation and Equilibrium. In: **Comprehensive Physiology**. [s.l.] John Wiley & Sons, Inc., 2010.

HOSHI, E.; TANJI, J. Integration of target and body-part information in the premotor cortex when planning action. **Nature**, v. 408, n. 6811, p. 466–470, nov. 2000.

HUE, O. et al. Body weight is a strong predictor of postural stability. **Gait & Posture**, v. 26, n. 1, p. 32–38, jun. 2007.

JEFFREYS, H. **The Theory of Probability**. 3rd. ed. Oxford, UK: Oxford University Press, 1961.

KLEINER, M. et al. What's new in Psychtoolbox-3. **Perception**, v. 36, n. 14, p. 1, 2007.

KOUVONEN, A. et al. Obesity and Occupational Injury: A Prospective Cohort Study of 69,515 Public Sector Employees. **PLOS ONE**, v. 8, n. 10, p. e77178, 16 out. 2013.

KRUSCHKE, J. K.; LIDDELL, T. M. The Bayesian New Statistics: Hypothesis testing, estimation, meta-analysis, and power analysis from a Bayesian perspective. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 25, n. 1, p. 178–206, 1 fev. 2018.

KU, P. X. et al. Biomechanical evaluation of the relationship between postural control and body mass index. **Journal of Biomechanics**, v. 45, n. 9, p. 1638–1642, jun. 2012.

LATASH, M. L. **Fundamentals of Motor Control**. 1^a ed. [s.l.] Academic Press Elsevier, 2012.

LEE, M. D.; WAGENMAKERS, E.-J. **Bayesian Cognitive Modeling: A Practical Course**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

MAGILL, R. A. **Motor Learning and Control: Concepts and Applications**. 8^a ed. [s.l.] McGraw-Hill, 2007.

MCGRAW, B. et al. Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 81, n. 4, p. 484–489, abr. 2000.

MIGNARDOT, J.-B. et al. Obesity Impact on the Attentional Cost for Controlling Posture. **PLoS ONE**, v. 5, n. 12, p. e14387, 20 dez. 2010.

MIGNARDOT, J.-B. et al. Origins of Balance Disorders during a Daily Living Movement in Obese: Can Biomechanical Factors Explain Everything? **PLoS ONE**, v. 8, n. 4, p. e60491, 3 abr. 2013.

MOREY, R. D. et al. The fallacy of placing confidence in confidence intervals. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 23, n. 1, p. 103–123, fev. 2016.

MOREY, R. D., ROUDER, J. N.; JAMIL, T. (2015). **BayesFactor: Computation of Bayes Factors for Common Designs (Version 0.9.12-2)**. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/BayesFactor/index.html>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

OWUSU, W. et al. Body Anthropometry and the Risk of Hip and Wrist Fractures in Men: Results from a Prospective Study. **Obesity Research**, v. 6, n. 1, p. 12–19, 1 jan. 1998.

REUTER, E.-M.; BEHRENS, M.; ZSCHORLICH, V. R. Age-related differences in corticomotor facilitation indicate dedifferentiation in motor planning. **Experimental Gerontology**, v. 65, p. 79–84, maio 2015.

ROSENBAUM, D. A. **Human Motor Control**. 2ª ed. [s.l.] Academic Press Elsevier, 2009.

ROUDER, J. N. et al. Default Bayes factors for ANOVA designs. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 56, n. 5, p. 356–374, 1 out. 2012.

SALMONI, A. W.; SCHMIDT, R. A.; WALTER, C. B. Knowledge of Results and Motor Learning: A Review and Critical Reappraisal. **Psychological Bulletin**, v. 95, n. 3, p. 355–386, 1984.

SCHMIDT, R. A.; LEE, T. D. **Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis**. 5ª ed. [s.l.] Royal Victorian Institute for the Blind. Tertiary Resource Service, 2011.

SHERWOOD, D. E. Effect of Bandwidth Knowledge of Results on Movement Consistency. **Perceptual and Motor Skills**, v. 66, n. 2, p. 535–542, abr. 1988.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. **Motor Control: Translating Research Into Clinical Practice**. [s.l.] Lippincott Williams & Wilkins, 2007.

SIMONEAU, M.; TEASDALE, N. Balance control impairment in obese individuals is caused by larger balance motor commands variability. **Gait & Posture**, v. 41, n. 1, p. 203–208, jan. 2015.

TEASDALE, N. et al. Reducing weight increases postural stability in obese and morbid obese men. **International Journal of Obesity**, v. 31, n. 1, p. 153–160, 2007.

TEASDALE, N. et al. Obesity Alters Balance and Movement Control. **Current Obesity Reports**, v. 2, n. 3, p. 235–240, set. 2013.

TRESILIAN, J. **Sensorimotor Control and Learning: An Introduction to the Behavioral Neuroscience of Action**. 1ª ed. [s.l.] Palgrave Macmillan, 2012.

Vigitel. Disponível em: <Portal da Saúde – Ministério da Saúde – www.saude.gov.br>. Acesso em: 28 jun. 2018.

WAGENMAKERS, E.-J. et al. Bayesian inference for psychology. Part II: Example applications with JASP. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 25, n. 1, p. 58–76, 2018.

WHO | Obesity and overweight. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). **Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic.** Geneva: World Health Organization, 2000.

WINTER, D. A. Human balance and posture control during standing and walking. **Gait & posture**, v. 3, n. 4, p. 193–214, 1995.

WINTER, D. A. et al. Stiffness control of balance in quiet standing. **Journal of neurophysiology**, v. 80, n. 3, p. 1211–1221, 1998.

WINTER, D. A.; PATLA, A. E.; FRANK, J. S. Assessment of balance control in humans. **Med prog technol**, v. 16, n. 1–2, p. 31–51, 1990.

ANEXOS

Anexo I - Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. DADOS DO INDIVÍDUO

Nome completo _____

Sexo ☐ Masculino
☐ Feminino

RG _____

Data de nascimento _____

Endereço completo _____

CEP _____

Fone _____

e-mail _____

2. RESPONSÁVEL LEGAL

Nome completo _____

Natureza (grau de parentesco, tutor, curador, etc.) _____

Sexo ☐ Masculino
☐ Feminino

RG _____

Data de nascimento _____

Endereço completo _____

CEP _____

Fone _____

e-mail _____

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. Título do Projeto de Pesquisa

Elaboração de estratégias de aprendizagem e aprendizagem motora autocontrolada em adultos obesos

2. Pesquisador Responsável

Flavio Henrique Bastos

3. Cargo/Função

Professor Doutor

4. Avaliação do risco da pesquisa:

☒ RISCO MÍNIMO ☐ RISCO BAIXO ☐ RISCO MÉDIO ☐ RISCO MAIOR
 (probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

5. Duração da Pesquisa

Dois anos

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, DE FORMA CLARA E SIMPLES, CONSIGNANDO:

Você irá praticar uma tarefa que consiste em deslocar uma caneta de um ponto inicial para um ponto final (alvo) o mais rápido e precisamente possível. Antes do início dessa prática, serão medidos seu peso e altura, e a largura do seu tronco, cintura e quadril. Não será oferecida recompensa financeira por sua participação.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

1. Você terá acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas;
2. Você terá liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência;
3. Você terá salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade; e
4. Você terá disponibilidade de assistência no HU ou HCFMUSP, por eventuais danos à saúde, decorrentes da pesquisa.

V - INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.**VI. - OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES****VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO**

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo, ____/____/____

assinatura do sujeito da pesquisa
ou responsável legal

assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome legível)