

ANA PAULA PEREIRA DE MELO

**EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO DE MASSA DE OBJETO NO DESEMPENHO DE
CRIANÇAS DE DIFERENTES IDADES EM TAREFA DE PRECISÃO**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/ UFMG

2011

ANA PAULA PEREIRA DE MELO

**EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO DE MASSA DE OBJETO NO DESEMPENHO DE
CRIANÇAS DE DIFERENTES IDADES EM TAREFA DE PRECISÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Área de concentração: Desempenho Funcional Humano

Orientadora: Prof^a Dr^a Marisa Cotta Mancini

Co-orientadora: Prof^a Dr^a Paula Lanna P. Silva

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/ UFMG

2011

M528e Melo, Ana Paula Pereira de
2011 Efeito da distribuição de massa de objeto no desempenho de crianças de diferentes idades em tarefa de precisão. [manuscrito] / Ana Paula Pereira de Melo – 2011. 59 f., enc.:il.

Orientadora: Marisa Cotta Mancini
Co-orientadora: Paula Lanna P. Silva

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Bibliografia: f. 52-54

1. Crianças – Desenvolvimento - Teses. 2. Percepção nas crianças - Teses. 3. Percepção – Testes - Teses. I. Mancini, Marisa Cotta. II. Silva, Paula Lanna P. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

CDU: 616.8

Ficha catalográfica elaborada pela equipe de bibliotecários da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL
COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO
DEPARTAMENTOS DE FISIOTERAPIA E DE TERAPIA OCUPACIONAL
E-MAIL: mesreab@eeffto.ufmg.br SITE: www.eeffto.ufmg.br/mreab
Fone/fax: 31- 3409.4781

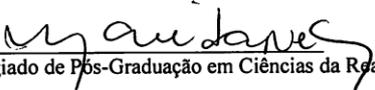
ATA DE NÚMERO 149 (CENTO E QUARENTA E NOVE) DA SESSÃO DE ARGUIÇÃO
E DEFESA DE DISSERTAÇÃO APRESENTADA PELA CANDIDATA ANA PAULA
PEREIRA DE MELO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA
REABILITAÇÃO-----

Aos 24 (vinte e quatro) dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e onze, realizou-se na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, a sessão pública para apresentação e defesa da dissertação “EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO DE MASSA DE OBJETO NO DESEMPENHO DE CRIANÇAS COM DIFERENTES IDADES EM TAREFA DE PRECISÃO COM DOIS NÍVEIS DE COMPLEXIDADE”, constituída pelos seguintes professores doutores: Marisa Cotta Mancini, Herbert Ugrinowitsch e Juliana de Melo Ocarino sob a presidência da primeira. Os trabalhos iniciaram-se às 9 horas com apresentação oral da candidata, seguida de arguição dos membros da Comissão Examinadora. Após avaliação, os examinadores consideraram a candidata *aprovada e apta a receber o título de Mestre após a entrega da versão definitiva da dissertação*. Nada mais havendo a tratar, eu, Marilane Soares, secretária do Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação dos Departamentos de Fisioterapia e de Terapia Ocupacional da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, lavrei a presente Ata, que depois de lida e aprovada será assinada por mim e pelos membros da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 24 de fevereiro de 2011.-----

Professora Dra Marisa Cotta Mancini 

Professor Dr Herbert Ugrinowitsch 

Professora Dra Juliana de Melo Ocarino 

Marilane Soares 
Secretária do Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL
COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO
DEPARTAMENTOS DE FISIOTERAPIA E DE TERAPIA OCUPACIONAL
E-MAIL: mesreab@effto.ufmg.br SITE: www.effto.ufmg.br/mreab
Fone: 31- 3409.4781

PARECER

Considerando que a dissertação de mestrado de ANA PAULA PEREIRA DE MELO intitulada “Efeito da distribuição de massa de objeto no desempenho de crianças com diferentes idades em tarefa de precisão com dois níveis de complexidade” defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, nível mestrado, cumpriu sua função didática, atendendo a todos os critérios científicos, a Comissão Examinadora **APROVOU** a defesa de dissertação, conferindo-lhe as seguintes indicações:

Nome do Professor/Banca	Aprovação	Assinatura
Profa. Dra. Marisa Cotta Mancini	APROVADA	
Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch	APROVADA	
Profa. Dra. Juliana de Melo Ocarino	APROVADA	

Belo Horizonte, 24 fevereiro de 2011.

Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação/EEFFTO/UFMG
Livia de Castro Magalhães
Coordenadora do Colegiado
Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação
Inscrição UFMG: 207276 Inscrição Siape: 632322-5

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me orientar em todos os momentos de minha vida e por me ajudar a decidir a hora certa para me dedicar a este programa. Agradeço também por me cercar de pessoas especiais que me ajudaram a dar leveza a esta etapa de tantos desafios.

Aos meus grandes e amados pais, Olívia e Humberto, pelo estímulo, confiança e apoio constantes e incondicionais. Suas palavras e sua presença me fortaleceram diariamente em mais uma fase de minha vida. Obrigada por acreditarem em mim e por serem tão sólidos na ajuda que sempre me oferecem.

Ao meu querido irmão Sérgio Vinícius e cunhada Hare, por torcerem por mim e por se alegrarem com esta conquista desde o primeiro momento. O apoio de vocês foi muito especial.

Ao Flávio, meu companheiro e torcedor. Obrigada por seu apoio caloroso e por estar presente naqueles momentos difíceis de questionamento, sempre com palavras estimulantes e acolhedoras. Agradeço a você por acreditar em mim.

À minha querida orientadora, Marisa Mancini, pelas lições de conhecimento científico e pelos valiosos ensinamentos transmitidos. Obrigada pelas oportunidades e pelo aprendizado que, com certeza, estendem-se a todos os aspectos do meu exercício de nossa profissão. Minha admiração por você tem crescido desde nosso primeiro trabalho juntas, meu trabalho de conclusão do curso de graduação em 2002.

À minha co-orientadora, Paula Lanna, pelo aprendizado e pela maneira simples e grandiosa de me conduzir no aprendizado de conteúdos tão complexos. Você foi uma das gratas descobertas que fiz neste Mestrado.

Ao professor Sérgio Fonseca, por contribuir desde o início com importantes ideias e sugestões.

À Paula Chagas, pelo apoio, amizade e por abrir espaço para que eu pudesse começar a entender o funcionamento do Laboratório de Movimento numa fase complexa de seu doutorado, a coleta de dados.

Ao professor Reinould Bootsma, pelas importantes contribuições com o estudo.

Às queridas bolsistas Priscilla, Nathália e Angélica. Vocês foram fundamentais para que a fase de coleta de dados acontecesse com leveza. Sou muito grata a vocês por me ajudarem também a atingir o número necessário de participantes, pelas opiniões e por me auxiliarem a resolver tantas outras “dificuldades surpresa” que apareceram pelo percurso. Obrigada por tudo!

À Juliana Ocarino e ao Thales Souza, pela gratuidade da ajuda que me ofereceram sempre que precisei.

Aos professores Luiz Chaimowicz e Mário Campos por abrirem as portas do Laboratório de Ciência da Computação do ITEX para nosso grupo de pesquisa e nos apresentarem outros dois parceiros, Wolmar Pimenta e Vinícius Graciano, que, sob sua orientação, implementaram nossas ideias e criaram recursos fundamentais para a coleta de dados.

Aos professores Márcio, Rúbia e Ivana do Departamento de Educação Física da UFMG, pela parceria e disponibilidade em ajudar a conseguir participantes para o estudo.

À Priscila, minha parceira de trabalho. Obrigada pela paciência com minha dificuldade de tempo e pelo apoio nessa etapa tão importante.

À Ana Paula Damasceno, grande amiga. Sua vibração positiva e suas palavras me impulsionaram diversas vezes nesse percurso.

Às amigas Luciana, Ana Cristina, Lílian e Marina pela torcida e compreensão pela ausência em alguns momentos.

A todos os meus colegas de Mestrado, pela divertida convivência e parceria. Em especial, agradeço a Janaíne Polese, Lucas Rodrigues, Renan Resende, Sabrina Baracho, Rita Miguel, Simone Almeida, Adriana Drummond, Maíra Amaral, Camila Mourão e Henrique Gomes. Vocês fizeram toda a diferença!

Ao grupo de estudos da professora Marisa Mancini, obrigada pelos valorosos questionamentos e sugestões.

Às crianças do estudo e suas famílias, meu agradecimento especial pela participação e por acreditarem em nossa proposta.

A todos que me ajudaram a recrutar participantes, em especial: minha mãe, minha afilhada Anna Victória e os amigos Nazaré, Leandro e Stephanie. Obrigada pela solidariedade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Haste de madeira com distribuição homogênea de massa. Em destaque, as distâncias de 10, 20 e 30cm da extremidade proximal da haste, onde se posicionou a mão da criança.....	30
Figura 2: cilindro de aço inox.....	30
Figura 3: Haste tocando o alvo. Conexão entre o par de alvos e o computador por meio do <i>mouse</i>	31
Figura 4: Pares de alvos de diâmetros de 1, 3 e 10cm encaixados em base de EVA.....	32
Figura 5: Visão interna do mouse- eletrônica criada para detectar o sinal elétrico gerado pelo toque da haste no alvo e disparar, o que correspondeu a uma pontuação feita pela criança.....	32
Figura 6: cenário da coleta de dados.....	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Objetivos.....	25
1.2 Hipóteses.....	26
MATERIAIS E MÉTODO.....	28
2.1 Amostra.....	28
2.2 Instrumentação.....	30
2.3 Procedimentos.....	34
2.4 Redução dos dados.....	37
2.5 Análise estatística.....	37
RESULTADOS.....	38
3.1 Resultados descritivos.....	38
3.2 Resultados inferenciais.....	39
3.2.1 Comparação <i>Post-hoc</i>	39
DISCUSSÃO.....	44
REFERÊNCIAS.....	52
APÊNDICES.....	55
ANEXO.....	59

RESUMO

A tarefa de Fitts captura aspectos essenciais de funções manuais que envolvem solução de demandas conflitantes de velocidade e precisão. Dois alvos são tocados continuamente e reciprocamente com precisão máxima e menor tempo. A dificuldade desta tarefa (ID) é caracterizada pela largura dos alvos e pela distância entre eles. O tempo gasto para executar um movimento de apontamento com sucesso aumenta em situações de maior dificuldade. Segundo a literatura, a resistência dos objetos à movimentação é informativa sobre suas oportunidades funcionais para a realização de determinadas ações. A utilidade funcional de objetos parece estar associada à sensibilidade dos indivíduos para perceber o efeito da distribuição de massa de objetos para a realização de determinada ação. Até a presente data, o efeito de propriedades inerciais de objetos utilizados no contexto da tarefa de Fitts não havia sido investigado. O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito das propriedades inerciais de hastes no desempenho de crianças com desenvolvimento normal de 5, 8 e 11 anos de idade, em uma tarefa de precisão com dois níveis de dificuldade. Um total de 37 crianças foram solicitadas a tocar reciprocamente dois alvos, mantendo os requisitos de máxima velocidade e precisão. Esta tarefa foi realizada com hastes firmemente seguras na mão dominante, com adição de uma massa posicionada na haste a 10, 20 e 30cm do eixo do movimento (i.e., articulação do punho), caracterizando hastes de adequação alta, intermediária e baixa, respectivamente. A dificuldade da tarefa de Fitts foi definida por pares de alvos de 3 cm (i.e., tarefa de dificuldade alta) e de 10 cm, (i.e., tarefa de dificuldade média). A medida de desempenho foi o tempo médio de movimento (TM) para realização de cada ciclo (i.e., sequência de toque em um alvo, no alvo seguinte e retorno ao primeiro) ao longo de uma tentativa. A média de TM obtida nas duas tentativas realizadas por cada criança, com cada uma das três distribuições de massa da haste, em duas situações de dificuldade, foi utilizada para análise. ANOVA mista 3 x 3 x 2 com um fator independente (*idade*: cinco, oito e onze anos) e dois fatores de medida repetida (*adequação da haste*: alta, intermediária e baixa; *tamanho do alvo*: grande e médio) testou os efeitos principais idade, alvo e haste, e efeitos de interação *idade x alvo*, *idade x haste*, *haste x alvo* e *idade x alvo x haste*. Comparações post-hoc caracterizaram os efeitos encontrados. Os resultados demonstraram que as hastes percebidas como adequadas para tarefas de precisão

(aquelas com massa a 10cm do eixo do movimento) facilitaram o desempenho das crianças. No entanto, este efeito variou nos diferentes grupos etários e nas condições de dificuldade da tarefa. No grupo de onze anos, não houve efeito da haste no TM, nas condições de alvo grande e de alvo médio. No grupo de oito anos, diferenças significativas nas médias de TM entre as hastes de adequação alta e baixa foram observadas no alvo grande ($p= 0,006$; α corrigido = $0,008$) e no alvo médio ($p= 0,005$). No grupo de cinco anos, houve efeito marginal entre as hastes de adequação alta e baixa, apenas no alvo grande ($p= 0,009$). O desempenho de crianças na tarefa de Fitts parece ser resultado de um processo suportado por informação perceptual, que promoveu a complementaridade entre a dinâmica do sistema músculo-esquelético e a dinâmica passiva dos objetos em um meio gravitacional, para o cumprimento das demandas da tarefa.

Palavras-chave: Crianças. Desenvolvimento. Percepção nas crianças. Percepção.

ABSTRACT

Fitts Task captures the essential aspects of manual functions that require the solution of the conflicting speed-precision demand. Two targets are touched continuously and reciprocally with maximum precision and least time. The difficulty of this task (DI) is characterized by the size of the targets and by the distance between them. The time spent to successfully execute a pointing movement increases in situations of greater difficulty. According to the literature, the objects' resistance to manipulative movements is informative of its functional opportunities to perform specific actions. The functional utility of objects seems to be associated with individuals' sensibility to perceive the effect of objects' mass distribution to perform a specific action. To the present date, the effect of the inertial properties of objects used in the context of the Fitts' task has not been investigated. The objective of the present study was to investigate the effect of the inertial properties of rods on the performance of children with normal development of 5, 8 and 11 years of age, in a precision task with two levels of difficulty. A total of 37 children were asked to touch reciprocally two targets, maintaining the requisites of maximum speed and precision. This task was performed with rods firmly held by the dominant hand, with an attached mass positioned at 10, 20 and 30 cm of the axis of movement (i.e., hand), characterizing rods of high, intermediate and low adequacy, respectively. The difficulty of the Fitts' task was defined by pairs of targets of 3 cm (i.e., task of high difficulty) and of 10 cm (i.e., task of medium difficulty). The outcome variable was mean time of movement (MT) to perform each cycle (i.e., sequence of touch to one target, to the other target and return to the previous) throughout one trial. Mean TM for the two trials performed by each child on each experimental condition was used for analysis. A mixed 3 x 3 x 2 ANOVA with one between-subject factor (age: five, eight, eleven) and two within-subject factors (*Rod adequacy*: high, intermediate and low; and target size: large and medium) was used to evaluate the main effects age, target and rod adequacy as well as the interaction effects age x target, age x rod adequacy, target x rod adequacy and *age x target x rod adequacy*. Post-hoc comparisons were used to characterize the significant effects. The results demonstrated that the rods perceived in previous studies as more adequate for precision tasks did in fact enhance children's performance. However, this effect was different in the different age groups and task conditions. In the eleven-year-old

group, there was no significant effect of rod adequacy on MT, regardless of the size of the target used. In the eight-year-old group, significant differences in MT, between the high and low adequacy rod conditions were observed for both medium ($p= 0,006$; α corrected = 0,008) and large targets ($p= 0,005$). Finally, in the five-year-old group, there was a marginal difference in movement time between the high and low adequacy rod conditions, but only for the large target ($p= 0,009$). The results suggest that children's performance on the Fitts' task was the result of a process, supported by perceptual information, that promoted a fit between the muscle-skeletal system's and the object's dynamic in order to meet the task's demands.

Key-words: Children. Development. Children's perception. Perception.

1 INTRODUÇÃO

Quando se observam crianças de diferentes idades utilizando materiais do dia-a-dia, como lápis, cola e garfo, constata-se que aquelas mais experientes exibem melhor proficiência em manejar esses recursos. As tarefas manuais realizadas com estes objetos possuem demandas de precisão variadas, sendo que quanto maior esta demanda, maior proficiência motora é exigida da criança. Movimentos precisos de direcionamento da mão a um alvo, como aqueles necessários para escrever, usar a cola ou o garfo, são observados com frequência na rotina diária, em situações que envolvem alcançar, apontar e usar ferramentas (1). Nessas situações, observa-se que fatores individuais, como idade e experiência, bem como as demandas da tarefa podem influenciar o desempenho da criança.

Diferentes situações cotidianas revelam a influência de demandas da tarefa no desempenho. Um exemplo ilustrativo é a atividade de colorir. Para realizar esta tarefa com sucesso, a criança precisa movimentar o lápis de forma a se manter dentro do contorno. A demanda de precisão para realização desta tarefa pode mudar dependendo, por exemplo, da espessura do contorno. Se o requerimento da tarefa é colorir entre duas bordas espessas, a demanda de precisão é baixa, sendo possível realizar a tarefa mais rápida e continuamente sem ultrapassar o contorno. Para contornos mais finos, o movimento passa a demonstrar desacelerações mais evidentes perto das bordas, o que requer mais refinamento da habilidade motora. A consequência desta modificação de estratégia é uma redução da velocidade de realização da tarefa para garantir a manutenção dos movimentos do lápis dentro do espaço da figura. Para um mesmo nível de dificuldade (mesma espessura do contorno), espera-se que crianças mais velhas e, conseqüentemente, com habilidade motora mais refinada, sejam capazes de realizar a tarefa mais rapidamente do que crianças mais jovens. Esta relação entre demanda da tarefa e capacidade da criança é base para o desenvolvimento de atividades no contexto escolar. O exemplo da atividade de colorir é mais uma vez ilustrativo: figuras a serem coloridas por crianças mais jovens apresentam bordas mais largas do que aquelas destinadas a crianças mais velhas.

O exemplo acima sugere que o desempenho em uma tarefa pode ser

modificado tanto por fatores relacionados ao indivíduo, como sua habilidade motora, quanto por fatores relacionados à tarefa, como sua demanda, no caso exemplificado, de precisão. Essa hipótese foi confirmada experimentalmente por meio de uma tarefa simples, apresentada por Fitts em 1954, que captura os aspectos essenciais de tarefas manuais, como colorir, que envolvem demandas concorrentes de precisão e de velocidade (2). A tarefa de Fitts caracteriza-se por tocar dois alvos continua e reciprocamente com o máximo de precisão e com o menor tempo possível (3;4). Dois parâmetros desta tarefa podem ser manipulados independente ou simultaneamente: a largura do alvo (L) e a distância (D) que deve ser percorrida para tocar os alvos. A razão entre estes dois parâmetros da tarefa de Fitts fornece um índice que caracteriza a demanda da tarefa ou sua dificuldade, sendo denominado índice de dificuldade (ID). Como demonstrado na Equação 1 abaixo, a magnitude de ID é diretamente proporcional a D e indiretamente proporcional a L:

$$ID = \log_2 (2D/L) \quad (1)$$

Diversos estudos demonstraram que manipulações do ID alteram sistematicamente o desempenho na tarefa de Fitts, o qual tem sido classicamente caracterizado pelo tempo médio de execução de um ciclo de movimento (5;3;6;7). Especificamente, quando a tarefa de Fitts é executada em condições de menor demanda (i.e. alvos relativamente mais próximos e/ou de maior largura), o deslocamento até o alvo é mais rápido (menor tempo de execução). Devido a sua reprodutibilidade em diferentes contextos experimentais, a relação empiricamente revelada entre o tempo de execução (TE) e os parâmetros L e D ficou conhecida na literatura como Lei de Fitts (5), a qual é caracterizada pela seguinte fórmula:

$$TE = a(ID) \quad (2)$$

A lei de Fitts sugere que a execução bem sucedida de tarefas manuais direcionadas a alvos no ambiente requer a resolução de um conflito entre duas demandas antagônicas: velocidade e precisão. A solução ótima encontrada por indivíduos experientes para este conflito foi revelada em estudos que investigaram a

relação entre dificuldade de uma tarefa de precisão (ID) e mudanças cinemáticas no movimento executado para realizá-la (1;6;7). Foi demonstrado que, para realização bem sucedida da tarefa, dadas as diferentes demandas de precisão, houve variação consistente das estratégias motoras utilizadas pelos participantes (1;6;7). Tarefas mais fáceis, isto é, com alvos mais largos, apresentaram movimentos com as fases de aceleração e desaceleração pouco diferenciadas e, por isso, mais harmônicos e conservativos (1;6;7). À medida que os alvos diminuíram e a tarefa se tornou mais difícil, os movimentos se apresentaram de modo descontínuo e mais demarcado, com as fases de desaceleração mais longas do que as fases de aceleração (1;6;7). Estes estudos também demonstraram que, quanto menor a demanda de precisão da tarefa (i.e. quanto maiores os alvos), menor foi o tempo gasto para realizá-la (1;6;7). Sendo, então, o tempo de execução considerado uma variável que representa o desempenho do indivíduo na tarefa de Fitts (5;3;6;7), parece que essa variável é resultante das estratégias motoras utilizadas na tarefa. Isto é, as evidências demonstraram que movimentos mais harmônicos (ID's maiores), relacionam-se a menores tempos de execução da tarefa (1;6;7), enquanto movimentos mais diferenciados (ID's menores) resultam em maior tempo necessário para realizar a tarefa (1;6;7).

Existem evidências de que as estratégias motoras utilizadas nesse tipo de tarefa são influenciadas não somente por fatores da tarefa (demandas de precisão), mas também por fatores individuais, como idade (8). Burgeois & Hay (8) avaliaram o desempenho de crianças de 5, 7, 9 e 11 anos de idade na tarefa de Fitts. As crianças foram solicitadas a tocar recíproca e continuamente dois alvos, apresentando ID distintos, o mais rápido possível, por 15 segundos. Neste estudo, o tempo médio que as crianças levaram para realizar um ciclo de movimento foi mensurado. Como esperado, foi observado efeito principal da largura do alvo seguindo a lei de Fitts: quanto maior o ID, maior o tempo de execução, independente da idade. Além disso, os resultados demonstraram um efeito principal da idade, confirmando a hipótese levantada no primeiro parágrafo desta sessão. Reiterando, crianças mais velhas, e conseqüentemente com habilidades motoras mais refinadas, demonstraram um tempo menor para execução da tarefa, independente do ID. Finalmente, foi demonstrada uma interação entre as variáveis

idade e ID, sendo que o efeito da dificuldade da tarefa no tempo de movimento foi maior para as crianças mais novas. Em outras palavras, o aumento da demanda da tarefa resultou em maior queda do desempenho dessas crianças. A interação idade x ID sugere que, com o desenvolvimento, as crianças se tornam progressivamente mais eficientes para lidar com as demandas, por vezes antagônicas, de atividades funcionais.

De acordo com essas evidências, pode-se considerar que estratégias motoras utilizadas para realizar tarefas de precisão são influenciadas por fatores relacionados à tarefa (por exemplo, seu ID) e por fatores individuais, como a idade. Além disso, essas estratégias acarretam mudança em medidas de desempenho, como o tempo de movimento. Portanto, o melhor entendimento dos processos que suportam a organização destas estratégias motoras poderia auxiliar profissionais de reabilitação no desenvolvimento de intervenções que tenham como desfecho a melhora do desempenho de tarefas de precisão. Abordagens contemporâneas sobre comportamento motor, tais como a abordagem dos sistemas dinâmicos e a abordagem ecológica, sugerem que a forma específica que o movimento adquire frente a uma demanda funcional é produto de interações contínuas e não-lineares entre a dinâmica neural, a dinâmica do sistema musculoesquelético e as características do contexto em que o indivíduo está inserido (9;10). A estratégia motora observada é entendida como sendo resultado de um processo natural-suportado por informação perceptual- que promove a complementaridade das relações dinâmicas entre as capacidades e recursos do indivíduo, e características do contexto para o cumprimento das demandas funcionais (11;12). Dessa forma, é possível que o desempenho seja afetado não somente por fatores relacionados à tarefa e ao indivíduo, mas também pelo suporte que o ambiente pode oferecer na realização de uma tarefa de precisão. Esse suporte é viabilizado por capacidades perceptuais do indivíduo, que o possibilitam detectar propriedades específicas de objetos manuseados e otimizar seu uso em função dessas características percebidas.

O controle perceptual do movimento

Tarefas cotidianas como levar o garfo a um alimento, colocar uma chave na porta ou martelar um prego numa brincadeira de marcenaria dependem da organização da ação muscular para direcionar o objeto seguro na mão a um alvo (nos exemplos citados: alimento, porta e prego, respectivamente). A magnitude e a direção de aplicação dos torques musculares gerados para realização dessas atividades dependem da percepção das propriedades dos objetos. Por exemplo, objetos mais longos requerem maiores magnitudes de torque para serem movimentados do que objetos mais curtos. A forma dos objetos e/ou sua distribuição de massa também influenciam a organização da ação. Por exemplo, objetos com maior concentração de massa distalmente ao eixo do movimento exigem menor esforço muscular durante tarefas de potência, uma vez que favorecem a transferência de força para alvos no ambiente. Por outro lado, esses mesmos objetos demandam mais esforço para que sua posição seja controlada no plano horizontal e, portanto, podem dificultar a realização de tarefas de precisão. Portanto, atender às demandas de atividades funcionais requer a percepção de propriedades do objeto que especifiquem as estratégias motoras apropriadas para a ação a ser realizada.

Ao olhar para um objeto, o indivíduo é capaz de perceber algumas de suas propriedades, como forma e tamanho. Por outro lado, em situações rotineiras, é comum que algumas tarefas sejam desempenhadas sem o auxílio da visão ou com os olhos direcionados a outro ponto específico. Nessas condições, o próprio corpo ou o contato mecânico com o objeto podem viabilizar a percepção dessas propriedades relevantes para organização de uma estratégia motora eficiente, ou seja, que seja complementar à dinâmica natural destes objetos (13;14). Na literatura, há documentação de que essa percepção é possível em função do sistema perceptual háptico (13;15;16;14;17;18;19;20;21;22;23).

Percepção háptica pode ser definida como a capacidade de apreciar as propriedades do corpo e de objetos adjacentes ao corpo via esforço muscular (24). Essa forma de percepção, apesar de comumente passar despercebida, é fundamental para organização das estratégias motoras que suportam o

desempenho de tarefas manuais como as identificadas no primeiro parágrafo. A realização de tais tarefas envolvem contato com apenas uma parte do objeto. Existem evidências de que, nestes casos, a resistência oferecida pelos objetos à sua movimentação constitui a base informacional para percepção de suas propriedades geométricas via sistema perceptual háptico (18;19;21;23;17). Especificamente, durante a manipulação de objetos, há geração de torques e forças que variam com o tempo, bem como variação de movimentos (lineares e angulares) associados a deformações teciduais durante o uso e a exploração desses recursos (13;15;16;20). No entanto, há parâmetros que não variam com o tempo e que relacionam os movimentos e as forças gerados: esses parâmetros invariantes definem quanto de movimento do tipo linear ou angular está associado a uma determinada força ou torque, respectivamente (13;15;14;20;22). Estes parâmetros invariantes estão intimamente associados à distribuição de massa dos objetos e dos segmentos corporais (13;14) e, portanto, constituem fonte de informação a respeito de suas propriedades, tais como seu comprimento, largura, forma e orientação (13; 15;16;20).

Um dos invariantes que tem sido destacado na literatura é o momento de inércia, que está relacionado à distribuição de massa dos objetos e quantifica a resistência oferecida por eles a mudanças na sua aceleração angular (13;20;22). Dado que os objetos têm diferentes distribuições de massa, a resistência que oferecem ao serem rodados em diferentes direções não é a mesma. Por exemplo, quanto mais espesso o objeto, maior a resistência à rotação em torno de seu eixo longitudinal. Quanto mais longo o objeto, maior a resistência que ele oferecerá à rotação em torno de eixos perpendiculares ao seu eixo longitudinal. O momento de inércia de um objeto ou segmento corporal pode ser quantificado pelo tensor de inércia: um meio para quantificação das resistências oferecidas por um objeto e ou segmento corporal a sua aceleração angular em diferentes direções (13;16;14;20;22).

A quantificação da resistência de um objeto à rotação em termos do tensor de inércia identifica os parâmetros que informam sobre as diferentes propriedades de um determinado objeto (13;16;20;22). O tensor caracteriza a resistência que um objeto oferece em diferentes direções. Os autovalores (*eigenvalues*), I_1 , I_2 e I_3 , do

tensor de inércia se referem à magnitude da resistência à aceleração rotacional sobre os três eixos de simetria do sistema mão-objeto, e_1 , e_2 e e_3 , respectivamente (13;16;20;22). Esses eixos de simetria são os chamados autovetores (*eigenvectors*) (13;16;20;22). A maior resistência à aceleração rotacional é fornecida pelo maior autovalor, I_1 , que, segundo tem sido demonstrado, suporta a percepção háptica do comprimento de objetos (13;16;20;22). A menor resistência é dada pelo menor autovalor, I_3 , sobre o qual evidências têm apontado estar associado à percepção da largura de objetos (25). A razão entre I_1 e I_3 constitui informação sobre a forma do objeto (por exemplo, esta razão pode diferenciar uma esfera de um cone) (23). Da mesma maneira, a orientação dos autovetores está relacionada à percepção da orientação de objetos em relação aos segmentos corporais (22). Tais informações disponíveis na literatura demonstram que o tensor de inércia suporta a percepção de propriedades geométricas via o toque dinâmico (13;15;22).

Evidências têm apontado que o tensor de inércia representa informação confiável não apenas para a percepção háptica de propriedades geométricas dos objetos (20;22), como também para percepção de oportunidades funcionais que objetos oferecem para a ação (15;14;16). Em dois estudos, Wagman e Carello (14; 16) demonstraram que os indivíduos foram sensíveis a propriedades inerciais específicas dos objetos, orientando seu julgamento sobre a utilidade desses materiais para tarefas de força ou de precisão. Os participantes do estudo foram capazes de escolher um objeto ou identificar em que ponto de sua extensão segurá-lo para maximizar sua utilidade em tarefas de martelar (força) ou de utilizar uma varinha para direcionar outro objeto a um orifício (tarefa de precisão) (14;16). Os resultados obtidos sugerem que a adequação de objetos para as funções de martelar e utilizar a varinha numa tarefa de precisão é percebida pelo toque dinâmico e é dependente das distribuições de massa desses objetos. Especificamente, objetos com massa mais concentrada perto do eixo de rotação foram julgados como mais adequados para tarefa de precisão, enquanto aqueles com concentração de massa mais afastada do eixo de rotação foram julgados como mais apropriados para tarefas de força (14;16).

Quais as implicações desses resultados para a organização da ação em tarefas funcionais? Espera-se que, dado o objetivo da tarefa (força ou precisão) e

considerando-se que o uso de um objeto é necessário para realizá-la, quanto menos adequado o objeto for para a ação, maior será a demanda de habilidade percepto-motora do indivíduo para cumprir o propósito da tarefa. Por outro lado, objetos apropriados às demandas de uma determinada tarefa podem facilitar seu manuseio e, conseqüentemente, otimizar o desempenho do indivíduo nesta tarefa.

Ao aplicar a argumentação acima no contexto do desenvolvimento infantil, pode-se hipotetizar que crianças de idades variadas podem apresentar desempenho diferenciado em uma tarefa de precisão, em função das características do objeto utilizado na tarefa. Pode-se argumentar ainda que o sentido dessa diferença seja que crianças mais novas possam se beneficiar mais de certas propriedades do objeto do que as crianças mais velhas. Isso porque aquelas mais velhas e, portanto, mais proficientes, podem ser mais habilidosas para compensar uma menor adequação de um objeto para executar determinada ação. Nesta mesma lógica, o desempenho de crianças mais novas e, conseqüentemente, com repertório de habilidades mais reduzido, pode ser especialmente beneficiado por objetos com propriedades facilitadoras para o propósito da ação. Considerando-se esta argumentação, espera-se que o suporte oferecido pelas propriedades do objeto para realização da tarefa atenuie as diferenças de desempenho associadas à idade ou à experiência das crianças. Reciprocamente, espera-se que, em crianças mais novas, o desempenho seja mais prejudicado com objetos menos adequados para a atividade do que em crianças mais velhas. Em outras palavras, é possível que as propriedades dos objetos modifiquem o efeito da idade no desempenho de tarefas funcionais.

Desenvolvimento da percepção háptica e desempenho funcional

Na literatura, estudos que investigaram o toque dinâmico em crianças são muito escassos, comparados com estudos do mesmo tema em adultos. Fitzpatrick e Flynn (26) avaliaram três grupos de crianças com idades de três, quatro e cinco anos na realização de tarefas de manipulação em que deveriam fazer julgamento a respeito do comprimento de dois conjuntos de hastes, com e sem massas anexadas em pontos específicos de sua extensão (26). As tarefas foram realizadas sem o

auxílio da visão. Os resultados encontrados indicaram que a maioria das crianças conseguiu identificar as hastes com comprimentos maiores, o que sugere que a habilidade de discriminar comprimento via percepção háptica está presente em fases iniciais do desenvolvimento. Apesar disso, a acuidade perceptual parece ser dependente da idade. O efeito da idade no desempenho perceptual levou à consideração de que a percepção a partir da detecção de propriedades inerciais dos objetos está em emergência nesse período do desenvolvimento. As autoras sugeriram ainda que a prática e a experiência ao longo do desenvolvimento estão intimamente vinculadas à extração cada vez mais diferenciada de propriedades invariantes de objetos explorados manualmente.

O estudo descrito acima também investigou a habilidade das crianças de manusear instrumentos por meio do contato com apenas uma parte deles, ao comparar a realização de três tarefas manuais: desenhar uma pessoa, escrever o próprio nome e recortar uma figura (26). Foi observado que houve uma melhora na habilidade manual em crianças mais velhas, sugerindo uma possível relação entre o desenvolvimento de habilidades motoras e o desenvolvimento de habilidades perceptuais hápticas (26).

Os resultados do estudo de Ocarino et al (27) também sugerem a existência de uma relação entre o desenvolvimento de habilidades motoras e habilidades perceptuais hápticas. Esses autores compararam o desempenho perceptual háptico de crianças com distúrbios do desenvolvimento (i.e., hemiparesia espástica e síndrome de Down) com o de crianças com desenvolvimento normal (27). Duas tarefas foram utilizadas para avaliar a percepção háptica: identificar a utilidade funcional de hastes para puxar objetos (tarefa 1) e perceber o comprimento de hastes (tarefa 2). Na tarefa 1, o desempenho dos participantes foi avaliado por um índice de concordância observado no julgamento (27). Os resultados indicaram que crianças com distúrbios do desenvolvimento de ambos os grupos clínicos apresentaram índice de concordância significativamente inferior ($p < 0,05$) comparado com o de crianças com desenvolvimento normal, o que sugere que as deficiências motoras tipicamente observadas em crianças com paralisia cerebral e em crianças com síndrome de Down possivelmente estão associadas a deficiências também na percepção (27). Na tarefa 2, houve diferença significativa na percepção dos

comprimentos das hastes entre os grupos, sendo que, no grupo de crianças com desenvolvimento normal, a percepção de comprimento foi baseada na detecção do invariante inercial ($p < 0,0001$) (27). Por outro lado, essa relação de dependência entre comprimento percebido e propriedades inerciais não foi observada em crianças com distúrbios do desenvolvimento ($p > 0,05$) (27). Esse resultado sugere que as crianças com distúrbios do desenvolvimento não detectaram a informação relevante que suporta a percepção do comprimento das hastes (27). É possível que as deficiências perceptuais observadas estejam, ao menos em parte, relacionadas ao menor desempenho motor destas crianças em tarefas manuais.

Os estudos reportados acima permitem levantar a hipótese de que o desempenho de crianças em tarefas manuais parece não ser afetado apenas por seu repertório de habilidades (associado, por exemplo, à idade ou à condição de saúde) e pelas demandas oferecidas pela tarefa (i.e., demanda de precisão). Fatores contextuais, como as características inerciais do objeto utilizado, podem também influenciar diretamente o desempenho funcional. Como argumentado anteriormente, ao hipotetizarmos que objetos mais adequados para o cumprimento das demandas da tarefa possam favorecer o desempenho de crianças de diferentes idades, estamos admitindo que o suporte contextual pode influenciar no uso de estratégias motoras mais eficientes para responder as demandas funcionais.

Apesar da relação teoricamente proposta entre percepção háptica e organização da ação, investigações sobre estes dois fenômenos têm ocorrido de maneira independente. Especificamente, a avaliação do desempenho perceptual háptico dos participantes (crianças e adultos) nos estudos existentes foi baseada em julgamento. Neste sentido, até o momento, não há evidências que informem se modificações nas características de objetos realmente contribuem para a modulação de estratégias motoras que suportam a realização de atividades com estes objetos. Consequentemente, a hipótese levantada acima de que o suporte contextual pode otimizar o desempenho de tarefas manuais ainda não foi diretamente testada.

O paradigma experimental de Fitts oferece um meio ideal para se testar o papel do suporte contextual no desempenho de uma tarefa de precisão. Apenas uma pequena adaptação é requerida: os participantes devem realizar a tarefa utilizando uma haste, com distribuições de massa diferentes, segura firmemente nas

mãos para tocar os alvos. A distribuição de massa da haste será manipulada de forma a torná-la mais ou menos adequada para a realização de tarefa com diferentes demandas de precisão. Esse contexto experimental permite avaliar diretamente o desempenho frente à manipulação das propriedades inerciais da haste, tornando-a facilitadora ou não para o cumprimento da demanda funcional.

1.1 Objetivos

Objetivo geral:

Investigar se as propriedades inerciais de hastes com diferentes distribuições de massa modificam o desempenho de crianças com desenvolvimento normal nas faixas etárias de 5, 8 e 11 anos em uma tarefa de precisão com três níveis de dificuldade (larguras dos alvos).

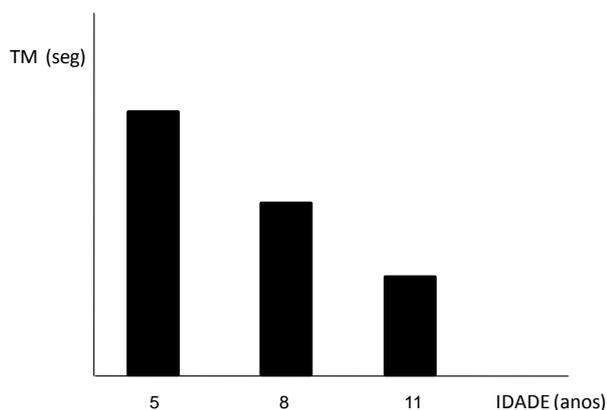
Objetivos específicos:

- Investigar o efeito da idade no desempenho de crianças com desenvolvimento normal em uma tarefa de precisão;
- Investigar o efeito de propriedades inerciais de hastes com diferentes distribuições de massa no desempenho de crianças com desenvolvimento normal de faixas etárias diferentes em uma tarefa de precisão;
- Investigar a interação de propriedades inerciais de hastes com diferentes distribuições de massa com as idades no desempenho de crianças com desenvolvimento normal em uma tarefa de precisão;
- Investigar o efeito do nível de dificuldade da tarefa (largura dos alvos) no desempenho de crianças com desenvolvimento normal nas faixas etárias de 5, 8 e 11 anos em uma tarefa de precisão;
- Investigar a interação do nível de dificuldade da tarefa (largura dos alvos) com as idades no desempenho de crianças com desenvolvimento normal em uma tarefa de precisão;
- Investigar a interação de propriedades inerciais de hastes com diferentes distribuições de massa com os níveis de dificuldade da tarefa (largura dos alvos)

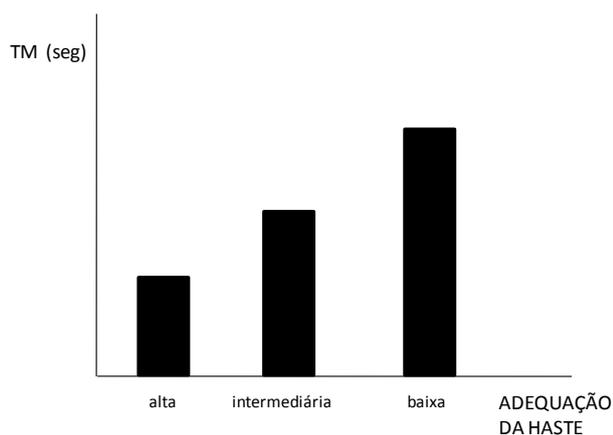
no desempenho de crianças com desenvolvimento normal nas faixas etárias de 5, 8 e 11 anos em uma tarefa de precisão.

1.2 Hipóteses

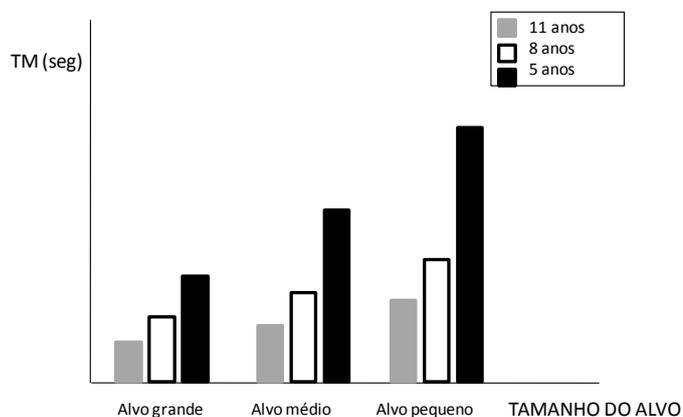
H1: As crianças mais velhas realizarão a tarefa de precisão em menor tempo (desempenho melhor) do que as crianças mais novas;



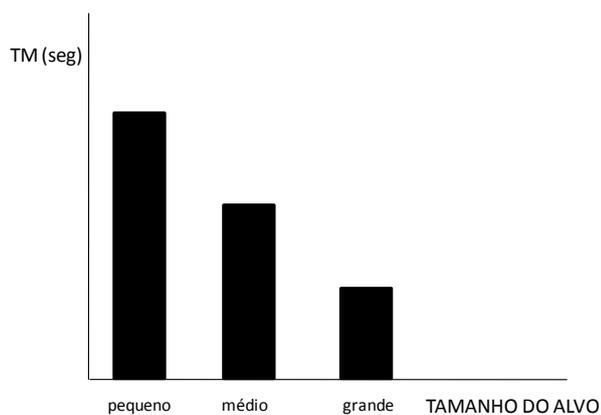
H2: Os objetos com concentração de massa mais próxima do eixo de movimento (articulação do punho) estarão associados a menores tempos de desempenho da tarefa do que os objetos com concentração de massa mais afastada do eixo de movimento;



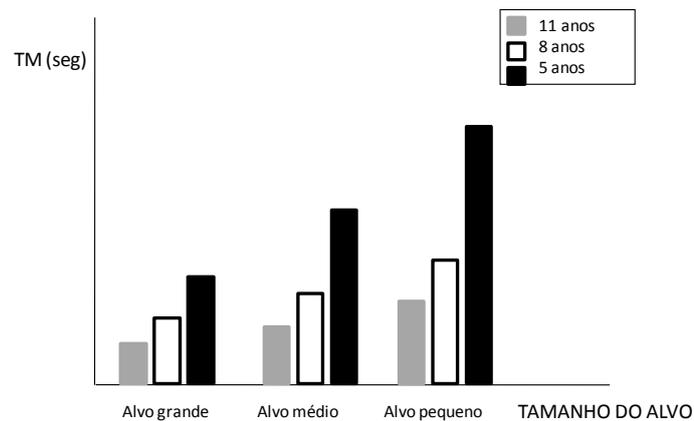
H3: O desempenho de crianças mais novas será mais facilitado (menor tempo) pelo uso de objetos percebidos como apropriados para realizar tarefa de precisão do que o desempenho de crianças mais velhas.



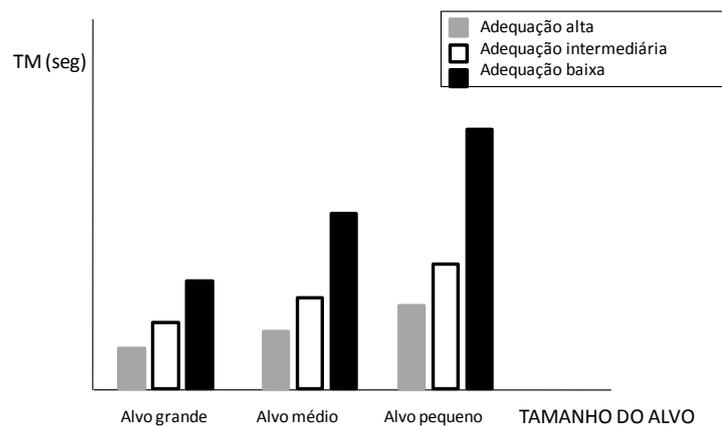
H4: A tarefa com menor ID (largura maior do par de alvos) estará associada a menores tempos de desempenho da tarefa do que as tarefas com maiores ID's (larguras intermediária e menor dos pares de alvos);



H5: O desempenho de crianças mais novas será mais facilitado (menor tempo) pela redução da dificuldade da tarefa (aumento do diâmetro dos alvos) do que o desempenho de crianças mais velhas.



H6: O desempenho da tarefa mais difícil (maior ID- largura de alvos menor) será mais facilitado (menor tempo) pelo uso de objetos percebidos como apropriados para realizar tarefa de precisão do que o desempenho das tarefas menos difíceis (menores ID's- larguras intermediária e maior dos pares de alvos).



MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Amostra

Participaram deste estudo 37 crianças com desenvolvimento normal, de ambos os sexos e nas faixas etárias de cinco, oito e onze anos de idade. O cálculo amostral foi estabelecido considerando-se os seguintes parâmetros: tamanho de efeito $\eta^2 = 0,20$, poder estatístico de 0,80, $\alpha = 0,05$, distribuição não-direcional, estudo com três grupos e um total de seis mensurações por grupo. Com base nos

parâmetros acima, utilizando-se o software G*Power 3,1 (28) uma amostra total de 36 crianças seria necessária para encontrar os efeitos, caso existissem.

A amostra foi selecionada por conveniência e alocada em três grupos: o grupo 1 foi composto por doze crianças com idades entre cinco anos e cinco anos e onze meses, o grupo 2 incluiu doze crianças entre oito anos e oito anos e onze meses de idade e o grupo 3 foi formado por 13 crianças entre onze anos e onze anos e onze meses de idade. Como uma das propostas do presente estudo foi investigar o efeito de diferentes grupos etários em uma tarefa de precisão, foi necessário incluir três períodos do desenvolvimento: um que pudesse representar a fase inicial da emergência das estratégias motoras em tarefas de precisão, uma fase que pudesse ser considerada intermediária nesse processo e uma fase em que, provavelmente, a criança já fosse capaz de organizar suas ações de forma organizada para realizar, com sucesso, tarefas com demandas de precisão. Sendo assim, a definição das faixas etárias pautou-se em um estudo que investigou a realização da tarefa de Fitts por crianças de cinco, sete, nove e onze anos de idade e um grupo de adultos jovens (8). De maneira geral, os resultados desse estudo indicaram que as crianças de cinco anos de idade podem estar em fase inicial do desenvolvimento de estratégias motoras necessárias para solucionar o conflito precisão x velocidade. Além disso, o menor efeito idade foi encontrado entre as crianças de sete e nove anos, o que orientou a definição da idade intermediária dos participantes do presente estudo como sendo a faixa etária de oito anos. Finalmente, não houve diferença significativa entre o desempenho das crianças de onze anos e o grupo de adultos, o que sugeriu que a faixa etária de onze anos pudesse representar um período de utilização de estratégias motoras mais eficientes para realizar tarefas de precisão.

Para serem incluídas no estudo, as crianças deveriam estar frequentando escola regular e ter desenvolvimento normal, sem qualquer diagnóstico de deficiência ou incapacidade. Crianças que apresentassem distúrbios de refração visual, mas que fizessem uso de lente de contato ou óculos para correção puderam participar do estudo. Foram excluídas do estudo aquelas crianças que não entenderam ou se recusaram a cumprir as instruções para realização da tarefa, assim como aquelas que apresentaram desconforto que não desapareceu durante

os intervalos feitos ao longo do procedimento de coleta de dados. Crianças com desenvolvimento normal que estivessem em recuperação de qualquer tipo de lesão nos membros superiores não puderam participar do estudo.

O projeto de pesquisa deste estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), parecer - ETIC 0002.0.203.000-10 (Anexo A).

2.2 Instrumentação

Uma haste de madeira cilíndrica e homogênea com comprimento de 50 centímetros (cm), diâmetro de 1,2cm e massa de 38,98 gramas (g) foi utilizada neste estudo (Figura 1). Um cilindro de aço inox de 1,05cm e massa de 22,23g (Figura 2) foi posicionado a 10, 20 e 30 cm da extremidade proximal da haste, o que proporcionou o efeito de diferentes distribuições de massa desse objeto. Essa haste foi utilizada pelos participantes do estudo para tocar, reciprocamente, um par de alvos conectados por meio de um *mouse* tradicional com saída USB a um computador com *software* específico, cuja função era emitir um sinal sonoro sempre que o alvo fosse tocado, indicando acerto do alvo (Figura 3).



FIGURA 1: Haste de madeira com distribuição homogênea de massa. Em destaque, as distâncias de 10, 20 e 30cm da extremidade proximal da haste, onde se posicionou a mão da criança.



FIGURA 2: cilindro de aço inox utilizado para manipular a distribuição de massa da haste.



FIGURA 3: Haste tocando o alvo. Conexão entre o par de alvos e o computador por meio do *mouse*.

Foram utilizados três pares de alvos, cujos diâmetros foram 1, 3 e 10 cm (Figura 4). O menor par de alvos, com diâmetro de 1 cm, representou a tarefa de dificuldade alta, já que solicitou maior precisão do participante para que fosse tocado. Nessa mesma lógica, o par com 3 cm de diâmetro definiu a tarefa com dificuldade intermediária, já que apresentava demanda moderada de precisão para ser atingido. Finalmente, o par de alvos com 10 cm de diâmetro representou a tarefa de dificuldade baixa, devido à sua menor demanda de precisão para ser tocado. Uma distância de 35cm entre os centros de cada par de alvos foi mantida fixa nas três condições. Cada alvo foi composto por um sensor interno capaz de captar o toque da haste. Dentro do *mouse* tradicional utilizado para conectar os alvos ao computador, foram montados dois circuitos comparadores de níveis, sendo um para cada alvo do par (Figura 5). Um circuito comparador de níveis tem a função de detectar níveis elétricos e acionar uma saída. No caso deste estudo, os circuitos criados mediram o nível do sinal elétrico gerado pelo sensor ao ser tocado pela haste e dispararam um sinal sonoro quando esse nível ultrapassou o valor pré-determinado de 1,6 volts, que corresponde a 1/3 da alimentação do *mouse* USB (valor de referência específico da eletrônica desenvolvida). Assim, cada disparo sonoro representou uma pontuação feita pela criança que foi registrada pelo *software*. Externamente, os alvos foram cobertos por material liso e fosco. Cada par

de alvos foi encaixado em material emborrachado em suas laterais e entre os alvos, de modo que o único ponto de contato entre a haste e o alvo foi a superfície do alvo (Figura 4).

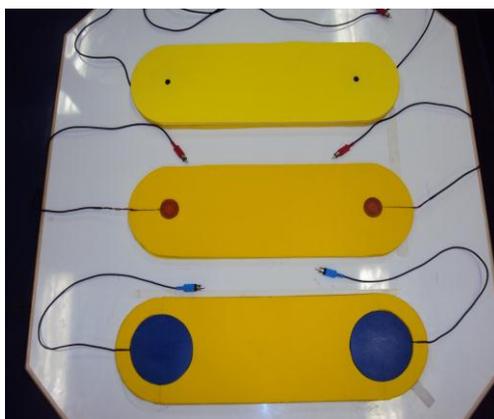


FIGURA 4: Pares de alvos de diâmetros de 1, 3 e 10cm encaixados em base de EVA.

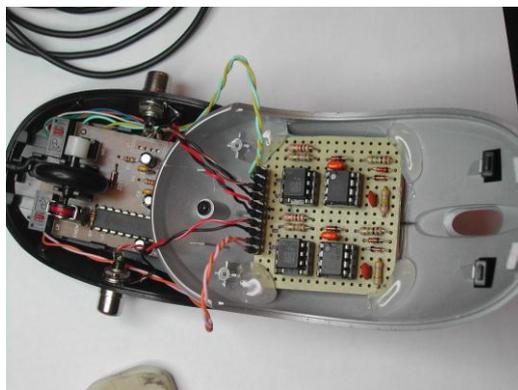


FIGURA 5: Visão interna do mouse- eletrônico criada para detectar o sinal elétrico gerado pelo toque da haste no alvo e disparar, o que correspondeu a uma pontuação feita pela criança.

O objetivo da criação de um *software* para o estudo foi auxiliar a criança a controlar os acertos, já que o sinal sonoro era emitido apenas quando o alvo era atingido, e fornecer mais um meio, além do visual, de os participantes controlarem o seu perfil de desempenho da tarefa, uma vez que, quanto mais rápido acertassem os alvos, mais sinais sonoros seriam ouvidos. Esse dispositivo foi importante para

manter o nível de envolvimento das crianças, que se sentiram desafiadas a realizar a tarefa com o melhor desempenho possível, ou seja, acertar os alvos com a maior velocidade que pudessem atingir.

Os procedimentos de coleta de dados com o software incluíram a apresentação do sinal sonoro, cuja frequência era alterada conforme a velocidade de execução da tarefa, ou seja, a informação auditiva orientava os participantes a ajustar seu desempenho. Ao final da tarefa, esse programa fornecia a pontuação feita pelo participante, a qual foi baseada no acerto dos alvos na sequência correta. Esse *software* permitia alterações relacionadas à música de fundo, ao som do erro e ao tempo da tarefa. A parte dos sons foi desenvolvida com o auxílio da biblioteca gráfica GTK+ e a OpenAL. Em relação aos requisitos mínimos do sistema criado, o software funciona em qualquer computador que rode Windows 2000 ou versões mais atualizadas. Ele ocupa 50MB de espaço no disco rígido (HD).

Foi estabelecida parceria com o Laboratório de Ciências da Computação (LCC) do Instituto de Ciências Exatas (ICEX) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), de modo que esse laboratório foi responsável pela confecção e desenvolvimento da eletrônica dos três pares de alvos, do *mouse* e pela criação do *software* utilizados neste estudo.

O sistema de análise de movimento Qualisys ProReflex MCU (QUALISYS MEDICAL AB®, 411 12 Gothenburg, Suécia) foi utilizado para capturar a trajetória de uma marca passiva refletora posicionada na mão dominante da criança, em que a haste foi segura. A partir dessa trajetória, foi computado o tempo para realização de um ciclo de movimento (sequência caracterizada por toque em um alvo, no alvo seguinte e retorno ao primeiro).

O Qualisys ProReflex é um sistema de fotogrametria que permite a reconstrução em três dimensões (3D) da posição de pontos localizados em segmentos representados por marcas passivas refletoras. As câmeras emitem luz infravermelha por um grupo de diodos localizados em volta de cada uma das lentes. Os marcadores passivos refletem a luz infravermelha que é captada pelas câmeras.

Para este estudo, foram utilizadas três câmeras ProReflex 120 Hz, tripés, cabos e unidade de calibração, um computador e o software de aquisição de dados Qualisys Track Manager 2.0 (QTM). Estudos têm demonstrado que o sistema

Qualisys fornece alta acurácia e confiabilidade (29;30;31). As câmeras do Qualisys (Pro-reflex MCU digital câmeras) registram uma frequência máxima de 1000 Hz, o que permite que movimentos muito rápidos possam ser capturados com alta acurácia. Este recurso está disponível no Laboratório de Análise de Movimento (LAM) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EFFTO) da UFMG.

2.3 Procedimentos

Foi desenvolvido um estudo transversal com três grupos de crianças com desenvolvimento normal, com idades de cinco, oito e onze anos. Os três grupos experimentais foram submetidos à mesma tarefa e condições experimentais. As coletas aconteceram no LAM em dia e horário de maior conveniência para a criança e sua família.

Inicialmente, os pais ou responsáveis pelas crianças e as crianças participantes do estudo foram esclarecidos sobre os objetivos do estudo e os procedimentos de coleta. Os pais ou responsáveis que concordaram com a participação voluntária de seu filho de cinco anos de idade assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido para a participação da criança no estudo (Apêndice A). Os pais ou responsáveis que concordaram com a participação voluntária de seu filho de oito ou onze anos também assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Neste caso, as crianças de oito e onze anos de idade também assinaram a autorização para participação no estudo (Apêndice B), como estabelecido pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

Antes do início de cada coleta dos dados, foi feita calibração do sistema, para as coordenadas de referência global. Para isso, foi utilizada uma estrutura de metal em forma de “L”, que contém quatro marcadores reflexivos. Dois marcadores reflexivos ficaram fixados ao eixo mais curto “X”, que determinou a direção látero-medial de movimento. O eixo mais longo, que também possui dois marcadores reflexivos, determinou a direção “Y”, ou ântero-posterior. Para a calibração, essa estrutura metálica foi colocada sobre a mesa em que seria realizada a tarefa de precisão. Uma batuta em forma de “T”, com dois marcadores reflexivos fixos na

extremidade da haste superior, com distância de 300,1 mm, foi usada para varredura do volume de interesse em que a tarefa seria realizada. A batuta foi movida em todos os planos de movimento dentro desse espaço delimitado, durante 15 segundos, e, dessa forma, gerou os dados que determinaram a localização e orientação das câmeras. Foram permitidos erros de desvio-padrão menores que 10 mm, e a frequência de captação dos dados foi estabelecida em 120 Hz.

Após a chegada do participante, a tarefa a ser realizada era explicada a ele, e os três pares de alvos e a haste sem o cilindro de aço eram apresentados e testados em ordem previamente definida: primeiro os alvos grandes, em seguida os médios e, por último, os pequenos. A instrução para realização da tarefa foi tocar, reciprocamente, os alvos do par com o máximo de precisão e o mais rápido possível. Foi estabelecido que a tarefa deveria ser realizada por 15 segundos e iniciada pelo alvo esquerdo. O propósito dessa apresentação foi a familiarização da criança com a tarefa e a garantia, por meio da prática, de que a criança havia compreendido a solicitação de acertar os alvos reciprocamente o mais rápido possível. Além disso, esse momento anterior ao início da coleta permitiu que a criança alcançasse sua precisão e velocidade máximas, já que, para que determinada tentativa fosse válida, era fundamental que o participante cumprisse os dois requisitos da tarefa: precisão e velocidade. O critério para definição de uma tentativa válida foi porcentagem de erro inferior a 10% dos toques feitos em cada tentativa de 15 segundos.

Na fase de coleta, o participante foi posicionado de pé a uma distância dos alvos equivalente ao somatório do comprimento do antebraço da criança e do comprimento da haste. Os alvos foram fixados com fita dupla face em uma mesa com altura regulável, de modo que a referência de altura da mesa para cada participante foi a distância do chão até a altura do cotovelo da criança a 45 graus de flexão. Uma marca passiva refletora de 10 mm de diâmetro e colada em base de feltro foi posicionada na mão dominante da criança com fita dupla-face, entre os dedos polegar e indicador, na mesma direção da haste mantida na mão em posição horizontal (Figura 6).



FIGURA 6: cenário da coleta de dados

A tarefa consistiu em tocar reciprocamente os alvos com a haste firmemente segura na mão dominante da criança, com o menor intervalo de tempo possível e com o máximo de precisão (e.g., sem erros). Para acionamento dos alvos, o participante foi solicitado a utilizar a haste com cada um dos três posicionamentos do cilindro nas três situações de precisão (i.e., pares de alvos com diâmetros diferentes). Quanto mais rápido e mais preciso fosse o acionamento alternado dos alvos, mais pontos eram computados na tentativa, criando-se um ambiente interessante, desafiador e estimulante para criança.

Neste estudo, os participantes executaram a tarefa com índices de dificuldade (ID) definidos pela largura dos alvos e pela distância entre eles. Sendo assim, dadas as larguras de 1, 3 e 10 cm, e considerando-se a distância entre os alvos de 35cm, foram gerados ID's de 6,13, 4,54 e 2,81, respectivamente. Assim, a tarefa de dificuldade alta teve ID= 6,13, a tarefa de dificuldade intermediária teve ID=4,54 e a tarefa de dificuldade baixa teve ID=2,81. Considerando-se os três posicionamentos do cilindro na haste, as três variações de diâmetro dos alvos e as duas tentativas permitidas em cada condição, cada participante realizaria 18

repetições. Foi feita randomização da ordem de apresentação das repetições. Entre cada troca de par de alvos, houve intervalo de cinco minutos para descanso e instrução ao participante. Ocasionalmente, foi feito intervalo frente à solicitação da criança para descansar. O tempo total de participação de cada criança no estudo variou, em média, de 40 a 60 minutos.

2.4 Redução dos dados

O desfecho analisado foi o tempo médio de movimento (TM) para realização de cada ciclo ao longo de uma tentativa da tarefa. A média de TM obtida nas duas tentativas realizadas pelas crianças com cada uma das três distribuições de massa da haste, em cada uma das três situações de precisão, foi utilizada para análise. Essa variável caracterizou o desempenho das crianças na tarefa de Fitts nas diferentes condições experimentais.

2.5 Análise estatística

Medidas de tendência central (média e desvio-padrão) e de frequência foram utilizadas para caracterizar a amostra em relação à idade e ao sexo, respectivamente. Além disso, as médias e os desvios-padrão da variável TM foram computados para as diferentes condições experimentais.

As crianças de cinco anos de idade obtiveram porcentagem de erro superior a 10% dos toques feitos em cada uma de quatro tentativas consecutivas de realizar a tarefa com o alvo pequeno, ou seja, nenhuma das crianças de cinco anos conseguiu executar a tarefa com o alvo pequeno. Devido a isso, condições experimentais referentes ao mesmo foram excluídas da análise para todas as idades. Dessa forma, as análises realizadas incluíram os três grupos etários, as três condições de haste e apenas os alvos grande e médio.

Análise de variância (ANOVA) mista 3 x 3 x 2 com um fator independente (idade: cinco, oito e onze anos) e dois fatores de medida repetida (adequação da haste: alta, intermediária e baixa; e tamanho do alvo: grande e médio) foi utilizada para avaliar os efeitos principais idade, alvo e haste, e os efeitos de interação idade x alvo, idade x haste, haste x alvo e idade x alvo x haste. Quando efeitos

significativos foram observados, considerando-se um nível de significância de 0,05, testes post-hoc foram realizados para identificar, de forma mais específica, os efeitos encontrados.

RESULTADOS

3.1 Resultados Descritivos

As características da amostra referentes à idade e ao sexo estão apresentadas na Tabela 1. Na Tabela 2, encontram-se as médias (e desvios-padrão) do TM nas diferentes condições experimentais.

TABELA 1

Características descritivas dos participantes do estudo em relação às variáveis idade e sexo.

IDADE*	SEXO**	
	Feminino	Masculino
5.48 (0.30)	9	3
8.33 (0.28)	7	5
11.33 (0.26)	8	5

Legenda: * Números indicam valor médio obtido e, entre parênteses, desvio-padrão.

** Números indicam a freqüência de participantes em cada categoria.

TABELA 2

Médias (e desvios-padrão) do TM de cada grupo etário nas diferentes condições experimentais

IDADE	ALVO*	ADEQUAÇÃO HASTE*		
		Alta	Intermediária	Baixa
5	Grande	1.17 (0.12)	1.25 (0.16)	1.29 (0.11)
	Médio	1.86 (0.11)	1.96 (0.18)	1.84 (0.17)
8	Grande	0.77 (0.06)	0.81 (0.07)	0.87 (0.10)
	Médio	1.41 (0.13)	1.51 (0.19)	1.60 (0.26)
11	Grande	0.61 (0.08)	0.61 (0.08)	0.64 (0.08)
	Médio	1.02 (0.10)	1.01 (0.11)	1.09 (0.17)

Legenda: * Números indicam valor médio obtido e, entre parênteses, desvio-padrão.

3.2 Resultados Inferenciais

Em relação ao TM, a ANOVA demonstrou efeitos principais da idade ($p < 0,0001$; $\eta^2 = 0,93$), do alvo ($p < 0,0001$; $\eta^2 = 0,96$) e da haste ($p < 0,0001$; $\eta^2 = 0,24$). Além disso, foram significativas as interações idade x alvo ($p < 0,0001$; $\eta^2 = 0,51$), idade x haste ($p=0,019$; $\eta^2 = 0,16$) e idade x alvo x haste ($p=0,04$; $\eta^2 = 0,14$). A interação alvo x haste não foi significativa ($p=0,84$; $\eta^2 = 0,01$).

3.2.1 Comparação *Post-hoc*

Efeito principal da idade:

Testes *post-hoc Scheffe* identificaram diferenças significativas entre os grupos de 5 x 8 anos ($p < 0,0001$), 8 x 11 anos ($p < 0,0001$) e 5 x 11 anos ($p < 0,0001$). Como ilustrado na Figura 7, o TM diminuiu com o aumento das idades das crianças.

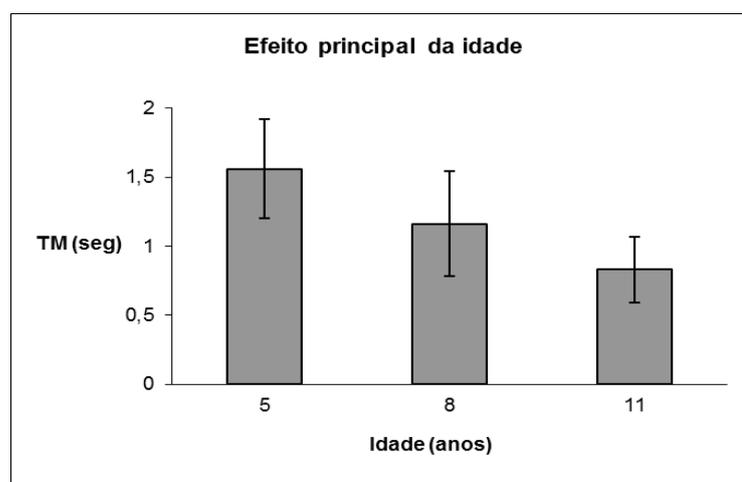


FIGURA 7: Gráfico do efeito principal da idade no TM

Efeito principal do alvo:

Como ilustrado na Figura 8, o tempo médio de execução da tarefa foi significativamente menor com o alvo grande do que com o alvo médio ($p < 0,0001$).

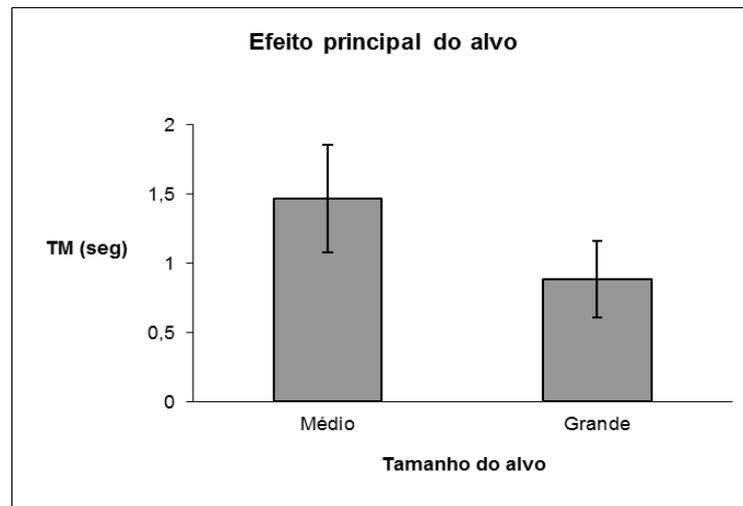


FIGURA 8: Gráfico do efeito principal do alvo no TM

Efeito principal da haste:

A Figura 9 ilustra a mudança em TM associada à manipulação da distribuição de massa da haste. A inspeção desta figura indica que o efeito principal da haste ocorreu na direção esperada, ou seja, com o aumento da adequação da haste, houve diminuição do tempo médio de execução. Análises de contraste identificaram diferenças significativas entre as hastes de adequação alta e intermediária ($p < 0,0001$) e as hastes de adequação alta e baixa ($p < 0,0001$). No entanto, não foram encontradas diferenças significativas entre as hastes de adequação intermediária e baixa ($p=0,164$).

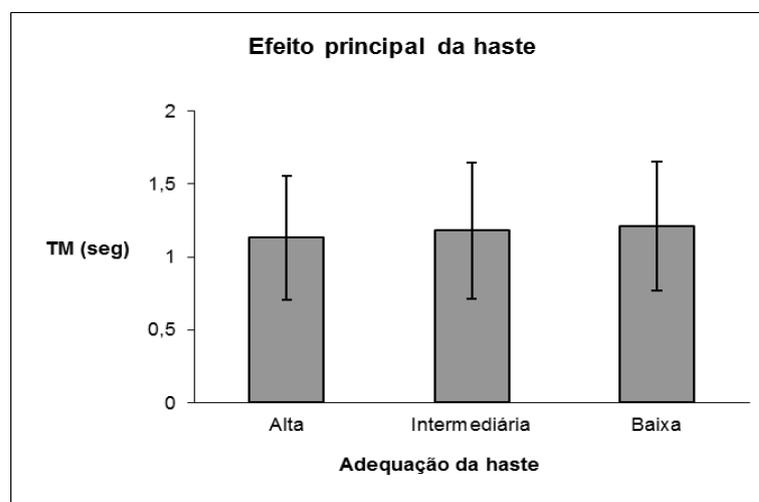


FIGURA 9: Gráfico do efeito principal da haste no TM

Interação idade x alvo:

A interação significativa entre idade e alvo indica que o efeito da dificuldade da tarefa (alvo) no TM foi diferente para os diferentes grupos etários do estudo. Este efeito pode ser ilustrado pelas diferentes inclinações das retas na Figura 10: as crianças de cinco e oito anos de idade parecem ter apresentado um maior aumento de TM com a diminuição do alvo do que as crianças de onze anos de idade. Com o objetivo de confirmar a análise gráfica, uma ANOVA simples foi realizada para avaliar o efeito do alvo na mudança do TM associada aos grupos etários. Para tal, o escore de diferença da variável TM foi utilizado como variável dependente. Especificamente, para cada criança, foi computada a diferença entre o TM apresentado no alvo médio (média do TM com as três hastes) e o TM apresentado no alvo grande (média do TM com as três hastes). A ANOVA confirmou o efeito sugerido na Figura 10. Houve efeito significativo do alvo no escore de diferença de TM entre os grupos etários de 5 x 11 anos ($p < 0,0001$) e 8 x 11 anos ($p < 0,0001$). Não houve diferença significativa entre as idades de 5 x 8 anos ($p = 0,44$).

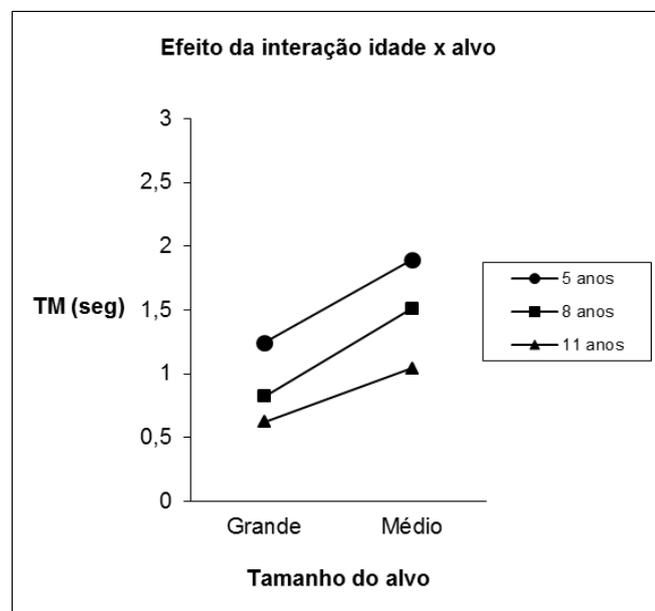


FIGURA 10: Gráfico ilustrativo da interação idade x alvo. Observar inclinações das retas dos três grupos etários.

Interação idade x haste:

Análises de contraste foram realizadas para comparar as médias de TM obtidas nas três condições de haste para cada grupo etário individualmente, independente do alvo utilizado. Esta análise teve como objetivo avaliar como o efeito da haste foi modificado pela idade dos participantes. O valor de alfa utilizado para estas análises foi ajustado pelo número de comparações realizadas por grupo, tendo sido estabelecido em 0,016 ($\alpha = 0,05/3$). As comparações de TM entre hastes no grupo de onze anos de idade não apresentou diferença significativa, o que sugere que a mudança de adequação das hastes não influenciou o desempenho das crianças de onze anos na tarefa de precisão. No grupo de oito anos, houve diferenças significativas entre as hastes de adequação alta e baixa ($p = 0,001$) e de adequação alta e intermediária ($p = 0,008$). A análise das médias indica que o uso da haste de adequação alta resultou em menores tempos de movimento do que as hastes de adequação intermediária e baixa. No grupo etário de cinco anos, também foram encontradas diferenças significativas em TM associadas à variação na adequação das hastes. Porém, estas diferenças foram significativas apenas entre as hastes de adequação alta e intermediária ($p = 0,01$), sendo que o TM foi menor com a haste de adequação alta do que com a de adequação intermediária.

Interação idade x alvo x haste:

A interação significativa entre idade, alvo e haste sugere que o efeito da haste nas diferentes faixas etárias não foi igual para os dois alvos. Com o propósito de compreender como o efeito da haste foi modificado pelas três faixas de idade do estudo em cada situação de alvo, foram realizadas análises de contraste, em que as médias de TM nas diferentes condições de haste em cada grupo etário e cada alvo foram comparadas. Em outras palavras, foram feitas comparações bivariadas no TM entre condições de hastes para cada grupo etário, no alvo grande e no médio separadamente. Portanto, para cada grupo etário, um total de seis comparações foi realizado e o nível de significância foi ajustado para 0,008 ($\alpha = 0,005/6$).

No grupo de onze anos, as diferenças entre as médias de TM das hastes não foram significativas tanto no alvo grande quanto no médio (Figura 13). No grupo de

oito anos, foram observadas diferenças significativas nas médias de TM entre as hastes de adequação alta e baixa tanto no alvo grande ($p= 0,006$) quanto no alvo médio ($p= 0,005$) (Figura 12). No grupo de crianças de cinco anos, houve efeito marginal entre as hastes de adequação alta e baixa, porém, apenas no alvo grande ($p= 0,009$) (Figura 13).

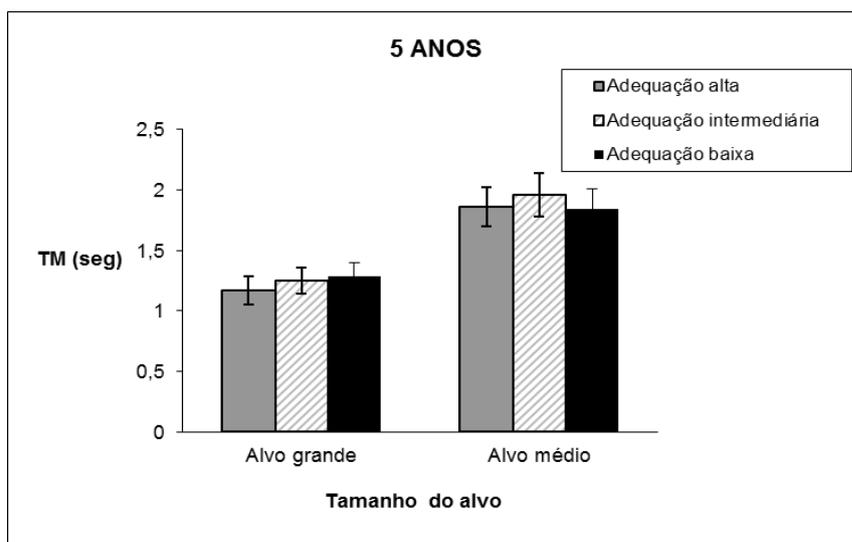


FIGURA 11: Interação idade x alvo x haste no grupo etário de cinco anos

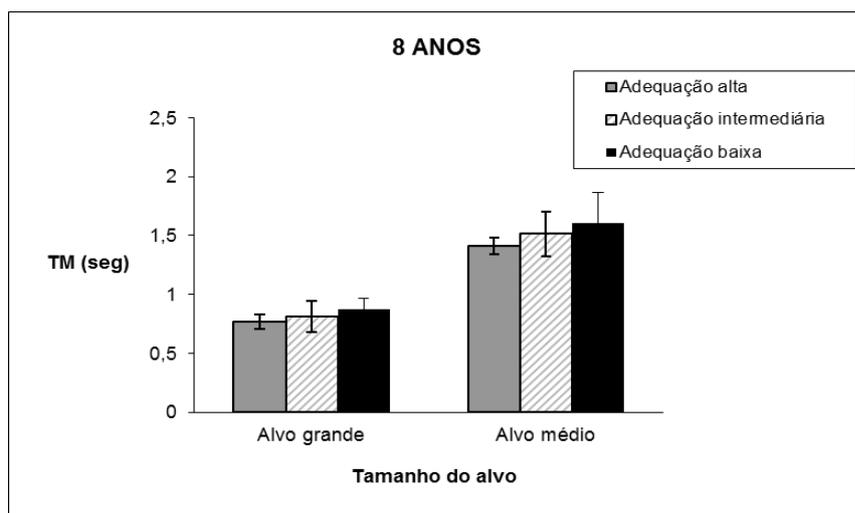


FIGURA 12: Interação idade x alvo x haste no grupo etário de oito anos

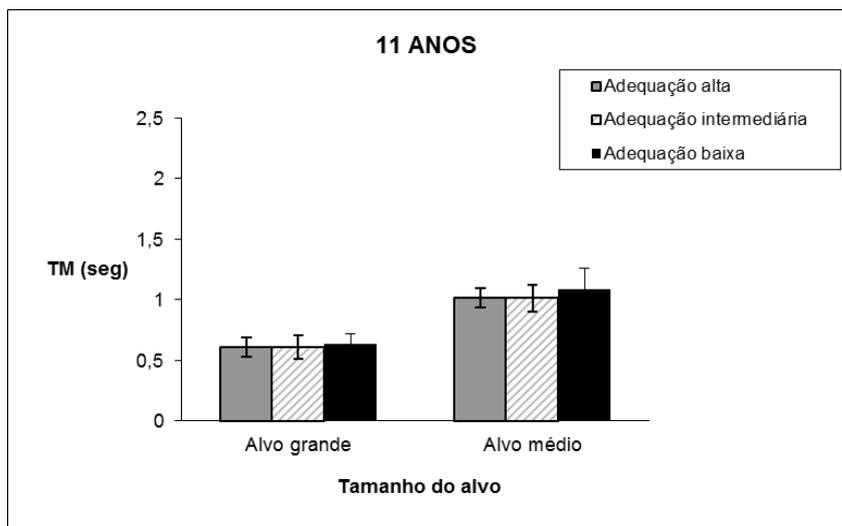


FIGURA 13: Interação idade x alvo x haste no grupo etário de onze anos

DISCUSSÃO

O presente estudo investigou se o desempenho de crianças com idades de cinco, oito e onze anos e com desenvolvimento normal é modificado por propriedades inerciais de objetos utilizados para realizar uma tarefa de precisão com dois níveis de dificuldade. Os resultados encontrados demonstraram que propriedades relacionadas à distribuição de massa desses objetos afetaram o desempenho dos participantes. No entanto, o efeito observado variou dependendo da idade do participante e da dificuldade da tarefa. Em outras palavras, a resposta das crianças à variação das propriedades dos objetos foi diferente em função da idade e da demanda de precisão oferecida pela tarefa. O desempenho observado na tarefa experimental parece ter resultado de um processo, suportado por informação perceptual, que promoveu a complementaridade entre a dinâmica do sistema músculo-esquelético e a dinâmica passiva dos objetos para o cumprimento das demandas da tarefa (11;12).

Diversos estudos tem utilizado a tarefa de Fitts para investigar o efeito de variações na dificuldade da tarefa no seu desempenho. A dificuldade da tarefa de Fitts é primariamente determinada por sua demanda de precisão, operacionalizada pela largura dos alvos (1;6;7;8;3;5). Em todos esses estudos, foi demonstrado que o

tempo médio de execução da tarefa diminuiu de acordo com o aumento da largura dos alvos, ou seja, conforme a diminuição da dificuldade da tarefa. Em grande parte dos estudos mais recentes, a tarefa de Fitts é realizada com alvos virtuais apresentados em uma mesa gráfica, que são tocados por uma ponteira cuja massa é pouco expressiva (8). No presente estudo, no entanto, os alvos foram físicos e tocados com hastes de madeira com massa significativamente superior àquela das ponteiras usadas em estudos anteriores, que permitiram manipulações em suas propriedades inerciais. Apesar dessa diferença, os resultados deste estudo confirmaram o que tem sido demonstrado consistentemente na literatura (3;6;7): o TM foi significativamente menor na tarefa com menor índice de dificuldade (ID) do que naquela com maior ID.

O papel da idade cronológica no desempenho funcional já foi avaliado em inúmeros estudos (32;33;34). Há evidências de que a idade é um fator que afeta o desempenho de crianças, de modo que aquelas mais velhas apresentam desempenho melhor do que as mais novas, em tarefas específicas (32;33;34). No contexto da tarefa de Fitts, essa observação não foi diferente (8). Bourgeois e Hay (8) avaliaram o desempenho de crianças de cinco, sete, nove e onze anos na tarefa de Fitts por meio do tempo médio de execução da tarefa. Assim como no presente estudo, foi observado que as crianças mais velhas apresentaram menor tempo de execução da tarefa, ou melhor desempenho, do que as crianças mais novas (8). O que poderia explicar esse desempenho consistentemente melhor em crianças mais velhas?

Na literatura, tem sido discutido que a melhora do desempenho com a idade está associada a fatores relacionados à maturação neural e mudanças musculoesqueléticas que acompanham o crescimento (35;36;37). A maturação neural tem sido relacionada a aumento da velocidade e da eficiência com que ocorre a integração de sinais motores e informação perceptual, com consequente refinamento de estratégias motoras (35;36). Por outro lado, as modificações musculoesqueléticas, como aumento de massa muscular e diminuição da gordura corporal, que ocorrem ao longo do crescimento, possibilitam ajustes mais eficientes às demandas ambientais (35;37). Nesse sentido, o melhor desempenho de crianças

mais velhas tem sido tradicionalmente associado a características do indivíduos que são otimizadas com o desenvolvimento.

Apesar de a maturação neural e as modificações musculoesqueléticas parecerem importantes, elas não esgotam, isoladamente, a explicação sobre a mudança de desempenho que acontece com a idade. Há evidências que sugerem que a experiência com uma determinada tarefa é preponderante para explicar o desempenho na sua realização (35). Como a importância da experiência poderia ser explicada? A prática e a experiência oferecem oportunidades para as crianças interagirem com diferentes objetos, em diferentes contextos, o que lhes oferece condições de utilizar seus recursos neuromusculoesqueléticos de maneira apropriada para atender a demanda de uma tarefa específica. Em outras palavras, a maturação neural e o crescimento corporal não são suficientes para otimizar os recursos neuromusculares; é preciso aprender a utilizá-los. E a prática ao longo do tempo oferece essa condição (35).

Em concordância com estudos anteriores, o presente estudo demonstrou que crianças mais velhas apresentaram melhor desempenho na tarefa estudada (especificamente, menor TM de deslocamento entre dois alvos) do que as crianças mais novas, independentemente do alvo e da haste utilizada para realização da tarefa. Parece que o ganho de experiência e a otimização de fatores intrínsecos contribuíram para que as crianças mais velhas apresentassem melhores estratégias para lidar com as demandas da tarefa de precisão do que as crianças mais novas.

A interação entre o efeito da idade e o efeito do alvo suporta a ideia de que as estratégias percepto-motoras para lidar com demandas variadas de tarefas específicas melhoram com a idade. A interação demonstrou que, com o aumento da dificuldade da tarefa, as crianças mais novas apresentaram maior aumento do tempo médio de execução do que as crianças mais velhas. Este resultado sugere que as crianças mais velhas ajustaram suas estratégias motoras às variações na demanda de precisão da tarefa de maneira mais eficiente do que as crianças mais novas.

A melhor eficiência de crianças mais velhas para ajustar estratégias motoras

frente a mudanças na demanda da tarefa de Fitts foi demonstrada por Bourgeois e Hay (8). Além de observar o efeito da interação entre idade e alvo no TM das crianças, esses autores observaram a mesma interação no perfil dos movimentos executados pelos participantes. Especificamente, foi observada uma dinâmica menos linear, com acelerações e desacelerações mais demarcadas, para alvos menores (em comparação com alvos maiores) em crianças de todas as idades investigadas (8). No entanto, essa mudança de estratégia associada à mudança na demanda de precisão da tarefa foi mais acentuada em crianças mais novas (8). Em outras palavras, para um mesmo índice de dificuldade (ID), a dinâmica de movimento apresentou perfil mais linear para crianças mais velhas do que para crianças mais novas (8). Considerando-se que a experiência adquirida com a idade proporciona diferentes oportunidades de exploração do ambiente e possibilita que o indivíduo se torne mais flexível para lidar com situações funcionais variadas, é possível considerar que a experiência das crianças mais velhas favoreceu a utilização mais eficiente de seus recursos neuromusculoesqueléticos frente a demandas variadas da tarefa.

É possível que, com a experiência, a criança aprenda a explorar melhor os seus recursos neuromusculoesqueléticos não somente para lidar com as demandas da tarefa, mas também para responder a variações no suporte contextual existente para o seu desempenho. O presente estudo testou esta suposição por meio da avaliação do efeito das propriedades inerciais das hastes utilizadas para a execução de uma tarefa de precisão. Na literatura, há documentação de que a resistência que os objetos oferecem a sua movimentação é informativa ao sistema perceptual háptico sobre oportunidades funcionais que eles oferecem para a ação (14;16). Nesses casos, foi demonstrado que objetos com concentração de massa mais próxima ao eixo de movimento (i.e., articulação do punho) foram julgados como mais adequados para a realização de tarefas com demanda de precisão. Esta percepção é condizente com o fato de que a movimentação destes objetos no plano horizontal é mais facilmente controlável do que a de objetos com massa concentrada mais distalmente ao eixo de movimento. Estes resultados sugerem que a percepção da utilidade funcional de objetos está associada à sensibilidade dos

indivíduos às consequências da distribuição de massa destes objetos para o desempenho de tarefas manuais. Entretanto, as consequências de manipulações das propriedades inerciais de objeto para o desempenho de uma tarefa de precisão ainda não haviam sido documentadas.

O presente estudo foi o primeiro a investigar se objetos percebidos em estudos prévios como adequados para realizar tarefas de precisão, de fato, facilitam o desempenho de tarefas com esse tipo de demanda. Foi observado que o efeito da haste ocorreu conforme a hipótese levantada. Especificamente, o tempo médio de execução da tarefa diminuiu em função do aumento da adequação da haste para atender demanda de precisão. Esse resultado demonstrou que os participantes foram sensíveis às características inerciais das hastes utilizadas e ajustaram, dinamicamente, suas respostas de acordo com estas características. Outro resultado interessante deste estudo foi que, embora o efeito da haste no desempenho tenha sido observado, esse impacto não foi genérico, mas sim, foi modificado por outros fatores que afetam o desempenho, a saber, idade e dificuldade da tarefa.

A interação significativa entre haste e idade demonstrou que, nas crianças de cinco e oito anos, o desempenho melhorou de acordo com o aumento do suporte oferecido pelas hastes. Por outro lado, o TM das crianças de onze anos não foi modificado pelas diferentes hastes. Parece que o repertório de habilidades percepto-motoras das crianças de onze anos foi suficiente para que respondessem eficientemente às demandas de precisão da tarefa, mesmo frente a possíveis inadequações contextuais (hastes menos adequadas para tarefa de precisão).

O efeito da manipulação das propriedades das hastes observado nas crianças de cinco e oito anos não foi semelhante para os diferentes alvos. Nas crianças de oito anos, essas diferenças foram reveladas nos dois alvos do estudo, mas apenas entre as hastes de maior e menor adequação. Esses resultados demonstraram que as crianças de oito anos são sensíveis à informação relacionada à distribuição de massa dos objetos para realização de uma tarefa de precisão. Entretanto, pode ser que as manipulações inerciais relacionadas à haste de

adequação intermediária não tenham sido suficientes para acarretar mudança na ação dessas crianças nas comparações com esta haste.

A sensibilidade à informação inercial em crianças de oito anos de idade também foi observada por Ocarino et al. (27) em investigação sobre a percepção háptica em crianças com desenvolvimento normal. Esses autores avaliaram a realização de uma tarefa de perceber a utilidade funcional de hastes para puxar objetos em crianças com desenvolvimento normal de quatro, seis, oito e dez anos de idade e em adultos (27). Foi demonstrado que o desempenho das crianças de oito e dez anos de idade não foi diferente do desempenho de adultos e que essas crianças tiveram índice de concordância significativamente maior ($p=0,001$) do que aquelas de quatro e seis anos de idade (27). Portanto, a sensibilidade às modificações inerciais das hastes já está presente a partir dos oito anos de idade (27).

Diferentemente das crianças de oito anos do presente estudo, as crianças de cinco anos sofreram influência da haste apenas na tarefa de menor dificuldade. A capacidade destas crianças de extrair e utilizar informação inercial talvez ainda não esteja completamente desenvolvida, o que poderia resultar em dificuldade para aproveitar o suporte que as hastes podem oferecer para o desempenho, principalmente em situações de maior demanda.

A suposição feita anteriormente encontra respaldo nos resultados obtidos por Fitzpatrick e Flynn (26), que avaliaram a percepção do comprimento de hastes com informações inerciais distintas em crianças de três, quatro e cinco anos de idade. De acordo com os resultados, crianças de até cinco anos de idade não foram consistentemente responsivas à distribuição de massa das hastes (26). O estudo de Ocarino et al (27) também sugere que crianças de idade inferior a seis anos não se mostraram sensíveis às propriedades inerciais das hastes, já que, em seu trabalho, as crianças de quatro e seis anos de idade obtiveram índice de concordância significativamente inferior ao das crianças mais velhas, no julgamento da utilidade funcional desses objetos (27).

A hipótese de que o efeito facilitador da haste seria mais acentuado no

desempenho da tarefa mais difícil, comparado com a tarefa menos difícil não foi confirmada pelo presente estudo. Ao contrário, nas crianças de cinco anos de idade, o que se observou foi que o papel facilitador da haste de maior adequação ocorreu apenas no alvo grande. Pode ser que a tarefa com o alvo médio tenha representado um desafio ainda muito grande para esta faixa etária. Assim, o efeito da haste pode ter se tornado irrelevante frente ao tamanho do efeito do alvo na organização das estratégias motoras das crianças mais novas. É possível que, nas crianças mais velhas, a interação entre haste e alvo acontecesse no sentido esperado, caso tivéssemos conseguido avaliar o desempenho no alvo pequeno. Entretanto, esse alvo foi excluído do estudo, já que as crianças de cinco anos de idade não conseguiram realizar a tarefa com esse ID. A inclusão do alvo pequeno foi baseada em um estudo que avaliou o desempenho na tarefa de Fitts de crianças de cinco anos de idade que conseguiram realizar a tarefa com ID de 6,13 (8). Porém, nesse estudo, o alvo era virtual e, para ser tocado, o manuseio de uma ponteira com massa pouco expressiva foi suficiente (8). No presente trabalho, os alvos foram físicos e a haste utilizada para tocá-los tinham uma massa significativa, o que pode ter comprometido o desempenho das crianças de cinco anos, mesmo com as estratégias motivacionais utilizadas para mantê-las engajadas na tarefa.

A decisão de retirar o alvo pequeno do estudo, e não as crianças de cinco anos, pautou-se na proposta de investigar a fase em que o uso de informações inerciais na realização de uma tarefa específica pudesse estar em emergência. E os resultados deste estudo permitiram ponderações importantes sobre isso. Como continuidade dessa linha de investigação, é relevante avaliar o suporte de ferramentas com diferenças inerciais no desempenho de crianças de onze anos em tarefas de precisão, comparadas, por exemplo, com adultos, especialmente em tarefas de dificuldade mais alta.

O presente estudo representa uma importante contribuição para a investigação teórica sobre o toque dinâmico, já que demonstrou que objetos percebidos como adequados para tarefas de precisão em estudos anteriores (14;16), de fato otimizam o desempenho neste tipo de tarefa. Ou seja, os indivíduos orientaram suas ações a partir de sua sensibilidade às propriedades inerciais das

ferramentas utilizadas. Além disso, adicionou evidências sobre este tema no contexto desenvolvimental.

Além da implicação teórica, os resultados deste estudo podem auxiliar o norteamento do raciocínio clínico de profissionais de Saúde e da Educação na análise dos materiais utilizados pelas crianças em suas rotinas, como lápis, tesoura e colher, e conhecer os efeitos de modificações destes materiais na rapidez e na precisão de uso dos mesmos. Por exemplo, manipulações sistematizadas das distribuições de massa de objetos podem ser utilizadas para favorecer o desempenho de populações clínicas que apresentam restrições funcionais devido a deficiências motoras (e.g. paralisia cerebral). Este pode ser um tópico para futuras investigações.

REFERÊNCIAS

1. Huys, R. *et al.* Fitts' law is not continuous in reciprocal aiming. *Proc R Soc B*, v.277, p.1179-84, 2010.
2. Fitts, P. M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *J Exp Psychol*, v.47, n.6, p.381-91, 1954.
3. Mottet, D.; Bootsma, R. J. The dynamics of goal-directed rhythmical aiming. *Biol Cybern*, v.80, p.235-45, 1999.
4. Guiard, Y. Fitts' Law in the discrete vs cyclical paradigm. *Hum Mov Sci*, v.16, p.97-131, 1997.
5. Meyer, D. E. *et al.* Optimality in human motor performance: Ideal control of rapid aimed movements. *Psychol Rev*, v.95, p.340-70, 1988.
6. Fernandez, L.; Bootsma, R.J. Non-linear gain in precision aiming: making Fitts'task a bit easier. *Acta Psychol*, v.129, p.217-27, 2008.
7. Mottet, D. *et al.* Two-handed performance of a rhythmical Fitts' task by individuals and dyads. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, v.27, p.1275-86, 2001.
8. Bourgeois, F.; Hay, L. Information processing and movement optimization during development: kinematics of cyclical pointing in 5 to 11 year old children. *J Mot Behav*, v.35, p.183-95, 2003.
9. Beer, R. D. Beyond control: The dynamics of brain-body-environment interaction in motor systems. In: Dagmar Sternad. (Org.). *Progress in motor control: a multidisciplinary perspective*. New York: Springer Verlag, 2008, p. 93-123.
10. Bernstein, N. A. *The co-ordination and regulation of movements*. London: Pergamon Press, 1967.
11. Kugler, P. N.; Turvey, M.T. *Information, natural law and self-assembly of rhythmic movements*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1987.
12. Kelso, J. A. S. *Dynamic patterns*. Cambridge, MA: MIT Press, 1995.
13. Carello, C. *et al.* Muscle-based perception: theory, research and implications for rehabilitation. *Rev Bras Fisioter*, v.12, n.5, p.339-50, 2008.
14. Wagman, J. B.; Carello, C. Affordances and inertial constraints on tool use. *Ecol Psychol*, v.13, n.3, p.173-95, 2001.

15. Carello, C.; Turvey, M. T. Physics and psychology of the muscle sense. *Curr Dir Psychol Sci*, v.13, n.1, p.25-8, 2004.
16. Wagman, J. B.; Carello, C. Haptically creating affordances: the tool user interface. *J Exp Psychol Appl*, v.9, n.3, p.175-86, 2003.
17. Solomon, H. Y.; Turvey, M. T. Haptically perceiving the distances reachable with hand-held objects. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, v.14, p.404-27, 1998.
18. Carello, C.; Peck, A.; Fitzpatrick, P. Haptic and visual matches for haptically perceived extent are equivalent. *Psychon Bull Rev*, v.31, p.13-5, 1993.
19. Pagano, C. C.; Turvey, M. T. Perceiving by dynamic touch the distances reachable with irregular objects. *Ecol Psychol*, v.5, p.125-51, 1993.
20. Pagano, C. C.; Fitzpatrick, P.; Turvey, M. T. Tensorial basis to the constancy of peerceived object extent over variations of dynamic touch. *Atten Percept Psychophys*, v.54, n.1, p.43-54, 1993.
21. Pagano, C. C.; Turvey, M. T. Eigenvectors of the inertia tensor and perceiving the orientation of a hand-held object by dynamic touch. *Atten Percept Psychophys*, v.52, p.617-24, 1992.
22. Turvey, M. T. *et al.* Role of the inertia tensor in perceiving object orientation by dynamic touch. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, v.3, n.2, p.714-27, 1992.
23. Burton, G.; Turvey, M. T.; Solomon, H. Y. Can shape be perceived by dynamic touch? *Atten Percept Psychophys*, v.48, p.477-87, 1990.
24. Gibson, J. J. *The senses considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin, 1966.
25. Turvey, M. T. *et al.* Perceiving the height and width of a hand-held object by dynamic touch. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, v.24, p.35-48, 1998.
26. Fitzpatrick, P.; Flynn, N. Dynamic (kinesthetic) touch perception in preschool children. *Ecol Psychol*, v.22, p.89-118, 2010.
27. Ocarino, J. M. *Percepção háptica em crianças com desenvolvimento típico e crianças com distúrbios do desenvolvimento*: 2010. 139f. Tese (Doutorado em Ciências da Reabilitação) - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

28. Faul, F. *et al.* G Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral and biomedical sciences. *Behav Res Methods*, v.39, n.2, p.175-91, 2007.
29. Al-Eisa E., *et al.* Effects of pelvic skeletal asymmetry on trunk movement: three-dimensional analysis in healthy individuals versus patients with mechanical lowback pain. *Spine*, v.31, n.3:E71-E79, 2006.
30. Kandziora F., *et al.* Biomechanical comparison of cervical spine interbody fusion cages. *Spine*, v.26, n.17, p.1850-7, 2001.
31. Teicher M.H., *et al.* Development of an affordable hiresolution activity monitor system for laboratory animals. *Pharmacol Biochem Behav*, v.54,n.2,p.479-83, 1996.
32. Skoura, X.; Vinter, A.; Papaxanthis, C. Mentally simulated motor actions in children. *Dev Neuropsychol*, v. 34, n. 3, p. 356-67, 2009.
33. Albert, D.; Opwis, K.; Regard, M. Effect of drawing hand and age on figural fluency: a graphmotor study with the five-point test in children. *Child Neuropsychol*, v. 16, n. 1, p. 32-41, 2010.
34. Shim, J. K.; *et al.* Hand digit control in children: age-related changes ind hand digit force interactions during maximum flexion and extension force production tasks. *Exp Brain Res*, v. 176, n. 2, p. 374-86, 2007.
35. Adolph, K. E.; Vereijken, B.; Shrout, P. E. What changes in infant walking and why. *Child Dev*, v. 74, n.2, p. 475-97, 2003.
36. Zelazo, P. R. McGraw and the development of unaided walking. *Developmental Review*, v.18, p. 441-449, 1998.
37. Thelen, E.; Fisher, D. M. Newborn Stepping: an explanation for a "disappearing" reflex. *Dev Psychol*, v.18, p.760-75, 1982.

APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PAIS OU RESPONSÁVEIS POR CRIANÇAS NA FAIXA ETÁRIA DE CINCO ANOS

EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO DE MASSA DE OBJETO NO DESEMPENHO DE CRIANÇAS DE DIFERENTES IDADES EM TAREFA DE PRECISÃO COM TRÊS NÍVEIS DE DIFICULDADE

Prezado(s) pai(s) ou responsável(is),

Você(s) está(ao) sendo convidado(s) a participar deste estudo, cujo objetivo é investigar se algumas características de objetos manipuláveis podem influenciar as ações da criança com aquele objeto. Para isso, algumas crianças com idades de cinco, oito e onze anos serão avaliadas pelos pesquisadores. Todas as crianças realizarão a mesma tarefa proposta no estudo. As crianças que participarem deste estudo deverão comparecer ao Laboratório de Movimento (LAM) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), localizado no primeiro andar da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. A avaliação acontecerá nesse local, em data e horário a serem combinados e marcados com antecedência.

Sua criança deverá comparecer ao local especificado acima apenas uma vez, para que seus dados sejam coletados. Será solicitado a ela que se posicione de pé em frente a uma mesa com um par de alvos colocados sobre ela. Sua criança deverá tocar os alvos alternadamente o mais rapidamente possível e com o máximo de precisão. Para acionamento dos alvos, a criança deverá utilizar uma haste duas vezes, cada vez com um cilindro de 20 gramas posicionado em um local diferente na haste. Serão utilizados três pares de alvos, que serão diferentes quanto à largura. Assim, associando-se os três posicionamentos do cilindro na haste, os três diâmetros de cada par de alvos e as duas tentativas que serão permitidas em cada condição, cada criança realizará 18 repetições, com duração de 15 segundos cada uma. O tempo total estimado para coleta dos dados de sua criança é de 40 minutos.

A criança poderá sentir desconforto ou cansaço por se manter na posição de pé durante a realização da tarefa. Com o intuito de minimizar esse efeito, será feito intervalo de cinco minutos para descanso e instrução do participante entre cada uma das três condições.

A participação neste estudo poderá auxiliar profissionais de Saúde (como terapeutas ocupacionais, fonoaudiólogos e fisioterapeutas) e da Educação na análise dos materiais utilizados pelas crianças em suas rotinas, como lápis, tesoura e colher, e conhecer os efeitos de modificações destes materiais na rapidez e na precisão de uso dos mesmos. Especificamente, este estudo poderá indicar princípios para adaptação de objetos de forma a melhorar o desempenho em tarefas realizadas com objetos deste tipo.

Para garantir que as informações deste estudo sejam confidenciais, a criança receberá um número de identificação ao entrar no estudo e seu nome nunca será revelado em nenhuma situação. Se a informação originada do estudo for publicada em revista ou evento científico, a criança não será identificada, pois será sempre representada por um número.

A participação de sua criança neste estudo é inteiramente voluntária, e você(s) é (são) livre(s) para concordar ou não com a participação. Caso desejado, a criança poderá abandonar o estudo a qualquer momento. Depois de ter lido as informações acima, se for de sua vontade permitir que sua criança participe, por favor, preencha o consentimento abaixo:

Consentimento

Declaro que li entendi as informações contidas acima. Todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e recebi uma cópia deste formulário de consentimento. Dou minha permissão para que meu (minha) filho (a) participe deste estudo.

Assinatura do pai ou responsável

Pesquisador Responsável

____/____/____
Data

Coordenadores do Projeto:

- Profa. Marisa C. Mancini, Departamento de Terapia Ocupacional UFMG, fone: (31) 3409-4790.
- Ana Paula Melo, Terapeuta Ocupacional, fone: (31) 3486-1975; celular: (31) 8815-0002.

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais.

Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627 – Pampulha. Unidade Administrativa II, 2º Andar, sala 2005. CEP:31270-901. Fone:(31)3409-4592. E-mail:coep@prpq.ufmg.br

APÊNDICE B: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA CRIANÇAS NAS FAIXAS ETÁRIAS DE OITO E ONZE ANOS E SEUS PAIS OU RESPONSÁVEIS

EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO DE MASSA DE OBJETO NO DESEMPENHO DE CRIANÇAS DE DIFERENTES IDADES EM TAREFA DE PRECISÃO COM TRÊS NÍVEIS DE DIFICULDADE

Prezada criança,

Você(s) está(ao) sendo convidado(s) a participar deste estudo, cujo objetivo é investigar se algumas características de objetos manipuláveis podem influenciar as ações na rapidez e precisão de crianças para usar aquele objeto. Para isso, crianças com idades de cinco, oito e onze anos serão avaliadas. Todas as crianças realizarão a mesma tarefa proposta no estudo. As crianças que participarem deste estudo deverão comparecer ao Laboratório de Movimento (LAM) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), localizado no primeiro andar da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. A avaliação acontecerá nesse local, em data e horário a serem combinados e marcados com antecedência, com seus pais.

Você deverá comparecer ao local especificado acima apenas uma vez. Seus pais ou algum outro adulto responsável por você te acompanharão e ficarão com você durante todo o tempo em que estiver no local marcado. Será pedido que você fique de pé em frente a uma mesa com um par de alvos e toque-os alternadamente com o menor intervalo de tempo possível e o máximo de precisão. Para acionamento dos alvos, você deverá utilizar uma varinha duas vezes, cada vez com um cilindro de 20 gramas colocada em um local diferente. Serão utilizados três pares de alvos, que serão diferentes quanto à largura. Assim, associando-se os três posicionamentos do cilindro na varinha, os três diâmetros de cada par de alvos e as duas tentativas que serão permitidas em cada condição, você realizará 18 repetições, com duração de 15 segundos cada uma. O tempo total estimado para coleta dos dados é de 40 minutos. Esse é o tempo esperado que você fique no laboratório.

Você poderá sentir desconforto ou cansaço por se manter na posição de pé durante a realização da tarefa. Para minimizar esse efeito, será feito intervalo de cinco minutos para descanso e instrução entre cada uma das três condições.

A sua participação neste estudo contribuirá para o conhecimento e aprendizado de profissionais de saúde que trabalham com crianças, como terapeutas ocupacionais, fonoaudiólogos e fisioterapeutas e também professores e outros profissionais de escolas a analisar os materiais que as crianças usam na escola e em casa, como lápis, tesoura e colher. Este estudo poderá ajudar esses profissionais a modificar objetos desse tipo para que eles possam ser usados de forma mais fácil nas atividades feitas no dia-a-dia.

Para garantir que as informações deste estudo sejam confidenciais, você receberá um número de identificação ao entrar no estudo e seu nome nunca será revelado em nenhuma situação. Se a informação originada do estudo for publicada em revista ou evento científico, você não será identificada, pois será sempre representada por um número.

A sua participação neste estudo é inteiramente voluntária, e você(s) é (são) livre(s) para concordar ou não com a participação. Caso desejado, você poderá abandonar o estudo a qualquer momento. Depois de ter lido as informações acima, se for de sua vontade participar, por favor, preencha o consentimento abaixo:

Consentimento

Declaro que li entendi as informações contidas acima. Todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e recebi uma cópia deste formulário de consentimento. Dou minha permissão para participar deste estudo.

Assinatura da criança de oito ou onze anos

Assinatura do pai ou responsável

Pesquisador Responsável

____/____/____

Data

Coordenadores do Projeto:

- Profa. Marisa C. Mancini, Departamento de Terapia Ocupacional UFMG, fone: (31) 3409-4790.
- Ana Paula Melo, Terapeuta Ocupacional, fone: (31) 3486-1975; celular: (31) 8815-0002.

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais.

Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627 – Pampulha. Unidade Administrativa II, 2º Andar, sala 2005. CEP:31270-901. Fone:(31)3409-4592. E-mail:coep@prpq.ufmg.br

ANEXO: Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG

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

Parecer nº. ETIC 0002.0.203.000-10

Interessado(a): Profa. Marisa Cotta Mancini
Departamento de Terapia Ocupacional
EEFFTO - UFMG

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 05 de abril de 2010, após atendidas as solicitações de diligência, o projeto de pesquisa intitulado **"Efeito da distribuição de massa de objeto no desempenho de crianças com diferentes idades em tarefa de precisão com dois níveis de complexidade"** 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.



Profa. Maria Teresa Marques Amaral
Coordenadora do COEP-UFMG