

**AMANDA ARIANE AZEVEDO COSTA  
SUELLEN OLIVEIRA FONTAN MULTARI**

**INFLUÊNCIA DOS FATORES GEOMÉTRICOS E DINÂMICOS  
NA CAPACIDADE DE ALCANCE DE INDIVÍDUOS JOVENS  
SAUDÁVEIS**

**Belo Horizonte  
Universidade Federal de Minas Gerais  
2012**

**AMANDA ARIANE AZEVEDO COSTA  
SUELLEN OLIVEIRA FONTAN MULTARI**

**INFLUÊNCIA DOS FATORES GEOMÉTRICOS E DINÂMICOS  
NA CAPACIDADE DE ALCANCE DE INDIVÍDUOS JOVENS  
SAUDÁVEIS**

Monografia apresentada ao Colegiado do  
Curso de Graduação em Fisioterapia da  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e  
Terapia Ocupacional da Universidade  
Federal de Minas Gerais, como requisito  
parcial à obtenção do título de Bacharel  
em Fisioterapia

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Paula Lanna  
Pereira da Silva

Co-orientadora: Mestranda Bruna Silva  
Avelar

**Belo Horizonte  
Universidade Federal de Minas Gerais  
2012**

## RESUMO

O alcance está presente em diversas atividades de vida diária e seu conceito gira em torno de uma ideia central: o posicionamento voluntário da mão no espaço, em direção a um local ou objeto. Diversos fatores possivelmente influenciam o alcance, podendo assim modificar o desempenho desta atividade frente às demandas de controle postural impostas. Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi investigar a influência de fatores que afetam a relação geométrica de um indivíduo com o alvo (comprimento de um objeto seguro na mão que deve tocar o alvo) e de fatores que afetam a dinâmica da execução do alcance (massa de objetos que devem tocar o alvo e estabilidade da superfície de apoio) na capacidade de alcance. Quatorze indivíduos realizaram duas tarefas de alcance. Para cada tarefa foram utilizadas hastes com diferentes massas (50g e 755g) e comprimentos (40 cm e 80 cm) como utensílio auxiliar para o alcance. A superfície de apoio foi também manipulada (solo e disco de equilíbrio) para cada uma das tarefas. Na Tarefa 1, o participante com os pés fixos, foi solicitado a segurar uma haste na mão e realizar um alcance de forma confortável em direção a um alvo. Na Tarefa 2, o participante foi solicitado a realizar o alcance nas mesmas condições, porém em uma distância máxima. As variáveis dependentes foram: (1) distância alcançada com conforto ( $D_{conf}$ ), computada pela média das três medidas reportadas com cada haste em cada uma das superfícies e (2) distância máxima alcançada ( $D_{máx}$ ), computada pelo maior valor alcançado dentre as três tentativas com cada haste e, também, em cada uma das superfícies. A análise de variância demonstrou para ambas as tarefas um efeito significativo do comprimento das hastes ( $p < 0,0001$ ), da massa das hastes ( $p < 0,005$ ) e da superfície de apoio ( $p < 0,0001$ ). Não foi observada nenhuma interação significativa para nenhuma das tarefas ( $p > 0,1$ ). Os resultados sugerem que os fatores geométricos, bem como os fatores dinâmicos, afetam expressivamente a capacidade de alcance e devem ser considerados em programas de reabilitação que visam aperfeiçoar o desempenho nesta atividade.

**Palavras-chave:** Alcance. Capacidade de alcance. Controle postural. Fatores geométricos. Fatores dinâmicos.

## SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	5
2- MATERIAIS E MÉTODO .....	10
2.1 – Amostra .....	10
2.2 – Instrumentação.....	10
2.3 - Procedimentos .....	12
2.3.1- Tarefa 1 .....	12
2.3.2- Tarefa 2 .....	13
2.4 - Redução dos dados .....	14
2.5 - Análise Estatística .....	14
3- RESULTADOS .....	15
4 – DISCUSSÃO .....	19
5- CONCLUSÃO .....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	24
APÊNDICE.....	26
ANEXO .....	27

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre as possibilidades de ação dos membros superiores, destaca-se a capacidade humana para o alcance (CARR & SHEPHERD, 2008). O alcance está presente em diversas atividades de vida diária tais como limpeza, higiene pessoal, alimentação, transferências e vestuário (MCCREA, ENG & HODGSON, 2002). Existe uma gama expressiva de definições na literatura para o conceito de alcance, embora todas girem em torno de uma ideia central: o posicionamento voluntário da mão no espaço em direção a um local ou objeto específico (CARR & SHEPHERD, 2008; LIMA, NASCIMENTO & SALMELA, 2010; MCCREA, ENG & HODGSON, 2002; CHOI & MARK, 2004). Diversos fatores possivelmente influenciam o deslocamento voluntário da mão em direção ao alvo pretendido, podendo assim modificar a capacidade de alcance dos indivíduos frente às demandas de controle postural imposta pelos mesmos. Neste contexto, o foco do presente estudo foi identificar alguns destes fatores e avaliar a natureza dos seus efeitos na capacidade de alcance.

O alcance é um desfecho com grande relevância nas atividades de vida diária. Qualquer alteração na capacidade dos indivíduos em realizar esta tarefa pode ser impactante para a sua funcionalidade (LIMA, NASCIMENTO & SALMELA, 2010; MCCREA, ENG & HODGSON, 2002; MICHAELSEN, DANNEBAUM & LEVIN, 2006; NORRIS & MEDLEY, 2011). Essa constatação faz com que o alcance se torne um tópico de grande interesse nos estudos da área de reabilitação. Esta atividade vem sendo amplamente investigada em várias populações, como em crianças, em idosos e em populações com condições de saúde específicas (e.g. pós-acidente vascular encefálico). Em estudos cuja população alvo são lactentes, o alcance é descrito como uma atividade primordial para o desenvolvimento motor, sensorial, cognitivo e emocional, sendo considerado uma importante aquisição por volta do quarto mês de vida (CARVALHO, 2004; ROCHA, 2006; CARVALHO, TUDELLA & SAVESLSBERGH, 2007). Carvalho (2004), por exemplo, observou que o lactente melhora sua capacidade de alcançar objetos principalmente após assumir a postura sentada, que emerge quando o lactente adquire maior estabilidade da pelve, do tronco e da cabeça. Essa postura possibilita aos lactentes alcançarem objetos no ambiente que antes não eram alcançáveis. Dessa forma, podemos inferir

que a estabilidade postural advinda do controle de pelve, tronco e cabeça, e conseqüentemente, a habilidade do indivíduo em manter seu centro de massa dentro da base de suporte quando eleva o braço para alcançar, pode ser um dos requisitos que influenciam diretamente na sua capacidade de alcance (THELEN & SPENCER, 1998).

Apesar de estudos com lactentes enfatizarem a importância da estabilidade do tronco na atividade do alcance, estudos clássicos com indivíduos pós-acidente vascular encefálico, tendem a avaliar o alcance apenas pela a movimentação do membro superior (RAIMUNDO *et al.*, 2011; CHOI *et al.*, 2011; MICHAELSEN, DANNEMBAUM & LEVIN, 2006; PRANGE *et al.*, 2010). Um exemplo típico de metodologia em estudos com essa população envolve avaliar o desempenho do alcance de objetos a diferentes distâncias na posição sentada e com o tronco restrito (MICHAELSEN, DANNEMBAUM & LEVIN, 2006). Os autores de tais estudos preconizam que, o desempenho adequado para alcançar alvos no ambiente que estejam a uma distância inferior ou equivalente a distância do acrômio ao dedo indicador (comprimento do braço), envolve apenas as articulações do ombro, cotovelo e punho. Essa é a justificativa usada para se restringir o tronco, na tentativa de estudar o padrão de alcance considerado “normal” ou “típico”. No entanto, estes autores não consideram que estender completamente o braço, de forma atingir o limite máximo do que seria alcançável com movimento apenas deste membro, possa ser desafiador para estes indivíduos, devido ao torque desestabilizador que esse padrão de movimento poderia causar. É possível que os participantes utilizem o deslocamento do tronco exatamente para não atingirem seu limite máximo de extensão do membro superior, o que poderia gerar perturbações posturais e, possivelmente, prejudicar seu desempenho na realização da atividade. Portanto, estes autores parecem não considerar a estabilidade postural como um dos fatores relevantes para o desempenho do alcance, de forma a reduzir a complexidade e a demanda desta tarefa apenas à movimentação “adequada” do membro superior.

Embora a movimentação do membro superior seja primordial para atividade do alcance, é possível que todo o corpo esteja envolvido nesta atividade, especialmente quando ela é realizada em ortostatismo e com os pés fixos no chão. Tomemos como exemplo uma tentativa de alcance realizada sob uma superfície instável como colchão ou terreno irregular. As oscilações advindas deste tipo de superfície

demandam do indivíduo maiores ajustes para conseguir manter o seu centro de massa dentro da base de suporte. Tais ajustes são importantes para garantir a estabilidade necessária na realização do alcance (AHMED & WOLPERT, 1992). Possivelmente, a demanda de estabilização imposta pela superfície poderá reduzir a capacidade de alcance do indivíduo (RICCIO & STOFFERGEN, 1988). Nesse contexto, o indivíduo deve ser capaz de deslocar-se em direção ao alvo pretendido utilizando somente a flexão de tronco e o movimento de estender o membro superior, mantendo sempre os pés fixos na superfície de apoio e, ao mesmo tempo, lidar com as demandas desestabilizadoras de forma eficaz, para que a atividade do alcance não culmine em queda, por exemplo.

Outros fatores que podem influenciar a capacidade de alcance dos indivíduos são a massa de objetos seguros nas mãos durante a realização da atividade (e.g. colocar um objeto em um armário). Espera-se que indivíduos com objetos de maior massa tenham sua capacidade de alcance alterada devido a maior demanda imposta ao sistema, tendo em vista que tal objeto levará a uma maior anteriorização do centro de massa, o que provavelmente irá perturbar sua estabilidade postural (BONGERS, SMITSMAN & MICHAELIS, 2003; 2004). Dessa forma, assim como para superfície instável, um objeto seguro nas mãos no momento do alcance, pode demandar ajustes posturais do indivíduo de acordo com suas propriedades. O indivíduo, portanto, também deve ser capaz de lidar com as demandas da tarefa, imposta por esses fatores, de forma a manter a estabilidade corporal para a realização do alcance com segurança.

Assim como a massa, o comprimento de objetos também é uma propriedade que pode influenciar na execução do alcance. Objetos seguros nas mãos podem também potencializar a capacidade de alcance. Por exemplo, uma ferramenta poderia alongar o comprimento do seu braço e facilitar o alcance de um objeto localizado a uma determinada altura. É possível, no entanto, que o potencial ganho em desempenho associado ao comprimento da ferramenta de auxílio, seja moderado pela capacidade do indivíduo para lidar com a maior demanda postural imposta pelo deslocamento anterior do centro de massa gerado por esta ferramenta, particularmente se a mesma tiver maior massa. Da mesma forma, mediante a uma condição de menor estabilidade postural (e.g. superfície instável), os ganhos que poderiam ser obtidos com o comprimento da ferramenta podem ser menores devido

a maior demanda de estabilidade. Assim, o desempenho do alcance seria resultado da interação de diversos fatores presentes em situações do dia-a-dia em que o alcance é realizado.

O entendimento da influência de fatores, como o comprimento de ferramentas de auxílio, e como a massa de objetos e a estabilidade da superfície de apoio no desempenho do alcance, pode ser de extrema importância para os profissionais da reabilitação. Estes fatores podem ser manipulados gradativamente de para aumentar as demandas da tarefa, treinando o indivíduo a lidar com as mesmas com o objetivo de melhorar seu desempenho em contextos reais. Estes fatores podem também ser utilizados para criar utensílios de auxílio quando a capacidade do indivíduo estiver limitada de forma mais permanente. Mediante a esse contexto, o objetivo desse estudo foi investigar a influência de um fator geométrico (comprimento de hastes utilizadas como ferramenta auxiliar para o alcance) e de fatores dinâmicos (massa das hastes e estabilidade da superfície de apoio) no desempenho do alcance em adultos jovens saudáveis. Mais especificamente, o objetivo foi avaliar de que forma (com qual magnitude) esses fatores (massa das hastes, comprimento das hastes, superfície de apoio) afetam a capacidade de alcance em condições de conforto (alcances próximos do corpo, pouco desafiantes, que requerem pouca demanda de estabilidade) e em condições de alcance máximo (alcances distantes do corpo, em situações que aproximam do limite de estabilidade). O alcance confortável foi considerado como o que mais se aproxima das atividades de vida diária, pois nas situações cotidianas os indivíduos geralmente se aproximam ao máximo do alvo para alcançá-lo com um menor dispêndio de energia. No entanto, existem algumas situações em que barreiras podem dificultar a proximidade do alvo e, por isso, o alcance máximo é exigido.

O presente estudo conta com duas hipóteses principais. A primeira hipótese é que tanto o fator geométrico (comprimento das hastes) quanto os fatores dinâmicos (massa das hastes e superfície de apoio) afetam a capacidade de alcance confortável e máximo do indivíduo, de forma que quanto menor o comprimento e maior a massa das hastes menor será a capacidade de alcance. Além disso, quanto mais instável a superfície de apoio, menor também será a capacidade de alcance. A segunda hipótese do nosso estudo é que há interações entre os fatores geométricos e dinâmicos tanto no alcance confortável quanto no alcance máximo. Tais interações se comportariam da seguinte forma: (1) comprimento x massa (maior



efeito da massa da haste no desempenho quando hastes de maior comprimento forem utilizadas); (2) superfície de apoio x comprimento (maior efeito da superfície de apoio no desempenho quando hastes de maior comprimento forem utilizadas); (3) massa x superfície de apoio (maior efeito da superfície de apoio instável quando as hastes de maior massa forem utilizadas).

## 2 MATERIAIS E MÉTODO

### 2.1 Amostra

Participaram do estudo 14 indivíduos (3 homens e 11 mulheres), com idade entre 18 e 35 anos (média da idade foi de 21,5 - DP = 1,95).

Os participantes foram recrutados, voluntariamente, por meio de cartazes afixados na quadra e nos corredores da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG. Os critérios de inclusão para participação no projeto foram: não apresentar dor ou histórico prévio de lesão musculoesquelética e não apresentar incapacidades para permanecer na posição ortostática por 30 minutos aproximadamente. Foram excluídos do estudo os indivíduos que não compreenderam os procedimentos e/ou aqueles que apresentaram desconforto ou incapacidade de realizar a tarefa, mesmo com os intervalos de descanso ao longo da coleta de dados. Todos os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (Apêndice). O comitê de Ética em Pesquisa da UFMG concedeu aprovação para este estudo sob o parecer nº CAAE - 01190912.1.0000.5149 (Anexo).

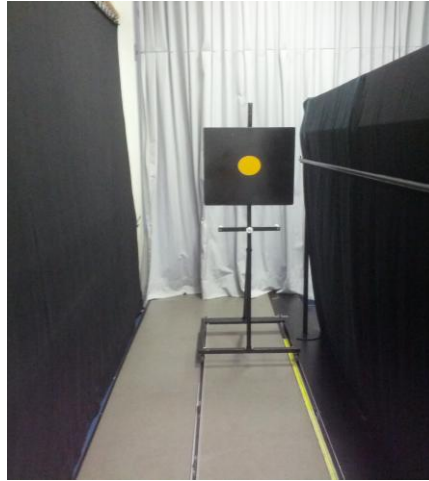
### 2.2 Instrumentação

Quatro hastes cilíndricas e homogêneas foram utilizadas para avaliar a distância alcançável com conforto e a distância máxima alcançável, sendo duas hastes de madeira e duas hastes de alumínio, com comprimentos de 40 e 80 centímetros (cm) (Tabela 1). As hastes de madeira neste estudo foram consideradas as hastes leves e as hastes de alumínio foram consideradas as hastes pesadas. Para igualar as massas das hastes de mesmo material e comprimentos diferentes foram usados pesos de alumínio torneados, afixados no centro de cada haste. Todas as hastes tiveram 1,5 cm de diâmetro.

**TABELA 1:** Características das hastes

Haste (Material)	Comprimento (cm)	Peso das hastes (g)	Pesos torneados (g)	Peso Total (g)
Leve	40	35	15	50
Leve	80	50	0	50
Pesada	40	135	620	755
Pesada	80	275	480	755

Um cavalete móvel de alumínio, de 165 cm de altura, foi usado para posicionar e mover o alvo sobre dois trilhos afixados no solo. O alvo imantado, de forma circular, com 11 cm de diâmetro foi afixado em uma placa de alumínio, com altura ajustável, acoplada no cavalete. Ao lado de um dos trilhos, foi afixada uma fita métrica de 250 cm, para que o examinador registrasse a distância alcançada pelo participante. Foi utilizado um biombo de alumínio, de 182 cm de altura e 277 cm de largura, coberto por um pano preto, além de outra cortina preta afixada na parede (ao lado oposto do biombo), com intuito de evitar que perturbações externas e informações provenientes do próprio ambiente influenciassem o desempenho do voluntário durante a tarefa (Figura 1). Um disco de equilíbrio, comumente utilizado nas intervenções fisioterapêuticas, foi utilizado com objetivo de provocar oscilações posturais no voluntário. Para padronizar a quantidade de pressão dentro do disco, a cada início da coleta, o disco era esvaziado e imediatamente insuflado 70 vezes com uma bomba Topper<sup>®</sup>.



**FIGURA 1:** Cenário da realização das tarefas

## 2.3 Procedimentos

Inicialmente, os voluntários foram informados sobre os procedimentos do estudo. Em seguida, realizaram duas tarefas envolvendo a atividade do alcance: uma tarefa, julgando a distância alcançável com conforto (Tarefa 1) e a mesma tarefa, porém julgando a distância máxima alcançável (Tarefa 2). As tarefas eram realizadas nessa mesma ordem, primeiramente a Tarefa 1 e posteriormente a Tarefa 2. A ordem das hastes e das superfícies de apoio na qual a tarefa seria executada foram pré-estabelecidas, através de um processo de aleatorização.

### 2.3.1 Tarefa 1

O voluntário era solicitado a retirar o calçado, e em seguida, posicionado em ortostatismo ao lado do biombo, de forma que o hálux de ambos os pés estivessem alinhados ao início da fita métrica. O examinador solicitava ao voluntário que encontrasse uma posição confortável para os pés, ajustando a base de suporte, já que permaneceria nessa posição durante a coleta. Após o posicionamento do voluntário, era delimitada a posição dos pés com fita crepe para que, após os períodos de descanso ou mudança de superfície de suporte, fosse garantido o retorno à posição exata dos pés. Em seguida, o voluntário era solicitado a flexionar o ombro a 90° para que fosse ajustada a altura do alvo. Após a realização destes procedimentos, as hastes eram posicionadas na mão do voluntário de forma que a

borda das mesmas ficasse em contato com a borda medial do osso pisiforme. O voluntário era solicitado a segurar a haste firmemente na mão (membro dominante), manipulá-la por meio da articulação do punho, e em seguida, realizar o alcance em direção ao alvo, de forma confortável. O alcance confortável foi definido como uma atividade que não exigisse um esforço significativo e, portanto, não atingisse o limite de estabilidade do voluntário.

Para realizar a tarefa, o voluntário poderia flexionar o tronco e o ombro e também estender os cotovelos. Não era permitido modificar sua base de suporte, retirar o calcâneo do chão, apoiar o membro superior livre em alguma parte do corpo ou dar um passo a frente. Enquanto o voluntário realizava o alcance, o pesquisador movia o alvo em direção à ponta da haste, até que a mesma entrasse em contato com o alvo. Em seguida, a distância alcançada era mensurada por meio da fita métrica afixada no chão (não visível aos voluntários), tendo como referência a base do cavalete, que era exatamente alinhada com o alvo. Esse procedimento era sempre realizado pelo mesmo pesquisador. Antes de realizar o alcance, o voluntário tinha tempo livre para explorar a haste, através da movimentação do punho em qualquer direção. O alcance era realizado três vezes com cada uma das quatro hastes.

Após realizado o alcance com todas as hastes no solo (superfície estável), o participante era posicionado sobre o disco de equilíbrio (superfície instável) da mesma forma descrita anteriormente para a superfície estável, porém era demarcada a posição do disco e não dos pés. O mesmo comando era dado ao voluntário, e novamente eram realizados três alcances confortáveis com cada uma das quatro hastes. Portanto, na Tarefa 1, os voluntários faziam um alcance seguro (com mínimo risco de queda) .

### 2.3.2 Tarefa 2

Os procedimentos dessa tarefa foram os mesmos realizados para a Tarefa 1. Porém o alcance deveria ser realizado na condição máxima que o voluntário fosse capaz. O alcance máximo foi definido como a capacidade máxima de deslocamento do indivíduo a frente do seu centro de massa (pés fixos no chão) de forma a se aproximar ao máximo do seu limite de estabilidade. Da mesma forma que na Tarefa 1, o voluntário deveria manter-se na mesma posição, sem dar um passo a frente ou

retirar o calcâneo da superfície, sendo permitidas flexão de tronco e ombro, além de extensão de cotovelo. Novamente foram realizados três alcances com cada uma das quatro hastes e em ambas as superfícies, no solo (superfície estável) e no disco de equilíbrio (superfície instável). Portanto, na Tarefa 2, os participantes realizavam o alcance na sua capacidade máxima (risco aumentado de queda) simulando algumas situações cotidianas em que é necessário um esforço máximo.

## 2.4 Redução dos dados

As variáveis dependentes do presente estudo foram a distância alcançada com conforto ( $D_{conf}$ ) e a distância máxima alcançada ( $D_{máx}$ ). A variável  $D_{conf}$  foi computada pela média das três medidas com cada haste em cada uma das superfícies. A variável  $D_{máx}$  foi computada como o maior valor alcançado dentre as três tentativas com cada haste e, também, em cada uma das superfícies.

Para avaliar a reprodutibilidade da medida de  $D_{conf}$  e  $D_{máx}$ , foi realizado um estudo piloto com 14 voluntários avaliados em duas ocasiões distintas, com intervalo máximo de uma semana. Os Coeficientes de Correlação Intraclasse (CCIs) para todas as condições realizadas tanto para obtenção da  $D_{conf}$  como para  $D_{máx}$  foram considerados excelentes ( $CCI \geq 0.94$ ) de acordo com os valores de referências propostos por Portney e Watkins (2009).

## 2.5 Análise Estatística

A análise de variância (ANOVA) 2x2x2 com três fatores de medida repetida (comprimento das hastes: 40 cm e 80 cm, massa das hastes: 50g e 755g; e superfície de apoio: solo e disco de equilíbrio) foi utilizada para verificar os efeitos destes fatores sobre as variáveis e suas interações sobre as variáveis dependentes  $D_{conf}$  e  $D_{máx}$ . Um nível de significância de 0,05 foi estabelecido para a análise inferencial. Os procedimentos estatísticos foram realizados no programa SPSS® versão 17.0 por um único pesquisador.

### 3 RESULTADOS

Os resultados foram reportados separadamente para cada variável dependente.

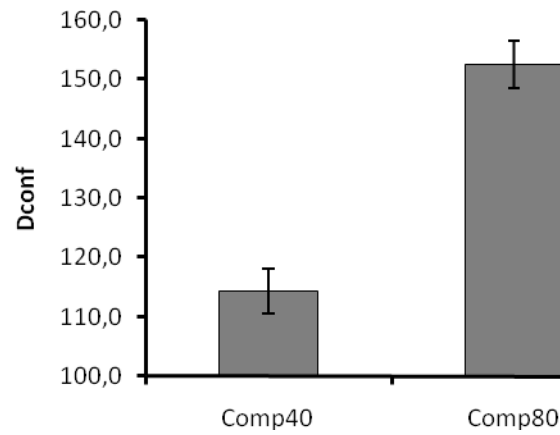
#### $D_{conf}$ (Tarefa 1)

As médias (e erros-padrão) de  $D_{conf}$  nas diferentes condições experimentais da Tarefa 1 encontram-se na tabela abaixo (Tabela 2).

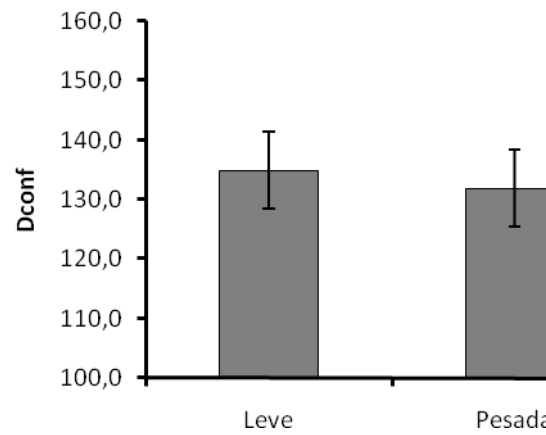
**TABELA 2:** Média (e erro-padrão) de  $D_{conf}$  nas diferentes condições experimentais

Condições Experimentais		Valores de $D_{conf}$ (cm)
Superfície de apoio estável	Haste leve de 40 cm	120,4 (3,9)
	Haste leve de 80 cm	158,0 (4,1)
	Haste pesada de 40 cm	117,0 (3,8)
	Haste pesada de 80 cm	155,0 (4,4)
Superfície de apoio instável	Haste leve de 40 cm	111,1 (3,6)
	Haste leve de 80 cm	150,3 (3,4)
	Haste pesada de 40 cm	109,2 (3,6)
	Haste pesada de 80 cm	146,5 (3,8)

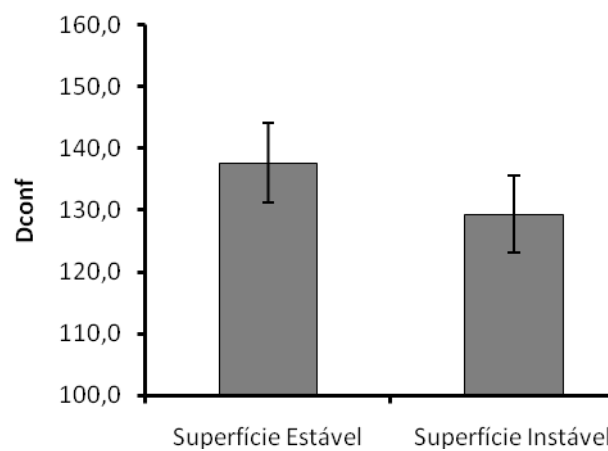
ANOVA demonstrou um efeito significativo do comprimento das hastes ( $F(1,13) = 40419,33$ ;  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2 = 0,99$ ), da massa das hastes ( $F(1,13) = 203,58$ ;  $p < 0,005$ ;  $\eta^2 = 0,66$ ) e da superfície de apoio ( $F(1,13) = 1848,44$ ;  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2 = 0,69$ ). Não foi observada nenhuma interação significativa nesta tarefa ( $p > 0,1$ ). Como observado nos gráficos abaixo, a  $D_{conf}$  foi maior com as hastes de 80 cm quando comparada com as hastes de 40 cm (Gráfico 1), com as hastes leves quando comparada com as hastes pesadas (Gráfico 2) e na superfície de apoio estável em relação a superfície de apoio instável (Gráfico 3).



**GRÁFICO 1:** Efeito do comprimento das hastas na  $D_{conf}$  (Tarefa 1)



**GRÁFICO 2:** Efeito da massa das hastas na  $D_{conf}$  (Tarefa 1)



**GRÁFICO 3:** Efeito da superfície de apoio na  $D_{conf}$  (Tarefa 1)



## $D_{\text{máx}}$ (Tarefa 2)

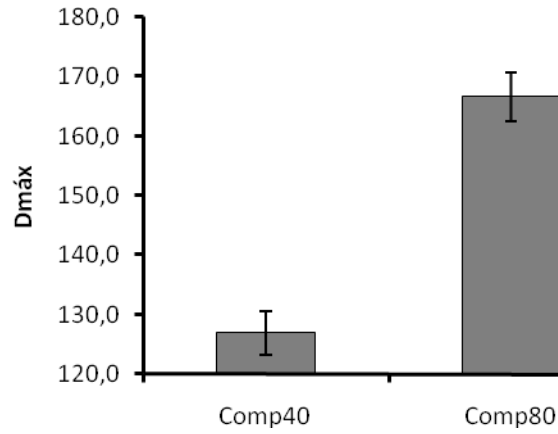
As médias (e erros-padrão) de  $D_{\text{máx}}$  nas diferentes condições experimentais da Tarefa 2 encontram-se na tabela abaixo (Tabela 3).

**TABELA 3:** Média (e erro-padrão) de  $D_{\text{máx}}$  nas diferentes condições experimentais

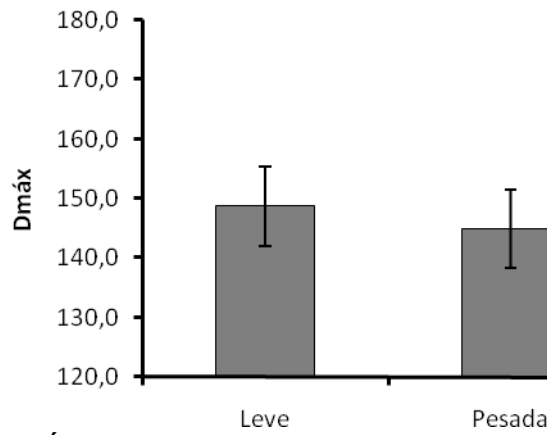
Condições Experimentais		Valores de $D_{\text{máx}}$ (cm)
Superfície de apoio estável	Haste leve de 40 cm	131,8 (3,5)
	Haste leve de 80 cm	172,2 (3,5)
	Haste pesada de 40 cm	129,1 (3,5)
	Haste pesada de 80 cm	168,4 (3,9)
Superfície de apoio instável	Haste leve de 40 cm	125,4 (3,9)
	Haste leve de 80 cm	165,5 (4,3)
	Haste pesada de 40 cm	121,5 (3,7)
	Haste pesada de 80 cm	160,4 (4,5)

A ANOVA demonstrou efeito significativo do comprimento das hastes ( $F(1,13) = 43450,32$ ,  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2 = 0,99$ ), da massa das hastes ( $F(1,13) = 448,00$ ,  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2 = 0,78$ ) e da superfície de apoio ( $F(1,13) = 1344,14$ ;  $p < 0,0001$ ;  $\eta^2 = 0,81$ ). Não foi observada interação significativa nesta tarefa ( $p > 0,32$ ).

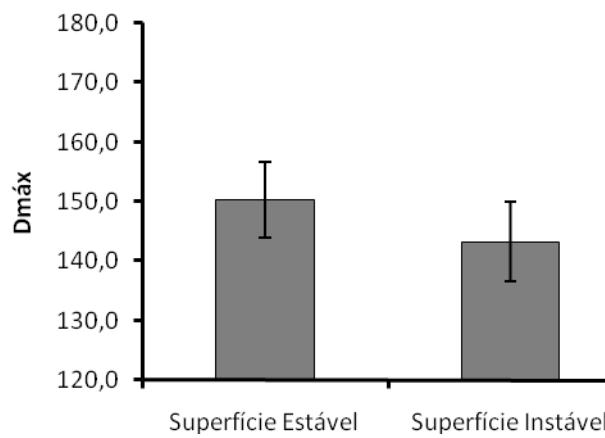
Como observado nos gráficos abaixo, a  $D_{\text{máx}}$  foi maior com as hastes de 80 cm quando comparada com as hastes de 40 cm (Gráfico 1), com as hastes leves quando comparada com as hastes pesadas (Gráfico 2) e na superfície de apoio estável em relação a superfície de apoio instável (Gráfico 3).



**GRÁFICO 4:** Efeito do comprimento das hastas na  $D_{máx}$  (Tarefa 2)



**GRÁFICO 5:** Efeito da massa das hastas na  $D_{máx}$  (Tarefa 2)



**GRÁFICO 6:** Efeito da superfície de apoio na  $D_{máx}$  (Tarefa 2)

## 4 DISCUSSÃO

Com o objetivo de investigar a influência de um fator geométrico (comprimento das hastes) e de fatores dinâmicos (massa das hastes e superfície de apoio) , assim como a interação entre estes fatores no desempenho do alcance em adultos jovens saudáveis, os participantes realizaram duas tarefas. Em ambas as tarefas, a capacidade de alcance foi avaliada por meio do deslocamento de tronco e membro superior dos participantes (pés fixos no chão), em cada uma das situações manipuladas (comprimento das hastes, massa das hastes e superfície de apoio). Na Tarefa 1, foi avaliada a capacidade de alcance com conforto (de forma segura, sem risco de queda), e na Tarefa 2, foi avaliada a capacidade máxima de alcance (próximo ao limite de estabilidade, risco aumentado de queda).

Os resultados do presente estudo revelaram que tanto para a Tarefa 1 quanto para Tarefa 2, o comprimento das hastes, a massa das hastes e a superfície de apoio apresentaram influência significativa na capacidade de alcance dos indivíduos. Os resultados confirmam a hipótese principal de que esses fatores interferem na capacidade de alcance de adultos jovens saudáveis. Em relação ao fator geométrico (comprimento das hastes), foi demonstrado a sua forte influência na capacidade de alcance dos indivíduos, sendo este, o fator que explicou a maior variância dos resultados encontrados ( $D_{\text{conf}}: \eta^2 = 0,99$ ;  $D_{\text{máx}}: \eta^2 = 0,99$ ). Esse resultado foi similar aos resultados de estudos que avaliam a percepção da atividade do alcance, como por exemplo, de Bongers, Smitsman e Michaelles (2003; 2004). Nestes estudos, foi demonstrado que a variação da distância escolhida pelos indivíduos para alcançar um alvo era explicada prioritariamente pelo comprimento das hastes manipuladas.

Carello (1989) avaliou a influência de um fator geométrico (comprimento do braço) na percepção da capacidade do alcance através da seleção de dois grupos de indivíduos que diferiam em altura. Os indivíduos primeiramente julgavam se o alvo era ou não alcançável em diferentes alturas e após isso realizavam a tarefa do alcance. Foi evidenciado que para os indivíduos mais altos, a habilidade de alcançar foi maior quando comparada com indivíduos mais baixos. Além disso, os indivíduos foram capazes de julgar adequadamente à cerca da sua capacidade de alcance, ou seja, a distância alcançada era compatível com o tamanho do braço e, por isso poderiam alcançar o objeto. Portanto, fatores que modificam a relação geométrica

de um indivíduo com um alvo no ambiente parece afetar não apenas o desempenho na atividade do alcance, mas também a percepção da sua capacidade para realização dessa atividade. Em semelhança com os achados vistos na literatura, o presente estudo reforça a forte influência de fatores geométricos na capacidade de alcance em adultos jovens saudáveis.

Embora a maior parte dos estudos relacionados ao desempenho do alcance enfoquem a relevância de fatores geométricos (e.g. comprimento do braço e de ferramentas de auxílio), a potencial relevância de fatores dinâmicos também é alvo de discussão na literatura relacionada ao desempenho do alcance. Em particular, Bongers, Smitsman e Michaeles (2003) argumentaram que uma haste de maior massa ou com a massa concentrada a uma maior distância do eixo de rotação desloca o centro de massa do corpo em direção à haste, aumentando a demanda para a estabilidade postural. Dessa forma, os autores hipotetizaram que as manipulações de massa e distribuição de massa resultaram em uma menor distância escolhida pelos indivíduos para alcançar o alvo pretendido. No entanto, não foram encontrados resultados consistentes e satisfatórios que dessem suporte a essa hipótese. Em estudos similares também não foram encontrados efeitos expressivos dos fatores dinâmicos na percepção da capacidade do alcance ( BONGERS, SMITSMAN & MICHAELLES, 2004; BONGERS, MICHAELLES & SMITSMAN, 2004). Embora o foco destes estudos seja a percepção da capacidade do alcance e não o desempenho da tarefa em si como no presente estudo, uma possível explicação para a pouca expressividade dos efeitos de fatores dinâmicos pode advir das manipulações e das magnitudes de tais manipulações utilizada nesses estudos. Possivelmente, tais manipulações não tiveram magnitude suficiente para gerar um grau de instabilidade capaz de influenciar na habilidade da ação (distância alcançada).

Os resultados do presente estudo, porém, demonstraram com efeitos expressivos a influência da massa das hastes e da superfície de apoio (Tabela 2; Tabela 3) na capacidade de alcance dos indivíduos. Mais especificamente, as manipulações dos fatores que afetam a dinâmica da execução do alcance realizadas neste estudo foram capazes de gerar demandas posturais que foram refletidas nas variáveis desfechos,  $D_{conf}$  e  $D_{máx}$ . A superfície de apoio, até então não abordada nos estudos prévios, foi o fator dinâmico que demonstrou maior impacto na  $D_{máx}$  e na  $D_{conf}$ . Dessa forma, o estudo demonstrou que, assim como os fatores geométricos,

fatores dinâmicos em menor (massa das hastes) ou maior grau (superfície de apoio) modulam a capacidade de alcance de indivíduos jovens saudáveis, através da demanda de estabilização imposta por eles (Tabela 2; Tabela 3). Quanto maior for a magnitude das perturbações geradas por esses fatores (e.g. haste pesada; superfície instável), menor será a capacidade de alcance do indivíduo. Este resultado ressalta ainda que, estudos que avaliam a influência dos fatores geométricos e dinâmicos na percepção da capacidade de alcance devem estar atentos a manipulações que consistentemente sejam capazes de gerar instabilidades posturais no indivíduo durante o desempenho da tarefa, como visto no presente estudo. Apenas assim, os efeitos dos fatores dinâmicos tanto no desempenho quanto na percepção da capacidade do alcance possivelmente serão revelados.

Apesar dos resultados terem confirmado a primeira hipótese de nosso estudo, não foram encontradas interações entre os fatores geométricos e dinâmicos, tanto para a  $D_{máx}$  quanto para  $D_{conf}$ , desfecho contrário à segunda hipótese do estudo. O efeito de um fator parece ser independente dos outros. É possível que esta independência (ausência de interação) não se mantenha caso a demanda postural seja ainda mais aumentada ou em casos em que indivíduos tenham menor capacidade de estabilização postural. Por exemplo, é possível que os fatores investigados afetem a capacidade de alcance de idosos ou indivíduos pós-AVC de forma mais interativa. Futuros estudos devem investigar tal possibilidade.

Os resultados do estudo evidenciam que os fatores geométricos e dinâmicos afetam a capacidade de alcance tanto para  $D_{conf}$  como para  $D_{máx}$ . No entanto, alcances realizados em distâncias máximas podem resultar em maior demanda de estabilização do indivíduo frente à magnitude da demanda máxima imposta, enquanto alcances em uma zona de conforto podem não demandar tanta demanda. Ainda assim, como os fatores geométricos e dinâmicos afetaram a capacidade do indivíduo em ambas as distâncias, podemos inferir que as manipulações desses fatores podem ser introduzidas logo no início da reabilitação que tenha como objetivo a otimização do alcance. Inicialmente, o alcance frente a tais manipulações, seria trabalhado em situações de conforto, mais seguras para o indivíduo, e ao longo do tratamento, seria progredido para situações de alcance máximo. Assim, o indivíduo já seria sensibilizado quanto aos fatores geométricos e dinâmicos desde o princípio do tratamento, o que é essencial para o manuseio de utensílios, e,

portanto, para o adequado desempenho do alcance durante as atividades diárias. Por isso, a manipulação da massa e do comprimento de objetos, bem como da superfície de apoio na qual a tarefa será realizada, pode ser incluída precocemente na intervenção, tornando-se uma ferramenta efetiva no tratamento de indivíduos com limitação na atividade do alcance.

## 5 CONCLUSÃO

Fatores geométricos (comprimento das hastes), bem como os fatores dinâmicos (massa das hastes e superfície de apoio), afetaram expressivamente a capacidade de alcance de adultos jovens saudáveis. Isto ocorreu tanto para o alcance realizado com conforto quanto para o alcance máximo. No entanto, não houve interação entre esses fatores que atuam, portanto, de forma independente no desempenho do alcance. Estes resultados sugerem que o desempenho do alcance não é definido apenas pela capacidade de movimentação do membro superior e, sim, pela capacidade do sistema postural para lidar com as demandas contextuais variadas envolvidas nesta atividade.

## REFERÊNCIAS

AHMED, A. A.; WOLPERT, D. M. . Transfer of Dynamic Learning Across Postures. **Journal of Neurophysiology** , v. 102, n. 5 , p. 2816-2824, 2009.

BONGERS, R. M.; , SMITSMAN, W.; MICHAELLES, C. F. .Geometrics and dynamics of a rod determine how it is used for reaching. **Journal of Motor Behavior** , v. 35, n. 1, p. 4-22, 2003.

BONGERS, R. M.; , SMITSMAN, W.; MICHAELLES, C. F. .Geometric, but not kinetic, properties of tools affect the affordances perceived by toddlers. **Ecological Psychology**, v. 16, n. 2, p. 129-158, 2004.

CARELLO, C.; GROSOFSKY, A.; REICHEL, F. D.; SOLOMON, Y. H.; TURVEY M. T. .Visually Perceiving What is Reachable. **Ecological Psychology**, v. 1, n. 1. p. 27-54, 1989.

CARR, J.; SHEPHERD, R. **Reabilitação neurológica: otimizando o desempenho motor**. São Paulo: Manole; 2008.

CARVALHO, R.P. **A influencia da postura corporal no movimento de alcance manual em lactentes de 4 meses de vida**. 2004. 132 f. Dissertação. (Mestrado em Fisioterapia) - Faculdade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

CARVALHO, R. P.; TUDELLA, E.; SALVELSBERGH, G. J.; Spatio-temporal parameters in infant's reaching movements are influenced by body orientation. **Infant Behavior and Development** , v.30, n. 1, p. 26-35, 2007.

CHOI, H. J. ; MARK, L. S. . Scaling affordances for human reach actions. **Human Movement Science** , v. 23, p.785-806, 2004.

CHOI, Y.; GORDON, J.; PARK , H.; SCHWEIGHOFER, N. . Feasibility of the adaptive and automatic presentation of tasks (ADAPT) system for rehabilitation of upper extremity function poststroke. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation** , v. 8, n. 42, 2011.

LIMA, R. C. M.; NASCIMENTO, L. R.; SALMELA, L. F. T. O movimento funcional de alcance em uma abordagem ecológica. **Fisioterapia e Pesquisa** ,v.17,n.2, p. 184-189, 2010.



MCCREA, P.H. ; ENG, J. J. ; HODGSON, A. J. . Biomechanics of reaching: clinical implications for individuals with acquired brain injury. **Disability and Rehabilitation**, v.24, n.10, p.534- 41, 2002.

MICHAELSEN, S. M.; DANNEMBAUM, R.; LEVIN, M. F. Task-specific training with trunk restraint on arm recovery in stroke randomized control trial. **Journal of American Heart Association**, v. 37, p. 186-192, 2006.

PRANGE, G. B.; JANNINK, M. J. A.; STIENEN, A. H. A. KOOIJ, H.;JZERMAN, M. J. I.; HERMENS, H. J. . An explorative, cross-sectional study into abnormal muscular coupling during reach in chronic stroke patients. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 7, n. 1, 2010.

RAIMUNDO, K. C.; SILVEIRA, L. S. ; KISHI, M. S.; FERNANDES, L. F. R. M.; SOUZA, L. A. P. S. . Análise cinemática e eletromiográfica do alcance em pacientes com acidente vascular encefálico. **Fisioterapia em Movimento**, v. 24, n. 1, p. 87-97, jan./mar. 2011.

ROCHA, N. A. C. F. **Impacto das propriedades físicas dos objetos nos movimentos de alcance em lactentes saudáveis de 4 a 6 meses de idade**. 2006. 213 f. Tese (Doutorando em Processas de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia)- Faculdade Federal de São Carlos, São Carlos , 2006.

RICCIO, G.E.; STOFFREGEN, T.A.; Affordance as constraints on the control of stance. **Human Movement Science**, v. 7, n. 2-4, p. 265-300, 1988

THELEN, E.; SPENCER, J. P. Postural control during reaching in young infants: a dynamic systems approach. **Neuroscience Biobehavioral Reviews**, v. 22, n. 4, p. 507-514, 1998.

WARREN, W. H. . The dynamics of perception and action. **Psychological Review**, v. 113, n. 2, p. 358-389, 2006.

**APÊNDICE**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP**

**Projeto: CAAE – 01190912.1.0000.5149**

**Interessado(a): Profa. Paula Lanna Pereira da Silva  
Departamento de Fisioterapia  
EEFFTO - UFMG**

**DECISÃO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 25 de junho de 2012, o projeto de pesquisa intitulado **"A avaliação da interação de fatores geométricos e dinâmicos na percepção da capacidade de alcance em adultos jovens"** bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. T. Marques Amaral', is positioned above the name of the signatory.

**Profa. Maria Teresa Marques Amaral  
Coordenadora do COEP-UFMG**

**ANEXO****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**Título do Estudo:** A avaliação da interação de fatores geométricos e dinâmicos na percepção da capacidade de alcance em adultos jovens

**Investigador Principal:** Bruna Silva Avelar

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Paula Lanna Pereira da Silva

Gostaríamos de convidá-lo a participar de nosso estudo. O nosso objetivo é investigar como o comprimento de hastes seguras nas mãos, a massa destas hastes e a estabilidade da superfície de suporte afetam a percepção da distância máxima alcançável por indivíduos jovens saudáveis. Especificamente, gostaríamos de saber se os indivíduos são sensíveis às modificações na distância máxima alcançável induzida por manipulações destes fatores que afetam diretamente a capacidade de realizar um alcance.

**Procedimentos:** Caso deseje participar, precisaremos de sua assinatura no termo de consentimento. A assinatura do termo de consentimento indicará que você entendeu os procedimentos do estudo (e seus riscos) e concorda com sua participação. Para tanto, descreveremos a seguir todas as etapas da pesquisa.

Após a obtenção do seu consentimento, você será encaminhado ao laboratório de Análise do Movimento Humano situado na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais para ser avaliado.

Inicialmente, você será posicionado, com os pés descalços, de frente para um alvo colocado a altura dos seus olhos, a uma determinada distância do seu ponto de suporte. Após o posicionamento, você será solicitado a indicar se é ou não capaz de alcançar o alvo. O seguinte comando será dito: “você conseguiria alcançar este alvo sem modificar a posição dos seus pés?” A resposta para a pergunta deverá ser objetiva: sim ou não. Após a resposta, o alvo será movido para menores distâncias,

sempre de cinco em cinco cm. Para cada posição do alvo, os mesmo comandos serão ditos até que se obtenha distância máxima percebida como alcançável. Esta distância será obtida no primeiro posicionamento do alvo que você responder “sim”.

Se você participar do Experimento 1, irá dizer qual a sua distância máxima percebida como alcançável nestas condições: (1) com uso da haste de madeira de 40 cm; (2) com uso da haste de madeira de 80 cm; (3) com uso da haste de ferro de 40 cm e (4) com uso da haste de ferro de 80 cm.

Se você participar do Experimento 2, irá dizer qual a sua distância máxima percebida como alcançável nestas condições: (1) com uso da haste de madeira de 80 cm e superfície de apoio estável; (2) com uso da haste de madeira de 80 cm e superfície de apoio instável; (3) com uso da haste de ferro de 80 cm e superfície de apoio estável e (4) com uso da haste de ferro de 80 cm e superfície de apoio instável.

A instabilidade da superfície de apoio será gerada por um disco de borracha tipicamente utilizado por fisioterapeuta para treinar o equilíbrio postural de seus clientes. Além disso, para cada condição, serão realizadas cinco tentativas da tarefa.

Ao final da coleta de dados você será posicionado perpendicular a uma parede reta do laboratório e solicitado, com cada haste na posição horizontal e segura na mão, a deslocar o máximo do seu corpo para frente com os pés fixos no chão e sem cair. O avaliador irá fazer a marcação da sua posição inicial na parede com uma fita adesiva e da posição final do deslocamento. Esse procedimento será feito três vezes. Cada experimento terá duração de 30 minutos aproximadamente e você será solicitado a comparecer uma única vez no laboratório.

**Riscos e desconfortos:** A sua participação no estudo oferece riscos mínimos à sua saúde. Você poderá, no entanto, sentir um leve desconforto muscular durante ou após a manipulação das hastes ao longo da coleta de dados. Para minimizar este risco, serão dados intervalos periódicos para descanso ao longo de todo o experimento. Você poderá ainda solicitar ao pesquisador um tempo de descanso a qualquer momento. Se apesar destas medidas você sentir

desconforto muscular, você poderá solicitar ao pesquisador responsável (fisioterapeuta), que utilize algum recurso fisioterapêutico para alívio.

No caso do Experimento 2, existe ainda um risco de queda durante as coletas realizadas com o disco de equilíbrio. Para minimizar tal risco, sempre haverá um pesquisador próximo a você durante a realização da coleta de dados com este instrumento, que como mencionado, é frequentemente utilizado em intervenções fisioterapêuticas. Se você, apesar dos cuidados, sofrer uma queda, será feita avaliação da gravidade e fornecido tratamento fisioterapêutico caso necessário. Caso seja necessária abordagem médica, nós auxiliaremos com seu encaminhamento.

**Benefícios esperados:** Não são esperados benefícios diretos ao indivíduo em decorrência da participação na pesquisa. Porém, os resultados do estudo irão contribuir para o avanço do conhecimento da área da fisioterapia, principalmente, para melhor compreender a atividade do alcance (presente em nossas atividades de vida diária) sob uma perspectiva perceptual e, não apenas motora.

**Confidencialidade:** Para garantir a confidencialidade da informação obtida, seu nome não será utilizado em qualquer publicação ou material relacionado ao estudo.

**Recusa ou desistência da participação:** Sua participação é inteiramente voluntária e você está livre para se recusar a participar ou desistir do estudo em qualquer momento sem que isso possa lhe acarretar qualquer prejuízo.

**Gastos:** Caso você necessite deslocar-se para universidade apenas para participar da pesquisa, os gastos com o seu transporte para comparecer ao laboratório serão de responsabilidade dos pesquisadores. Se for do seu interesse, será oferecido um lanche nos dias de realização da avaliação no laboratório.

Você pode solicitar mais informações ao longo do estudo com o pesquisador responsável pelo projeto (Bruna), por meio do telefone 8897-5462. Após a leitura completa deste documento, caso concorde em participar do estudo, você deverá assinar o termo de consentimento abaixo e rubricar todas as folhas desse termo.

### **TERMO DE CONSENTIMENTO**

Eu li e entendi toda a informação acima. Todas as minhas dúvidas foram satisfatoriamente respondidas e eu concordo em ser um voluntário do estudo.

_____	_____
Assinatura do Voluntário	Data
_____	_____
Bruna Silva Avelar – Mestranda	Data
_____	_____
Dr <sup>a</sup> Paula Lanna Pereira da Silva – Orientador	Data

### **COEP – Comitê de Ética em Pesquisa/UFMG**

Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º. Andar – Sala 2005 –  
Cep 31270-901- Belo Horizonte – MG / Telefax: (31) 3409-4592

Email: coep@prpq.ufmg.br.