

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE PSICOLOGIA

MARA CRISTINA SANTOS MELO

**Aprendizado motor em crianças de 5 e 6 anos: comparação  
entre prática física e prática mental**

São Paulo

2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MARA CRISTINA SANTOS MELO

**Aprendizado motor em crianças de 5 e 6 anos: comparação  
entre prática física e prática mental**

Dissertação apresentada ao Instituto de  
Psicologia da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de mestre.

Área de concentração: Neurociências e  
Comportamento.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Elisa  
Pimentel Piemonte

São Paulo

2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação  
Biblioteca Dante Moreira Leite  
Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo

Melo, Mara Cristina Santos.

Aprendizado motor em crianças de 5 e 6 anos: comparação entre prática física e prática mental / Mara Cristina Santos Melo; orientadora Maria Elisa Pimentel Piemonte. -- São Paulo, 2010.

81 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) - Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.

1. Aprendizagem motora 2. Modelo mental 3. Crianças em idade pré-escolar I. Título.

BF295

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

MELO, Mara Cristina Santos

**Aprendizado motor em crianças de 5 e 6 anos: comparação entre prática física e prática mental**

Dissertação apresentada ao Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre.

Área de concentração: Neurociências e Comportamento.

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Dedico este trabalho aos meus queridos pacientes,  
pois são eles a motivação da minha busca por  
uma melhor qualificação profissional.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me oferecer a oportunidade de desfrutar de uma vida saudável e rodeada de pessoas valiosas.

Aos meus amados Pais, que me proporcionaram uma formação pessoal e profissional de excelência e mais ainda por sempre olharem por mim com muito amor, respeito e confiança.

Ao grande amor da minha vida, meu esposo Guto, que me conquista a cada dia com seu amor, sua lealdade e seu caráter. Muito obrigada por acreditar em mim e por me acompanhar na busca pelos *nossos* sonhos.

Ao meu querido irmão Bruno, que tem acompanhado de longe a minha caminhada. Obrigada por sempre me incentivar a crescer.

À Profa. Dra. Maria Elisa Pimentel Piemonte, por me acolher e transmitir com paciência seus conhecimentos.

À querida Mariana Siqueira Vulcano, pela ajuda na coleta de dados, pelos conhecimentos transmitidos e mais ainda, pela nova e sincera amizade.

À querida Carla Mazzitelli, que além de uma amiga, é um exemplo de disciplina, competência e amor a nossa profissão.

Aos atuais e antigos colegas do LAM, que contribuem a cada dia para o enriquecimento dos nossos conhecimentos neurocientíficos e que direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso deste trabalho.

Aos professores, funcionários, pais e alunos da Escola ABC e Cia. pela colaboração e participação.

Aos meus grandes amigos, que partilharam das angústias envolvidas nesta trajetória e que torceram muito para que esse dia chegasse.

Aos colegas de trabalho e pacientes da Associação Cruz Verde, que contribuíram para o sucesso deste trabalho, por meio da compreensão e do carinho dedicados a mim.

## Resumo

MELO, M.C.S. **Aprendizado motor em crianças de 5 e 6 anos: comparação entre prática física e prática mental.** 2010. 81f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

O aprendizado motor pode ser considerado um processo sensório-cognitivo-motor, que envolve a formação de representações neurais da tarefa, chamadas de modelos internos. Essa forma de entender o aprendizado motor permite que processos como o aprendizado por meio da prática mental, ou seja, sem a finalização do movimento pelos efetores e a realimentação sensorial conseqüente a isso, possam ser compreendidos. A prática mental mostra-se uma forma de treinamento tão eficiente quanto a prática física em adultos, porém com vantagens quanto à generalização, visto que favorece a formação de modelos internos mais flexíveis. Entre os 5 e 6 anos de idade, a despeito das imaturidades de funções cognitivas, como memória de trabalho e atenção, as crianças já são capazes de imaginar tarefas motoras dinâmicas, embora não haja evidências na literatura sobre a capacidade de aprendizado por meio da imaginação nem a comparação com o treino físico. Desta forma, o objetivo deste estudo foi comparar a capacidade de aprender, reter e generalizar uma nova habilidade motora de oposição seqüencial de dedos por meio do treino físico e mental, em crianças de 5 e 6 anos. Para tal, foi comparado o desempenho motor em uma tarefa de oposição seqüencial de dedos, em 3 diferentes condições: com treinamento físico da tarefa, com treinamento mental e sem treinamento. O grupo de prática física (PF) era composto por dezesseis crianças com média de idade de  $6,5 \pm 0,2$  anos, sendo doze meninas e quatro meninos; o grupo de prática mental (PM) composto por 12 crianças com média de idade de  $5,7 \pm 0,5$  anos, dentre elas 7 meninos e 5 meninas e o grupo sem prática (SP), por 12 crianças de  $5,6 \pm 0,4$  anos, das quais 8 eram meninos e 4 meninas, todos destros. Os grupos de PF e PM foram submetidos a uma sessão de treino com 2400 repetições, sendo avaliados, assim como o grupo SP, antes, depois, 4, 7, 14 e 28 dias após o treinamento. Os resultados mostram que independente da forma de treino, as crianças foram capazes de melhorar o seu desempenho em termos de velocidade ao longo do treinamento, sendo que o grupo PM foi mais rápido para concluir cada bloco de treino em comparação com o grupo PF. Quanto à aquisição, embora de forma mais lenta, as crianças do grupo PM atingiram o mesmo desempenho que o grupo PF ao final das reavaliações, enquanto que o grupo SP permaneceu com o desempenho semelhante ao da primeira avaliação e significativamente inferior aos grupos PF e PM. Já para a generalização, os grupos PF e PM apresentaram melhora do desempenho da seqüência reversa (SR) mais lenta em comparação à seqüência treinada (ST), porém ao final dos 28 dias de experimento o grupo PM manteve esta melhora, enquanto o grupo PF perdeu desempenho. O grupo SP não apresentou diferenças significativas no comportamento de nenhuma das 2 seqüências testadas. Com base nesses resultados, pode-se concluir que crianças de 5 e 6 anos



são capazes de aprender, reter e generalizar uma nova habilidade motora envolvendo movimentos seqüenciais de oposição de dedos por meio da prática mental, sem diferenças em comparação com a prática física, porém com vantagens quanto à generalização.

Palavras-chave: Aprendizagem motora; modelo mental; crianças em idade pré-escolar

## Abstract

MELO, M.C.S. **Motor skill learning in 5 and 6 years old children: comparison between physical and mental practice.** 2010. 81p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Motor skill learning (MSL) is a sensory-cognitive-motor process that involves the formation of neural representations of a task, known as internal models. This way of understanding the MSL allows processes such as motor learning through mental practice, which is, without end-movements from muscles and the subsequent sensorial feedback to those movements, to be understood. Mental practice is shown as a form of training as efficient as the physical practice in adults, however with advantage on generalization since it favors the formation of more flexible internal models. Between 5 and 6 years of age, in spite of immature cognitive functions such as working memory and attention, children are already capable to imagine dynamic motor tasks, although there is no evidence in literature regarding motor learning through imagination neither a comparison with physical training. Therefore, the objective of this study is to compare the ability of learning, retaining and generalizing a fresh motor ability of sequential opposition of fingers by physical and mental practice in children of 5 and 6 years. To do so, motor performance in a task of sequential opposition of fingers was compared in 3 different conditions: by (1) physical training of the task, (2) mental training and (3) no training at all. The physical practice group (PF) was composed by sixteen children with an average of  $6,5 \pm 0,2$  years, with twelve girls and four boys; the mental practice group (PM) was composed by 12 children with an average of  $5,7 \pm 0,5$  years, amongst them 7 boys and 5 girls and finally the no-training group (SP), composed with 12 children of  $5,6 \pm 0,4$  years, 8 boys and 4 girls, all dexterous. The PF and PM groups were submitted to one session of training with 2400 repetitions; they were evaluated, as well as group SP, before the training and 4, 7, 14 and 28 days after the training. The results have shown that regardless the form of training the children were capable to improve their speed performance throughout the training, with PM group concluding each block of training faster when compared to group PF. Regarding acquisition, although being slower, the children of PM group have reached the same performance as PF group in the end of the reevaluations, whereas SP group remained with the same performance as the one on the first evaluation and thus significantly inferior performance compared to PF and PM groups. As for generalization, groups PF and PM presented improvement in performance of the reversal finger opposition sequence (SR), both slower in comparison to the trained finger opposition sequence (ST), however in the end of 28 days of experiment the PM group kept this improvement while PF group lost performance. SP group did not present significant performance differences in neither of the 2 tested sequences. Based on these results, we conclude that children of 5 and 6 years are capable to learn, to retain and to generalize a new motor ability involving sequential movements of

opposition of fingers through mental practice, without differences in comparison with physical practice, however with advantages in generalization.

Keywords: motor skill learning; mental model; preschool children

## Lista de ilustrações

**Figura 1** - Representação da mão dominante preparada para o experimento

**Figura 2** - Representação esquemática das diferentes fases do experimento

**Figura 3** - Representação do movimento de oposição do quinto com o primeiro dedo

**Figura 4** - Representação da posição das mãos para o grupo PM

**Figura 5** - Tempo de treinamento dos grupos PM e PF

**Figura 6** - Número de seqüências corretas por minuto da ST

**Figura 7** - Número de seqüências corretas por minuto da SR

## Lista de tabelas

**Tabela 1** - Subcomponentes das seqüências 1 e 2

**Tabela 2** - Submovimentos das seqüências 1 e 2

**Tabela 3** - Médias e desvios-padrão (DP) do tempo de treinamento (em segundos) para cada um dos blocos para os grupos PF e PM.

**Tabela 4** - ANOVA 2X4 (Grupo X Bloco) para verificar efeito do Grupo (PF e PM) e dos Blocos sobre o tempo de treinamento.

**Tabela 5** - Análise intragrupo para os **grupos prática física e prática mental** por meio do pós-teste de Tukey.

**Tabela 6** - Médias e desvios-padrão (DP) dos movimentos corretos por minuto para ST nas avaliações (AT, DT, 4dDT, 7dDt, 14dDT e 28dDT) para os grupos PF, PM e SP.

**Tabela 7** - ANOVA 3X6 (Grupo X Avaliação) para verificar efeito do Grupo (PF, PM e SP) e das Avaliações (AT, DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT) sobre o desempenho da ST.

**Tabela 8** - Análise intragrupo para o **grupo sem prática** por meio do pós-teste de Tukey.

**Tabela 9** - Análise intragrupo para o **grupo prática física** por meio do pós-teste de Tukey.

**Tabela 10** - Análise intragrupo para o **grupo prática mental** por meio do pós-teste de Tukey.

**Tabela 11** - Análise intergrupo para a seqüência treinada (ST) por meio do pós-teste de Tukey.

**Tabela 12** - Médias e desvios-padrão (DP) dos movimentos corretos por minuto para SR nas avaliações para os grupos PF, PM e SP.

**Tabela 13** - ANOVA 3X6 (Grupo X Avaliação) para verificar efeito do Grupo (PF, PM e SP) e das Avaliações sobre o desempenho da SR.

**Tabela 14** - Análise intragrupo para o **grupo sem prática** por meio do pós-teste de Tukey.

**Tabela 15** - Análise intragrupo para o **grupo prática física** por meio do pós-teste de Tukey.

**Tabela 16** - Análise intragrupo para o **grupo prática mental** por meio do pós-teste de Tukey.

**Tabela 17** - Análise intergrupo para a **seqüência reversa (SR)** por meio do pós-teste de Tukey.

## Lista de abreviaturas e siglas

**4dDT:** reavaliação 4 dias depois do treinamento

**7dDT:** reavaliação 7 dias depois do treinamento

**14dDT:** reavaliação 14 dias depois do treinamento

**28dDT:** reavaliação 28 dias depois do treinamento

**AT:** avaliação antes do treinamento

**CPF:** córtex pré-frontal

**CR:** conhecimento de resultado

**DT:** reavaliação depois do treinamento

**MI:** modelo interno

**PET:** tomografia por emissão de pósitrons

**PF:** prática física

**PM:** prática mental

**SP:** sem prática

**SR:** seqüência reversa à seqüência treinada

**ST:** seqüência treinada

**TT:** tempo de treinamento

**V:** velocidade

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
2.1. Aprendizado motor .....	5
2.2. Prática mental.....	11
2.3. Habilidades motoras e cognitivas aos 5 e 6 anos .....	19
3. OBJETIVO .....	28
3.1. Objetivo geral .....	28
3.2. Objetivos específicos .....	28
4. MÉTODOS .....	29
4.1. Sujeitos.....	29
4.2. Local.....	29
4.3. Materiais.....	30
4.4. Procedimentos .....	30
4.4.1 Apresentação da tarefa.....	30
4.4.2 Memorização das seqüências .....	32
4.4.3 Familiarização da tarefa.....	34
4.4.4 Avaliação antes do treinamento .....	34
4.4.5 Treinamento.....	34
4.4.6 Avaliação depois do treinamento.....	36
4.4.7 Avaliação 4 dias depois do treinamento .....	36
4.4.8 Avaliação 7 dias depois do treinamento .....	37
4.4.9 Avaliação 14 dias depois do treinamento .....	37
4.4.10 Avaliação 28 dias depois do treinamento.....	37
4.5. Análise Estatística .....	37
5. RESULTADOS.....	39
5.1. Análise do Tempo de Treinamento .....	39
5.2. Aquisição e Retenção.....	41
5.3. Generalização .....	44
6. DISCUSSÃO .....	48



7. CONCLUSÃO .....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
ANEXOS .....	66

## 1. INTRODUÇÃO

O aprendizado de uma nova habilidade motora envolve a capacidade de melhorar o desempenho, manter esta melhora a médio e longo prazo e generalizar esta habilidade para uma condição semelhante.

Nas fases iniciais de aquisição ocorre o desenvolvimento de redes de conexão neuronal entre as diferentes áreas cerebrais. Durante esse processo representações internas do movimento são formadas e resgatadas cada vez que esta tarefa é executada. Estes modelos internos de representação envolvem a codificação dos diferentes parâmetros perceptivos, motores e cognitivos, necessários para a execução da ação. Esta representação seria uma referência interna da tarefa pretendida, sendo que, para a execução da tarefa, é necessário que esta representação cognitiva seja resgatada e transformada em ação tempo-espacial (SHERWOOD e LEE, 2003).

Essa forma de pensar o processo de aprendizado motor permite explicar como é possível aprender uma nova habilidade motora, ou seja, melhorar o desempenho em uma nova tarefa, por meio da prática mental, ou seja, na ausência da execução motora do movimento pelos músculos e da retroalimentação sensorial decorrente a essa execução.

Diversos estudos demonstraram que a prática mental é uma forma de treinamento eficaz para a aquisição de uma nova habilidade motora, associada ou não com treinamento físico, em adultos (JEANNEROD, 1995; DECETY, 1996; LOTZE e HALSBAND, 2006; ALLAMI et al., 2008; WOHLDMANN et al., 2008; GUILLOT et al., 2008). Para que seja possível a formação de um modelo interno da tarefa sem que haja a execução motora, são necessárias além de uma referência motora da tarefa (FELTZ e LANDERS, 1983; LOMÔNACO e MARQUES, 1993; MULDER, 2007), habilidades cognitivas tais como memória operacional e atenção (DECETY e GRÈZES, 1999; HELENE e XAVIER, 2006).

O cérebro passa por modificações anatomo-funcionais que se iniciam no período intra-uterino e se prolongam até a fase adulta. Até o final da primeira infância, o cérebro já alcançou cerca de 90% do seu tamanho na fase adulta, porém continua a apresentar mudanças dinâmicas ao longo da adolescência e na fase adulta jovem

(CONEL<sup>1</sup>, 1939 apud CASEY et al., 2005b). Visto que nesta fase as áreas sensório-motoras já estão maduras, estas mudanças estão relacionadas principalmente ao desenvolvimento das áreas pré-frontais, referentes a atividades cognitivas superiores, que só alcançam esse grau máximo de maturação na fase adulta (SOWELL, 2004).

Desta forma, crianças na faixa etária de 6 anos, são capazes de realizar atividades motoras simples, tais como uma simples oposição do polegar em relação aos demais dedos, porém quando solicitadas a realizar atividades mais complexas, para as quais há necessidade de processamento e gerenciamento de um maior número de informações, como em uma atividade de oposição de dedos em uma dada seqüência, apresentam desempenho inferior ao de crianças de 10 anos, principalmente na habilidade de generalização do aprendido, o que indicaria a formação de um modelo interno inconsistente (SIQUEIRA, 2007).

Considerando a imaturidade de habilidades cognitivas mais superiores, como atenção, memória de trabalho e gerenciamento de informações - inibição de informações irrelevantes e alternância entre informações (KAIL, 1991; LUCIANA e NELSON, 1998; TSUJIMOTO, 2008; KANAKA et al., 2008; KISELEV et al., 2009), assim como menor repertório sensório-motor relacionado à idade, encontrado em crianças de 5 e 6 anos, é possível supor que as mesmas apresentem dificuldades na formação de modelos internos por meio da prática mental, visto que sem a experiência concreta do movimento e da retroalimentação dos resultados, é necessário focar a atenção nos aspectos relevantes à tarefa e os armazenar na memória de trabalho, para planejar e executar mentalmente a tarefa motora corretamente.

A capacidade imaginativa de crianças de 5 e 6 anos foi estudada por meio de alguns estudos com métodos diversos que identificaram que, nesta faixa etária, contrariamente às predições de Piaget e Inhelder (2006), as crianças já são capazes de imaginar uma tarefa motora dinâmica (KOSSLYN et al., 1990; FUNK et al., 2005; MOLINA et al., 2008; FRICK et al., 2009; GABBARD, 2009). Entretanto não foram

---

<sup>1</sup> CONEL, J.L. *The postnatal development of the human cerebral cortex*. Harvard: Harvard University Press, 1939-1963. 6v.

encontrados estudos que comparassem os efeitos da prática mental e da prática física nesta faixa etária.

Baseados em (1) o aprendizado motor envolve a formação de uma representação interna abstrata da tarefa motora - modelo interno, (2) que este processo pode ocorrer sem a execução motora e a retroalimentação sensorial, por meio da prática mental, (3) que a prática mental exige funções cognitivas mais superiores, tais como memória de trabalho, atenção e antecipação, relacionadas à ativação do córtex pré-frontal, (4) que estas funções executivas se encontram imaturas em crianças de 5 e 6 anos e (5) que nessa idade mesmo com a prática física apresentam imaturidade para consolidação do modelo interno, dificultando a generalização do aprendizado, é plausível supor que a melhora do desempenho por meio de um treinamento mental seja inferior à obtida pelo treinamento físico nesta faixa etária.

Sendo assim, a proposta deste estudo foi comparar a capacidade de aprendizado, retenção e generalização de uma nova tarefa motora de oposição seqüencial de dedos entre prática física e mental, em crianças de 5 e 6 anos.

Por meio desta comparação, acreditamos que nossos resultados possam contribuir para a melhor compreensão sobre o processo de aprendizado motor em crianças de 5 e 6 anos. Assim, se o desempenho alcançado por meio da prática mental for equivalente à prática física, demonstra-se que a despeito da imaturidade das funções executivas, essas crianças são capazes de formar um modelo interno sem a execução real da tarefa. Caso contrário, se a prática mental se mostrar inferior à prática física para a aquisição de uma nova habilidade motora, indica que as imaturidades funcionais interferem na formação de um modelo interno abstrato, tornando-o mais dependente da execução motora e da retroalimentação sensorial.

Além disso, considerando-se o potencial terapêutico da prática mental como estratégia complementar no processo de aprendizado motor (LOTZE e HALSBAND, 2006; GUILLOT et al., 2008; WOHLDMANN et al.; 2008) e, paralelamente, no processo de reabilitação de adultos com lesão no sistema nervoso central, no qual as capacidades sensório-motoras estão prejudicadas (LOTZE e HALSBAND, 2006), acreditamos que o nosso estudo fornecerá bases para a aplicação futura deste tipo de prática em crianças com comprometimentos neurológicos, contribuindo para o

enriquecimento da literatura nesta área e com a atividade fisioterapêutica, permitindo novas estratégias terapêuticas que visam o aperfeiçoamento de uma atividade motora ou mesmo a aquisição de uma nova habilidade.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Aprendizado motor

O aprendizado motor é definido como uma série de processos (cognitivos, perceptuais e motores) associados à prática ou à experiência, que levam a mudanças relativamente permanentes na capacidade de produzir uma ação hábil (SCHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003). A memória é a forma de retenção ou armazenamento dessas mudanças (KANDEL, 1997).

Existem dois tipos de memória: a explícita e a implícita. A memória explícita ou declarativa codifica a informação sobre eventos autobiográficos e conhecimento de fatos, é estabelecida principalmente por experiência única e expressa de forma declarativa. Por outro lado, a memória implícita, também chamada de memória processual, é acumulada no curso de repetições, pode ser recuperada automaticamente e é expressa primordialmente por meio de melhora do desempenho. Este tipo de memória está intimamente relacionado com o aprendizado da tarefa, envolvendo sistemas sensoriais e motores específicos à tarefa (KANDEL, 1997).

O processo de aprendizado motor, relacionado à formação de memórias implícitas, envolve alterações dos sistemas neurais mediadores do comportamento. Podem ser distinguidos 4 estágios ao longo deste processo: codificação, consolidação, recuperação e reconsolidação. Tarefas e fatos são inicialmente representados por meio de conexões sinápticas em redes neurais específicas, na fase de codificação. Durante o processo de consolidação, estas memórias são então processadas *off-line*, ou seja, sem a retroalimentação do estímulo, reforçando as redes formadas previamente. A partir do momento que essas redes se encontram consolidadas, estas memórias podem ser recuperadas a qualquer momento. Seguido pela recuperação, a memória pode estar sujeita a um processamento adicional durante a fase de reconsolidação (ROBERTSON e COHEN, 2006).

A fase de consolidação é garantida por mudanças no processamento neuronal, que se iniciam ainda na fase de aquisição e se mantêm por horas após o treinamento, resultando em memórias permanentes (KARNI et al., 1998).

Durante este estágio, podem ser distinguidos 2 efeitos: a estabilização e a intensificação. A estabilização é a transformação de uma memória nova e inicialmente frágil em uma memória estável e robusta. O tipo de prática e o tipo de tarefa interferem com a necessidade de estabilização, visto que tarefas seqüenciais aprendidas explicitamente parecem requerer mais estabilização do que uma tarefa seqüencial implícita. Na fase de intensificação, pode-se observar não apenas a estabilização como o aperfeiçoamento da memória, ligado a um processamento *off-line* durante o sono, em que há repetição ou reativação neural da memória (ROBERTSON e COHEN, 2006).

Estudos relacionam a consolidação e os ganhos tardios de desempenho à quantidade de treino intra-sessão, que deve ser suficiente para atingir o ponto de saturação da curva de aprendizado, a partir do qual há estabilização do desempenho, observada por um platô na curva, sem ganhos adicionais com a continuidade do treino (HAUPTMANN e KARNI, 2002; HAUPTMANN et al., 2005).

Desta forma, a alteração da eficiência e da força sinápticas, relacionadas aos sistemas de neurotransmissores específicos e sinais intracelulares críticos para a indução da plasticidade sináptica, está envolvida na mediação da reorganização do mapa motor e no aprendizado de uma nova habilidade motora (MONFILS, 2005).

Embora os conhecimentos sobre as alterações sinápticas envolvidas na formação de novas memórias sejam mais recentes, já em 1975, Richard A. Schmidt propôs a “Teoria do Esquema”, que defendia que os movimentos devem ser organizados superiormente e representados na memória, na forma de programas motores generalizados. Estes programas motores generalizados permitiriam a execução de uma mesma ação em diferentes contextos. Quando um indivíduo realiza um movimento, 4 parâmetros são armazenados na memória: condições iniciais do indivíduo e do ambiente, fornecidas pelas informações sensoriais; as características da resposta, por exemplo, força, velocidade, direção; as conseqüências sensoriais, ou seja, cópia das informações aferentes produzidas pela resposta e o resultado final do

movimento em relação ao resultado pretendido. O esquema motor, considerado a regra que rege a tarefa, é resultado da abstração da relação destes elementos, que ocorre com a prática e a experiência (SCHMIDT, 1975, 2003).

Este autor propõe que a necessidade de retroalimentação sensorial do meio diminui à medida que o movimento se torna mais hábil, porém as informações aferentes são fundamentais nas fases iniciais do processo de aprendizado da tarefa. Schmidt, assim como Adams (1971), considera que o conhecimento de resultado (CR) fornece as informações necessárias para a formação do esquema de reconhecimento até que este programa esteja consolidado o suficiente para ser capaz de detectar e corrigir eventuais erros de forma prospectiva, ou seja, antecipadamente. Assim, o início do processo de aprendizado motor dependeria de um controle de erro por meio de alças de retroalimentação (*feedback*) que permitiria, com base na experiência adquirida durante as tentativas, a aquisição lenta e progressiva de um controle antecipatório de erros (*feedforward*), possível apenas quando o esquema para a tarefa já está consolidado, o qual favorece que as correções necessárias sejam acionadas antes do sinal de erro. Desta forma, para a Teoria do Esquema, o aprendizado ocorre em função do número de repetições com conhecimento de resultado (CR) e da quantidade de prática.

Embora esta teoria tenha contribuído sobre a forma de representação de uma tarefa motora, pela sua ênfase na retroalimentação e na execução motora, não consegue responder aos achados sobre aprendizado motor na ausência de retroalimentação, como na prática mental e do aprendizado efetor-independente, ou seja, naquelas condições onde a tarefa aprendida pode ser executada com outros segmentos corporais que não participaram do treino (VAN MIER e PETERSEN, 2006).

Desde então, diversos estudos têm defendido a importância de uma representação interna abstrata - modelo interno - para habilidades motoras que seja formada sem a retroalimentação sensorial e sem a execução motora.

Willingham (1998) propõe que todas as ações voluntárias são iniciadas por um objetivo consciente, sendo que as transformações subseqüentes (integração, seqüenciamento e dinâmica perceptuo-motora) geram representações para o



movimento, que estão fora da consciência, ou seja, na memória implícita. Monfils (2005) acrescenta que a existência dos mapas motores reflete um nível suficiente de maturação do sistema cortico-espinhal que suporta a capacidade de produzir movimentos habilidosos. A distribuição das representações de movimentos é altamente dinâmica e capaz de adaptar-se ao treinamento motor de forma que o repertório motor de um indivíduo é codificado na topografia do mapa.

Desta forma, os modelos internos seriam representações neurais que codificam as características aferentes e eferentes de uma habilidade motora, simulando o comportamento dinâmico do corpo em relação ao meio. Estas representações poderiam ser formadas de forma direta ou indireta. Na forma direta, como na prática física, a execução inicial de um movimento gera aferências, que são então comparadas aos parâmetros pretendidos e corrigidas se necessário. Com base nessa experiência, redes neurais ativadas durante a tarefa são modificadas e passam a codificar a seqüência correta de eventos necessários para a tarefa e as correções necessárias frente a cada um dos eventos. Esse processo poderia ser denominado de *on-line*, à medida que depende da retroalimentação sensorial durante a execução do movimento. Já na forma indireta, como na prática mental, o ensaio mental repetitivo da tarefa permitiria fazer previsões e estimativas dos comandos motores necessários para a execução mais eficiente da tarefa por meio das informações da trajetória pretendida, tais como aceleração, velocidade e posição, utilizando apenas as informações sensoriais já armazenadas na memória motora. Essa forma de aquisição poderia ser chamada de *off-line*, à medida que ocorre de forma independente das alças de retroalimentação sensoriais que só poderiam ser acionadas na presença do movimento (WOLPERT et al., 1995; KAWATO, 1999; GABBARD, 2009).

Outro importante avanço que o conceito de modelo interno trouxe para a compreensão do processo de aprendizado motor é a participação de processos cognitivos comuns a outras formas de aprendizado. Alguns autores, como Fitts e Posner, já haviam defendido em 1967 a importância dos processos cognitivos para o aprendizado, principalmente nas suas fases iniciais. Eles propuseram um modelo de estágios do aprendizado motor em 3 níveis sendo a primeira fase, nomeada estágio cognitivo, onde seria exigido um alto grau de recursos atencionais e seria voltada

para os aspectos cognitivos da tarefa, tais como amplitude, direção, posição inicial e final dos membros. O segundo estágio, associativo ou de refinamento, o sujeito já adquiriu os fundamentos básicos ou mecânicos da habilidade motora, porém ainda necessita aperfeiçoá-los, comete erros menos grosseiros e a variabilidade do desempenho diminui. Já na terceira e última fase, denominada estágio autônomo, ocorre a estabilização da tarefa motora e a mesma é executada de forma automática, sem controle consciente, em diferentes contextos com diminuição da demanda atencional. Os erros são facilmente identificados e corrigidos (MAGILL, 2000; SCHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003).

Assim, processos sensoriais, cognitivos e motores voltados para o aprendizado de uma nova tarefa acionam redes neurais amplas difusas pelo cérebro, que progressivamente modificam seu padrão de ativação ao longo da prática. O padrão final de ativação já aprimorado e consolidado seria a representação neural do modelo interno formado para essa tarefa. Essas mudanças nos padrões de ativação cerebral associados a um treinamento motor podem ser observadas por meio de técnicas de imageamento cerebral.

Shadmehr e Holcomb (1997) propuseram o treinamento de uma tarefa de alcance rápido de um alvo em diferentes direções associado à análise de imagens de tomografia por emissão de pósitrons (PET). Os resultados mostram que com o treinamento, o desempenho dos sujeitos durante a tarefa de alcance com campo de força se aproximou do desempenho na condição sem campo. Ainda mais, observou-se uma reorganização da representação da tarefa motora associada à aquisição do modelo interno (MI) da tarefa, sendo que esta representação embora não tenha contribuído para a melhora do desempenho, pode estar relacionada à estabilidade desta representação. Observou-se uma mudança no padrão de ativação, entre a formação do modelo interno e o resgate deste modelo, com diminuição da ativação das estruturas pré-frontais, relacionadas ao armazenamento temporário de informações sensório-motoras, e aumento da ativação das áreas pré-motora dorsal contralateral, parietal posterior contralateral e córtex cerebelar anterior ipsilateral, relacionadas ao armazenamento de memórias de longa duração.

A partir do momento em que há consolidação da representação da tarefa motora, este modelo interno pode ser recrutado a partir de pistas apropriadas, preparando o sujeito para o início da ação. Bursztyn et al. (2006) compararam a atividade cerebral no intervalo entre a apresentação de pistas visual e tátil e o início de uma atividade de alcance. As imagens adquiridas por ressonância magnética evidenciaram que o recrutamento do modelo interno ocorre, possivelmente, no cerebelo acompanhado por interação com os córtices sensorial e motor primários contralateral, que preparam para a atividade e com a área motora suplementar bilateral e cingulado, para controle do alcance. Desta forma, supõe-se que o modelo interno contenha informações sobre o objeto e a tarefa a ser executada.

A capacidade de generalização de uma tarefa resulta do fato de o modelo interno desta tarefa ser composto por estruturas modulares, que podem ser aprendidas e combinadas adaptativamente (KAWATO, 1999). É necessário que este modelo interno esteja consolidado, para que uma nova habilidade não interfira com o seu desempenho e possa utilizar do mesmo substrato neural para o aprimoramento de seu desempenho (KORMAN et al., 2003).

Alguns estudos como de Shadmehr e Brashers-Krug (1997) e Panzer, Wild e Shea (2006) comprovaram a fragilidade do modelo interno ainda não consolidado.

Shadmehr e Brashers-Krug (1997), por meio de uma tarefa de alcance em diferentes direções com e sem campo de força, verificaram que a habilidade dos sujeitos aprenderem movimentos em um segundo contexto, assim como a habilidade de resgatarem a tarefa aprendida pela prática em um primeiro contexto são influenciadas pela distância temporal entre o aprendizado no primeiro e no segundo contexto. Isto ocorre porque, quando há proximidade temporal, as memórias que representam o modelo interno da tarefa 1 são usadas para a tarefa 2, visto que ainda estão temporariamente armazenadas na memória de trabalho. Com a prática da tarefa 1, ocorre estabilidade sináptica e passa a haver uma representação mais permanente desta tarefa em memória de longa duração. Nesta fase, não há interferência ao aprendizado de uma tarefa 2, em um contexto semelhante, nem na capacidade de recuperar a tarefa 1, passando a ser 2 tarefas independentes.

Por meio de uma tarefa de perseguição de alvos, Panzer, Wild e Shea (2006) avaliaram o quanto o aprendizado de uma seqüência de movimentos influencia, facilitando e/ou interferindo, no aprendizado de uma seqüência similar. Os sujeitos realizaram a tarefa com uso de uma alavanca horizontal, em 2 seqüências de alvos diferentes, na qual apenas 2 elementos diferiam na ordem. Os resultados mostram que a prática da seqüência 1 (S1) antes da prática da seqüência 2 (S2) não facilita nem interfere no aprendizado da seqüência S2. Porém observa-se que o aprendizado da seqüência S2 interfere no teste de retenção da seqüência S1. Possivelmente, os sujeitos utilizam as informações adquiridas com a prática de S1 para inicialmente produzir S2, modificando a representação para acomodar os elementos de S2.

O conjunto de informações supracitadas permite-nos concluir que o aprendizado motor pode ser considerado um processo sensório-cognitivo-motor, que envolve a formação de representações neurais da tarefa, chamadas de modelos internos, específicas à tarefa, mas que podem ser generalizadas para tarefas semelhantes ou transferidas para outros seguimentos não-treinados. Esses modelos podem ser desenvolvidos pela prática física, onde predominam os processos de *feedback* (controle *on-line*), ou de forma independente da prática física, apenas pela prática mental ou observacional, por meio de um controle antecipatório de erros (*feedforward*), que utiliza informações sensoriais já armazenadas na memória motora (controle *off-line*).

Esse modelo permite entendermos como é possível aprender uma nova tarefa motora na ausência de movimento. As tarefas adquiridas por meio de prática mental e de imitação estariam assim relacionadas à formação de um modelo do comportamento representado na memória, que serviria como referência do movimento pretendido, o qual será acionado sempre que se desejar realizar tal tarefa.

## **2.2. Prática mental**

Helene e Xavier (2006) definem imagem como um estado dinâmico em que a representação das percepções e ações, incluídas na memória de longa duração, é

mantida, reativada e manipulada por meio da memória de trabalho, sem estimulação sensorial ou desempenho motor observável.

Mais especificamente, a imagem motora é definida como um processo cognitivo dinâmico em que a representação de uma ação particular é reproduzida internamente na memória de trabalho, sem que haja qualquer movimento evidente (DECETY e GRÈZES, 1999). Este processo corresponde a uma ativação subliminar do sistema motor e deve ser parte de um fenômeno mais amplo, a representação motora, relacionado com a intenção e a preparação inconsciente dos movimentos (JEANNEROD, 1995), a imitação, a antecipação e o refinamento de habilidades motoras (BUCCINO et al., 2006).

Existem 2 formas de imaginação motora, a imaginação motora interna, em que o indivíduo forma uma representação cinestésica de si mesmo em ação, e a imaginação motora externa, em que o indivíduo forma uma representação implícita da ação, após a observação em 3ª pessoa (MOLINA et al., 2008). Estas formas de imaginação motora estão relacionadas à instrução para a tarefa, que direciona o foco atencional para diferentes aspectos do controle motor dos participantes. No caso da imaginação visual o foco é direcionado a aspectos externos, principalmente ao ambiente e ao corpo, já na imaginação motora interna a atenção é direcionada para os estados internos da dinâmica do movimento e da produção de força (MUNZERT et al., 2009).

O estudo da prática mental é bastante antigo, sendo os primeiros estudos datados da década de 1930 (FELTZ e LANDERS, 1983). Inicialmente eram voltados à análise dos efeitos da prática mental sobre o desempenho e o aprimoramento de habilidades esportivas, porém mais recentemente observa-se uma modificação do enfoque científico para a aquisição de novas habilidades motoras e para as variáveis envolvidas, tais como tipo e complexidade da tarefa e capacidade imaginativa dos sujeitos (LOMÔNACO e MARQUES, 1993), além da grande influência dos métodos de imageamento cerebral para análise das áreas corticais e subcorticais envolvidas na imaginação de uma habilidade motora.

Em conjunto, os estudos mais antigos demonstram que a prática mental é melhor do que a ausência de prática e em associação com a prática física favorece

melhores resultados em comparação à prática física ou mental isoladamente, favorece a melhora do desempenho motor e facilita a transferência bilateral (LOMÔNACO e MARQUES, 1993).

Feltz e Landers (1983) realizaram uma meta-análise de 60 estudos com prática mental na área de psicologia esportiva. Os resultados sugerem que a prática mental facilita o desempenho motor por meio do ensaio mental dos componentes cognitivos e simbólicos da tarefa mais do que dos elementos motores. Ainda mais, a prática mental pode desenvolver a capacidade de focalizar a atenção e os benefícios resultantes desta prática estão presentes tanto nas fases iniciais quanto nas fases tardias do processo de aprendizado e são específicos à tarefa.

Alguns aspectos relativos à prática mental devem ser considerados. O primeiro fator altamente relevante para que a imaginação motora seja possível e favoreça benefícios efetivos com o treinamento mental é o grau de familiaridade com a tarefa, o que implica que uma representação do movimento já esteja presente. Desta forma, atividades motoras totalmente novas não seriam possíveis de serem aprendidas por meio da imaginação motora (FELTZ e LANDERS, 1983; LOMÔNACO e MARQUES, 1993; MULDER et al., 2004; DICKSTEIN e DEUTSCH, 2007; MULDER, 2007).

Mulder et al. (2004) realizaram 2 experimentos com a tarefa de abdução voluntária do hálux, sendo o primeiro estudo com sujeitos que não possuíam esta habilidade e o segundo, com sujeitos já capazes de abduzir o primeiro dedo do pé. Nos dois experimentos, foi comparado o desempenho após o treinamento entre os grupos de prática física, prática mental e sem prática. No experimento 1, apenas os sujeitos que executaram fisicamente a tarefa melhoraram o desempenho, enquanto que no experimento 2, todos os sujeitos que praticaram a tarefa, seja física ou mentalmente, melhoraram a habilidade de abduzir o hálux. Os resultados confirmam que os sujeitos sem experiência prévia com a tarefa não são capazes de utilizar a imaginação motora para aprimorar seu desempenho. Desta forma, somente movimentos que já estão representados podem ser treinados por meio de prática mental.

Segundo, a prática mental exige o resgate do modelo previamente formado da memória implícita para que as informações visuais e cinestésicas da tarefa sejam mantidas e manipuladas na memória de trabalho durante o ensaio mental.

A memória de trabalho envolve processos que guiam respostas comportamentais direcionadas a objetivos futuros baseadas em representações internas de dicas ambientais correntes e antecipadas (LUCIANA e NELSON, 1998). Ou ainda, segundo Badley (1992) a memória de trabalho é o processo de manter ativamente uma informação *on-line* na mente e utilizar esta informação para guiar um comportamento (BARTON et al., 2006; TSUJIMOTO, 2008).

De fato, Helene e Xavier (2006) evidenciaram que o treinamento imaginativo de letras invertidas conduziu à aquisição de conhecimento implícito de leitura invertida por meio da manutenção e da manipulação repetidas das informações na memória de trabalho.

Sendo assim, qualquer prejuízo em relação à memória operacional irá interferir na capacidade imaginativa e, conseqüentemente, nos ganhos decorrentes da prática mental.

Malouin et al. (2004) estudaram a relação entre a memória de trabalho e a melhora do desempenho motor após uma sessão de treinamento físico associado à prática mental em pacientes acometidos por acidente vascular encefálico (AVE). A tarefa selecionada foi levantar e sentar em uma cadeira sem apoio das mãos com o objetivo de melhorar a descarga de peso no membro inferior afetado. O treinamento foi composto por blocos, que envolviam uma repetição física e cinco práticas mentais. Os resultados mostram que os 3 domínios (visuoespacial, cinestésica e verbal) da memória operacional estão prejudicados após o AVE, sendo que o grupo de pacientes com prejuízo, em pelo menos 2 domínios, da memória operacional apresentaram um menor nível de melhora do desempenho depois do treinamento, sem retenção deste aprendizado após 24 horas, além de apresentarem uma lentificação para a simulação mental dos movimentos. Desta forma, prejuízos da memória operacional podem interferir no processo de imaginação motora, além de impedir a estabilização de representações da tarefa, ou seja, a consolidação do modelo interno formado pelo treinamento associado de prática física e mental.

Outro estudo, proposto por Saimpont, Pozzo e Papaxanthis (2009) comparou o desempenho em uma tarefa de rotação mental das mãos entre adultos jovens e idosos. Os resultados demonstram que os idosos apresentam comprometimento da habilidade de simular mentalmente movimentos das mãos, tanto em termos de acurácia quanto de velocidade. Os autores sugerem que a limitação para simular mentalmente movimentos das mãos em idosos pode estar relacionada à diminuição na velocidade de processamento de informações e prejuízos da memória de trabalho inerentes à idade.

Estudos com imageamento cerebral confirmam a importância das funções executivas para a prática mental, mostrando que além das áreas motoras ativadas na prática física (DECETY, 1996; LACOURSE et al., 2005; LOTZE e HALSBAND, 2006; MULDER, 2007; MUNZERT et al., 2009), a prática mental ativa também o córtex pré-frontal e o cíngulo anterior, áreas relacionadas à memória de trabalho e à atenção (JUEPTNER et al., 1997; HELENE e XAVIER, 2006).

A ativação das áreas motoras e sensoriais primárias e as áreas pré-motora e motora suplementar durante a prática mental, embora em níveis inferiores em comparação à prática física, pode ser relacionada à fase de preparação e planejamento da ação motora (JUEPTNER et al., 1997; LOTZE e HALSBAND, 2006) e mais ainda à inibição do comando eferente, prevenindo a execução motora (LOTZE e HALSBAND, 2006; MUNZERT et al., 2009). A atenuação da atividade dessas áreas durante a imaginação motora parece estar relacionada à ausência de retroalimentação *on-line* para o monitoramento das informações sensoriais (LACOURSE et al., 2005).

Da mesma forma, que a prática física e a prática mental ativam redes neurais semelhantes, o que sugere que os modelos internos formados por meio dos dois tipos de práticas são equivalentes, observa-se equivalência também quanto ao componente temporal da tarefa nas execuções física e mental (JEANNEROD, 1995; DECETY, 1996; LOTZE e HALSBAND, 2006; MULDER, 2007). Desta forma, o tempo para imaginação de uma tarefa motora equivale à duração da tarefa executada, sendo que com o aumento da complexidade da tarefa, a duração tanto para execução como para imaginação aumentam de forma equivalente. Este comportamento segue uma regra



motora universal conhecida como isocronia mental (MULDER, 2007) ou Lei de Fitts (JEANNEROD, 1995; LOTZE e HALSBAND, 2006). O aumento na duração do movimento executado e imaginado está relacionado ao aumento de informações de retroalimentação a serem processadas para demandas de maior acurácia (JEANNEROD, 1995).

O aprendizado motor proporcionado pelo treinamento mental é possível pela ativação repetitiva de redes neurais de representação do ato motor, fortalecendo estas redes sinápticas de transmissão (JEANNEROD, 1995; LOTZE e HALSBAND, 2006; GUILLOT et al., 2008; WOHLDMANN et al.; 2008). Este processo além de permitir uma melhora do desempenho motor, formaria modelos internos mais flexíveis e adaptáveis, visto que não é associado a uma resposta efetora, permitindo assim uma melhor generalização do aprendizado para tarefas semelhantes e em diferentes contextos ambientais (HELENE e XAVIER, 2006; KOPCZYNSKI, 2006; GENTILI et al., 2008; WOHLDMANN et al., 2008). De fato, alguns estudos demonstraram que a generalização promovida pela prática mental é superior àquela desenvolvida por meio da prática física.

Por meio de uma tarefa 3D de movimentos de apontar com a mão, Gentili et al. (2008) verificaram os efeitos da prática mental no desempenho desta tarefa. Embora o grupo submetido ao treinamento físico tenha apresentado melhora significativa em relação ao desempenho, o grupo de prática mental foi capaz de melhorar significativamente a velocidade de execução da tarefa, assim como de generalizar do espaço treinado para outro. Os autores relacionam esta capacidade de adquirir e generalizar uma habilidade motora por meio da prática mental à formação de um modelo interno previamente ao treinamento, que é realimentado ou recalibrado pelas informações perceptuais mantidas na memória de trabalho.

Kopczynski (2006) comparou o desempenho em uma tarefa seqüencial de oposição de dedos após treinamento por meio de prática mental. Dos resultados obtidos é importante ressaltar que o grupo que realizou o treino mental da tarefa seqüencial de dedos apresentou melhora do desempenho tanto para a seqüência submetida ao treinamento, quanto para uma seqüência controle não-treinada, tanto em termos de acurácia quanto de velocidade, imediatamente após o treinamento até

28 dias depois. Desta forma, este estudo confirma que a prática mental favorece a generalização do aprendizado de uma seqüência de movimentos para outra.

Wohldmann et al. (2008) compararam a aquisição e a generalização de uma tarefa seqüencial de dígitos. Os resultados mostram que a prática mental promove melhor retenção e generalização para outra seqüência não-treinada se comparada à prática física da tarefa. Isto seria possível pela formação de representações mais flexíveis e estáveis por meio da prática mental.

Em um 2º experimento, estes mesmos autores evidenciaram que a prática mental favorece a transferência do aprendizado de um membro treinado para outro não-treinado, visto que o grupo de prática mental apresenta melhor desempenho do que o grupo de prática física com a mão contralateral. Desta forma, Wohldmann et al. (2008) defendem que a prática mental fortalece uma representação independente do efetor, enquanto a prática física está relacionada a uma representação efetor-dependente.

Considerando que a prática mental é uma forma de treinamento em que não há execução motora e conseqüente ausência de informações aferentes de retroalimentação, Wulf, Horstmann e Choi (1995) questionam a possibilidade de a prática mental atuar de forma semelhante à prática física sem retroalimentação. Para verificação desta hipótese, os autores selecionaram uma tarefa seqüencial de tacadas de golfe e dividiram os sujeitos do estudo em 3 grupos: grupo 100% de retroalimentação, no qual além da retroalimentação visual, o sujeito recebia de forma verbal o resultado de cada tentativa; grupo 50% de retroalimentação, no qual era permitida a retroalimentação visual em blocos alternados e o grupo 50% de prática mental, que alternava blocos de prática física com retroalimentação visual com blocos de imaginação da tarefa. Os resultados do estudo demonstraram que embora não tenham apresentado diferenças significativas em relação ao desempenho durante o treinamento e no teste de retenção com retroalimentação visual e conhecimento de resultado, o grupo 50% de retroalimentação favoreceu um aprendizado mais eficiente do que os grupos 100% de retroalimentação e 50% de prática mental, visto que apresentou um menor número de erros no teste de retenção sem retroalimentação. Esses resultados sugerem que executar o movimento, mesmo sem

retroalimentação, torna o aprendizado mais eficiente e estável se comparado a apenas imaginar a tarefa. Desta forma, a prática mental não tem o mesmo efeito sobre o aprendizado motor que a prática física sem retroalimentação, sugerindo que a redução da retroalimentação não é o argumento que sustenta as vantagens da associação da prática física com a mental.

Outro aspecto a ser considerado sobre a prática mental é o ensaio mental da tarefa sem erros, visto que neste tipo de prática os sujeitos são orientados a imaginar a execução da tarefa de forma correta. Chiviakowsky e Wulf (2007) compararam o efeito da retroalimentação do resultado das melhores tentativas com a retroalimentação das piores sobre o desempenho em uma tarefa de arremesso. Os resultados sugerem que a retroalimentação do acerto favorece o aprendizado e a retenção, visto que o grupo que recebeu a informação do resultado das melhores tentativas apresentou um menor número de erros durante o treinamento e no teste de retenção, em comparação com o grupo que recebeu a informação das piores tentativas. Embora os autores atribuam esses resultados aos componentes motivacionais envolvidos na tarefa, esta hipótese poderia ser refutada, tendo em vista que os sujeitos não tinham conhecimento declarativo se haviam recebido a informação das melhores ou das piores tentativas. Acreditamos que a retroalimentação das melhores tentativas favoreça o reforço da atividade eletrofisiológica nas redes neurais responsáveis pela tarefa, potencializando o processo de aprendizado (SCHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003; GAZZANIGA et al., 2006).

Em conjunto, a literatura evidencia que a prática mental mostra-se uma forma de treinamento tão eficiente quanto a prática física, porém com vantagens quanto à generalização, visto que favorece a formação de modelos internos mais flexíveis e independentes do efetor. Assim como há uma semelhança entre as áreas corticais ativadas durante a prática mental e a prática física, observa-se uma equivalência entre os tempos de imaginação e execução motora.

### 2.3. Habilidades motoras e cognitivas aos 5 e 6 anos

O processo de maturação do córtex segue paralelamente ao desenvolvimento das funções motoras e cognitivas durante a infância e a adolescência e são altamente influenciados pela experiência e pelo desenvolvimento. Primeiramente, as áreas cerebrais relacionadas às funções motoras e sensoriais primárias maturam nas fases iniciais, seguidas pelos córtices associativos temporal e parietal, relacionados às funções de integração de informações sensório-motoras para a percepção e a linguagem. Mais tardiamente, amadurecem as áreas de associação superiores, tais como as áreas pré-frontal e temporal lateral, responsáveis pela integração dos processos sensório-motores primários e modulação da atenção e da linguagem (CASEY et al., 2005b).

Desta forma, observamos que o desenvolvimento das habilidades motoras ocorre predominantemente durante os primeiros 18 meses após o nascimento, pois é nesta fase que se adquirem as capacidades motoras mais grosseiras, tais como andar e segurar objetos. As habilidades motoras mais finas, tais como aprimoramento do equilíbrio e da coordenação, continuam a se desenvolver até cerca dos 7 anos de idade, porém entre os 5 e 6 anos de idade, as crianças já são capazes de realizar seqüencialmente a oposição do polegar em direção aos demais dedos (NOLLER e INGRISANO, 1984; FUNAYAMA, 1996).

Acredita-se que o desenvolvimento do córtex pré-frontal esteja intimamente relacionado à maturação de funções cognitivas superiores. A maturação cognitiva é caracterizada pela habilidade de filtrar e suprimir informações, pensamentos e ações irrelevantes em favor das relevantes, que seria o controle cognitivo. Desta forma, crianças recrutam regiões mais amplas e mais difusas, principalmente das áreas pré-frontal e parietal posterior, quando realizando atividades de controle cognitivo (CASEY et al., 2005a).

Por permitirem a interação do indivíduo com o meio, os comportamentos motores exercem grande influência facilitadora sobre o desenvolvimento das funções cognitivas e perceptuais. Segundo Piaget, o conhecimento é lentamente construído pela interiorização das ações motoras, favorecendo a representação interna do

mundo para então poder percebê-lo, compreendê-lo e atuar sobre ele. Estas representações do eu e do outro ocorrem por meio de vias neurais similares, o que reforça a influência da ação sobre a percepção e cognição (RAKISON e WOODWARD, 2008).

Piaget e Inhelder (2006) dividiram o desenvolvimento cognitivo-comportamental em 4 estágios: estágio sensório-motor; estágio pré-operacional; estágio das operações concretas e estágio das operações formais.

O nível sensório-motor compreende o período anterior à linguagem, em que pela falta de função simbólica, o bebê ainda não apresenta pensamento, nem afetividade ligada a representações que permitam evocar pessoas e objetos na ausência delas. Nos 2 primeiros anos, a criança passa por um extenso e importante desenvolvimento mental, visto que nesta fase desenvolve o conjunto das subestruturas cognitivas, que servirão de ponto de partida para as construções perceptivas e intelectuais posteriores. Este período representa a fase de compreensão do mundo exterior por meio da percepção e dos movimentos, passando de um comportamento “egocentrista”, característico do recém-nascido, chegando à construção de um universo objetivo, estruturado de maneira têmporo-espacial, em que ele próprio faz parte.

Dos 2 aos 7 anos, caracterizado pelo nível pré-operatório, a criança desenvolve a capacidade de representar alguma coisa (“significado”) por meio de um “significante” diferenciado, uma representação, seja ela por meio da linguagem, de uma imagem mental ou de um gesto simbólico. O aparecimento da função simbólica ou semiótica é caracterizado por 5 condutas, mais ou menos simultâneas. Primeiramente, a imitação diferida, que é o início da representação e do gesto imitativo na ausência do modelo; o jogo simbólico que é um gesto imitativo, porém acompanhado de objetos que vão se tornando simbólicos; o desenho ou imagem gráfica; a imagem mental, que é a imitação interiorizada e o linguagem nascente, que permite a evocação verbal de acontecimentos não-verbais.

O nível das operações concretas, presente a partir dos 7-8 anos e desenvolvendo até a pré-adolescência, é caracterizado por transformações do real, por meio de ações interiorizadas e agrupadas em estruturas coerentes e reversíveis.

Estas estruturas, tais como classificações e seriações, constituem encadeamentos progressivos de operações diretas sobre o objeto. Esta fase é caracterizada pela descentração, fundada nas coordenações gerais da ação, que permite constituir os sistemas operatórios de transformações e as conservações que liberam a representação do real de suas aparências figurativas ilusórias.

A partir dos 11-12 anos, ocorre a transformação do pensamento, que possibilita o manejo das hipóteses e o raciocínio sem que haja constatação concreta e atual. O indivíduo é capaz de inferir as conseqüências necessárias e as verdades possíveis, o que constitui o início do pensamento hipotético-dedutivo ou formal. Esta fase é chamada de nível das operações formais.

As funções executivas, consideradas habilidades cognitivas superiores, representam diferentes funções do córtex pré-frontal orientadas a um objetivo. A relação do CPF com as funções executivas está na proximidade e conectividade recíproca com as áreas corticais posteriores e estruturas subcorticais, o que permite a ativação e a inibição destas áreas, dependendo das demandas. As funções executivas consistem em componentes relacionados, porém independentes. Podem ser diferenciados 4 componentes fundamentais: alternância, inibição, planejamento e memória de trabalho. Embora dependa da complexidade da tarefa, parece que a capacidade de inibição melhora notavelmente durante os anos pré-escolares e menores mudanças depois. A memória de trabalho e a alternância, por outro lado, emergem na fase pré-escolar, porém a grande melhora ocorre bem mais tardiamente. A habilidade de planejamento, que é medida por atividades mais complexas, parece apresentar os maiores ganhos na fase mais tardia da infância e na adolescência. Desta forma, a inibição é mais essencial e desafiadora na infância, enquanto que crianças mais velhas e adolescentes são menos suscetíveis a distração e menos impulsivos (BEST et al., 2009).

Enquanto a memória de trabalho envolve a manutenção de informações, o controle inibitório é a habilidade de suprimir informações e ações que são inapropriadas para o contexto. As áreas laterais do CPF parecem exercer papel crítico em ambas as funções e se especializam em função da idade e do desenvolvimento. Durante a fase inicial da infância, entre 5 e 6 anos, as diferentes modalidades de

memória de trabalho e controle inibitório compartilham o mesmo sistema neural, evidenciando maior flexibilidade com a prática e o aprendizado, enquanto, aos 8-9 anos, há diferenciação destes circuitos neurais para cada um destas funções (TSUJIMOTO, 2008).

Luna et al. (2001) comparou o desempenho entre crianças (8 a 13 anos), adolescentes (14 a 17 anos) e adultos (18 a 30 anos) em tarefa antisacádica, na qual o sujeito tem que suprimir voluntariamente o movimento reflexo do olho e direcioná-lo para um estímulo visual. Os resultados indicam que o desenvolvimento da habilidade de iniciar e inibir voluntariamente um comportamento é influenciado pela maturação da função integradora entre o neocortex, o estriado, o tálamo e o cerebelo. Os autores sugerem que a proliferação sináptica e a mielinização durante a infância e a adolescência são importantes ao aprimorar as funções cerebrais distribuídas difusamente, refinando as conexões sinápticas e aumentando a transferência de informação através do cérebro de maneira rápida.

Kail (1991) e Kiselev et al. (2009) por meio de seus estudos com tarefas de tempo de reação evidenciaram diferenças na velocidade de processamento relacionadas à idade e à natureza da tarefa. Crianças mais jovens, na faixa dos 4 aos 6 anos, tendem a apresentar maior latência de resposta, principalmente à medida que a complexidade da tarefa aumenta. Acredita-se que esta lentificação do processamento das informações esteja relacionada a recursos cognitivos limitados, especialmente na fase pré-escolar, quando o processo de desenvolvimento das áreas pré-frontais está incompleto, porém altamente ativo.

Por meio da análise do desempenho de crianças, jovens e adultos, em uma bateria de testes envolvendo memória de trabalho (CANTAB - "Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery"), Luciana e Nelson (1998) avaliaram o surgimento das diferentes habilidades superiores relacionadas ao CPF. As tarefas analisadas foram: tempo de reação simples; abrangência espacial; memória de trabalho espacial; "Torre de Londres", que avalia o planejamento espacial e inibição de comportamento; série de alternância intra e extradimensional; reconhecimento de padrão e reconhecimento espacial. Os resultados em conjunto mostram que a melhora máxima do desempenho ocorre entre 4 e 5 anos e após os 8 anos. Quando há

aumento da demanda pela tarefa, o desempenho diminui, em crianças de 5 a 7 anos, não apenas por causas mnemônicas como também por deficiência executiva. Parece que quando o córtex pré-frontal é requisitado a realizar diversas funções simultaneamente, há prejuízo do desempenho, provavelmente devido a rupturas nos circuitos neurais que conectam o córtex pré-frontal com outras estruturas.

Utilizando testes de desempenho contínuo (“Continuous Performance Tests” – CPT), Kanaka et al. (2008) avaliaram o desenvolvimento das funções cognitivas e atencionais em crianças saudáveis de 5 a 12 anos. Os resultados demonstram que as idades entre 5 e 6 anos são particularmente marcadas por mudanças na capacidade de inibição da resposta, diminuição da falta de atenção e alcance da estabilidade do tempo de processamento. A habilidade de discriminação de estímulos muda até por volta dos 8 anos e até, aproximadamente, aos 11 anos, há diminuição do tempo de processamento.

Em conjunto, os estudos que investigam o desempenho de crianças de diferentes idades em testes que avaliam um conjunto de funções cognitivas, denominadas executivas, confirmam as importantes mudanças que ocorrem nestas habilidades entre as idades de 5 e 6 anos. Para Piaget e Inhelder (2006), a fase de 5 e 6 anos representa a transição de representações dependentes das informações sensório-motoras para representações mentais mais abstratas, embasadas na reversibilidade lógica, desenvolvida durante o período operacional.

Apesar de haver indícios anatômicos e funcionais para haver imaturidade do processo de aprendizado motor em crianças, Meulemans, van der Linden e Perruchet (1998) verificaram que crianças de 6 e 10 anos alcançaram o mesmo desempenho que adultos após um treinamento de tempo de reação. Da mesma forma, a retenção em longo prazo, evidenciado no estudo pela reavaliação após 1 semana de treinamento, foi significativa tanto para os adultos quanto para as crianças. Os resultados em conjunto evidenciam que o aprendizado implícito é igualmente eficiente nas fases iniciais do desenvolvimento. Porém, Palazzin (2007) e Siqueira (2007), por meio de estudos de aprendizado de tarefas seqüenciais de dedos, verificaram que crianças de diferentes idades apresentam desempenhos diferentes entre si e entre adultos.



Siqueira (2007) comparou a aprendizagem de uma tarefa seqüencial de oposição de dedos entre crianças de 6 e 9 anos. Os resultados indicam que, após um treinamento de 2.400 movimentos em uma dada seqüência, as crianças de 6 anos apresentam desempenho inferior às crianças de 10 anos, em termos de seqüências corretas por minuto, visto que melhoraram mais lentamente no decorrer das avaliações. Quanto à capacidade de retenção da seqüência treinada, não foram observadas diferenças entre os dois grupos. Já para a capacidade de generalização da seqüência treinada para sua seqüência reversa, as crianças de 10 anos foram capazes de melhorar significativamente seu desempenho, enquanto que as crianças de 6 anos não, evidenciando que crianças de 6 anos tem imaturidade da capacidade de generalização do aprendizado. A autora sugere que essa limitação pode estar associada a diferenças cognitivas, que geram dificuldade tanto para a formação quanto para a utilização de modelos internos. Desta forma, crianças de 6 anos tem a capacidade limitada para formar modelos internos, em comparação a crianças de 10 anos, assim como dificuldade para utilização destes modelos para generalização para uma seqüência similar.

O mesmo modelo de treinamento foi utilizado por Palazzin (2007) para comparação do aprendizado entre crianças de 10 anos e adultos, porém foram acrescentadas as condições com e sem visão. Ao final do treinamento, crianças de 10 anos apresentaram desempenho inferior da seqüência treinada em relação aos adultos, principalmente o grupo submetido ao treinamento na condição sem visão. Da mesma forma, ao analisar o efeito do treinamento de uma seqüência sobre sua seqüência reversa, crianças de 10 anos apresentaram dificuldade para a generalização da tarefa, principalmente na condição sem visão. Segundo a autora, esses resultados sugerem que as crianças de 10 anos ainda têm alguma limitação em consolidar um modelo interno, responsável pelo controle antecipatório dos movimentos, tornando essas crianças mais dependentes do controle visual.

Savion-Lemieux et al. (2009) estudaram as diferenças no aprendizado motor de uma tarefa seqüencial de dedos, similar à digitação, envolvendo 10 componentes entre crianças de 6, 8 e 10 anos e adultos. Em geral, os resultados mostraram que o aprendizado motor é seqüência-específico, com uma progressão relacionada ao

desenvolvimento, em que melhoras mais expressivas do desempenho foram observadas ao longo dos blocos de treinamento para os grupos mais jovens, de 6 e 8 anos, embora tenham apresentado pior desempenho em comparação aos grupos de 10 anos e adultos. Os autores sugerem que as diferenças observadas estão relacionadas às mudanças nas habilidades motoras relacionadas à idade e à maturação de vias motoras corticais.

Segundo Piaget e Inhelder (2006), as imagens mentais resultam de uma imitação interiorizada que busca formar uma cópia ativa dos quadros perceptivos, com esboços eventuais de referências sensoriais. O desenvolvimento das imagens mentais ocorre entre 4-5 anos e 10-12 anos, havendo diferenças entre as faixas etárias, em virtude do desenvolvimento das operações concretas. No nível pré-operatório, as imagens mentais da criança são exclusivamente estáticas, com dificuldade sistemática de reproduzir movimentos e seus resultados, enquanto na fase das operações concretas, a partir dos 7-8 anos, as crianças já são capazes de reproduzir movimentos e transformações.

Contrariamente a esta idéia, estudos mostram que aos 5 e 6 anos de idade, a habilidade de criar e usar uma imagem motora eficiente para representar um movimento já está presente, embora sejam mais dependentes de seus aspectos motores em comparação a crianças mais velhas e adultos que confiam mais na informação visual para a solução da tarefa (GABBARD, 2009).

Kosslyn et al. (1990) avaliaram a capacidade imaginativa em diferentes idades. De modo geral, para as 4 tarefas selecionadas, geração, manutenção, análise e rotação da imagem mental visual, as crianças de 5 anos se mostraram mais lentas e cometeram mais erros do que as crianças mais velhas e adultos, embora esta diferença tenha sido menos evidente na comparação com o grupo de 8 anos. Os dados evidenciaram que os diferentes processos imaginativos analisados - geração, manutenção, análise e rotação da imagem mental visual - se desenvolvem com a idade e já são independentes aos 5 anos de idade, ou seja, se utilizam de diferentes estratégias de processamento das informações para formação da imagem mental visualmente.

A capacidade de rodar mentalmente a imagem de um objeto ou de uma mão apresentada visualmente por crianças de 6 anos, foi verificada pelo estudo de Funk et al. (2005), que confirmaram que as mesmas têm capacidade de formar imagens não apenas estáticas como também dinâmicas. Ainda mais, o fato de haver um efeito significativo com a variação da postura da mão, demonstra que em crianças os processos perceptual e sensório-motor estão fortemente ligados, como defendido por Piaget, ou seja, todas as atividades cognitivas estão embasadas em e são suportadas por atividades motoras.

Outro tipo de tarefa utilizada por Frick et al. (2009) para avaliar a capacidade imaginativa dinâmica em crianças foi a de se imaginar inclinando um copo com água. O desempenho de crianças de 5 anos foi comparado ao de crianças de 7 e 9 anos e adultos em 4 condições experimentais distintas: inclinar dois copos vazios com diâmetros diferentes imaginando conter água em 2 níveis distintos, julgar a inclinação necessária para a água atingir a borda dos copos, imaginar a inclinação e determinar o ângulo por meio de um controle remoto e realizar a tarefa sem informação visual da tarefa. Embora contradigam as previsões de Piaget e Inhelder (2006), os resultados confirmaram que crianças de 5 anos já são capazes de utilizar estratégias imaginativas dinâmicas, porém com o controle visual, visto que ainda são dependentes da execução e da retroalimentação motora para imaginar as ações. Os autores sugerem que a atividade motora facilita a imaginação não apenas por fornecer informação visual, como também por ativar um esquema motor previamente formado.

Por meio do paradigma da cronometria mental, Molina et al. (2008) compararam a capacidade de imaginação motora entre crianças de 5 e 7 anos. Os resultados obtidos sugerem que crianças de 5 anos já são incapazes de explicitamente se imaginarem em ação, enquanto que as crianças de 7 anos evocam a imagem motora a partir das conseqüências proprioceptivas da própria ação. Sendo assim, a capacidade de imaginação motora está relacionada ao desenvolvimento dos processos cognitivos envolvidos na representação motora, que são necessários para a programação e execução motoras. Anatomicamente, pode-se relacionar o

desenvolvimento da capacidade imaginativa motora a mudanças internas do córtex pré-frontal e parietal.

Em síntese, embora aos 5 e 6 anos, as áreas motoras primárias estejam maduras, permitindo a execução de movimentos finos das mãos, estudos prévios demonstraram que crianças nesta faixa etária apresentam uma imaturidade para o aprendizado de novas habilidades motoras por meio da prática física. Ainda mais, a despeito das imaturidades de funções executivas, como memória de trabalho e atenção, crianças de 5 e 6 anos já são capazes de imaginar tarefas motoras dinâmicas, embora não haja evidências na literatura sobre a capacidade de aprendizado nesta condição de treinamento nem a comparação com o treino físico.

### **3. OBJETIVO**

#### **3.1. Objetivo geral**

Comparar os efeitos do treino físico e mental sobre a capacidade de aprender, reter e generalizar uma nova habilidade motora de oposição seqüencial de dedos em crianças de 5 e 6 anos.

#### **3.2. Objetivos específicos**

1. Para avaliar o aprendizado motor, comparamos o tempo de treinamento em cada um dos blocos e o desempenho motor da seqüência treinada em 6 reavaliações, entre os grupos de prática física e mental.
2. Para avaliar a retenção do aprendizado, comparamos o desempenho motor da seqüência treinada antes do treinamento com a reavaliação de 28 dias depois do treinamento.
3. Para avaliar a generalização, comparamos o desempenho de uma nova seqüência que não recebeu treinamento, seqüência reversa, em 6 avaliações.

## 4. MÉTODOS

### 4.1. Sujeitos

Participaram deste estudo, 40 crianças com idade entre 5 e 6 anos, divididas em 3 grupos, segundo ordem de entrega da autorização pelos pais. Primeiro foi preenchido o grupo submetido ao treino físico da tarefa (grupo de prática física - PF), seguido pelo grupo submetido ao treinamento mental (grupo de prática mental - PM) e, por último, o grupo que não foi submetido a qualquer tipo de treinamento (grupo sem prática - SP).

Todas as crianças participantes do estudo eram saudáveis, sem histórico de doenças neurológicas, atraso no desenvolvimento neuropsicomotor ou distúrbios de aprendizagem.

O grupo de prática física (PF) era composto por dezesseis crianças com média de idade de  $6,5 \pm 0,2$  anos, sendo doze meninas e quatro meninos; o grupo de prática mental (PM) composto por 12 crianças com média de idade de  $5,7 \pm 0,5$  anos, dentre elas 7 meninos e 5 meninas e o grupo sem prática (SP), por 12 crianças de  $5,6 \pm 0,4$  anos, das quais 8 eram meninos e 4 meninas, todos destros.

O estudo foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA PARA ANÁLISE DE PROJETOS DE PESQUISA do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - HCFMUSP (ANEXO A).

Os responsáveis foram informados quanto aos procedimentos do trabalho e assinaram O TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (ANEXO B).

### 4.2. Local

A coleta dos dados foi realizada em uma escola particular de ensino infantil regular - Escola ABC e Cia.

### **4.3. Materiais**

- fita veda rosca para revestimento dos dedos dos participantes;
- fitas adesivas de puro alumínio coladas nas pontas dos dedos, aos quais os cabos eram conectados;
- cabos de conexão dedos-computador blindados para a transmissão de sinais elétricos entre o polegar (ponto terra) e os demais dedos de registro;
- computador com um programa previamente desenvolvido para a coleta de dados;
- fitas de velcro para manter os cabos fixos em posição que não comprometa a tarefa;
- caneta hidrográfica para identificação dos dedos das mãos;
- cadeira, na qual o sujeito se ajustava da maneira que lhe fosse mais confortável;
- mesa, para que o sujeito apoiasse seu membro superior da maneira mais confortável para realizar a tarefa;
- cabine especial que garantia a redução de interferências auditivas e visuais do ambiente.

### **4.4. Procedimentos**

#### **4.4.1 Apresentação da tarefa**

A tarefa selecionada para a pesquisa foi uma tarefa de oposição seqüencial dos dedos, realizada pela mão dominante do sujeito, já amplamente utilizada pela literatura (KARNI, 1998; KORMAN et al., 2003; KOPCZYNSKI, 2006; DORFBERGER et al. 2007; PALAZZIN, 2007; SIQUEIRA, 2007).

As crianças com idade de 5 e 6 anos foram convidadas a participar da “Gincana dos Dedinhos”, na qual deveriam realizar uma “brincadeira com os dedos da mão”.

Após aceitarem o convite para participarem do estudo e seus responsáveis assinarem o termo de consentimento, as crianças foram convocadas uma a uma para a coleta de dados.

No início, em sessão individual, as crianças foram questionadas quanto ao conhecimento dos números e orientadas que realizariam uma atividade com a mão dominante, na qual era necessário que os dedos fossem envolvidos por uma fita com cabos nas pontas que iam se comunicar ao computador, sem riscos de choques ou injúrias.

Os dedos foram então revestidos por fita veda rosca e numerados de um a quatro do indicador ao mínimo, sendo que o polegar, responsável pelas oposições, não recebeu numeração. Sendo assim, o segundo dedo anatômico (“indicador”) foi designado número 1; o terceiro dedo (“médio”), o número 2; o quarto dedo (“anelar”), o número 3 e o quinto dedo (“mínimo”), o número 4 (Figura 1).



**Figura 1** - Representação da mão dominante preparada para o experimento

À fita adesiva metálica colada nas pontas dos dedos, foram conectados os cabos para transmissão das informações ao computador.

As crianças foram motivadas a se empenhar na atividade para “competir” com os demais colegas. Ao final do experimento as crianças que completaram todos os dias de treinamento e reavaliações receberam um prêmio.

A Figura 2 representa as diferentes fases da pesquisa.



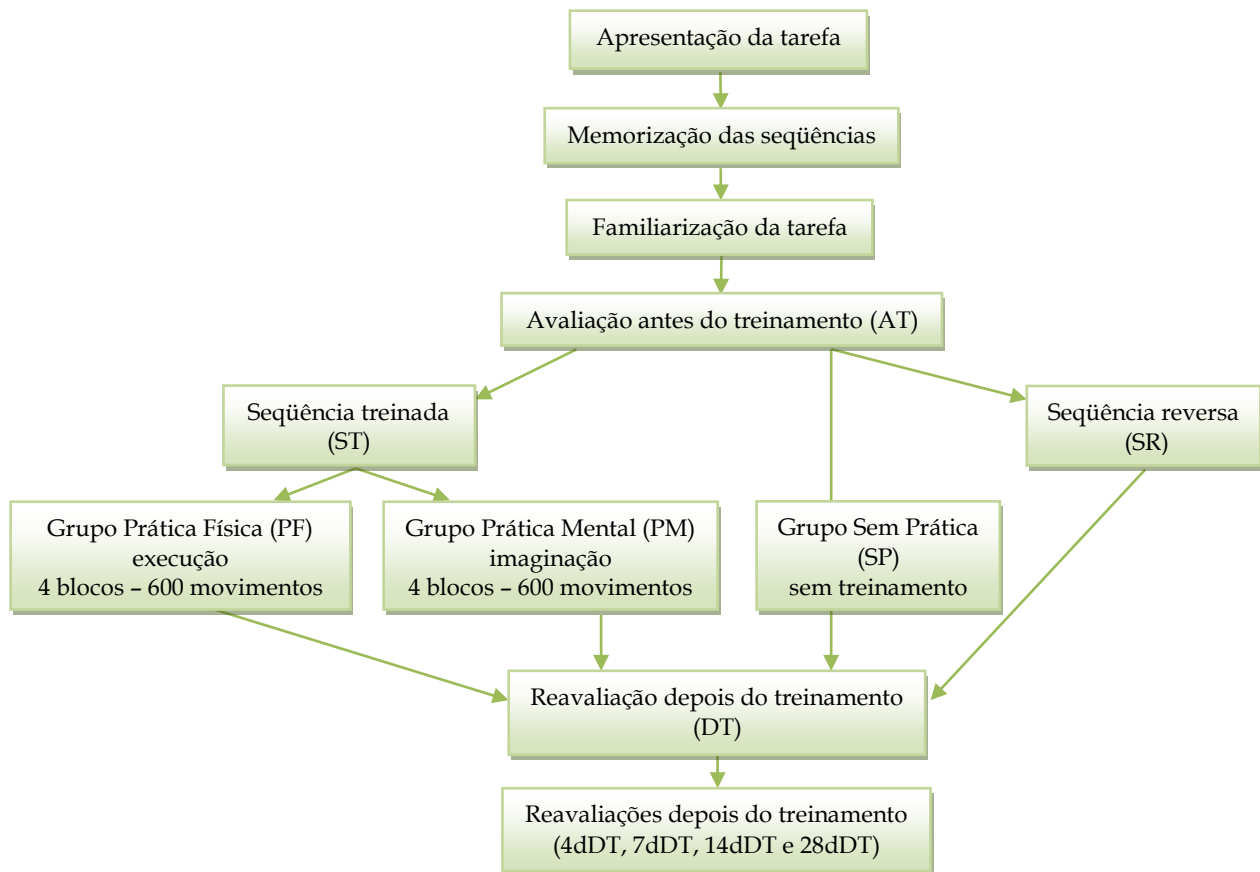


Figura 2 - Representação esquemática das diferentes fases do experimento

Para a realização das diferentes fases da pesquisa, as crianças permaneceram sentadas em uma cadeira, com o membro superior dominante sobre uma mesa, de frente para o experimentador, sem acesso à tela do computador onde estavam sendo visualizados os registros do experimento.

#### 4.4.2 Memorização das seqüências

Foram apresentados aos sujeitos dois cartões contendo as seqüências de números a serem memorizadas declarativamente, “4-2-3-1-4” e “4-1-3-2-4”. As duas seqüências eram reversas entre si e eram compostas por 5 subcomponentes (TABELA 1), sendo apenas o último componente, representado pelo movimento de oposição do polegar e do quinto dedo (Figura 3), comum às duas seqüências (TABELA 2).

Tabela 1 - Subcomponentes das seqüências 1 e 2

Subcomponentes	Seqüência 1 4*1*3*2*4	Seqüência 2 4*2*3*1*4
Subcomponente 1	4*1	4*2
Subcomponente 2	1*3	2*3
Subcomponente 3	3*2	3*1
Subcomponente 4	2*4	1*4
<b>Subcomponente 5</b>	<b>4*4</b>	<b>4*4</b>

Tabela 2 - Submovimentos das seqüências 1 e 2

Submovimentos	Seqüência 1 4*1*3*2*4	Seqüência 2 4*2*3*1*4
Submovimento 1	dedo mínimo-indicador	dedo mínimo-dedo médio
Submovimento 2	indicador-anelar	dedo médio-anelar
Submovimento 3	anelar-dedo médio	anelar-indicador
Submovimento 4	dedo médio-dedo mínimo	indicador-dedo mínimo
<b>Submovimento 5</b>	<b>dedo mínimo-dedo mínimo</b>	<b>dedo mínimo-dedo mínimo</b>



Figura 3 - Representação do movimento de oposição do quinto com o primeiro dedo ("4")

Primeiro foi apresentada a seqüência a ser treinada (ST). Quando o sujeito considerasse que havia memorizado, contava-se 2 minutos para verificação da retenção, por meio da repetição declarativa da seqüência memorizada. A seguir foi realizado o mesmo procedimento para sua seqüência reversa (SR).

#### 4.4.3 Familiarização da tarefa

Após a certificação de que as seqüências foram memorizadas, os sujeitos foram orientados a realizar uma prática de 10 repetições de cada uma das seqüências para familiarização com a tarefa.

#### 4.4.4 Avaliação antes do treinamento

A avaliação inicial, assim como as demais avaliações depois do treinamento, 4 dias, 7 dias, 14 dias e 28 dias após o treinamento, foi idêntica para todos os participantes.

Após a familiarização, foi dado um descanso de aproximadamente um minuto, sendo então solicitado que executassem a seqüência memorizada previamente, o mais rápido e precisamente possível. Nesta fase, foram registrados, pelo computador, o número de seqüências corretas, o número de seqüências erradas e o tempo para execução de 100 movimentos.

Ao final da avaliação da seqüência a ser treinada (ST), iniciou-se a memorização, verificação da retenção, familiarização e avaliação antes do treinamento para a seqüência reversa (SR).

#### 4.4.5 Treinamento

A fase de treinamento foi distinta para cada um dos grupos.

- Grupo Prática Física (PF): os participantes realizaram o treinamento por meio da execução motora de movimentos seqüenciais de dedos. O treino foi composto por 4 blocos de 600 movimentos, totalizando 2.400 movimentos de oposição de dedos, com intervalo de 2 minutos entre cada um dos blocos. O número de movimentos, assim como o número de erros e de acertos e tempo total de treinamento, foi controlado pelo computador, que interrompia o registro após o total ser atingido. Os sujeitos foram orientados a executar a seqüência de movimentos da forma mais acurada e rápida possível (“encostar o dedão em cada um dos dedos, na

ordem dos números '4-2-3-1-4', sempre SEM ERRAR e o mais rápido que conseguir"), sem qualquer outra instrução.

- Grupo Prática mental (PM): os sujeitos realizaram o treinamento por meio da imaginação da execução dos movimentos seqüenciais de dedos. Inicialmente, foi solicitado à criança que fixasse o olhar na mão, a fim de memorizar o número correspondente a cada um dos dedos. Em seguida, a criança era requisitada a fechar os olhos e imaginar a mão com os dedos numerados para, então, imaginar cada um dos movimentos de oposição do polegar em direção aos demais dígitos, seguindo a seqüência numérica pré-estabelecida. Assim como antes da avaliação inicial, foram realizadas 10 tentativas para familiarização com a tarefa. Os sujeitos foram então orientados a imaginar a execução da seqüência de movimentos da forma mais acurada e rápida possível ("imagine que você está encostando o dedão em cada um dos dedos, na ordem dos números '4-2-3-1-4', sempre SEM ERRAR e o mais rápido que conseguir"), sem qualquer outra instrução. Durante o treinamento, as crianças permaneceram com as mãos cruzadas e os dedos entrelaçados (Figura 4), o que proporcionou uma retroalimentação visual invertida da posição dos dedos, dificultando qualquer tentativa de execução do movimento mentalizado, além do examinador manter a supervisão. Todos os sujeitos permaneceram de olhos abertos durante todo o treinamento. O sujeito declarava verbalmente o dedo que estava sendo imaginado em oposição, para controle do total de movimentos e tempo de treinamento pelo pesquisador. Assim como no grupo PR, este grupo realizou 4 blocos de 600 movimentos, totalizando 2.400 movimentos de oposição de dedos, com intervalo de 2 minutos entre cada um dos blocos.



**Figura 4** - Representação da posição das mãos durante o treinamento para o grupo PM

- Grupo Sem Prática (SP): os sujeitos deste grupo não realizaram qualquer tipo de treinamento da tarefa seqüencial de dedos. No período equivalente ao tempo de treinamento dos demais grupos, sob supervisão do pesquisador, realizaram uma tarefa não seqüencial de pintura, para garantir que não executassem as seqüências previamente avaliadas.

Os grupos de prática física e prática mental realizaram o treinamento de apenas uma das seqüências, denominada seqüência treinada (ST). A seqüência reversa (SR) foi utilizada como controle da ST. Para o grupo SP, a primeira seqüência avaliada, correspondia à ST nos demais grupos e a 2ª seqüência, à seqüência reversa (SR).

Todos os sujeitos foram orientados a não executar, nem imaginar a tarefa seqüencial de dedos fora das sessões de treinamento e avaliação.

#### **4.4.6 Reavaliação depois do treinamento (DT)**

Para os 3 grupos, após o período de treinamento, o número de seqüências corretas, o número de seqüências erradas e o tempo para execução de 100 movimentos foram registrados, pelo computador, primeiro para a seqüência que recebeu treinamento (ST), seguida pela seqüência que não recebeu treinamento, seqüência reversa (SR).

#### **4.4.7 Reavaliação 4 dias depois do treinamento (4dDT)**

Após 4 dias do treinamento, o desempenho de ambas as seqüências foi reavaliado, seguindo os mesmos procedimentos das avaliações antes (AT) e depois do treinamento (DT), para verificação da retenção.

No início da sessão de reavaliação, era garantido que a criança fosse capaz de evocar declarativamente cada uma das seqüências.

#### **4.4.8 Reavaliação 7 dias depois do treinamento (7dDT)**

O mesmo procedimento de avaliação realizado no 4º dia depois do treinamento foi repetido no 7º dia.

#### **4.4.9 Reavaliação 14 dias depois do treinamento (14dDT)**

O mesmo procedimento de avaliação realizado no 4º dia depois do treinamento foi repetido no 14º dia.

#### **4.4.10 Reavaliação 28 dias depois do treinamento (28dDT)**

O mesmo procedimento de avaliação realizado no 4º dia depois do treinamento foi repetido no 28º dia.

### **4.5. Análise estatística**

Foi utilizada como medida de desempenho, a velocidade (V) determinada pelo número de seqüências corretas por minuto.

Após testes para checar normalidade, homogeneidade e independência dos dados, foi realizada uma primeira ANOVA 2x4 para medidas repetidas para análise do tempo de treinamento, considerando-se como fator, os grupos (PF e PM) e como variáveis independentes repetidas, os blocos (BLOCO 1, BLOCO 2, BLOCO 3 e BLOCO 4).

Para análise do aprendizado motor e da retenção foi realizada ANOVA 3x6 para medidas repetidas para o número de seqüências corretas por minuto para a seqüência treinada (ST), considerando-se como fator, os grupos (PF, PM e SP), como variáveis independentes repetidas, as avaliações (AT, DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT).

Para análise da generalização, foi realizada ANOVA 3x6 para medidas repetidas para o número de seqüências corretas por minuto para a seqüência reversa

(SR), considerando-se como fator, os grupos (PF, PM e SP) e como variáveis independentes repetidas, as avaliações (AT, DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT).

Para todas as interações que alcançaram nível de significância foi aplicado o pós-teste de Tukey.

O programa estatístico utilizado foi o *Statistica Release 7.0* e nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ .

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Análise do Tempo de Treinamento (TT)

O desempenho durante o treino foi avaliado por meio do tempo de conclusão de cada um dos 4 blocos. Lembrando que o grupo prática física (PF) executou fisicamente e o grupo prática mental (PM) imaginou-se executando os movimentos seqüenciais de oposição dos dedos.

Os valores médios e os desvios-padrão do tempo de treinamento para cada bloco de treinamento em cada um dos grupos, PF e PM, estão representados na Tabela 3. Conforme podemos verificar, ambos os grupos apresentaram uma diminuição progressiva do tempo de conclusão de cada bloco de treinamento, ou seja, se tornaram mais rápidos para realizar as 600 repetições, seja de forma física ou mental.

**Tabela 3** - Médias e desvios-padrão (DP) do tempo de treinamento (em segundos) para cada um dos blocos (BLOCO 1, BLOCO 2, BLOCO 3 e BLOCO 4) para os grupos PF e PM.

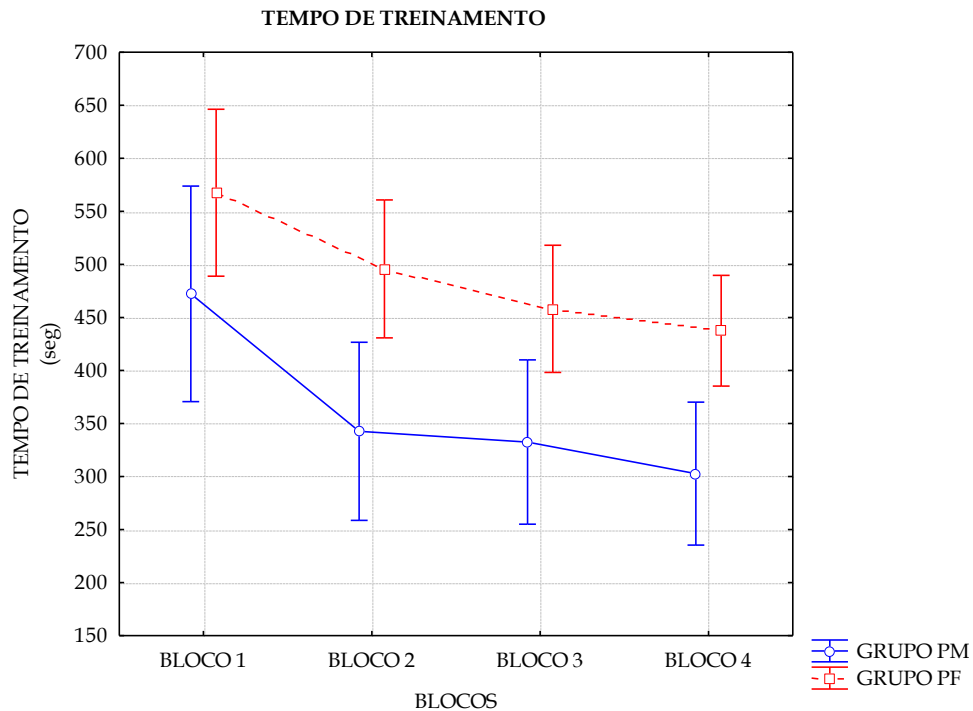
	BLOCO 1			BLOCO 2		BLOCO 3		BLOCO 4	
	N	média	DP	média	DP	média	DP	média	DP
<b>PF</b>	16	567,60	111,67	495,80	115,21	458,13	88,24	437,53	95,76
<b>PM</b>	12	472,22	193,85	342,67	131,70	332,55	144,50	302,78	100,34

Para a verificação dos efeitos do grupo (PF e PM) e dos blocos (bloco 1, bloco 2, bloco 3 e bloco 4) sobre o tempo de treinamento foi realizada a ANOVA que mostrou um efeito significativo de grupo e de blocos, sem interação significativa entre os mesmos, como pode ser observado na Figura 5 e na Tabela 4.

**Tabela 4** - ANOVA 2X4 (Grupo X Bloco) para verificar efeito do Grupo (PF e PM) e dos Blocos (BLOCO 1, BLOCO 2, BLOCO 3 e BLOCO 4) sobre o tempo de treinamento. Em vermelho estão destacados os valores estatisticamente significativos.

	SS	grau de liberdade	MS	F	p
<b>GRUPOS</b>	364110	1	364110	7,64	<b>0,011</b>
<b>Erro</b>	1048668	22	47667		
<b>BLOCOS</b>	290775	3	96925	27,09	<b>0,000</b>
<b>BLOCOS*GRUPOS</b>	9815	3	3272	0,91	0,439
<b>Erro</b>	236103	66	3577		





**Figura 5** - Tempo de treinamento em segundos, expresso na ordenada, nos blocos de treinamento (BLOCO 1, BLOCO 2, BLOCO 3 e BLOCO 4), expressos na abscissa. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança. A linha azul representa o comportamento do grupo prática mental (PM) e a linha vermelha do grupo prática física (PF).

O efeito de grupo foi confirmado pelo pós-teste de Tukey, que demonstrou que o grupo prática mental é mais rápido para imaginar os movimentos seqüenciais de dedos, do que o grupo prática física para executar os movimentos ( $p=0,01$ ).

O pós-teste confirma também o efeito de bloco, que demonstrou que, independente do grupo, houve uma melhora significativa após o primeiro bloco e uma melhora adicional entre o segundo e o quarto bloco (Tabela 5).

**Tabela 5** - Análise intragrupo para os grupos prática física e prática mental por meio do pós-teste de Tukey. Em vermelho estão destacados os valores estatisticamente significativos.

	BLOCO 2	BLOCO 3	BLOCO 4
BLOCO 1	0,000	0,000	0,000
BLOCO 2	-	0,395	0,021
BLOCO 3	-	-	0,509

Em síntese, independente da forma de treino, as crianças foram capazes de melhorar o seu desempenho em termos de velocidade ao longo dos blocos de treinamento, sendo que o grupo que realizou o treino mental foi mais rápido que o grupo de prática física.

## 5.2. Aquisição e Retenção

A aquisição e a retenção foram avaliadas por meio do número de seqüências corretas por minuto em cada uma das 5 avaliações. Lembrando que todos os grupos realizaram estas avaliações nas mesmas condições, ou seja, por meio da execução física de 100 movimentos.

Os valores médios e os desvios-padrão, em movimentos corretos por minuto para a seqüência treinada (ST), para cada um dos grupos, PF, PM e SP, estão representados na Tabela 6. Conforme podemos verificar, todos os grupos demonstraram melhora do desempenho, com aumento do número de movimentos corretos por minuto no decorrer das avaliações.

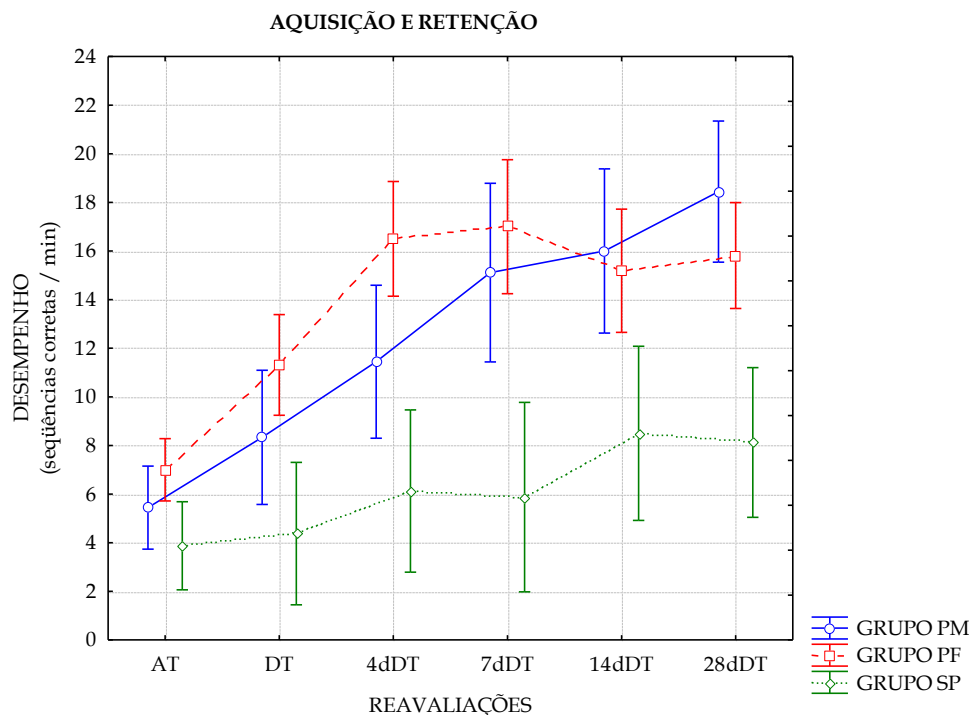
**Tabela 6** - Médias e desvios-padrão (DP) dos movimentos corretos por minuto para ST nas avaliações (AT, DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT) para os grupos PF, PM e SP.

	N	AT		DT		4dDT		7dDT		14dDT		28dDT	
		média	DP	média	DP	média	DP	média	DP	média	DP	média	DP
<b>PF</b>	16	7,00	2,92	11,31	4,61	16,50	5,23	17,00	6,13	15,19	5,54	15,81	4,34
<b>PM</b>	12	5,44	2,55	8,33	4,00	11,44	4,82	15,11	5,75	16,00	5,41	18,44	4,19
<b>SP</b>	12	3,88	1,13	4,38	2,56	6,13	2,53	5,88	2,53	8,50	2,51	8,13	4,19

Para a verificação dos efeitos do treinamento sobre o desempenho da seqüência treinada (ST) nos diferentes grupos foi realizada a ANOVA que mostrou uma interação significativa ( $p=0,00000$ ) entre avaliação e grupo (Tabela 7, Figura 6), o que indica que cada grupo modificou sua resposta de forma diferente no decorrer das avaliações.

**Tabela 7** - ANOVA 3X6 (Grupo X Avaliação) para verificar efeito do Grupo (PF, PM e SP) e das Avaliações (AT, DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT) sobre o desempenho da ST. Em vermelho estão destacados os valores estatisticamente significativos.

	SS	grau de liberdade	MS	F	P
<b>GRUPO</b>	1933,56	2	966,78	13,48	<b>0,000</b>
<b>Erro</b>	2151,14	30	71,70		
<b>AVA</b>	1726,43	5	345,29	38,94	<b>0,000</b>
<b>AVA*GRUPO</b>	443,26	10	44,33	4,99	<b>0,000</b>
<b>Erro</b>	1330,10	150	8,87		



**Figura 6** - Número de seqüências corretas por minuto da **seqüência treinada** (ST), expresso na ordenada, antes (AT) e depois do treinamento (DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT), expresso na abscissa. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança. A linha azul representa o comportamento do grupo prática mental (PM), a linha vermelha do grupo prática física (PR) e a linha verde do grupo sem prática (SP).

O pós-teste que comparou o desempenho intragrupo entre as avaliações demonstrou que, ao contrário dos grupos de prática física (PF) e prática mental (PM), o grupo sem prática (SP) não apresentou uma melhora significativa do seu desempenho ao longo das cinco avaliações (Tabela 8).

Mostrou também que, embora ambos os grupos de prática tenham apresentado melhora significativa ao longo das avaliações, o grupo de prática física (PF) alcançou essa melhora imediatamente após o treino, que se manteve até a última

avaliação, com uma melhora adicional após 4 dias do término do treinamento (Tabela 9). Já o grupo prática mental (PM) apresentou melhora significativa apenas na reavaliação 4 dias após o treino, que se manteve até a última avaliação, com uma melhora adicional na avaliação 7 dias depois da sessão de treinamento (Tabela 10).

Tabela 8 - Análise intragrupo para o **grupo sem prática** por meio do pós-teste de Tukey.

	DT	4dDT	7dDT	14dDT	28dDT
AT	1,000	0,990	0,997	0,153	0,279
DT	-	0,999	0,999	0,332	0,516
4dDT	-	-	1,000	0,982	0,997
7dDT	-	-	-	0,954	0,990
14dDT	-	-	-	-	1,000

Tabela 9 - Análise intragrupo para o **grupo prática física** por meio do pós-teste de Tukey.  
Em vermelho estão destacados os valores estatisticamente significativos.

	DT	4dDT	7dDT	14dDT	28dDT
AT	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000
DT	-	0,000	0,000	0,026	0,002
4dDT	-	-	1,000	0,999	1,000
7dDT	-	-	-	0,963	0,999
14dDT	-	-	-	-	1,000

Tabela 10 - Análise intragrupo para o **grupo prática mental** por meio do pós-teste de Tukey.  
Em vermelho estão destacados os valores estatisticamente significativos.

	DT	4dDT	7dDT	14dDT	28dDT
AT	0,840	0,002	0,000	0,000	0,000
DT	-	0,743	0,000	0,000	0,000
4dDT	-	-	0,444337	0,105	0,000
7dDT	-	-	-	1,000	0,627
14dDT	-	-	-	-	0,959

O pós-teste intergrupos, no entanto, não mostrou diferenças significativas no desempenho entre os grupos PF e PM, embora tenha confirmado uma diferença significativa entre os grupos que praticaram e o grupo sem prática (SP) após o treino. Comparado com o grupo PF essa diferença surge imediatamente depois do treino (DT), enquanto que com o grupo PM surge apenas na avaliação 7dDT (Tabela 11).

**Tabela 11** - Análise intergrupo para a seqüência treinada (ST) por meio do pós-teste de Tukey. Em vermelho estão destacados os valores estatisticamente significativos.

	PF x PM	PF x SP	PM x SP
AT	0,999	0,971	0,999
DT	0,974	0,046	0,919
4dDT	0,361	0,000	0,546
7dDT	0,999	0,000	0,006
14dDT	1,000	0,067	0,067
28dDT	0,992	0,014	0,001

Em síntese, embora de forma mais lenta, as crianças que realizaram o treinamento mental (PM) atingiram o mesmo desempenho que o grupo PF ao final das reavaliações, enquanto que o grupo SP permaneceu com o desempenho semelhante ao da primeira avaliação e significativamente inferior aos grupos PF e PM.

### 5.3. Generalização

A generalização foi analisada por meio do desempenho (seqüências corretas por minuto) da seqüência reversa, ou seja, de uma nova seqüência que não recebeu treinamento.

A tabela 12 representa os valores médios e os desvios-padrão, em movimentos corretos por minuto para a seqüência reversa (SR), para cada um dos grupos, PF, PM e SP. Conforme podemos verificar, todos os grupos apresentaram melhora do desempenho, com aumento do número de movimentos corretos por minuto no decorrer das avaliações.

**Tabela 12** - Médias e desvios-padrão (DP) dos movimentos corretos por minuto para SR nas avaliações (AT, DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT) para os grupos PF, PM e SP.

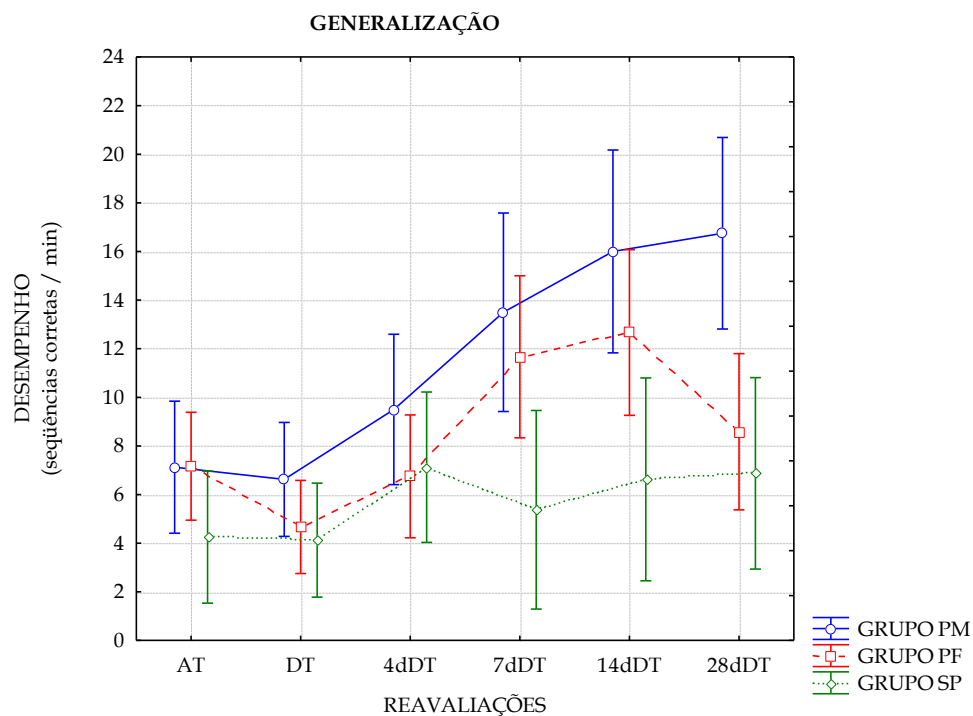
	AT			DT		4dDT		7dDT		14dDT		28dDT	
	N	média	DP	média	DP	média	DP	média	DP	média	DP	média	DP
PF	16	7,17	4,06	4,67	2,71	6,75	4,29	11,67	6,39	12,67	6,96	8,58	5,21
PM	12	7,13	4,52	6,63	4,21	9,50	5,32	13,50	6,68	16,00	5,98	16,75	6,69
SP	12	4,25	1,83	4,13	2,80	7,13	2,70	5,38	1,92	6,63	2,33	6,88	4,12

Para a verificação dos efeitos do treinamento de uma seqüência (ST) sobre sua seqüência reversa (SR), realizamos a ANOVA para a velocidade da seqüência

reversa (SR) que mostrou uma interação significativa ( $p=0,00001$ ) entre os fatores avaliação e grupo, indicando que cada grupo modificou seu desempenho de forma diferente no decorrer das reavaliações (Tabela 13 e Figura 7).

**Tabela 13** - ANOVA 3X6 (Grupo X Avaliação) para verificar efeito do Grupo (PF, PM e SP) e das Avaliações (AT, DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT) sobre o desempenho da SR. Em vermelho estão destacados os valores estatisticamente significativos.

	SS	grau de liberdade	MS	F	p
<b>GRUPO</b>	822,73	2	411,36	4,54	<b>0,021</b>
<b>Erro</b>	2266,81	25	90,67		
<b>AVA</b>	959,89	5	191,98	21,23	<b>0,000</b>
<b>AVA*GRUPO</b>	416,92	10	41,69	4,61	<b>0,000</b>
<b>Erro</b>	1130,15	125	9,04		



**Figura 7** - Número de seqüências corretas por minuto da **seqüência reversa** (SR), expresso na ordenada, antes (AT) e depois do treinamento (DT, 4dDT, 7dDT, 14dDT e 28dDT), expresso na abscissa. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança. A linha azul representa o comportamento do grupo prática mental (PM), a linha vermelha do grupo prática física (PF) e a linha verde do grupo sem prática (SP).

A análise intragrupo evidenciou que, assim como para a ST, o grupo SP não apresentou diferenças significativas de desempenho da SR no decorrer das reavaliações (Tabela 14). O grupo prática física (PF) apresentou melhora significativa

nas reavaliações 7 e 14 dias depois do treinamento, porém esta melhora não permaneceu até o final do experimento (Tabela 15). Já o grupo de prática mental (PM) apresentou melhora significativa do desempenho na avaliação 7dDT, que se manteve até a reavaliação 28dDT (Tabela 16).

**Tabela 14** - Análise intragrupo para o **grupo sem prática** por meio do pós-teste de Tukey.

	DT	4dDT	7dDT	14dDT	28dDT
AT	1,000	0,908	0,999	0,984	0,958
DT	-	0,872	0,999	0,973	0,936
4dDT	-	-	0,999	1,000	1,000
7dDT	-	-	-	0,999	0,999
14dDT	-	-	-	-	1,000

**Tabela 15** - Análise intragrupo para o **grupo prática física** por meio do pós-teste de Tukey. Em vermelho estão destacados os valores estatisticamente significativos.

	DT	4dDT	7dDT	14dDT	28dDT
AT	0,851	1,000	0,027	0,001	0,999
DT	-	0,967	0,000	0,000	0,122
4dDT	-	-	0,008	0,000	0,991
7dDT	-	-	-	0,999	0,521
14dDT	-	-	-	-	0,083

**Tabela 16** - Análise intragrupo para o **grupo prática mental** por meio do pós-teste de Tukey. Em vermelho estão destacados os valores estatisticamente significativos.

	DT	4dDT	7dDT	14dDT	28dDT
AT	1,000	0,984	0,003	0,000	0,000
DT	-	0,908	0,000	0,000	0,000
4dDT	-	-	0,408	0,002	0,000
7dDT	-	-	-	0,973	0,779
14dDT	-	-	-	-	1,000

Na análise intergrupo, a comparação do desempenho da SR entre os grupos PF, PM e SP em cada uma das avaliações, demonstrou não haver diferenças significativas entre os grupos PF e SP. Porém foi verificada diferença significativa entre os grupos PF e PM na reavaliação 28dDT e entre PM e SP, nas reavaliações 14 e 28dDT (Tabela 17).

**Tabela 17** - Análise intergrupo para a **seqüência reversa** (SR) por meio do pós-teste de Tukey.  
Em vermelho estão destacados os valores estatisticamente significativos.

	<b>PF x PM</b>	<b>PF x SP</b>	<b>PM x SP</b>
<b>AT</b>	1,000	0,996	0,999
<b>DT</b>	0,999	1,000	0,999
<b>4dDT</b>	0,998	1,000	0,999
<b>7dDT</b>	0,999	0,289	0,094
<b>14dDT</b>	0,984	0,354	<b>0,023</b>
<b>28dDT</b>	<b>0,039</b>	0,999	<b>0,013</b>

Em síntese, os grupos PF e PM apresentaram melhora do desempenho da SR mais lenta em comparação à ST, porém ao final dos 28 dias de experimento, o grupo PM manteve esta melhora, enquanto o grupo PF perdeu desempenho. O grupo SP não apresentou diferenças significativas no comportamento de nenhuma das 2 seqüências testadas.



## 6. DISCUSSÃO

As deficiências no processo de aprendizado motor de crianças de 5 a 6 anos, principalmente na habilidade de generalizar o aprendizado para tarefas semelhantes (PALLAZIN, 2007; SIQUEIRA, 2007), podem estar relacionadas a dificuldades de consolidação de um modelo interno da tarefa treinada, dificuldade essa que poderia estar associada a limitações das funções executivas como atenção, memória de trabalho, flexibilização e inibição de respostas, decorrentes da imaturidade das áreas corticais pré-frontais, esperadas para essa idade.

Embora alguns poucos trabalhos tenham demonstrado que crianças nessa idade já são capazes de imaginar tarefas motoras dinâmicas, não encontramos estudos que tenham investigado a habilidade de aprender uma nova habilidade motora por meio da prática mental, a qual, em adultos, tem se mostrado uma forma de prática tão eficiente quanto à prática física para o aprendizado e retenção, e mais eficiente para a generalização (KOPCZYNSKI, 2006; GENTILI et al., 2008; WOHLDMANN et al., 2008).

Considerando que essa forma de prática permite a construção de um modelo interno da tarefa na ausência da execução motora e da retroalimentação sensorial conseqüente a essa execução, habilidades cognitivas como manter o foco de atenção na tarefa imaginada, resgatar as informações relevantes à tarefa dos módulos de memória já existentes, manter essas informações enquanto se imagina de forma repetitiva os movimentos e construir um controle prospectivo da ação sem a experiência física com a mesma, seria plausível supor que crianças de 5 e 6 anos apresentassem mais dificuldades em aprender uma nova habilidade motora por meio da prática mental em comparação a prática física, à medida que essa última permite uma experiência mais concreta com a tarefa, facilita a manutenção do foco atento e permite a retroalimentação do movimento, fatores estes que provavelmente facilitem a construção de um modelo interno eficiente da tarefa.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi comparar os efeitos da prática física e da prática mental sobre a capacidade de aprender, reter e generalizar uma nova habilidade de movimentos seqüenciais de dedos, em crianças de 5 e 6 anos.

Embora o objetivo do estudo tenha sido comparar o desempenho motor adquirido por meio de prática física e prática mental, foi avaliado o desempenho motor em um terceiro grupo de crianças que não foram submetidas a qualquer tipo de treinamento. Este grupo sem prática (SP) foi incluído no estudo apenas para permitir que fosse verificada se uma possível melhora do desempenho proporcionada pelo treinamento imaginativo não poderia ser atribuída apenas à realização física desses movimentos dentro das avaliações propostas.

A escolha da tarefa utilizada pelo estudo foi baseada na importância dos movimentos seqüenciais para as atividades motoras cotidianas e no fato de envolver movimentos de oposição de dedos para os quais crianças na faixa etária estudada já não apresentam dificuldades, embora realizá-los seguindo uma seqüência previamente estabelecida represente um novo desafio tanto para adultos como para crianças (KARNI, 1998; KORMAN et al., 2003; KOPCZYNSKI, 2006; PALAZZIN, 2007; SIQUEIRA, 2007).

A primeira importante evidência que se destaca do atual estudo foi obtida por meio da análise do tempo necessário para a conclusão dos blocos de treinamento, medida esta que consideramos importante se ponderarmos sobre a possibilidade de aplicabilidade da prática mental em treino esportivo, artístico ou terapêutico, nos quais a relação entre o tempo gasto com o treino e a sua eficiência é muito relevante. Nossos resultados demonstraram que a prática mental permitiu uma mesma curva de aquisição com menor gasto de tempo quando comparada a prática física. Embora estudos prévios não tenham encontrado diferenças no tempo gasto entre a prática física e a mental (JEANNEROD, 1995; DECETY, 1996; LOTZE e HALSBAND, 2006; MULDER, 2007; MOLINA et al., 2008), acreditamos que a diferença encontrada no nosso estudo se deva principalmente ao fato da prática mental eliminar a fase eferente do controle motor, que seria o recrutamento dos motoneurônios e conseqüente atividade muscular, já que hoje é bem conhecido que as áreas motoras corticais, incluindo as primárias, também sejam ativadas nessa forma de prática de maneira muito similar à ativação durante a prática física (DECETY, 1996; LACOURSE et al., 2005; LOTZE e HALSBAND, 2006; MULDER, 2007; MUNZERT et al., 2009). Outro fator que deve ter contribuído para a redução do tempo despendido

no treino mental consiste na minimização dos processos de análises das informações aferentes conseqüentes à realização física dos movimentos, ausente nessa forma de treino e comprovada por um menor nível de ativação em estudos de neuroimagem (LACOURSE, 2005).

A segunda importante evidência pode ser constatada por meio da análise do desempenho da seqüência que recebeu treinamento ao longo das avaliações. A prática mental permitiu que as crianças alcançassem o mesmo desempenho obtido por meio da prática física a curto e longo prazo, superior ao das crianças que realizaram apenas as avaliações, sem treino, o que demonstra claramente que a melhora obtida pelo treino mental não pode ser atribuída a prática física nos blocos de avaliação. A única diferença encontrada consiste que a prática mental apresentou uma melhora de desempenho mais lenta na primeira avaliação após o treino em comparação a prática física. Uma possível explicação para isso é que a prática mental construa um modelo interno por meio de um processo *off-line*, ou seja, na ausência de alças de retroalimentação como já discutido acima. Para se alcançar o melhor desempenho com a tarefa esse controle *off-line* deve ser aprimorado ou atualizado por uma forma de controle *on-line*, ou seja, um controle de parâmetros precisos dos movimentos dependentes da retroalimentação sensorial decorrente da execução física da tarefa, controle esse atribuído ao cerebelo (GLICKSTEIN e DORON, 2008). De fato, alguns estudos com imageamento cerebral demonstraram que o cerebelo encontra-se mais ativo na prática física em comparação a prática mental (LACOURSE et al., 2005). Apesar disso, já na segunda avaliação após o treino (avaliação 4dDT), as crianças que realizaram treino mental não apresentavam tal lentificação, o que sugere que tenham rapidamente desenvolvido o controle *on-line* da tarefa. Destacamos mais uma vez que essa lentificação inicial no processo de aprendizado não foi suficiente para prejudicar o desempenho das crianças que realizaram prática mental em comparação as que realizaram prática física em nenhuma das avaliações do estudo.

A terceira e mais importante evidência que emerge deste estudo consiste na habilidade de generalizar o aprendizado obtido por meio do treinamento de uma seqüência para outra seqüência, o que pode ser observado por meio da análise do

desempenho da seqüência reversa ao longo das avaliações. Sem dúvida, a prática mental possibilitou uma melhor generalização, principalmente a longo prazo, visto que as crianças que realizaram o treino físico, embora tenham retido o aprendizado da seqüência treinada, não conseguiram reter o aprendizado da seqüência reversa, em contraste com as que realizaram a prática mental que não apresentaram prejuízos para nenhuma das duas seqüências 28 dias após o término do treino. A provável explicação para isso consiste no fato da prática mental permitir a construção de um modelo interno mais flexível, mais adaptável para tarefas similares, já que o processo de construção desse modelo se baseou em um processo mais abstrato. De fato, vários estudos já demonstraram essa vantagem da prática mental em adultos (KOPCZYNSKI, 2006; GENTILI et al., 2008; WOHLDMANN et al., 2008), entretanto é a primeira vez até onde tenhamos conhecimento, que isso é demonstrado em crianças. Outra possível explicação é que a prática mental tenha permitido a formação de um modelo interno mais consistente à medida que permite um ensaio sem erros, supondo que, como não foram orientadas para isso, acreditamos que nenhuma das crianças tenha se imaginado cometendo um erro durante o treino. Alguns estudos têm demonstrado que, contrariamente ao dito popular “é errando que se aprende”, o cérebro aprende pelo acerto (CHIVIACOWSKY e WULF, 2007), ou seja, toda vez que o seu objetivo é alcançado, as redes neurais responsáveis pela tarefa são reforçadas, o que potencializa o processo de aprendizado (SCHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003; GAZZANIGA et al., 2006).

Tomados em conjunto, esses resultados evidenciam que, ao contrário do suposto, as crianças de 5 e 6 anos são capazes de aprender uma tarefa seqüencial de oposição de dedos por meio da prática mental, sem prejuízos em relação à prática física e, principalmente, com vantagens em relação ao tempo gasto no treinamento e a capacidade de generalização, a despeito das evidências de limitações das funções executivas esperadas para a idade.

Algumas proposições podem ser discutidas para explicar esses achados. A primeira que destacamos é que as limitações nas funções executivas decorrentes da imaturidade de áreas corticais pré-frontais não foram suficientes para prejudicar a capacidade das crianças aprenderem uma nova habilidade motora por meio da

prática devido às características da tarefa e do treino. A tarefa envolveu uma seqüência de apenas 5 componentes e alguns estudos já demonstraram que a capacidade de memória de trabalho esperada para essa idade já seja suficiente para manter e processar esse número de componentes (LUCIANA e NELSON, 1998; DAVIDSON et al., 2006).

Além disso, crianças dessa idade já iniciaram o processo de alfabetização que exige a combinação e recombinação de elementos para formar sílabas e de sílabas para formar palavras. Esse processo de alfabetização pode favorecer a habilidade de aprender movimentos seqüenciais. Sustentam essa hipótese, estudos com adultos iletrados que demonstraram que estes têm prejuízos em reproduzir seqüências de movimentos (NITRINI et al., 2005; NEVES, 2008).

Outro aspecto importante da tarefa é que a mesma envolvia movimentos de oposição de dedos, movimentos estes já familiares às crianças, que com certeza já possuíam experiência prévia com este tipo de movimentos, armazenada em sua memória motora. Isso, somado com a prática física prévia da tarefa durante o período de familiarização antes do treino, permitiu que as informações relevantes para a tarefa pudessem ser resgatadas e utilizadas durante o treino mental. De fato, a experiência prévia com a tarefa é um importante pré-requisito para o sucesso da prática mental (FELTZ e LANDERS, 1983; LOMÔNACO e MARQUES, 1993; MULDER et al., 2004; DICKSTEIN e DEUTSCH, 2007; MULDER, 2007).

Quanto às características do treino, devemos considerar que o número de repetições em ambas as formas de prática foi alto, o que pode ser verificado pelo alcance de um platô no desempenho nos últimos blocos do treinamento, o que indica que o ponto de saturação intra-sessão, importante para a consolidação do aprendizado (HAUPTMANN e KARNI, 2002; HAUPTMANN et al., 2005), foi alcançado por meio das duas formas de prática. Assim, isso pode ter favorecido os resultados obtidos por meio dos dois tipos de treinamento.

Outras características do treino mental proposto no presente estudo é que o mesmo foi realizado na presença do examinador, com vocalização da seqüência de movimentos, pela criança, nunca pelo examinador. No atual estudo não temos como avaliar o impacto desses dois últimos fatores sobre os efeitos da prática mental,

embora em nenhum dos estudos sobre esse tipo de prática haja qualquer restrição a esses aspectos. Outro aspecto que merece ser destacado é que a posição das mãos invertida e com dedos entrelaçados dificulta sobremaneira o recrutamento dos dedos durante a prática mental, fator este, que se não devidamente prevenido, poderia ter interferido nos resultados.

Uma última consideração deve ser realizada sobre a possível participação dos chamados neurônios-espelhos na prática mental. Embora o conceito de neurônios-espelho tenha sido inicialmente descrito por Rizzolatti como um grupo de neurônios, presentes na área F5 do córtex pré-motor ventral do macaco, relacionado à reprodução de uma ação direcionada a um objetivo previamente executada por outra pessoa ou outro objeto, estudos recentes indicam a existência deste grupo de neurônios no cérebro humano (BUCCINO et al., 2006; CATTANEO e RIZZOLATTI, 2009) e destacam a sua importância nos processos de aprendizado por imitação em crianças, presente desde o nascimento (LEPAGE e THÉORET, 2007).

Em nossa opinião, o processo de reproduzir uma ação por meio da imitação motora está relacionado à habilidade de imaginação motora, visto que em ambas as condições o que ocorre não é a execução física da tarefa, mas sim um ensaio mental. De fato, estudos recentes com imageamento cerebral mostram que as áreas relacionadas aos neurônios-espelho fazem parte do grande circuito neural de áreas corticais difusas que são ativadas durante a imaginação motora (BUCCINO et al., 2006). Assim, a habilidade de aprender por meio do ensaio mental pode estar presente desde o nascimento, o que sustenta os nossos achados.

Lembramos que alguns estudos já haviam demonstrado que crianças na faixa etária estudada pelo presente estudo eram capazes de imaginar ações motoras, mas não investigaram a habilidade de aprenderem uma nova tarefa por meio da prática mental (KOSSLYN et al., 1990; FUNK et al., 2005; MOLINA et al., 2008; FRICK et al., 2009; GABBARD, 2009). A escassez de informações a cerca da eficiência da prática mental em crianças e de suas possíveis vantagens e desvantagens reforça a necessidade de mais estudos nesta área. Esse conhecimento poderá fundamentar a utilização desse tipo de prática, associada ou não a prática física, nos treinamentos esportivos, artísticos e terapêuticos para crianças. As evidências sobre os benefícios e

limitações da prática mental em adultos já são numerosas, o que possibilitou a sua utilização para adultos acometidos por distúrbios motores decorrentes de acidente vascular encefálico e com doença de Parkinson, possibilitando a reorganização das áreas cerebrais lesadas, favorecendo o recrutamento de áreas intactas, reforçando a atividade em circuitos neurais alternativos (MULDER, 2007; MUNZERT, 2009).

Assim, acreditamos que o presente estudo possa dar uma primeira contribuição para que um dia seja possível utilizar-se de forma fundamentada esse tipo de treino com crianças com lesões cerebrais.

Como direcionamento para futuros estudos, propomos que sejam utilizados outros tipos de tarefa, visto que a tarefa utilizada no presente estudo, embora de grande relevância por estar relacionada a movimentos seqüenciais amplamente utilizados em nossas atividades diárias, é laboratorial e sem implicações funcionais diretas. Tendo em vista o pequeno número de componentes das seqüências, acreditamos que a comparação na aquisição de uma habilidade com seqüências mais extensas, permitirá um melhor esclarecimento sobre a influência da imaturidade das funções executivas, principalmente memória operacional e atenção, na prática mental. Adicionalmente, a investigação de correlações entre o desempenho na prática mental e o desempenho em testes que avaliam a função executiva em crianças permitirá a investigação da relação das funções executivas com a prática imaginativa.

## 7. CONCLUSÃO

Crianças de 5 e 6 anos são capazes de aprender, reter e generalizar uma nova habilidade motora envolvendo movimentos seqüenciais de oposição de dedos por meio da prática mental, sem diferenças em comparação com a prática física, porém com vantagens quanto à generalização.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAMI, N.; PAULIGNAN, Y.; BROVELLI, A.; BOUSSAOUD, D. Visuo-motor learning with combination of different rates of motor imagery and physical practice. **Experimental Brain Research**, v.184, p. 105-113, 2008.

BARTON, J.J.S; KUZIN, A.; POLLI, F.; MANOACH, D.S. The use of working memory for task prediction: what benefits accrue from different types of foreknowledge? **Neuroscience**, v. 139, p. 385-392, 2006.

BEST, J.R.; MILLER, P.H; JONES, L.L. Executive functions after age 5: changes and correlates. **Developmental Review**, doi:10.1016/j.dr.2009.05.002, 2009.

BUCCINO, G.; SOLODKIN, A.; SMALL, S.L. Functions of the mirror neuron system: implications for neurorehabilitation. **Cognitive Behavioral Neurology**, v. 19, n.1, p. 55-63, March 2006.

BURSZTYN, L.L.C.D.; GANESH, G.; IMAMIZU, H.; KAWATO, M.; FLANAGAN, J.R. Neural correlates of internal-model loading. **Current Biology**, v.16, p. 2440-2445, December 2006.

CASEY, B.J.; GALVAN, A.; HARE, T.A. Changes in cerebral functional organization during cognitive development. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 15, p. 239-244, 2005a.

CASEY, B.J.; TOTTENHAM, N.; LISTON, C.; DURSTON, S. Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? **Trends in Cognitive Sciences**, v. 9, n. 3, p. 104-110, 2005b.

CATTANEO, L.; RIZZOLATTI, G. The mirror neuron system. **Archives of Neurology**, v.66, n. 5, p. 557-560, 2009.

CHIVIACOWSKY, S.; WULF, G. Feedback after good trials enhances learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.78, n.1, p. 40-47, 2007.

CLEGG B.A.; DIGIROLAMO G.J.; KEELE S.W. Sequence learning. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 2, n. 8, p. 275-281, August 1998.

DAVIDSON, M.C.; AMSO, D.; ANDERSON, L.C.; DIAMOND, A. Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. **Neuropsychologia**, v. 44, p. 2037-2078, 2006.

DECETY, J. Do imagined and executed actions share the same neural substrate? **Cognitive Brain Research**, v. 3, p. 87-93, 1996.

DECETY, J; GRÈZES, J. Neural mechanisms subserving the perception of the human actions. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 3, n.5, p. 172-178, May 1999.

DORFBERGER, S.; ADI-JAPHA, E.; KARNI, A. reduced susceptibility to interference in the consolidation of motor memory before adolescence. **Public Library of Science One**, v. 2, i. 2, e240, 2007.

FELTZ, D.L; LANDERS, D.M. The effects of mental practice on motor skill learning and performance: a meta-analysis. **Journal of Sport Psychology**, v. 5, p.25-57, 1983.

FRICK, A.; DAUM, M. M.; WILSON, M.; WILKENING, F. Effects of action on children's and adult's mental imagery. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 104, p. 34-51, 2009.

FUNAYAMA, C.A.R. Exame neurológico em crianças. **Medicina, Ribeirão Preto**, v. 29, p. 32-43, Jan-Mar 1996.

FUNK, M.; BRUGGER, P.; WILKENING, F. Motor processes in children's imagery: the case of mental rotation of hands. **Developmental Science**, v. 8, n. 5, p. 402-408.

GABBARD, C. Studying action representation in children via motor imagery. **Brain and Cognition**, doi: 10.1016/j.bandc.2009.08.011, 2009.

GAZZANIGA, M.S.; IVRY, R.B.; MANGUN, G.R. **Neurociência Cognitiva - A Biologia da Mente**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 768p.

GENTILI, R.; PAPAXANTHIS, C.; POZZO, T. Improvement and generalization of arm motor performance through motor imagery practice. **Neuroscience**, v. 137, p. 761-772, 2008.

GLICKSTEIN, M.; DORON, K. Cerebellum: connections and functions. **Cerebellum**, v. 7, p. 589-594, 2008.

GUILLOT, A.; COLLET, C.; NGUYEN, V.A.; MALOUIN, F. et al. Functional neuroanatomical networks associated with expertise in motor imagery. **NeuroImage**, v. 41, n. 4, p. 1471-1483, July 2008.

HELENE, A.F.; XAVIER, G.F. Working memory and acquisition of implicit knowledge by imagery training, without actual task performance. **Neuroscience**, v. 139, p. 401-413, 2006.

HAUPTMANN, B.; KARNI, A. From primed to learn: the saturation of repetition priming and the induction of long-term memory. **Cognitive Brain Research**, v. 13, p. 313-322, 2002.

HAUPTMANN, B.; REINHART, E.; BRANDT, S.A.; KARNI, A. The predictive value of the levelling off of within-session performance for procedural memory consolidation. **Cognitive Brain Research**, v. 24, p. 181-189, 2005.

JEANNEROD, M. Mental imagery in the motor context. **Neuropsychologia**, v. 33, n. 11, p. 1419-1432, 1995.

JUEPTNER, M.; STEPHAN, K.M.; FRITH, C.D.; BROOKS, D.J. et al. Anatomy of motor learning. I. Frontal cortex and attention to action. **Journal of Neurophysiology**, v. 77, p. 1313-1324, 1997.

KAIL, R. Developmental change in speed of processing during childhood and adolescence. **Psychological Bulletin**, v.109, n. 3, p. 490-501, 1991.

KANAKA, N.; MATSUDA, T.; TOMIMOTO, Y.; NODA, Y. et al. Measurement of development of cognitive and attention functions in children using continuous performance test. **Psychiatry and Clinical Neurosciences**, v. 62, p. 135-141, 2008.

KANDEL, E.R.; SCHWARTZ, J.H.; JESSELL, T.M. **Fundamentos da neurociência e do comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1997. 591p.

KARNI, A.; MEYER, G.; REY-HIPOLITO, C.; JEZZARD, P. et al. The acquisition of skilled motor performance: fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v. 95, p. 861-868, February 1998.

KAWATO, M. Internal models for motor control and trajectory planning. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 9, p. 718-727, 1999.

KISELEV, S.; ESPY, K.A.; SHEFFIELD, T. Age-related differences in reaction time task performance in young children. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 102, p. 150-166, 2009.

KOPCZYNSKI, M. C. **A realimentação é fundamental para o aprendizado de seqüências de movimentos?** 2006. 113p. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

KORMAN, M.; RAZ, N.; FLASH, T.; KARNI, A. Multiple shifts in the representation of a motor sequence during the acquisition of skilled performance. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n.21, p. 12492-12497.

KOSSLYN, S.M.; MARGOLIS, J.A.; BARRETT, A. M.; GOLDKNOFF, E.J.; DALY, P.F. Age differences in imagery abilities. **Child Development**, v. 61, p. 995-1010, 1990.

LACOURSE, M.G.; ORR, E.L.R.; CRAMER, S.C.; COHEN, M.J. Brain activation during execution and motor imagery of novel and skilled sequential hand movements. **NeuroImage**, v. 27, p. 505-519, 2005.

LEPAGE, J.-F.; THÉORET, H. The mirror neuron system: grasping others' actions from birth? **Developmental Science**, v. 10, n. 5, p. 513-529, 2007.

LOMÔNACO, J.F.B.; MARQUES, C.P. Prática mental e aprendizagem de habilidades motoras: uma visão das revisões. **Estudos de Psicologia**, v. 10, n. 1, p. 93-101, 1993.

LOTZE, M.; HALSBAND, U. Motor imagery. **Journal of Physiology - Paris**, v. 99, p. 386-395, 2006.

LUCIANA, M.; NELSON, C.A. The functional emergence of pré-frontally-guided working memory systems in four- to eight-year-old children. **Neuropsychologia**, v. 36, n. 3, p. 273-293, 1998.

LUNA, B.; THULBORN, K.R.; MUNOZ, D.P.; MERRIAM, E.P. et al. Maturation of widely distributed brain function subserves cognitive development. **NeuroImage**, v.13, p. 786-793, 2001.

MAGILL, R.A. **Aprendizagem motora. Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000. 369p.

MALOUIN, F.; BELLEVILLE, S.; RICHARDS, C.L.; DESROSIERS, J.; DOYON, J. Working memory and mental practice outcome after stroke. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 85, p. 177-183, 2004.

MEULEMANS, T.; VAN DER LINDEN, M.; PERRUCHET, P. Implicit sequence learning in children. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 69, p. 199-221, 1998.

MOLINA, M.; TIJUS, C.; JOUEN, F. The emergence of motor imagery in children. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 99, n. 3, p. 196-209, 2008.

MONFILS, M.H.; PLAUTZ E.J.; KLEIM J.A. In search of the motor engram: motor map plasticity as a mechanism for encoding motor experience. **The Neuroscientist**, v. 11, n. 5, p. 471-483, 2005.

MULDER, T.; ZIJLSTRA, S.; ZIJLSTRA, W.; HOCHSTENBACH, J. The role of motor imagery in learning a totally novel movement. **Experimental Brain Research**, v. 154, p. 211-217, 2004.

MULDER, T. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. **Journal of Neural Transmission**, v.114, p. 1265-1278, 2007.

MUNZERT, J.; LOREY, B.; ZENTGRAF, K. Cognitive motor processes: the role of motor imagery in the study of motor representations. **Brain Research Reviews**, v. 60, p. 306-326, 2009.

NEVES, E.T. **Aprendizagem de movimentos seqüenciais de dedos em idosos saudáveis: efeito da escolaridade**. 2008. 92p. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) - Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

NITRINI, R.; CARAMELLI, P.; HERRERA-JR, E.; CHARCHAT-FICHMAN, H.; PORTO, H.S. Performance in Luria's fist-edge-palm test according to educational level. **Cognitive and Behavioral Neurology**, v. 18, n. 4, p. 221-214, 2005.

NOLLER, K.; INGRISANO, D. Cross-sectional study of gross and fine motor development. Birth to 6 years of age. **Physical Therapy**, v. 64, n. 3, p. 308-316, March 1984.

PALAZZIN, A. **Aprendizado motor em crianças e adultos normais: semelhanças e diferenças**. 2007. 95p. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) - Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PANZER, S.; WILDE, H.; SHEA, C.H. Learning of similar complex movement sequences: proactive and retroactive effects on learning. **Journal of Motor Behavior**, v. 38, n. 1, p. 60-70, 2006.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **A psicologia da criança**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Difel, 2006. 144p.

RAKISON, D.H.; WOODWARD, A.L. New perspectives on the effects of action on perceptual and cognitive development. **Developmental Psychology**, v. 44, n. 5, p. 1209-1213, 2008.

ROBERTSON, E.M.; COHEN, D.A. Understanding consolidation through the architecture of memories. **The Neuroscientist**, v. 12, n. 3, p. 261-271, 2006.

SAIMPONT, A.; POZZO, T.; PAPAXANTHIS, C. Aging affects the mental rotation of left and right hands. **Public Library of Science One**, v. 4, i. 8, e6714, 2009.

SAVION-LEMIEUX, T.; BAILEY, J.A.; PENHUNE, V.B. Developmental contributions of motor sequence learning. **Experimental Brain Research**, v. 195, p. 293-306, 2009.

SCHMIDT, R.A. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychological Review**, v. 82, n. 4, p. 225-260, July 1975.

SCHMIDT, R.A. Motor schema theory after 27 years: reflections and implications for a new theory. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 74, n. 4, p. 366-375, December 2003.

SCHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M.H. **Controle motor: teorias e aplicações práticas**. São Paulo: Manole, 2003. 592p.

SHADMEHR, R.; BRASHERS-KRUG, T. Functional stages in the formation of human long-term motor memory. **The Journal of Neuroscience**, v. 17, n. 1, p. 409-419, January 1997.

SHADMEHR, R.; HOLCOMB, H.H. Neural correlates of motor memory consolidation. **Science**, v.277, p. 821-825, August 1997.



SHERWOOD, D.E.; LEE, T.D. Schema theory: critical review and implications for the role of cognition in a new theory of motor learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 74, n. 4, p.376-382, December 2003.

SIQUEIRA, M.V. **Aprendizado motor em crianças: comparação entre 06 e 10 anos**. 2007. 87p. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) - Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SOWELL, E.R.; THOMPSON, P.M.; TOGA, A.W. Mapping changes in the human cortex throughout the span of life. **The Neuroscientist**, v. 10, n. 4, p. 372-392, 2004.

TSUJIMOTO, S. The prefrontal cortex: functional neural development during early childhood. **The Neuroscientist**, v. 14, n. 4, p. 345-358, 2008.

VAN MIER, H.I.; PETERSEN, S.E. Intermanual transfer effects in sequential tactuomotor learning: evidence for effector independent coding. **Neuropsychologia**, v. 44, p. 939-949, 2006.

WOLPERT, D.M.; GHAMRANI, Z.; JORDAN, M.I. An internal model for sensorimotor integration. **Science**, v. 269, n. 5232, p. 1880-1882, September 1995.

WILLINGHAM, D.B. A neuropsychological theory of motor skill learning. **Psychological Review**, v. 105, n. 3, p. 558-584, 1998.

WOHLDMANN, E.L.; HEALY, A.F.; BOURNE, L.E., Jr. A mental practice superiority effect: less retroactive interference and more transfer than physical practice. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition**, v. 34, n. 4, p. 823-833, 2008.

WULF, G.; HORSTMANN, G.; CHOI, B. Does mental practice work like physical practice without information feedback? **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 66, n. 3, p. 262-267, September 1995.

**ANEXOS**

**ANEXO A - APROVAÇÃO DA COMISSÃO DE ÉTICA PARA ANÁLISE DE  
PROJETOS DE PESQUISA do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da  
Universidade de São Paulo - HCFMUSP**



DIRETORIA CLÍNICA

Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa

## **APROVAÇÃO**

A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 26.08.04, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº **648/04**, intitulado: "Aprendizagem de uma nova habilidade motora em crianças normais" apresentado pelo Departamento de **FISIOTERAPIA, FONOAUDIOLOGIA E TERAPIA OCUPACIONAL**, inclusive o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Pesquisador(a) Responsável: **Sra. Maria Elisa Pimentel Piemonte**

CAPPesq, 26 de Agosto de 2004.

**PROF. DR. CLAUDIO LEONE**

Vice-Presidente da Comissão de Ética para Análise  
de Projetos de Pesquisa

**OBSERVAÇÃO:** Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar à CAPPesq, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10.10.1996, inciso IX.2, letra "c")

## ANEXO B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Anexo I  
**HOSPITAL DAS CLÍNICAS**  
 DA  
 FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Instruções para preenchimento no verso)

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

1. NOME DO PACIENTE : .....
- DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : ..... SEXO : M  F
- DATA NASCIMENTO: ...../...../.....
- ENDEREÇO ..... Nº ..... APTO: .....
- BAIRRO: ..... CIDADE: .....
- CEP: ..... TELEFONE: DDD (.....) .....
2. RESPONSÁVEL LEGAL .....
- NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.) .....
- DOCUMENTO DE IDENTIDADE : ..... SEXO: M  F
- DATA NASCIMENTO: ...../...../.....
- ENDEREÇO: ..... Nº ..... APTO: .....
- BAIRRO: ..... CIDADE: .....
- CEP: ..... TELEFONE: DDD (.....) .....

#### II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: Aprendizagem de uma nova habilidade motora em crianças normaisres.

PESQUISADOR: Maria Elisa Pimentel Piemonte

CARGO/FUNÇÃO: Fisioterapeuta INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº CREFITO 12863-F

UNIDADE DO FMUSP: Centro de Docência e Pesquisa de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP

#### 3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

SEM RISCO ( ) RISCO MÍNIMO (X) RISCO MÉDIO ( )

RISCO BAIXO ( ) RISCO MAIOR ( )

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

#### 4. DURAÇÃO DA PESQUISA : 2 anos

### III - REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PACIENTE OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA CONSIGNANDO:

O objetivo dessa pesquisa é verificar a capacidade de melhorar o desempenho, ou seja, a velocidade e a coordenação, de uma nova habilidade motora através do treinamento em crianças normais de diferentes idades, e verificar como diferentes fatores, como a visão e atenção, interferem nesse processo de aprendizagem

Aceitando participar desta pesquisa seu filho(a) deverá realizar uma avaliação inicial para avaliar a velocidade e coordenação dos movimentos dos dedos das mãos. Para realizar essa avaliação seu filho(a) deverá sentar-se confortavelmente na frente de uma mesa, vestir uma luva de borracha que estará conectada através de cabos a um computador e então decorar uma seqüência de 5 números correspondentes aos números de cada um dos dedos da mão. Depois seu filho(a) deverá realizar com os dedos da mão os movimentos ensinados pela fisioterapeuta na seqüência decorada, durante um minuto. Após esse teste inicial, seu filho(a) deverá retornar outras 8 vezes ao laboratório para realizar 8 sessões de treinamento com duração de 20 minutos, intercalados com períodos de descanso, realizadas duas vezes por semana em dias e horários à combinar. Após esse bloco de treinamento, seu filho(a) deverá realizar um novo teste, semelhante ao inicial, para verificar o quanto a velocidade e a coordenação dos movimentos dos dedos melhoraram com o treinamento.

O benefício que seu filho(a) poderá obter participando desta pesquisa é conseguir a melhora na velocidade e coordenação dos movimentos dos dedos da mão com que foi realizado o treinamento.

Os fisioterapeutas responsáveis estarão sempre presentes durante todo o tempo dos testes e dos treinamentos orientando os movimentos. Seu filho(a) não sentirá nenhum desconforto ou dor durante ou depois o treinamento e o procedimento trará nenhum risco para a sua saúde.

Seu filho(a) não deverá treinar em casa os movimentos ensinados, mas apenas dentro das sessões.

---

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

Qualquer dúvida que o sr(a) vier a ter sobre os procedimentos, riscos e benefícios relacionados a pesquisa serão prontamente esclarecidos pelo pesquisador, que estará presente em todas as consultas.

O sr(a) têm liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem nenhum prejuízo.

Todas as informações sobre o sr(a), incluindo seu nome e desempenho são confidenciais e sigilosas.

---

### V. INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Caso o sr(a) tenha alguma dúvida ou algum problema relacionado a esta pesquisa, o sr(a) poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável, Dra. Maria Elisa Pimentel Piemonte, através dos telefones 3091-7463/ 3091-7451, ou 9641-6774, ou pessoalmente no Centro de Docência e Pesquisa de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, ou no telefone 3834-8597, na residência do pesquisador, à Rua Profª Altina M. de Araújo, 563.

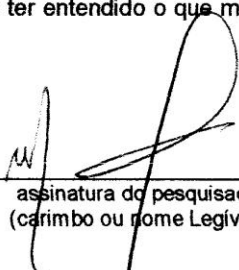
---

### VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

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

São Paulo, de de 2003.

\_\_\_\_\_  
assinatura do sujeito da pesquisa ou responsável legal

  
\_\_\_\_\_  
assinatura do pesquisador  
(carimbo ou nome Legível)

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)