

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE PSICOLOGIA

Carolina de Oliveira Souza

**Aprendizagem, adaptação e generalização de uma  
tarefa motora de oposição de dedos: comparação entre  
as práticas específica e variada**

São Paulo

2008

# **Livros Grátis**

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

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE PSICOLOGIA

Carolina de Oliveira Souza

**Aprendizagem, adaptação e generalização de uma tarefa motora de oposição de dedos: comparação entre as práticas específica e variada**

Dissertação apresentada ao Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo como exigência parcial 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

2008

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  
Serviço de Biblioteca e Documentação  
Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo

Souza, Carolina de Oliveira.

Aprendizagem, adaptação e generalização de uma tarefa motora de oposição de dedos: comparação entre as práticas específica e variada / Carolina de Oliveira Souza; orientadora Maria Elisa Pimentel Piemonte. -- São Paulo, 2008.

83 p.

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. Adaptação 3. Generalização (aprendizagem)  
4. Reabilitação I. Título.

BF295

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Carolina de Oliveira Souza

**Aprendizagem, adaptação e generalização de uma tarefa motora de oposição de dedos: comparação entre as práticas específica e variada**

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

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

*Ao Senhor Jesus, autor e consumidor da minha fé, por fazer SEMPRE muito mais além daquilo que penso, peço, e sonho!*

*À minha orientadora, Profa. Dra. Maria Elisa Pimentel Piemonte, pela excelência no ensino da ciência.*

*Aos voluntários, pela disponibilidade de participar da pesquisa.*

*Aos meus amigos muito mais chegados que irmãos: Mariana, Giovana e Rogério, por dividirem comigo esta etapa muito importante de minha vida...*

*À Família LAM, pela oportunidade de aprendermos juntos.*

*À minha mãe, aos meus irmãos e à minha família pelo amor, carinho e incentivo.*

*À minha tia, Profa. Dra. Olga Coelho, pelas importantes sugestões.*

*Ao meu avô, Coelho bonzinho, pelo privilégio de ser tua neta.*

## RESUMO

SOUZA, C. O. *Aprendizagem, adaptação e generalização de uma tarefa motora de oposição de dedos: comparação entre as práticas específica e variada*. São Paulo, 2008. 73p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo.

A aprendizagem motora é um processo desencadeado pelo treino e envolve inúmeras mudanças sinápticas. Tais mudanças inicialmente são temporárias mas, depois, com a continuidade do estímulo, consolidam-se definitivamente, formando redes neurais. Uma vez consolidadas, essas redes neurais são ativadas sempre que a habilidade aprendida é requisitada. Fundamental para esse processo é a estrutura da prática, ou seja, a forma de organizar as sessões de treino sobre a aquisição e a retenção da habilidade, de modo que ela seja adaptável a outras condições sensoriais e generalizável para tarefas similares. Assim, são sustentadas algumas hipóteses com relação à melhor condição de prática. A primeira considera que a prática específica fortalece a formação de um modelo interno, e, após a consolidação, esse modelo pode se adaptar e se generalizar a outras tarefas. A segunda hipótese defende a variabilidade da condição de treinamento, o que possibilitaria a formação de um modelo interno mais flexível, favorecendo a adaptação e a generalização da tarefa. Consideradas essas duas perspectivas, o objetivo desse trabalho foi comparar os efeitos imediatos e tardios de uma única sessão de treino sobre os processos de aprendizagem, adaptação e generalização de uma tarefa de movimentos seqüenciais de oposição

de dedos. O treino foi realizado sob dois diferentes modos de prática (específica e variada). A condição linha de base (prática específica), permitia a realimentação visual direta sobre a mão, e a condição variável (prática variável) combinou blocos onde a realimentação visual era direta (similar a condição linha de base) e outros onde a realimentação visual foi distorcida por meio do uso de um jogo de espelhos. Foi comparado de desempenho motor entre dois grupos com 20 participantes, em duas diferentes seqüências: uma treinada por meio de quatro blocos de 600 movimentos, outra tomada como controle. O desempenho para as duas seqüências foi avaliado em quatro diferentes momentos: antes, logo depois, após 48 horas e após sete dias da sessão de treino. Tais desempenhos foram submetidos a análise estatística por meio da ANOVA para medidas repetidas. Os resultados obtidos ao longo do treinamento mostraram que, em termos de velocidade, os dois grupos foram capazes de aprender e reter o aprendizado da seqüência treinada, independentemente da condição de prática. Os resultados da adaptação mostraram que, em relação à acurácia, o grupo de prática específica, que treinou com realimentação visual normal durante todo o experimento, apresentou melhor desempenho tanto em termos de velocidade, quanto em termos de acurácia, onde obteve médias menores no percentual de erros. Em relação à generalização, não houve diferenças entre os grupos em termos de velocidade, entretanto, em termos de acurácia, a ANOVA revelou que o grupo de prática específica apresentou uma diminuição no percentual de erros. Assim, pudemos concluir que para a tarefa avaliada, o treinamento com prática específica levou a melhores resultados.



Palavras-chave: Aprendizagem motora, adaptação motora, generalização, reabilitação

## **ABSTRACT**

SOUZA, C. O. *Learning, adaptation and generalization of a finger tapping task: comparison between specific and varied practice*. São Paulo, 2008. 73p. Master's Degree Thesis. Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo.

Motor learning is a process triggered through training and evolves multiple synaptical changes. Such changes are initially temporary, but definitively consolidate if the stimulus continues, consisting neural networks. Once consolidated, these neural networks are activated when learned ability is required. Practice structure, meaning the way the training sessions are organized, is fundamental to this practice because it allows adaptation to other sensory conditions and generalization to similar tasks. So, some hypotheses regarding the best practice condition are sustained. The first considers that specific practice strengthens an internal model formation and, after consolidation, this model can adapt and generalize to other tasks. The second hypothesis defends the training condition variability, what would allow the formation of a more flexible internal model, favoring task adaptation and generalization. Both hypotheses considered, the aim of this work was to compare the immediate and later effects of an only training session on learning, adaptation and generalization processes of a sequential movements finger opposition tapping task.

. Training was performed under two different ways of practice (specific and varied). The baseline condition (specific practice), allowed visual feedback of the position of the hand and varied condition (varied practice) combined blocks where

visual feedback was direct (similar to baseline condition) and others where visual feedback was distorted by mirrors. Two groups of 20 participants each were compared in relation to motor performance, in two different sequences: one trained by four blocks of 600 movements, and another taken as control. Performance on both sequences was assessed in four different moments: before, after, 48h after and seven days after the training session. Data were submitted to a ANOVA for repeated measures. Results showed that, in terms of speed, both groups were capable of learning and retaining the trained sequence learning, independently of practice condition. Adaptation results showed that, in relation to accuracy, the specific practice group, which trained with normal visual feedback during all the experiment, presented better performance both in terms of speed and in terms of accuracy, in which lower error percentage averages were obtained. In relation to generalization, there were no differences between the groups in terms of speed, although, in terms of accuracy, ANOVA revealed that the specific practice group presented a decrease in the percentage of errors. So, we could conclude that, to the assessed task, training with specific practice lead to better results.

Key-words: motor learning, motor adaptation, generalization, rehabilitation

## LISTA DE ABREVIATURAS

A	-	Acurácia
AM	-	Aprendizagem Motora
AT	-	Avaliação Antes do Treinamento
BI	-	Bloco
DT	-	Avaliação Depois do Treinamento
GPV	-	Grupo de treinamento com prática variada
GPE	-	Grupo de treinamento com prática específica
VN	-	Condição de realimentação visual normal
VR	-	Condição de realimentação reversa
HCFMUSP	-	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
PET	-	Tomografia Computadorizada por Emissão de Pósitrons
SNC	-	Sistema Nervoso Central
SNT	-	Seqüência Não Treinada
ST	-	Seqüência Treinada
V	-	Velocidade
48hDT	-	Reavaliação 48 horas Depois do Treinamento
7dDT	-	Reavaliação sete dias Depois do Treinamento

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Demonstração dos diferentes componentes das seqüências	p.33
Tabela 2. Velocidade médias e desvio padrão nas avaliações para ST	p.42
Tabela 3. Média do n <sup>o</sup> percentual de erros e médias DP nas avaliações ST	p.44
Tabela 4. Velocidade média e desvio padrão nas avaliações ST com VN	p.46
Tabela 5. Velocidade média e desvio padrão nas avaliações ST com VR	p.47
Tabela 6. ANOVA sobre a velocidade	p.48
Tabela 7. Média do n <sup>o</sup> percentual de erros e médias DP nas avaliações ST	p.50
Tabela 8. Média do n <sup>o</sup> percentual de erros e médias DP nas avaliações ST	p.51
Tabela 9. ANOVA dos efeitos de grupo, avaliação, condição sobre a ST	p.52
Tabela 10. Pós – teste para velocidade	p.52
Tabela 11. Velocidade média e desvio padrão nas avaliações ST com VN	p.54
Tabela 12. Velocidade média e desvio padrão nas avaliações SNT com VN	p.54
Tabela 13. ANOVA dos efeitos de grupo, avaliação, condição sobre a ST	p.55
Tabela 14. Média do n <sup>o</sup> percentual de erros e médias DP nas avaliações ST	p.57
Tabela 15. Média do n <sup>o</sup> percentual de erros e médias DP nas avaliações SNT	p.57

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mão preparada para o teste	p.30
Figura 2. Representação esquemática do experimento	p.31
Figura 3. Representação esquemática da situação de oposição de dedos	p.32
Figura 4. Foto de um sujeito simulando o treinamento na condição com visão normal	p.35
Figura 5. Foto de um sujeito simulando o treinamento na condição com visão reversa	p.35
Figura 6. Gráfico de velocidade nas avaliações	p.43
Figura 7. Gráfico de acurácia nas avaliações	p.45
Figura 8. Gráfico de velocidade ST	p.49
Figura 9. Gráfico de acurácia ST	p.53
Figura 11. Gráfico de acurácia ST e SNT	p.59

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
2.1	A APRENDIZAGEM MOTORA.....	6
2.2	ADAPTAÇÃO E GENERALIZAÇÃO EM APRENDIZAGEM MOTORA.....	13
2.3	A INFLUÊNCIA DO TREINO SOBRE A ADAPTAÇÃO E A GENERALIZAÇÃO .....	18
<b>3</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
4.1	SUJEITOS .....	29
4.1.1	<i>Crítérios de exclusão.....</i>	29
4.2	LOCAL.....	29
4.3	MATERIAIS.....	29
4.4	PROCEDIMENTOS .....	31
4.4.1	<i>Apresentação da tarefa.....</i>	32
4.4.2	<i>Memorização das seqüências.....</i>	32
4.4.3	<i>Familiarização da tarefa.....</i>	33
4.4.4	<i>Avaliação antes do treinamento (AT).....</i>	33
4.4.5	<i>Treinamento.....</i>	34
4.4.6	<i>Avaliação após o treinamento (DT).....</i>	36
4.4.7	<i>Reavaliação 48 horas após o treinamento (48hDT).....</i>	37
4.4.8	<i>Reavaliação 7 dias após o treinamento (7dDT).....</i>	37
4.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	38
4.5.1	<i>Variáveis mensuradas nas avaliações.....</i>	38
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>41</b>
5.1	ANÁLISE DOS RESULTADOS DURANTE AS AVALIAÇÕES PARA VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM NA TAREFA 41	
5.1.1	<i>Análise da velocidade.....</i>	41
5.1.2	<i>Análise da acurácia.....</i>	44
5.2	COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ENTRE AS DIFERENTES CONDIÇÕES DE AVALIAÇÃO PARA VERIFICAR A ADAPTAÇÃO MOTORA.....	46
5.2.1	<i>Análise da velocidade.....</i>	46
5.2.2	<i>Análise da acurácia.....</i>	50
5.3	ANÁLISE DA GENERALIZAÇÃO .....	54
5.3.1	<i>Análise da velocidade.....</i>	54
5.3.2	<i>Análise da acurácia.....</i>	57
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>60</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>64</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A aprendizagem motora (AM) é a base do processo de reabilitação, uma vez que possibilita a mudança de comportamentos motores já adquiridos, como também a aquisição de novos comportamentos motores. Portanto, um melhor conhecimento das estratégias que favorecem esse processo pode acrescentar informações importantes para o direcionamento da reabilitação motora de pacientes com desordens neurológicas e de outras naturezas.

Basicamente, os trabalhos em AM buscam esclarecer dois pontos principais: (1) os mecanismos e processos relacionados à aquisição de habilidades motoras e (2) os fatores que afetam essa aquisição (TANI, 2005).

Dentre os fatores que interferem nesse processo, a estrutura da prática, ou seja, a melhor forma de organizar as sessões de treino sobre a aquisição e a retenção da habilidade, tem sido investigada por profissionais da reabilitação com a finalidade de fornecer bases científicas que sustentam a intervenção.

O processo de aprendizagem motora envolve modificações sinápticas, inicialmente temporárias, que, posteriormente, passam a ser persistentes (KANDEL, 1997). Essas mudanças sinápticas persistentes estão relacionadas ao processo de consolidação da aprendizagem. Uma vez que o aprendizado esteja consolidado, esses novos circuitos serão acionados sempre que a tarefa for executada (KARNI, 1998). Assim, o processo caracterizado por mudanças sinápticas temporárias e definitivas representaria a formação de uma representação interna, chamada anteriormente de *Esquema Motor* (SCHMIDT, 1975) e, atualmente, definida como “modelo interno”. A consolidação desse



modelo garante um desempenho habilidoso para a tarefa treinada, caracterizado (1) pelo aumento da velocidade de execução associado a melhora da acurácia, a curto e a longo prazo, o que denominamos aprendizagem e retenção e (2) pela capacidade de adequar o controle da tarefa aprendida à diferentes condições sensoriais, distintas à treinada, o que denominamos adaptação.

Além disso, permite que a experiência acumulada com a tarefa aprendida seja usada de forma prospectiva para o controle de tarefas similares, fenômeno conhecido como transferência ou generalização.

Em síntese, ao final do processo de aprendizagem motora, espera-se que, por meio da modificação da rede sináptica, um novo modelo interno para a tarefa seja formado, o que permite que, além da melhora no desempenho da própria tarefa para as condições treinadas, seja adquirida a capacidade de utilizar esse mesmo modelo interno, para realizar a mesma tarefa em diferentes condições ambientais ou ainda para melhorar o desempenho de tarefas similares.

Esses dois últimos produtos do processo de aprendizagem motora, a adaptação e a generalização, são fundamentais para a reabilitação de pacientes com disfunções motoras, pois é esperado que, após o treino de uma determinada habilidade, além da melhora do desempenho, seja adquirida a capacidade de realizá-la em diferentes condições ambientais, distintas do ambiente terapêutico, bem como essa aprendizagem sustente o desempenho de habilidades semelhantes. Ou seja, após realizar, por exemplo, um treino de marcha no ambulatório o paciente deve ser capaz de realizar a marcha com desempenho

similar em ambiente doméstico e/ou externo como a rua, onde as condições ambientais são distintas das treinadas.

Após o treinamento, o aprendiz deve também ser capaz de utilizar a experiência adquirida com o treino da marcha, para melhorar o desempenho em outras tarefas que exijam a alternância de passos, como subir escadas.

A habilidade de adaptar e generalizar parece ser influenciada pela organização do treino.

Na literatura podemos identificar basicamente duas hipóteses: a primeira defende que a capacidade de adaptar e generalizar é fruto da consolidação do processo de aprendizagem motora, com a formação de um novo modelo interno.

Assim, o treino na condição específica, onde a tarefa é treinada sempre sob as mesmas condições promoveria uma melhor consolidação, e conseqüentemente um modelo interno mais sólido, o que garantiria uma melhor adaptação e generalização da tarefa.

A segunda defende que a variabilidade da condição de treinamento possibilitaria a formação de um modelo interno mais flexível, e que essa flexibilidade favoreceria a adaptação e a generalização da tarefa.

Considerando-se a importância da habilidade de adaptação e generalização de tarefas motoras para a reabilitação e a necessidade de identificar melhor como a organização do treino pode interferir sobre a sua aquisição, o objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos de duas diferentes formas de treinamento sobre a aprendizagem, a generalização e a adaptação: a primeira proporcionou

uma condição de prática específica e a segunda, uma condição de prática variada de uma tarefa seqüencial de movimentos de oposição de dedos.

A variabilidade na prática foi proporcionada por meio da modificação da condição de realimentação visual da tarefa: a condição linha de base, permitia a realimentação visual direta sobre a mão, e a condição variável combinou blocos onde a realimentação visual era direta (similar a condição linha de base) e outros onde a realimentação visual foi distorcida por meio do uso de um jogo de espelhos que produzia a imagem invertida da mão denominada pela óptica, como terceira imagem.

A tarefa de movimentos seqüenciais de oposição de dedos, eleita para o atual estudo, tem se mostrado adequada para a investigação do processo de aprendizagem motora, a medida que permite a análise objetiva do desempenho em termos de velocidade, acurácia, e sua transferência para seqüências inéditas.

Além disso, reproduz o controle seqüencial de movimentos utilizados na maioria dos nossos movimentos cotidianos. Do mesmo modo, apresenta componentes suficientemente inespecíficos para que todos os indivíduos apresentem o mesmo nível de desempenho inicial, e, por outro lado, suficientemente específicos para que respondam rapidamente ao treino.

A habilidade de aprender e consolidar foram investigadas por meio da comparação do desempenho antes, imediatamente, 48 horas, e sete dias após o término do treino da seqüência treinada, realizado na condição linha de base (visão direta). A habilidade de adaptar foi investigada por meio da análise do desempenho da seqüência treinada realizada na condição de visão reversa

(mesma tarefa em condição sensorial distinta), e por fim, a capacidade de generalizar foi investigada por meio da análise de desempenho da seqüência não treinada, executada na condição linha de base.

Acreditamos que, se a prática específica obtiver melhores resultados, a hipótese da consolidação do modelo interno como base para generalização e adaptação da aprendizagem será confirmada. Da mesma forma, se a prática variada proporcionar melhores resultados, a hipótese da variabilidade da prática, que favoreceria a flexibilização do modelo interno e conseqüentemente melhor adaptação e generalização da aprendizagem, será favorecida.

Creemos, pois, que os resultados do presente estudo trarão uma contribuição relevante sobre como organizar o treinamento de forma a proporcionar melhor aprendizagem, generalização e adaptação de habilidades motoras, permitindo um melhor direcionamento da prática clínica em reabilitação.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 A Aprendizagem motora**

A aprendizagem motora envolve diferentes regiões encefálicas e insere-se em um sistema de memória denominado implícito. Essa classe de memória não depende diretamente de processos conscientes, nem a sua recordação requer uma busca consciente pela memória. Esse tipo de memória é construído lentamente, por meio da repetição, modificando-se a partir da experiência, e é expresso pela melhora no desempenho. De acordo com Cohen (1984), a aquisição de informações pela memória implícita depende de mudanças cumulativas que ocorrem em cada ocasião em que o sistema é acionado. O sistema implícito requer treinamento repetitivo para a aquisição do comportamento e esta ocorre de forma gradual. Outros tipos de aprendizado, cujo conteúdo pode ser acessado conscientemente, fazem parte da memória declarativa ou explícita.

Apesar de a memória declarativa e a implícita serem dois sistemas distintos (não apenas funcionalmente, como também anatomicamente, já que a memória declarativa está relacionada ao hipocampo, lobo temporal medial e diencéfalo e a memória implícita está relacionada principalmente ao córtex motor, estriado e cerebelo), existe uma relação de interdependência entre elas (WILLINGHAN e cols., 1989).

Sendo a aprendizagem motora um processo implícito, depende de treinamento e repetição de ações relativamente invariáveis para desencadear mudanças em processos internos que acarretarão em mudanças relativamente permanentes na capacidade de movimentação dos indivíduos (SHUMWAY-COOK

e WOOLLACOTT, 2003). Tais mudanças ocorrem mediante prática e reprodução de performances motoras. Como consequência dessas execuções repetidas, a capacidade do indivíduo de realizar determinada tarefa aumenta, o que caracteriza a aprendizagem, a qual, por sua vez, pode ser mensurada objetivamente através da observação das seguintes características do desempenho: máxima certeza de alcance de meta, mínimo gasto de energia e menor tempo de movimento. Dessa forma, a ocorrência da aprendizagem motora pode ser mensurada, do ponto de vista comportamental, pela mudança da performance. As características mencionadas são alcançadas nos estágios finais do aprendizado, já que, inicialmente, a performance é identificada como uma atividade motora imprecisa, lenta e com maior número de erros (SCHMIDT e WRISBERG, 2001).

As mudanças comportamentais que caracterizam a aprendizagem motora são consequências das modificações nas redes neurais sustentadas por mudanças sinápticas, inicialmente temporárias e posteriormente persistentes. Complexos fenômenos elétricos e químicos ocorrem no sistema nervoso durante o processo que culmina em alterações duradouras das redes sinápticas (MONFILS e cols., 2005). Segundo Kandel (1997), a maioria das modificações elementares decorrentes do processo de aprendizado depende da variação da eficácia de conexões sinápticas específicas. Nos dois processos envolvidos no mecanismo de aprendizado (memorização a curto e a longo prazo), a intensificação da força sináptica ocorre pela liberação aumentada de neurotransmissores. Especificamente, o armazenamento a longo prazo exige síntese de novas proteínas e de novas conexões sinápticas. Essas mudanças sinápticas persistentes estão relacionadas com o processo de consolidação da

aprendizagem. Uma vez que o aprendizado esteja consolidado, os novos circuitos serão acionados sempre que a tarefa for executada (KARNI, 1998).

Para Xavier (1996), o arquivamento de informações no sistema nervoso envolve: (1) alterações transitórias na atividade eletrofisiológica (taxa de disparos) de populações de neurônios distribuídos no sistema nervoso, processo que corresponderia ao arquivamento de informações por curtos períodos de tempo; (2) alterações na facilidade com que a atividade eletrofisiológica é transmitida entre neurônios, um processo que pode durar de minutos a meses, correspondentes ao arquivamento de informações por períodos intermediários de tempo, e (3) alterações estruturais permanentes na conectividade neural, isto é, nas sinapses existentes entre os neurônios, levando à formação de circuitos neurais, ou redes nervosas, cuja atividade representaria as informações mantidas no sistema nervoso por prolongados períodos de tempo, isto é, anos ou até mesmo uma vida inteira.

Assim, o processo de aprendizagem engloba mudanças permanentes nas redes neurais, que levam à reorganização do sistema, demonstráveis por meio de modificações observáveis em nível (1) comportamental, (2) celular e (3) molecular (PASCUAL-LEONE e cols., 2005). Uma vez estabelecidas essas mudanças, há a consolidação definitiva da aprendizagem, marcada comportamentalmente pela estabilidade do desempenho alcançado, mesmo após longos intervalos sem treinamento. Essa instabilidade do desempenho seria garantida pela formação de uma representação da habilidade, denominada *Modelo Interno*. *Modelos Internos* seriam mecanismos neurais que mimetizam as propriedades relacionadas ao movimento, formando um comando motor baseado nas previsões a respeito das

dinâmicas físicas dos membros, do mundo externo e da tarefa. Empiricamente, dois tipos de informações são cruciais para a ativação do modelo interno: informação contextual (que pode ser percebida antes da execução do movimento) e informação a respeito da diferença entre requisitos sensório-motores previstos e reais – que pode ser calculada durante ou após a execução – (cf. SHADMERH, 2004; IMAMIZU e cols., 2007).

A *Teoria dos Modelos Internos* aperfeiçoou a *Teoria do Esquema* descrita por Schmidt (1975) que propôs que o treino propiciava a formação de um programa motor que armazena uma série de normas adquiridas durante o aprendizado, que poderiam ser aplicadas a diversos contextos. Para tanto, após a execução de um movimento, quatro aspectos seriam armazenados na memória: (1) condições iniciais de movimento (fatores gerais a respeito do sujeito e do objeto); (2) parâmetros utilizados no programa motor generalizado; (3) efeito do movimento em termos de conhecimento de resultados; (4) conseqüências sensoriais do movimento (SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003; TANI, 2005).

Inúmeros estudos com técnicas de imagem cerebral evidenciam que o processo de aprendizagem motora se desenvolve em fases.

Atualmente, identifica-se, pelo menos duas fases: uma fase inicial, onde há o envolvimento do córtex frontal dorso-lateral, área pré-motora suplementar, córtex pré-motor, córtex cingulado, região anterior dos núcleos da base e cerebelo, e outra fase mais tardia, quando há melhora expressiva do desempenho da tarefa, observa-se a ativação da região médio-posterior dos núcleos da base, região do sulco intra-parietal, pré-cúneos, área motora suplementar e cerebelo. Além do



cerebelo — área comum de ativação tanto nas fases iniciais quanto nas finais do aprendizado (porém mais ativo nas fases iniciais) — e dos núcleos da base (mais ativos nas fases finais), o córtex somatossensorial e motor primário também são ativados nesses dois estágios do aprendizado (*cf.* RAYMOND e cols., 1996; HALLET; GRAFFMAN, 1997; DOYON e cols.,1998; TONI e cols.,1998; HIKOSAKA e cols., 1999 e 2002; DOYON e cols., 2003).

Karni e cols.(1998), utilizando ressonância magnética funcional (RMF) em 12 sujeitos normais, compararam o desempenho em uma tarefa de oposição de dedos antes, imediatamente após seis blocos de dois minutos e 24 horas depois de uma única sessão de teste. Mediante os resultados, os autores confirmaram a existência de duas distintas fases na aprendizagem: (1) aprendizado de curto prazo, no qual se observa uma melhora rápida do desempenho, constatada nos primeiros minutos de prática, seguida por um período de consolidação que se estende por horas após o treinamento e (2) o aprendizado a longo prazo, caracterizado por uma evolução mais lenta do desempenho pós-treinamento. A hipótese é que o aprendizado de curto prazo envolveria processos de seleção e estabelecimento de um planejamento apropriado para o desempenho na tarefa; em contrapartida, o aprendizado de longo prazo refletiria modificações estruturais, estabelecidas no decorrer do treinamento, consolidando o desempenho.

Hasband e Lange (2006) também descreveram as fases do aprendizado motor. Durante a fase inicial do aprendizado, os indivíduos, por tentativa e erro, buscam o movimento esperado a partir de uma nova correlação entre a pista

sensorial e o comando motor correto. A partir disso, devem decidir o movimento seguinte e, utilizando as informações adquiridas com a realimentação – caso haja –, armazenam a resposta na memória. Sendo assim, o estabelecimento de uma nova associação sensório-motora arbitrária – necessária durante o aprendizado por tentativa e erro – está relacionado à atenção na identificação das pistas necessárias, à tomada de decisão e à seleção de movimentos, ao processamento da realimentação sensorial e à memória operacional. Uma vez encontrado o padrão correto de movimento, um novo mapa sensório-motor é gerado, mas os estímulos sensoriais ainda são mantidos na memória operacional a fim de serem traduzidos em saídas motoras corretas. Por esses motivos, nesta fase, os movimentos são lentos e imprecisos, e a realimentação, assim como o processamento atencional, é de fundamental importância. Com a prática, os mapas sensório-motores tornam-se mais fortes, são arquivados na memória de longa-duração e as pistas visuais são rapidamente transformadas em resposta motora. Como resultado, as ações podem ser desempenhadas com maior velocidade e necessitam de menor processamento sensorial. Já em fases tardias do aprendizado, os movimentos tornam-se automáticos e podem ser realizados com grande rapidez e precisão, mesmo quando os sujeitos não estão prestando atenção à tarefa.

Como já mencionamos, além da melhora do desempenho observada já nos primeiros minutos de treinamento (intra-sessão), há também mudança da performance a longo prazo, mesmo após o término do treinamento, como manifestação da consolidação do processo (KARNI e cols., 1998). Não se sabia,

no entanto, quanto de prática seria necessário para desencadear essas manifestações tardias. Assim, Hauptmann e Karni (2002), e, mais recentemente, de Hauptmann e cols. (2005) propuseram-se a estimar o número de repetições necessárias para o aprendizado e a consolidação de uma habilidade motora. Eles utilizaram uma tarefa de enumeração e mostraram que, quando dentro da sessão o número de repetições atinge o que é chamado de “ponto de saturação” (ou seja, mesmo com a continuidade do treino, não se observam mais ganhos no desempenho), não há perdas no desempenho após o término do treino. Ao contrário, são observados ganhos adicionais decorrentes da consolidação do processo associados ao sono. Caso o treino seja interrompido antes do “ponto de saturação”, não são observados ganhos adicionais e o desempenho atingido pode apresentar regressão. Esse ponto seria individual e específico para cada tipo de tarefa.

Uma característica importante do desempenho habilidoso em aprendizagem motora é que, após o treinamento, o aprendiz deve ser capaz de (1) ajustar a tarefa aprendida a outras demandas sensoriais, fenômeno conhecido como adaptação e (2) executar parâmetros da tarefa aprendida em outra tarefa similar, fenômeno conhecido como generalização.

## 2.2 Adaptação e generalização em aprendizagem motora

A adaptação sensório-motora é o processo pelo qual os indivíduos modificam os movimentos a fim de ajustá-los a entradas sensoriais ou saídas motoras distintas das encontradas durante a fase de aquisição da tarefa. Essa habilidade é fundamental para que uma tarefa alcance um bom desempenho em diferentes condições aferentes ou eferentes, o que permite que a mesma habilidade seja utilizada funcionalmente no cotidiano. Privado dessa habilidade, o desempenho motor seria extremamente vulnerável a modificações nos ambientes interno e externo, exigindo que, a cada nova combinação entre essas variáveis, um novo processo de aprendizagem fosse necessário. Funcionalmente isso implicaria grandes prejuízos, tanto sob o aspecto de tempo quanto de energia. Assim, é esperado que, após a fase de aprendizagem, seja possível manter o mesmo desempenho frente a novas condições sensoriais.

As tarefas utilizadas para a investigação da adaptação sensório-motora podem ser basicamente divididas entre aquelas em que os sujeitos adaptam seus movimentos a perturbações da realimentação visual – tarefas de adaptação cinemática (IMAMIZU e cols., 2000; KRAKAUER, 2000) – e tarefas nas quais o indivíduo adapta seu movimento a perturbações no campo de força – tarefas de adaptação cinética (DAVIDSON e WOLPERT, 2004; BOURDIN e cols, 2006).

Lentes em forma de prismas, que promovem um desvio da projeção da imagem sobre a retina proporcional a sua angulação, têm sido amplamente utilizadas para a investigação da adaptação motora. Redding e Wallace (2005) definiram que procedimentos de adaptação prismática básicos envolvem (1) pré-

exposição para medida do desempenho que será tomado como linha de base; (2) exposição ativa ao deslocamento prismático para produzir a adaptação, e (3) pós-exposição compensatória após o efeito prismático, para avaliar a persistência da adaptação. Segundo os mesmos autores, pelo menos três processos adaptativos são desencadeados pela exposição prismática: ajustes posturais (captura visual e potenciação muscular), estratégias de controle (incluindo recalibração ou posição do alvo) e realinhamento espacial de várias formas de referências sensório-motoras (ou adaptação "verdadeira"). Todos esses processos podem afetar o desempenho durante exposição prismática, quando a realimentação do desempenho é avaliada.

Os substratos neurais relacionados ao processo de adaptação são pouco conhecidos. Dados da literatura indicam que o cerebelo assume importante papel nessas adaptações sensório-motoras (DELLA-MAGGIORE e MCINTOSH, 2005; MICHIKAZU e cols., 2004) e que lesões nesta área cerebral levariam a prejuízos na adaptação sensório-motora (SANES e cols., 1990; TOPKA e cols., 1998; BOYD e WINSTEIN, 2004; MORTON e BASTIAN, 2004). Outros conjuntos de trabalhos indicam que o córtex parietal posterior (CPP) seria outra estrutura relacionada ao processo de adaptação sensório-motora. O córtex parietal posterior estaria envolvido na integração de informações múlti-sensoriais (XING e ANDERSEN, 2000) e participaria de algumas reorganizações visuo-motoras e de realinhamento espacial importantes para direcionar os movimentos visualmente.

Overduin e cols. (2008) investigaram a interação de duas formas de aprendizado motor: a adaptação sensório-motora e o aprendizado seqüencial. Os autores estabeleceram um paradigma para estudar o aprendizado de seqüência e adaptação sensório-motora, simultaneamente. Foram testados 48 participantes, que deveriam se adaptar a forças previsíveis impostas por um *manipulandum* robótico enquanto alcançavam simultaneamente uma seqüência implícita de alvos. Os sujeitos foram randomicamente divididos em quatro grupos, definidos pela combinação de força nula e alvo randômico (NR), força nula e alvo seqüenciado (NS), força horária e alvo randômico (FR), ou força horária e alvo seqüenciado (FS). Os sujeitos realizaram intervalos de 180 tentativas como linha de base, 360 tentativas como teste, e 180 tentativas como “*washout*”. Os intervalos foram separados por 5 minutos. Todos os sujeitos experimentaram forças nulas no período linha de base e no período de “*washout*”. Os participantes das condições força nula e alvo randômico (NR) e força nula e alvo seqüenciado (NS) receberam forças nulas no período de teste. Durante o período de teste dos sujeitos da condição força horária e alvo randômico (FR) e força horária e alvo seqüenciado (FS), os motores geraram um campo de força dependente da velocidade de 10 N s/m. Em relação à seqüência, todos os sujeitos experimentaram alvos pseudo-randômicos nos períodos linha de base e “*washout*”. O tempo de reação foi medido usando um limiar de velocidade relativa, isto é, o tempo em que um sujeito alcançou 20% do seu pico de velocidade. Os resultados mostraram que a adaptação a novas dinâmicas e o aprendizado de uma seqüência de movimentos podem ocorrer simultaneamente, sem interferência significativa ou facilitação. Quando as duas condições foram apresentadas aos sujeitos, seus erros de

trajetória e seu tempo de reação diminuíram simultaneamente, na mesma extensão dos sujeitos que experimentaram campo de força ou seqüência independente.

O processo de generalização, também conhecido como transferência é amplamente estudado em aprendizagem motora. A literatura assume que, quando um indivíduo aprende uma nova tarefa motora em um membro, esse aprendizado freqüentemente se generaliza para outra tarefa similar, ou para um outro membro (WANG e SAINBURG, 2006). Muitas tarefas têm sido empregadas para testar a generalização do aprendizado motor, tais como tarefas de oposição de dedos, de tempo de reação, de escrita invertida e/ou reversa e tarefas de alcance em perturbações dinâmicas ou visuo-motoras (MALFAIT e OSTRY, 2004; CRISCIMAGNA e cols., 2003).

Hikosaka e cols. (1999), em um trabalho que utilizava tarefa seqüencial, propuseram um modelo para o aprendizado de tarefas motoras segundo o qual as informações sensório-motoras de cada um dos elementos envolvidos na tarefa seriam gradualmente substituídas por informações sobre as seqüências de movimentos necessárias para a sua realização. Isso possibilitaria que uma seqüência de movimento já adquirida pudesse ser utilizada como elemento para o aprendizado de uma nova seqüência. Assim, a memória de múltiplas seqüências poderia ser combinada de diferentes formas para produzir um novo comportamento, mais complexo.

Em outro estudo, Seidler (2004) demonstrou que sujeitos submetidos a uma variabilidade de tarefas de aprendizado motor seriam capazes de adquirir um conhecimento mais generalizado (transferível) em relação ao que foi aprendido. Os sujeitos aprenderam cinco diferentes tarefas de rotações visuo-motoras e deveriam retornar a uma condição de linha de base. Três tarefas eram similares e duas não estavam relacionadas às demais, assim, os sujeitos tinham que realizar uma tarefa com *joystick* que exigia adaptação para três diferentes rotações visuomotoras, e deveriam retornar a uma condição nula entre cada exposição, e finalmente, utilizando o mesmo *joystick* eles deveriam realizar seqüência de movimentos repetidos. Os resultados mostraram que os sujeitos aprenderam e generalizaram as três rotações visuomotoras e transferiram a habilidade para a seqüência de movimentos. Os autores acreditam que a transferência da aprendizagem motora pode ocorrer não somente entre tarefas com alta similaridade, mas também entre tarefas muito diferentes, quando os sujeitos são envolvidos em múltiplas experiências de aprendizagem.

Muehlbauer e cols., 2007, buscaram investigar se a estrutura desenvolvida durante o aprendizado de uma seqüência de movimentos forneceria base para a transferência da habilidade. Eles investigaram dez sujeitos que utilizavam uma alavanca para realizar uma tarefa seqüencial de movimentos composta por 16 elementos. A alavanca produzia uma carga de 0,567 kg, após o treinamento, os sujeitos realizaram a mesma seqüência tanto com uma diminuição na carga (0 kg) quanto com um aumento da carga (1.134 kg), em uma ordem randomizada. Foi realizado registro eletromiográfico dos músculos bíceps e tríceps braquial. Os



resultados indicaram que os sujeitos foram hábeis para compensar efetivamente tanto o aumento quanto a diminuição da carga praticamente sem nenhuma mudança nas características de seu desempenho (velocidade, deslocamento), enquanto sinais eletromiográficos demonstraram que forças menores (carga diminuída) ou maiores (carga aumentada) dos músculos bíceps e tríceps, foram geradas para compensar as mudanças na carga. Assim, os autores concluíram que (1) os sujeitos mantiveram o mesmo desempenho durante a prática e no teste de retenção, e (2) foram hábeis para transferir a seqüência de movimentos entre as condições de carga.

### **2.3 A influência do treino sobre a adaptação e a generalização**

Como veremos adiante, há um conjunto de trabalhos da literatura, que defendem que a variabilidade da prática de treinamento possibilita a formação de um *Modelo Interno* mais flexível, e essa flexibilidade, por sua vez, favoreceria a generalização e a adaptação da tarefa aprendida.

Shea e Morgan (1979) na tentativa de mostrar que o tipo de programa de prática, e não somente a repetição de tarefas, modifica o aprendizado de tarefas motoras, realizaram um experimento no qual participantes divididos em dois grupos treinaram uma tarefa envolvendo os membros superiores. Um desses grupos realizou prática randômica, e outro prática em bloco. A tarefa envolvia lançar uma bola de tênis sobre três diferentes barreiras a partir da posição de

repouso do membro superior. Os lançamentos diferiram apenas na trajetória espacial do membro superior, pois as barreiras situavam-se em posições diferentes. Os participantes executaram 18 tentativas de cada lançamento, sendo o tempo de movimento a variável dependente para a aquisição, retenção e transferência da tarefa. Os resultados mostraram que o grupo de prática em bloco desempenhou-se melhor na aquisição em relação ao grupo de prática randômica; porém o grupo de prática randômica exibiu melhor retenção e transferência da tarefa aprendida.

Del Rey e cols. (1987) investigaram a estrutura da prática durante a aquisição, retenção e transferência empregando uma tarefa de julgamento temporal de coincidência, cujo objetivo era pressionar um botão ou derrubar uma placa de madeira em coincidência com a chegada de um estímulo luminoso em um alvo projetado na tela de um computador. Setenta e duas voluntárias foram agrupadas em três grupos, dois grupos treinaram sob a condição de prática em bloco e um grupo sob a condição de prática em aleatória. Um minuto após a aquisição, as voluntárias submeteram-se a testes de retenção e transferência. Os resultados mostraram que o desempenho das voluntárias treinadas sob condição de prática aleatória foi superior tanto no teste de retenção, quanto no teste de transferência da habilidade aprendida.

Goodwin e cols.(1998) examinaram o efeito da manipulação de diferentes tipos de práticas variáveis na fase de aquisição, retenção e transferência no desempenho de uma tarefa de arremesso de dardo. Sessenta estudantes foram

divididos em três grupos. Os participantes na condição específica treinaram um total de 75 tentativas na aquisição, a uma distância de 2,39m. Os participantes na condição variada + específica treinaram um total de 75 tentativas de aquisição, divididas em 25 tentativas, a distâncias de 1,47m, 2,39m e 3,30m. Os participantes na condição específica + variada “*plus*” treinaram um total de 75 tentativas de aquisição, com quinze tentativas, a distâncias de 1,47m, 1,93m, 2,39m, 2,84m, e 3,30m. O teste de retenção de 24h consistiu de quinze tentativas de 2,39m. O teste de transferência contou com quinze tentativas de 3,76m. Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas entre as condições de prática para a média de erros tanto para a aquisição, quanto durante o teste de retenção de 24 horas, de 2,39m. Em relação à transferência, os resultados indicaram que os participantes que treinaram nas condições específica + variável e específica + variada “*plus*” realizaram uma média de erros significativamente menor do que a dos participantes que treinaram na condição específica, mostrando que os participantes que treinaram na condição de prática variável melhoraram sua habilidade de transferência.

Com objetivo de comparar as condições de prática, Shoenfelt e cols.(2002) avaliaram 94 indivíduos em uma tarefa de lançamentos de tiro livre. Os participantes foram randomicamente designados a uma de quatro condições de prática: uma condição constante, isto é, na linha de tiro livre, e três condições variáveis (diferentes posições durante os lançamentos). Os indivíduos realizaram lançamentos de tiro livre em quatro dias por semana, durante três semanas. Em cada semana, as três condições de prática variada produziram melhora

semelhante quando comparadas à prática constante, seja durante o experimento, seja durante o teste de retenção tardia. O desempenho prático nessas condições, no entanto, foi inferior. Os grupos não apresentaram diferenças significativas em termos de transferência.

Ao realizar a mesma tarefa em condições variáveis de velocidade, Heitman e cols. (2005) investigaram os efeitos da prática variada em comparação à específica na retenção e na transferência de uma tarefa de perseguição rotora. Trinta participantes foram divididos em três grupos. O grupo de prática variável realizou 30 tentativas, de dez segundos de duração, em dois dias separados. No primeiro dia, eles praticaram o mesmo número de tentativas em cada uma das diferentes velocidades (60, 45 e 30 rpm), randomicamente distribuídas num total de 30 tentativas. No segundo dia, o grupo de prática variável realizou quinze tentativas de perseguição rotora à velocidade de retenção de 45 rpm e, então, quinze tentativas à velocidade de transferência de 75 rpm. O grupo de prática específica realizou 30 tentativas de dez segundos de duração, na perseguição rotora a 45 rpm, no primeiro dia. No segundo, eles realizaram quinze tentativas à velocidade de retenção de 45 rpm, depois quinze tentativas à velocidade de transferência de 75 rpm. O grupo de controle realizou, somente no segundo dia, quinze tentativas, à velocidade de 45 rpm, e depois quinze tentativas à velocidade de transferência de 75 rpm. Os resultados indicaram que, no primeiro dia, o grupo de prática específica teve um melhor desempenho na perseguição rotora quando comparado ao grupo de prática variável. No segundo dia, as análises indicaram que a prática variável foi mais útil para a transferência para uma nova velocidade,

enquanto a prática específica foi mais útil para a retenção da habilidade específica.

Ao realizar a mesma tarefa em diferentes distâncias, Memmert (2006) analisou o efeito de longa duração da prática no desempenho de lançamento em basquetebol durante o treino. Ele testou 32 estudantes universitários que realizaram treino de basquetebol em dois diferentes grupos. Um grupo utilizou prática randômica e o outro prática constante. O grupo de prática constante fez 160 lançamentos da linha de tiro livre, enquanto o grupo de prática variada fez 160 lançamentos de diferentes posições ao redor de uma área restrita. O desempenho do aprendizado e da transferência (variação da distância do lançamento e tamanho da bola) foi avaliado por um teste de lançamento em basquetebol, antes e após a prática, e por um teste de retenção, um ano depois. Os resultados indicaram que o grupo de prática constante teve melhor aquisição, enquanto o grupo de prática variável teve melhor retenção. Em relação a transferência, não foi observada nenhuma diferença entre os grupos.

Em contrapartida, há na literatura trabalhos que defendem que a capacidade de adaptar e generalizar a tarefa aprendida é produto das fases mais tardias da aprendizagem, ou seja, que emergiria após a consolidação do processo, assim a tarefa treinada sob as mesmas condições promoveria uma melhor consolidação, e conseqüentemente um modelo interno mais sólido, o que garantiria uma melhor adaptação e generalização da tarefa.

Com essa hipótese, Hikosaka e cols. (1995) treinaram macacos na tarefa de pressionar botões seqüencialmente. Os animais deveriam descobrir, por tentativa e erro, a seqüência correta (pré-determinada) em que os botões (dentre vários possíveis) deveriam ser apertados. No decorrer do experimento, eram apresentadas tanto seqüências previamente aprendidas quanto novas seqüências. Foram analisadas a acurácia (número de tentativas necessárias para atingir dez tentativas corretas dentro de um bloco de treinamento) e a velocidade (tempo necessário para realizar dez tentativas corretamente). Os autores verificaram que, apesar de inicialmente o aprendizado ser específico para a tarefa treinada (o que foi observado durante uma única sessão de treinamento), tardiamente o aprendizado pode ser generalizado para tarefas similares (fato observado pela melhora do desempenho nas novas seqüências). Os resultados obtidos demonstraram que os macacos tiveram uma melhora rápida do desempenho (especialmente em termos de acurácia) para seqüências específicas com um curto período de treinamento (menos de cinco minutos). A melhora não se mantinha até o próximo dia, mas os animais melhoraram progressivamente seu desempenho com a prática diária ao longo de um mês. Já o aprendizado das novas seqüências dentro das mesmas condições de teste apresentou uma melhora lenta, observável apenas depois de vários dias de treinamento, mostrando que essas novas seqüências passaram por generalização. Segundo os autores, portanto, o processo de aquisição ocorreria em duas fases e existiriam componentes seletivos e não-seletivos da aprendizagem, embora em diferentes graus e em diferentes cursos de tempo, dependendo da natureza da tarefa. Em relação à retenção do aprendizado, seis meses após o final do treinamento, não houve alterações

significativas na velocidade de execução da seqüência treinada, mas houve piora na sua acurácia. Baseados nessa dissociação, os autores propuseram a existência de dois níveis diferentes de aprendizado: um relacionado aos aspectos motores da tarefa (responsável pela retenção da velocidade para seqüências treinadas), mantido por períodos mais longos de tempo e, outro, aos aspectos de procedimentos da tarefa (responsável pela seleção das respostas), mantido por períodos mais curtos.

Em um modelo experimental semelhante ao proposto em nosso estudo, Goedert e Willingham (2002) propuseram-se avaliar se o processo de consolidação de longa duração é dessemelhante para o aprendizado de duas habilidades motoras implícitas, o aprendizado de seqüência de movimento e o de um mapeamento visuo-motor. Para isso, conduziram dois experimentos. No primeiro, os sujeitos aprenderam, em um modelo de tempo de reação serial, uma seqüência A e foram testados nesta habilidade 48 horas depois. Entre a sessão de aprendizado e a sessão de teste, alguns sujeitos treinaram uma segunda seqüência, B, durante 5 minutos, ou 1 hora, ou 5 horas, ou ainda, 24 horas após o treino na seqüência A. O segundo experimento foi realizado nos mesmos moldes do primeiro: um outro grupo de sujeitos realizou uma tarefa que consistia em atirar bolas de argila em 3 alvos. A visão dos sujeitos foi deslocada com um par de óculos prismáticos. Os sujeitos primeiramente praticavam os 15 arremessos sem usar os óculos; após a prática, eles colocavam óculos de vidro sem o prisma e realizavam 3 arremessos, e, depois, realizavam mais 12 tentativas com os óculos prismáticos. Os resultados do primeiro experimento mostraram que o aprendizado

de uma seqüência de movimentos interferiu no aprendizado de uma segunda seqüência e que tal interferência não foi temporalmente graduada. Ou seja, a seqüência de aprendizado intercalada atrapalhou a memória da seqüência previamente aprendida, independentemente da quantidade de tempo que havia transcorrido entre o aprendizado original e o aprendizado intercalado. Com relação ao segundo experimento, os resultados mostraram que, quando os sujeitos aprenderam uma nova posição visuo-espacial, somente cinco minutos depois de ter treinado um deslocamento oposto a adaptação entre os sistemas motores e perceptuais (causada pelo prisma) foi prejudicada, mostrando que a variabilidade da prática prejudicou o desempenho na tarefa. Entretanto, se 5 ou 24 horas se passaram entre as tentativas de aprender, a adaptação para o segundo deslocamento não foi prejudicada.

Com um modelo experimental semelhante, Shadmehr e Brashers-Krug (1997) testaram a habilidade de sujeitos em aprenderem a fazer movimentos de alcance enquanto interagem com um *manipulandum* robótico. Os autores verificaram que dois mapas motores podem ser aprendidos e retidos, mas somente se as tarefas forem separadas por intervalos de aproximadamente de cinco horas. Se o intervalo for mais curto, o aprendizado do segundo mapa inicia-se com o modelo interno apropriado para a segunda tarefa e o desempenho da segunda tarefa é significativamente prejudicado. Os resultados sugeriram que, em uma curta distância temporal, o aprendizado da segunda tarefa leva a um não-aprendizado do *Modelo Interno* para a primeira. Com a distância temporal mais longa, o aprendizado da segunda tarefa iniciou-se com um *Modelo Interno*



imparcial e o desempenho aproximou-se do de um inexperiente, mostrando que a variabilidade do treinamento durante a fase de aquisição prejudica a formação do *Modelo Interno*.

### 3 OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi comparar os efeitos imediatos e tardios de uma única sessão de treino realizado sob dois diferentes modos de prática: específica e variada, realizadas em duas condições de realimentação visual (normal e reversa), sobre os processos de aprendizagem, generalização e adaptação de uma tarefa de movimentos seqüenciais de oposição de dedos.

Para alcançar tal objetivo foram comparados:

- Para verificar a aprendizagem:
- O desempenho **em termos de velocidade** antes, logo depois, após 48 horas e após 7 dias da sessão de treino, **sob visão normal**, entre os dois grupos, para a seqüência treinada.
- O desempenho **em termos de acurácia** antes, logo depois, após 48 horas e após 7 dias da sessão de treino, **sob visão normal**, entre os dois grupos, para a seqüência treinada.
- Para verificar a adaptação:
- O desempenho **em termos de velocidade** antes, logo depois, após 48 horas e após 7 dias da sessão de treino, **sob visão reversa**, entre os dois grupos; para a seqüência treinada.
- Para verificar a generalização:

- O desempenho **em termos de velocidade** antes, logo depois, após 48 horas e após 7 dias da sessão de treino, **sob visão normal**, para a seqüência não treinada;
- O desempenho **em termos de acurácia** antes, logo depois, após 48 horas e após 7 dias da sessão de treino, **sob visão normal**, para a seqüência não treinada;

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Sujeitos**

Quarenta adultos jovens saudáveis, 20 homens e 20 mulheres, randomicamente divididos em dois grupos. Todos os participantes eram destros e com idade que variava de 20 a 32 anos, com média de 26,7 e desvio-padrão (DP) de 3,23.

Todos os participantes completaram ou cursavam o terceiro grau escolar e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – HCFMUSP.

#### **4.1.1 Critérios de exclusão**

Foram excluídos do estudo os sujeitos com história de distúrbios sensoriais, e/ou motores e/ou cognitivos e/ou especialmente habilidosos em movimentos de dedos como músicos ou digitadores.

Sujeitos com visão subnormal também foram excluídos do estudo.

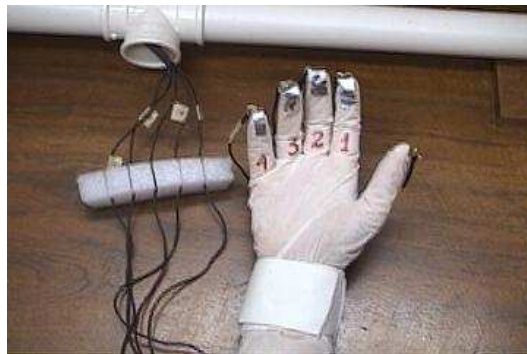
### **4.2 Local**

Laboratório de Aprendizado Sensório-Motora do Centro de Docência e Pesquisa da Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

### **4.3 Materiais**

- Luvas de procedimento hospitalar
- Espelhos

- Cadeira, na qual o sujeito se ajustava da maneira que lhe fosse mais confortável.
- Uma cabine especial que garantia a redução de interferências auditivas e visuais do ambiente.
- Fitas adesivo-metálicas coladas nos dígitos das luvas de procedimento hospitalar, às quais cabos eram conectados.
- Cabos de conexão luva-computador, para o registro do desempenho (Figura 1).

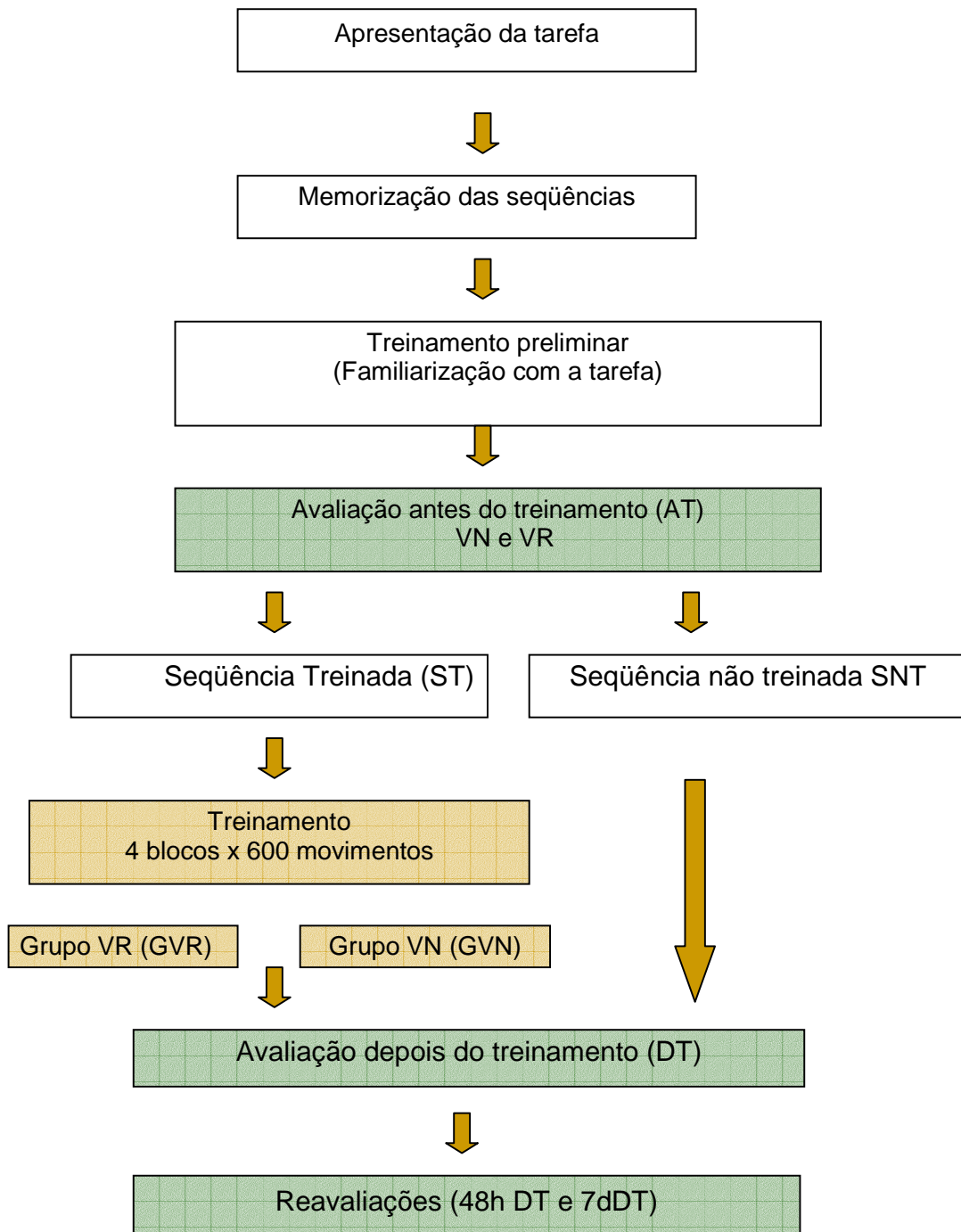


**FIGURA 1:** Mão preparada para o registro dos movimentos de oposição dos dedos. Os cabos se conectam, através de uma interface, a um microcomputador programado para registrar o contato entre o polegar e os demais dedos.

- Um computador cuja programação permitia o controle do desempenho dos movimentos de oposição de dedos.

#### 4.4 Procedimentos

A representação esquemática da metodologia pode ser visualizada na Figura 2.



**FIGURA 2:** Representação esquemática do experimento

#### 4.4.1 Apresentação da tarefa

A tarefa consistiu de movimentos seqüenciais dos dedos, em oposição, sendo que todos os sujeitos realizaram a tarefa com a mão dominante. Os dedos foram numerados de 1 a 4 (do dedo “indicador” ao “mínimo”), sendo que o primeiro dedo anatômico (“polegar”) não recebeu numeração porque os movimentos eram realizados em função dele. 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 3).



**FIGURA 3:** Representação esquemática da situação de oposição de dedos conforme Karni (1995), mostrando a oposição com o dedo “anelar” (que recebeu a numeração 3).

#### 4.4.2 Memorização das seqüências

Foram apresentados aos sujeitos dois cartões, nos quais estavam escritas as seqüências numéricas a serem memorizadas. As seqüências eram reversas

entre si de modo que, dos cinco sub-movimentos envolvidos, apenas o último era comum às duas seqüências (Tabela 1), uma vez que ambas eram iniciadas e finalizadas com a oposição polegar e quinto dedo (“dedo mínimo”).

Após 2 minutos, a retenção das seqüências foi verificada através da evocação verbal.

**TABELA 1:** Demonstração dos diferentes componentes das seqüências, exceto o último.

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

#### **4.4.3 Familiarização da tarefa**

Após a seqüência ser memorizada, os participantes realizaram 10 repetições de cada seqüência para a familiarização com a tarefa motora.

#### **4.4.4 Avaliação antes do treinamento (AT)**

Então, foi realizada a primeira avaliação do desempenho motor na qual, durante um minuto, os indivíduos deveriam realizar a oposição dos dedos conforme a seqüência 1, de forma mais acurada e rápida possível. O mesmo teste



foi realizado para a seqüência 2. Na condição visão normal, e na condição visão reversa.

#### **4.4.5 Treinamento**

Após a primeira avaliação, os sujeitos foram randomicamente divididos em dois grupos: “Grupo prática variada” e “Grupo prática específica”

##### **1. “Grupo prática variada” (GPV)**

Apenas para o efeito de treinamento, esse grupo foi subdividido de forma randômica em dois subgrupos. Um subgrupo realizou o primeiro e o terceiro blocos de treinamento em condição de visão normal (Figura 4), o segundo e o quarto blocos de treinamento com a visão invertida por meio de espelhos (Figura 5) . O outro subgrupo realizou o primeiro e o terceiro blocos de treinamento com a visão invertida por meio de espelhos, o segundo e quarto blocos de treinamento em condição normal.



**FIGURA 4:** Foto de um sujeito simulando o treinamento na condição de visão normal.



**FIGURA 5:** Foto de um sujeito simulando o treinamento na condição de visão reversa.

2. “Grupo prática específica” (GPE). Realizou todo treino em condição de visão normal, i.e, olhando diretamente para a mão durante a realização do treinamento (Figura 4).

Em todas as condições, o treino consistiu de 4 blocos (BI 1, BI 2, BI 3 e BI 4), intercalados por períodos de 5 minutos de descanso, de 120 repetições, correspondendo a 480 repetições seqüenciais, perfazendo um total de 2.400 movimentos de oposição dos dedos.

O número de seqüências corretas e o número de seqüências incorretas foram controladas pelo computador.

Os indivíduos não recebiam qualquer informação sobre o seu desempenho.

Após o término do treino, os participantes foram instruídos a não realizarem qualquer treino adicional da tarefa.

#### **4.4.6 Avaliação após o treinamento (DT)**

Ao término de cada bloco de treino, o desempenho para a seqüência que recebeu treinamento (ST) e para que não recebeu treinamento (SNT) foi reavaliado, sob as mesmas condições da avaliação AT, ou seja, nas condições de visão reversa e visão normal, durante 1 minuto para cada seqüência.

#### **4.4.7 Reavaliação 48 horas após o treinamento (48hDT)**

Realizou-se o mesmo procedimento da avaliação antes do treinamento, 48 horas após o treinamento.

#### **4.4.8 Reavaliação 7 dias após o treinamento (7dDT)**

Realizou-se o mesmo procedimento da avaliação antes do treinamento, 7 dias após o treinamento.

## 4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

### 4.5.1 Variáveis mensuradas nas avaliações

Como medida de **Velocidade (V)** foi utilizado o número de seqüências corretas completas em 1 minuto;

Como medida de **Acurácia (A)** foi calculado o percentual de erros, pela fórmula:

$$A = \text{No. de seqüências incorretas iniciadas em 1 minuto} / \text{No. total de seqüências realizadas em 1 minuto.}$$

Foi testada a ordem de apresentação dos blocos para os dois subgrupos que treinaram na condição de prática variada. Como não houve diferenças estatísticas entre eles para nenhum dos parâmetros testados, para interpretação dos resultados, os dois subgrupos foram reagrupados em um único grupo de prática variada.

Para análise da aprendizagem e retenção foi verificado o desempenho nas avaliações realizadas com visão normal. Pós-testes para checar normalidade, homogeneidade e independência dos dados, foram realizadas duas comparações utilizando ANOVA 3x4 (Grupo X Avaliação), sendo o último fator medida repetida. A primeira comparação verificou efeito do Grupo (GPV e GPE), das avaliações (AT,DT,48hDT e 7dDT) sobre a velocidade das avaliações. A segunda ANOVA

verificou efeito do Grupo (GPV e GPE), das avaliações (AT,DT,48dDT e 7dDT) sobre a acurácia nas avaliações.

Para análise da adaptação foi verificado o desempenho nas avaliações realizadas com reversa. Pós-testes para checar normalidade, homogeneidade e independência dos dados, foram realizadas duas comparações utilizando ANOVA 3x4 (Grupo X Avaliação), sendo o último fator medida repetida. A primeira comparação verificou efeito do Grupo (GPV e GPE), das avaliações (AT,DT,48hDT e 7dDT) sobre a velocidade das avaliações. A segunda ANOVA verificou efeito do Grupo (GPV e GPE), das avaliações (AT,DT,48dDT e 7dDT) sobre a acurácia nas avaliações.

Adicionalmente, com objetivo de comparar a generalização, foi verificado o desempenho nas avaliações realizadas com visão normal. Pós-testes para checar normalidade, homogeneidade e independência dos dados, foram realizadas duas comparações utilizando ANOVA 3x4x2 (Grupo X Avaliação X Seqüência), sendo os dois últimos fatores medidas repetidas. A primeira comparação verificou efeito do Grupo (GPV e GPE), das avaliações (AT,DT,48hDT e 7dDT), e das seqüências (ST e SNT) sobre a velocidade das avaliações. A segunda ANOVA verificou efeito do Grupo (GPV e GPE), das avaliações (AT,DT,48dDT e 7dDT) e das seqüências (ST e SNT) sobre a acurácia nas avaliações.

Para ajustar múltiplas comparações duas a duas, foi aplicado o pós-teste de Tukey.

O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ .

Toda a análise foi realizada através do programa *Statistic Release 7*.

## **5 RESULTADOS**

### **5.1 Análise dos resultados durante as avaliações para verificação da aprendizagem na tarefa**

#### **5.1.1 Análise da velocidade**

##### **5.1.1.1 Avaliações sob realimentação por meio da visão normal**

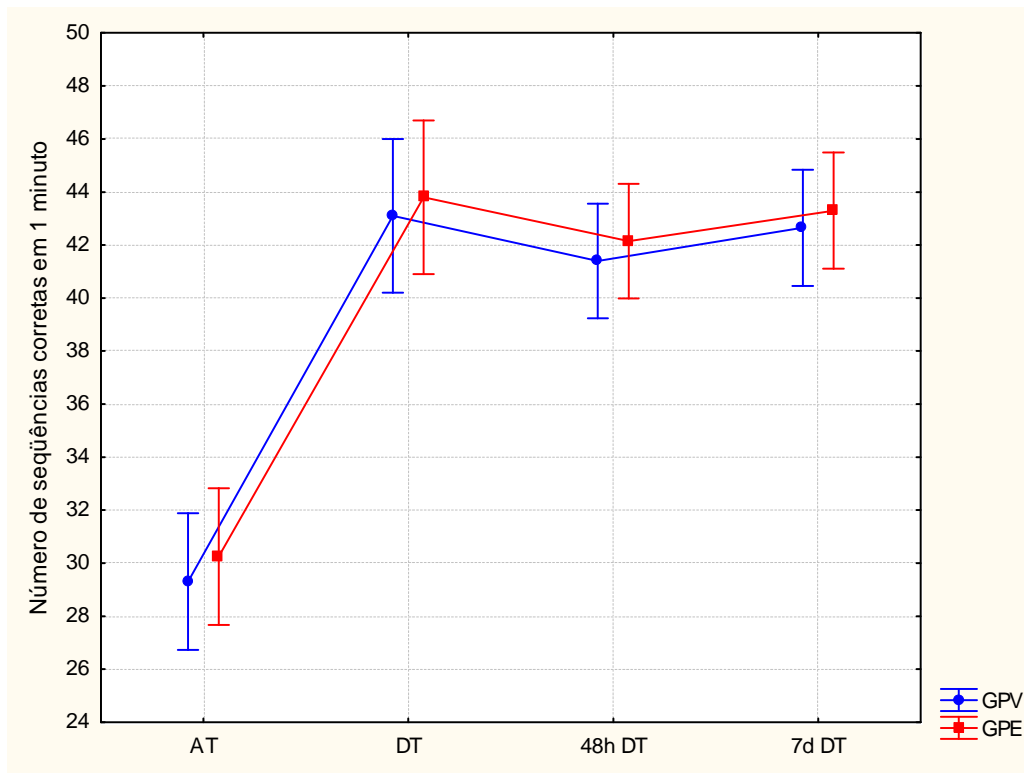
Após análise estatística, os resultados da velocidade dos movimentos seqüenciais nos dois grupos (prática variada e prática específica) durante as avaliações da seqüência treinada (ST) com a visão normal, podem ser observados na Tabela 2 . Como esperado, antes do treinamento não havia diferenças entre as médias do número de seqüências corretas entre os grupos. Depois do treinamento, houve uma melhora nas médias da ST, para os dois grupos, que se manteve até o final do estudo.



**TABELA 2** : Velocidade média (média do número de seqüências corretas) e médias dos desvios-padrão (DP) obtidos com a seqüência treinada (ST) , antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT e 7dDT), para os grupos de prática variada (GPV) e de prática específica (GPE), durante as avaliações com visão normal.

<i>Grupo</i>	<i>N</i>	<i>AT</i>		<i>DT</i>		<i>48hDT</i>		<i>7dDT</i>	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GPV	20	29,30	4,66	43,10	5,39	41,40	3,29	42,65	3,81
GPE	20	30,25	6,56	43,80	7,28	42,15	5,88	43,30	5,68

A ANOVA mostrou que para velocidade da ST com a visão normal, foi encontrado efeito significativo para Avaliação ( $F(3,114)=137,95$   $p<0,01$ ) independente do grupo, confirmado pelo pós-teste de Tukey que mostrou um aumento significativo em termos de velocidade para ST nas avaliações DT ( $p<0,01$ ) e se manteve nas avaliações 48hDT ( $p<0,01$ ) e 7 dDT ( $p<0,01$ ). Assim, os dois grupos foram capazes de aprender e reter o aprendizado da seqüência treinada, independente da condição de prática, figura 6.



**FIGURA 6** : Desempenho das médias da velocidade na seqüência treinada com visão normal entre os 2 grupos (expressa na ordenada), antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT,e 7dDT), expresso na abscissa. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança.  $F(3,114)=0,014$ ,  $p<0,99$ .Legenda: A linha azul representa o comportamento do grupo de prática variada (GPV) e a vermelha do grupo de prática específica (GPE).

## 5.1.2 Análise da acurácia

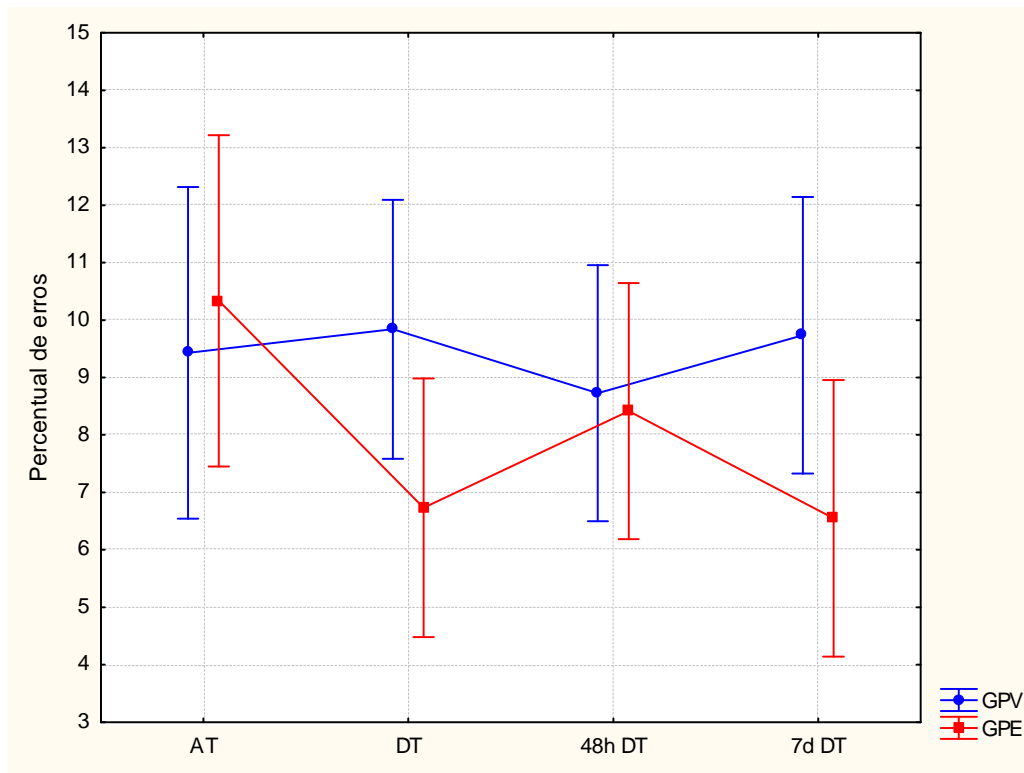
### 5.1.2.1 Avaliações sob realimentação por meio da visão direta

As Médias e Desvio-padrão (DP) dos resultados do percentual de erros nas avaliações realizadas com realimentação visual direta estão demonstrados na Tabela 3. Conforme demonstrado os grupos não apresentaram alterações importantes do número percentual de erros no decorrer das avaliações (Figura 7).

**TABELA 3:** Média do número percentual de erros e médias dos desvios-padrão (DP) obtidos com a seqüência treinada (ST); antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT, 7dDT), para o grupo de prática variada (GPV) e para o grupo de prática específica (GPE) durante as avaliações com visão normal.

<i>Grupo</i>	<i>N</i>	<i>AT</i>		<i>DT</i>		<i>48hDT</i>		<i>7dDT</i>	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GPV	20	9,43	6,33	9,84	6,27	8,72	5,41	9,73	6,47
GPE	20	10,33	6,41	6,73	3,18	8,41	4,38	6,55	3,82

A ANOVA demonstrou não haver efeito significativo de nenhuma das variáveis adotadas, demonstrando que os grupos de prática variada e de prática específica se comportaram de maneira semelhante com relação a acurácia para seqüência treinada com a visão normal.



**FIGURA 7:** Desempenho em termos de médias do número percentual de erros (expressa na ordenada) da seqüência treinada entre os 2 grupos, antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT, 7dDT), expresso na abscissa. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança.  $F(3,114) = 1,8807$ ,  $p = 0,13$ . Legenda: A linha azul representa o comportamento do grupo de prática variada (GPV) e a vermelha, do grupo de prática específica (GPE) em termos de acurácia na visão normal.

## 5.2 Comparação do desempenho entre as diferentes condições de avaliação para verificar a adaptação motora

### 5.2.1 Análise da velocidade

Os resultados da média do número de seqüências corretas obtidas nas avaliações (AT,DT,48hDT e 7dDT) com a seqüência treinada nas duas condições de avaliação (visão normal e visão reversa), podem ser vistas nas tabelas 4 e 5.

Podemos observar na figura 08 que, a realimentação visual reversa gerada pelo espelho, prejudicou a velocidade da seqüência treinada durante todas as avaliações.

**TABELA 4:** Velocidade média (média do número de seqüências corretas) e médias dos desvios-padrão (DP) obtidos com a **seqüência treinada** (ST); antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT, 7dDT), para o grupo de prática variada (GPV) e para o grupo de prática específica (GPE) durante as avaliações com **visão normal**.

Grupo	N	AT		DT		48hDT		7dDT	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GPV	20	29,21	4,62	43,92	6,17	41,42	3,52	42,78	3,90
GPE	20	29,38	6,34	43,00	7,21	41,11	5,08	42,38	5,08

**TABELA 05** : Velocidade média (média do número de seqüências corretas) e médias dos desvios-padrão (DP) obtidos com a **seqüência treinada** (ST); antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT, 7dDT), para o grupo de prática variada (GPV) e para o grupo de prática específica (GPE) durante as avaliações **com visão reversa**.

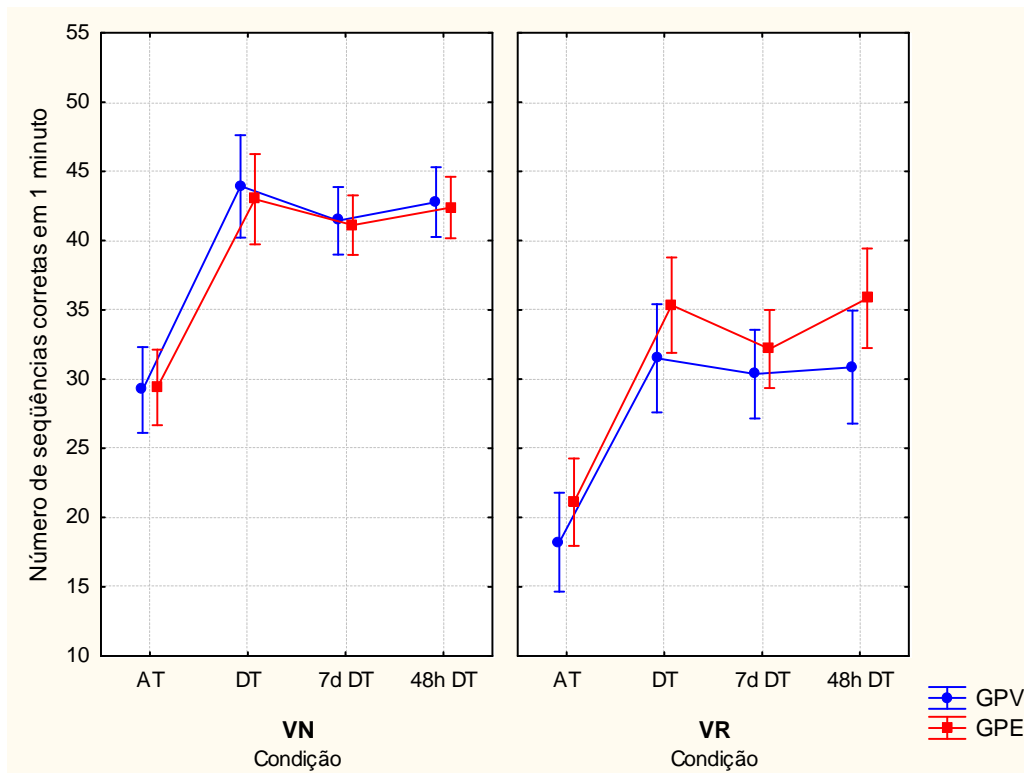
Grupo	N	AT		DT		48hDT		7dDT	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GPV	20	18,21	7,58	31,50	6,78	30,35	5,00	30,85	6,78
GPE	20	21,11	5,63	35,33	7,42	32,16	6,42	35,83	7,98

Na ANOVA foram encontrados efeitos significativos para Condição e Avaliação, conforme demonstrado na tabela 06, e confirmado pelo pós - teste de Tukey que mostrou que a velocidade na condição de visão reversa foi sempre inferior quando comparada a condição de visão normal ( $p < 0,01$ ), e que houve uma melhora significativa no desempenho após o treino, independente do grupo.

A ANOVA mostrou também uma interação significativa entre Condição e Grupo, mostrando que os grupos apresentaram desempenho dessemelhante conforme a condição de visão normal ou reversa. Apesar do pós-teste não ter demonstrado diferenças significativas, nós podemos observar que após o treino, o grupo de prática específica apresentou velocidade média superior na condição de visão reversa, quando comparado ao grupo de prática variada.

**TABELA 06** :ANOVA 2X4X2 (Grupo X Avaliação X Condição), para verificar efeito do Grupo (GPV e GPE), das avaliações (AT, DT, 48hDT, 7dDT) e das Condições (VN e VR) em relação a seqüência treinada.

	SS	Grau de Liberdade	MS	F	P
Grupo	142,9	1	142,9	0,969	0,33
Error	4425,4	30	147,5		
Condição	5969,5	1	5969,5	109,986	0,01
Condição x Grupo	221,0	1	221,0	4,072	0,05
Error	1628,2	30	54,3		
Avaliação	8242,9	3	2747,6	140,227	0,01
Avaliação x Grupo	18,8	3	6,3	0,320	0,81
Error	1763,5	90	19,6		
Condição x Avaliação	6,7	2	2,2	0,155	0,92
Condição x Avaliação x Grupo	28,9	3	9,6	0,670	0,57
Error	1295,9	90	14,4		



**FIGURA 08:** Desempenho das médias da velocidade da seqüência treinada (expressa na ordenada) entre os dois grupos, antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT, e 7dDT), expresso na abscissa. O primeiro gráfico à esquerda representa o comportamento dos grupos durante as avaliações realizadas na condição de visão normal. O gráfico a seguir ilustra o comportamento dos grupos durante as avaliações realizadas na condição de visão reversa. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança.  $F(3,90) = 0,670$   $p=0,57$  Legenda: A linha azul representa o comportamento do grupo prática variada (GPV) e a vermelha, do grupo prática específica (GPE).



## 5.2.2 Análise da acurácia

As Médias e Desvio-padrão (DP) dos resultados do percentual de erros na seqüência treinada durante as duas condições de avaliação (reversa e normal) para os dois grupos (GPV e GPE) estão demonstrados nas tabelas 07 e 08. Conforme esperado, os grupos apresentam um aumento no percentual de erros durante as avaliações com visão reversa. É interessante notar que o grupo de prática específica, que treinou em visão normal, apresentou médias menores no percentual de erros, quando comparado ao grupo de prática variável, na condição de visão reversa, mesmo não treinando nesta condição. Como demonstrado na figura 09.

**TABELA 07:** Média do número percentual de erros e médias dos desvios-padrão (DP) obtidos com a seqüência treinada (ST); antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT, 7dDT), nos dois grupos (prática variada e prática específica) durante as avaliações **com visão normal**.

Grupo	N	AT		DT		48hDT		7dDT	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GPV	20	9,43	6,33	9,84	6,27	8,72	5,41	9,73	6,47
GVN	20	10,33	6,41	6,73	3,18	8,41	4,38	6,55	3,82

**TABELA 08:** Média do número percentual de erros e médias dos desvios-padrão (DP) obtidos com a seqüência treinada (ST); antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT, 7dDT), nos dois grupos (prática específica e variada) durante as avaliações **com visão reversa**.

<i>Grupo</i>	<i>N</i>	<i>AT</i>		<i>DT</i>		<i>48hDT</i>		<i>7dDT</i>	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GPV	20	15,69	9,23	6,15	1,39	14,39	6,89	14,41	4,75
GPE	20	15,07	8,61	10,51	4,43	11,29	6,13	8,10	5,26

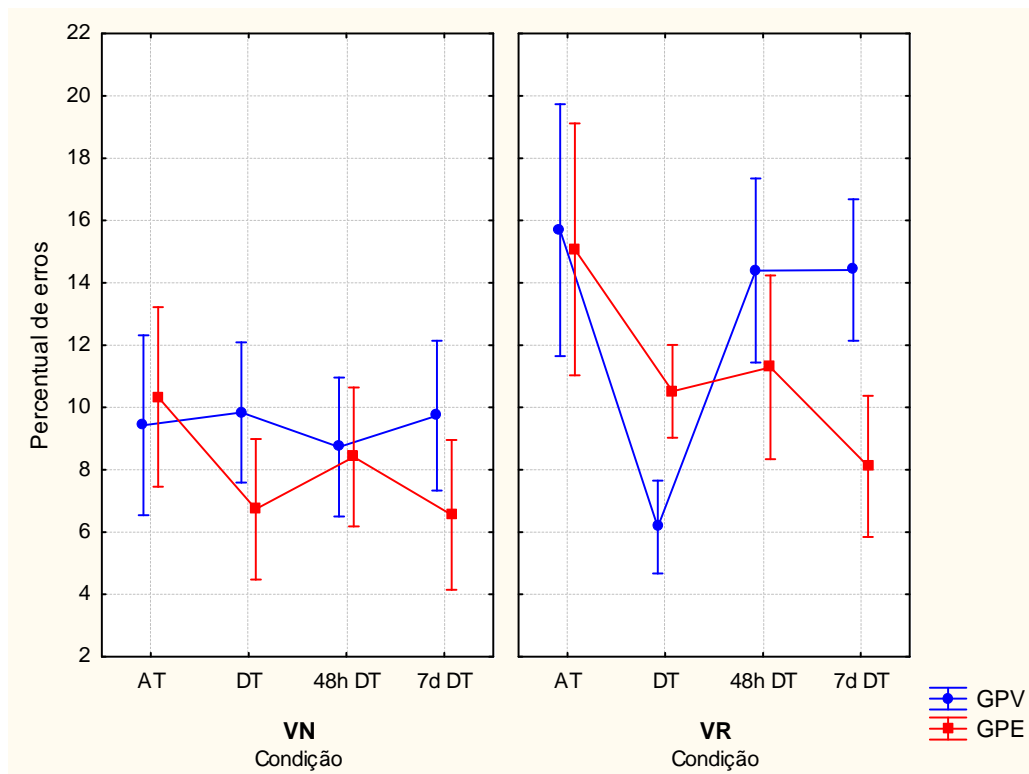
Na ANOVA foram encontrados efeitos significativos para Condição x Avaliação x Grupo, mostrando que os grupos comportaram-se diferentes em relação a condição e a avaliação. Conforme demonstrado na tabela 09, os resultados do pós-teste mostraram que (1) os grupos apresentam uma diferença de desempenho inicial entre as condições de treinamento e (2) essa diferença desaparece na avaliação após o treinamento apenas para o grupo de prática específica, mostrando que esse grupo obteve melhor adaptação entre as duas condições realimentação visual normal e reversa, apesar de não ter experimentado durante o treino, a outra condição de prática, ver tabela 10.

**TABELA 09** :ANOVA 2X4X2 (Grupo X Avaliação X Condição), para verificar efeito do Grupo (GPV e GPE), das avaliações (AT, DT, 48hDT, 7dDT) e das Condições (VN e VR) em relação à seqüência treinada.

	SS	Grau de Liberdade	MS	F	P
Grupo	161,60	1	161,60	2,0555	0,15
Error	2987,50	38	78,62		
Condição	836,94	1	836,94	23,0745	0,02
Condição x Grupo	0,00	1	0,00	0,0000	0,99
Error	1378,31	38	36,27		
Avaliação	793,00	3	264,33	7,8038	0,01
Avaliação x Grupo	355,20	3	118,40	3,4954	0,01
Error	3861,46	114	33,87		
Condição x Avaliação	326,99	3	109,00	5,4828	0,01
Condição x Avaliação x Grupo	377,96	3	125,99	6,3394	0,01
Error	2266,27	114	19,88		

**TABELA 10:** Pós-teste de Tukey para múltiplas comparações, duas a duas, para verificar o efeito das avaliações intra-grupo para a seqüência treinada (ST) em relação à velocidade testada nas condições visão reversa x visão normal.

	Grupo Prática Variada (GPV)				Grupo Prática Específica (GPE)			
	AT	DT	48hDT	7dDT	AT	DT	48hDT	7dDT
<b>VN x VR</b>	0,02	0,40	0,01	0,05	0,01	0,35	0,79	0,99



**FIGURA 09:** Desempenho em termos de médias do número percentual de erros da seqüência treinada (expressa na ordenada) entre os dois grupos, antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT, e 7dDT), expresso na abscissa. O primeiro gráfico à esquerda representa o comportamento dos grupos durante as avaliações realizadas na condição de visão normal. O gráfico a seguir ilustra o comportamento dos grupos durante as avaliações realizadas na condição de visão reversa. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança.  $F(3,14) = 0,63394$   $p < 0,01$   
 Legenda: A linha azul representa o comportamento do grupo prática variada (GPV) e a vermelha, do grupo prática específica (GPE).

## 5.3 Análise da generalização

### 5.3.1 Análise da velocidade

Para verificar o efeito de generalização, foram analisados os resultados da média do número de seqüências corretas obtidas nas quatro avaliações (AT,DT,48hDT e 7dDT) da seqüência treinada (ST) e da seqüência não treinada (SNT) durante as avaliações com visão normal para os grupos (GPV e GPE). Estes resultados podem ser observados nas tabelas 11 e 12, e na figura 10.

**TABELA 11:** Velocidade média (média do número de seqüências corretas) e médias dos desvios-padrão (DP) obtidos com a **seqüência treinada (ST)**, antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT e 7dDT), para o grupo de prática variada (GPV) e para o grupo de prática específica (GPE), durante as avaliações com visão normal.

<i>Grupo</i>	<i>N</i>	<i>AT</i>		<i>DT</i>		<i>48hDT</i>		<i>7dDT</i>	
Grupo	N	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GPV	20	29,30	4,66	43,10	5,39	41,40	3,29	42,65	3,81
GPE	20	30,25	6,56	43,80	7,28	42,15	5,88	43,30	5,68

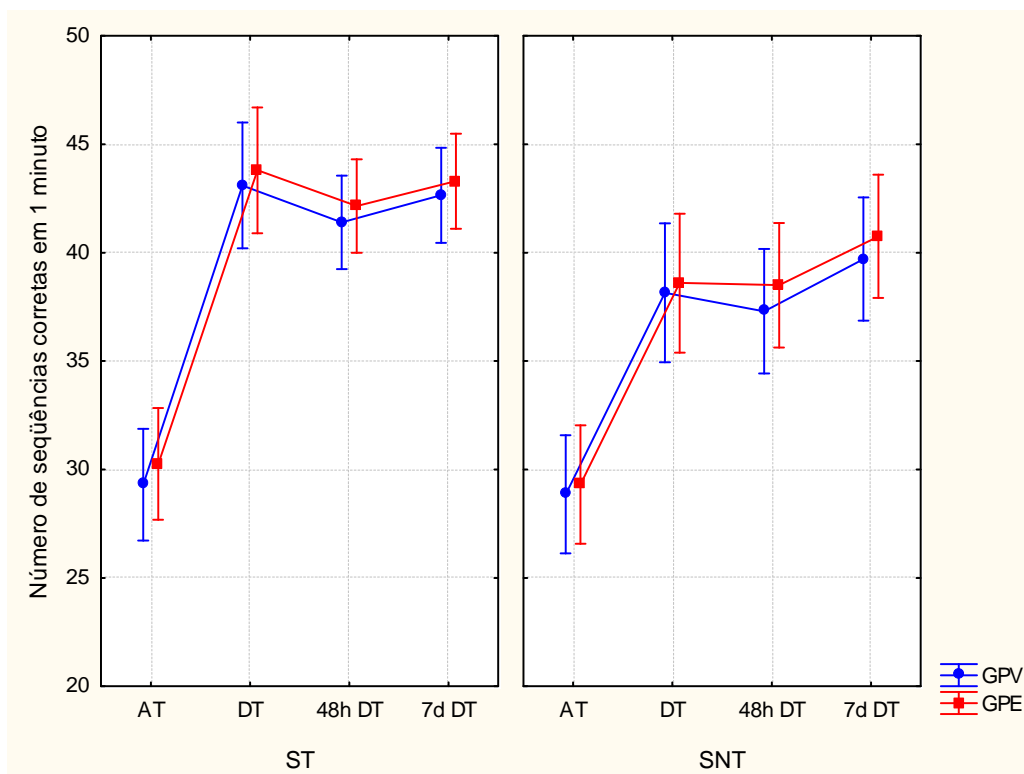
**TABELA 12:** Velocidade média (média do número de seqüências corretas) e médias dos desvios-padrão (DP) obtidos com a **seqüência não treinada (SNT)**, antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT e 7dDT), para o grupo de prática variada (GPV) e para o grupo de prática específica (GPE), durante as avaliações com visão normal.

<i>Grupo</i>	<i>N</i>	<i>AT</i>		<i>DT</i>		<i>48hDT</i>		<i>7dDT</i>	
	SNT	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GPV	20	28,85	5,73	38,15	7,41	37,30	5,93	39,70	6,00
GPE	20	29,30	6,30	38,60	6,72	38,50	6,73	40,75	6,54

Na ANOVA para velocidade da seqüência treinada e não treinada (tabela 13) foram encontrados efeitos significativos para Seqüência, Avaliação, e para a interação Seqüência x Avaliação, mostrando que as seqüências comportaram-se de modo diferente em relação às avaliações, independentemente do grupo de treinamento.

**TABELA 13:** ANOVA 2X4X2 (Grupo X Avaliação X Seqüência), para verificar efeito do Grupo (GPV e GPE), das avaliações (AT, DT, 48hsDT e 7dDT) e das seqüências (ST e SNT) sobre a velocidade na condição de visão normal.

	<i>Grau</i>	<i>de F</i>	<i>P</i>
	<i>Liberdade</i>		
Grupo	1	0,258	0,64
Error	38		
Seqüência	1	88,344	<b>0,01</b>
Seqüência x Grupo	1	0,001	0,96
Error	38		
Avaliação	3	121,536	<b>0,01</b>
Avaliação x Grupo	3	0,028	0,99
Error	114		
Seqüência x Avaliação	3	7,952	<b>0,01</b>
Seqüência x Avaliação x Grupo	3	0,129	0,94
Error	114		



**FIGURA 10:** Desempenho das médias da velocidade (expressa na ordenada) entre os 2 grupos, antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT, 7dDT), expresso na abscissa. O primeiro gráfico à esquerda representa o comportamento da seqüência treinada. O gráfico a seguir ilustra o comportamento da seqüência não treinada. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança.  $F(3,114)=0,129$ ,  $p= 0,94$ . Legenda: A linha azul representa o comportamento do grupo GPV (grupo prática variada) e a linha vermelha do grupo GPE (grupo prática específica) nas avaliações realizadas com visão normal.

O Pós-teste de Tukey confirmou apenas o efeito de avaliação mostrando que após o treino houve um aumento significativo da velocidade para as duas seqüências que se manteve nas avaliações DT ( $p < 0,01$ ) 48h DT ( $p < 0,01$ ) e 7dDT ( $p < 0,01$ ) para os dois grupos, independente da condição de treino.

### 5.3.2 Análise da acurácia

As médias e desvio-padrão (DP) dos resultados do percentual de erros nas avaliações das seqüências treinada e não treinada, realizadas com visão normal para os dois grupos (GPV e GPE) podem ser observadas nas tabelas 14 e 15. Conforme demonstrado, os grupos oscilaram suas médias de percentual de erros conforme a avaliação (Figura 11).

**TABELA 14** : Média do número percentual de erros e médias dos desvios-padrão (DP) obtidos com a **seqüência treinada (ST)**; antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT, 7dDT), para o grupo de prática variada (GPV) e para o grupo de prática específica (GPE) durante as avaliações com visão normal.

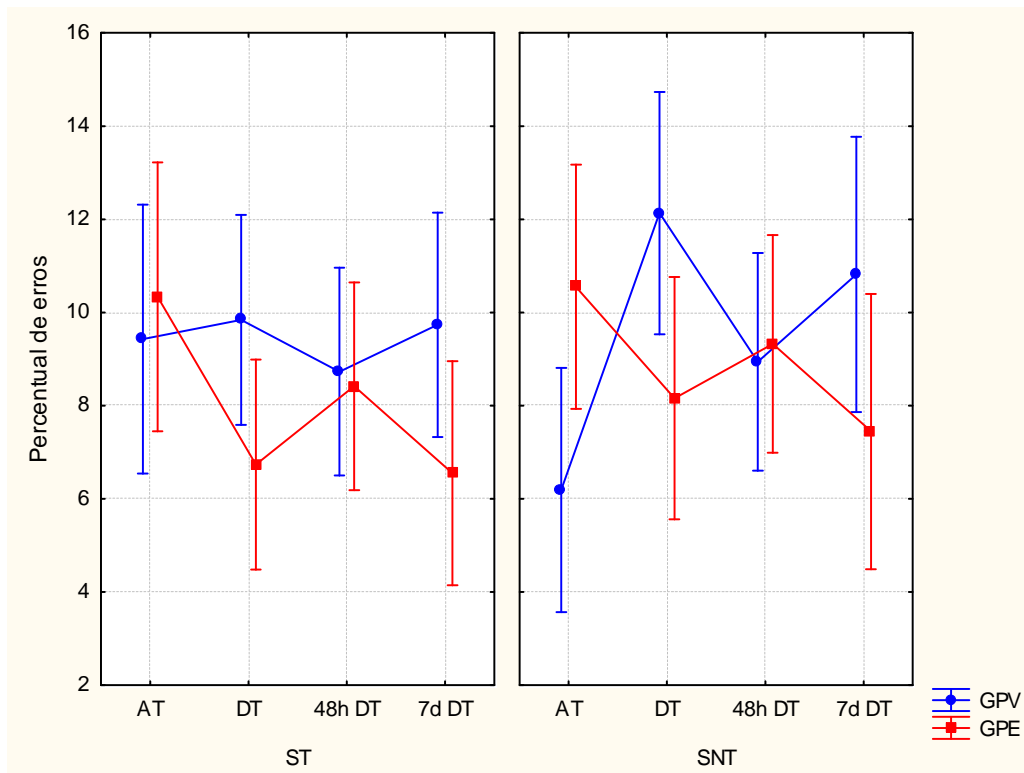
Grupo	N	AT		DT		48hDT		7dDT	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GPV	20	9,43	6,33	9,84	6,27	8,72	5,41	9,73	6,47
GPE	20	10,33	6,41	6,73	3,18	8,41	4,38	6,55	3,82

**TABELA 15**: Média do número percentual de erros e médias dos desvios-padrão (DP) obtidos com a **seqüência não treinada (SNT)**; antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT, 7dDT), para o grupo de prática variada (GPV) e para o grupo de prática específica (GPE) durante as avaliações com visão normal.

Grupo	N	AT		DT		48hDT		7dDT	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
GPV	20	6,19	5,26	12,13	6,87	8,94	5,38	10,81	8,02
GPE	20	10,54	6,27	8,16	4,33	9,32	4,92	7,44	4,55



A ANOVA para acurácia das seqüências treinada e não treinada demonstrou haver efeito significativo para interação Avaliação e Grupo, mostrando que os grupos comportaram-se de forma diferente conforme a avaliação ( $F(3,114)=5,01$   $p<0,01$ ). Apesar do pós- teste não ter apresentado diferenças significativas, nós podemos observar que após o treinamento, as médias do número percentual de erros tanto para a seqüência treinada quanto para a seqüência não treinada foram menores para o grupo de prática específica.



**FIGURA 11:** Desempenho em termos de médias do número percentual de erros (expressa na ordenada) da seqüência treinada entre os 2 grupos, antes (AT) e depois do treinamento (DT, 48hDT, 7dDT), expresso na abscissa. O primeiro gráfico à esquerda representa o comportamento da seqüência treinada (ST). O gráfico a seguir ilustra o comportamento da seqüência não treinada. As barras verticais representam 95% do intervalo de confiança.  $F(3,114) 1,1064 = p = 0,34$ . Legenda: A linha azul representa o comportamento do grupo GPV e a vermelha, do grupo GPE em termos de acurácia na visão normal.

## 6 Discussão

O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos imediatos e tardios de uma única sessão de treino realizado sob dois diferentes modos de prática: específica e variada, que foram realizadas em duas condições de realimentação visual (normal e reversa), sobre os processos de aprendizagem, adaptação e generalização de uma tarefa de movimentos seqüenciais de oposição de dedos. A hipótese de que existem diferenças no aprendizado desta habilidade motora provenientes do processo de sua forma de aquisição (prática) têm origem em inúmeros trabalhos que sustentam que a estrutura da prática é fundamental para melhor retenção, generalização e adaptação da habilidade aprendida. Podemos identificar duas grandes hipóteses na literatura, a primeira considera que a prática específica fortalece a formação de um modelo interno, e após a consolidação este modelo pode se adaptar e generalizar a outras tarefas. A segunda hipótese defende a variabilidade da condição de treinamento, esta variabilidade, possibilitaria a formação de um modelo interno mais flexível, e esta flexibilidade favorece a adaptação e a generalização da tarefa aprendida.

A escolha da tarefa, baseou-se, entre outros fatores na importância dos movimentos seqüenciais em diversas atividades do cotidiano.

Como podemos observar, os dois grupos de prática se beneficiaram com o treinamento evidenciada pela melhora da velocidade de execução da seqüência que foi treinada. Segundo Hauptmann e cols (2005), o treinamento teria sido o

suficiente para que os sujeitos atingissem o “ponto de saturação” para esta tarefa. Isto pode ser verificado, nas avaliações depois do treinamento.

Ao compararmos a possibilidade de generalização não houve diferenças entre os grupos em termos de velocidade, entretanto, em termos de acurácia, os dados mostraram que o grupo de prática específica apresentou uma diminuição no percentual de erros entre a seqüência treinada e não treinada, isso pode ser considerado parte de um processo de generalização, Essa hipótese de generalização das tarefas é fundamentada pelo trabalho de Hikosaka e cols. (1999) que acreditam que uma seqüência de movimento já adquirida possa ser utilizada como elemento para o aprendizado de uma nova seqüência.

Observando nossos resultados, podemos constatar ainda que o grupo de prática específica, embora não tenha realizado treinamento na condição de realimentação com a visão reversa adaptou-se melhor a esta condição mesmo não tendo realizado treino nesta condição, mostrando que o ganho durante a fase de aquisição, favoreceu a consolidação da habilidade treinada o que possibilitou a adaptação da mesma à outra condição de treinamento. Assim, nossos resultados confirmaram que a prática específica fortaleceu a formação de um modelo interno, e, após a consolidação, esse modelo pode se generalizar e se adaptar a outra condição de treinamento, confirmando os achados de Hikosaka e cols., 1995; 1999, Wang e Sainburg, 2006.

O trabalho de Wulf e Chiviakowsky (2007) mostrou que a realimentação positiva após acertos fez com que os sujeitos repetissem a estratégia correta utilizada, o que possibilitou uma melhor consolidação da tarefa que foi treinada.

Os autores também acreditam que a motivação gerada por meio da realimentação de acertos foi maior, demonstrando que o aprendizado foi facilitado pela realimentação de acertos. Em nosso estudo, o grupo que treinou em condição de prática variada, experimentou em dois momentos durante a prática, a condição de visão reversa. Nessa condição, os nossos resultados mostraram que houve um aumento no número percentual de erros e uma conseqüente diminuição na media de acertos da seqüência treinada quando os sujeitos experimentaram esses blocos. Provavelmente essa piora no desempenho realimentou negativamente os sujeitos, prejudicando a consolidação da tarefa nesta condição de prática.

Shadmehr e Brashers- Krug (1997) e mais recentemente, Goedert e Willingham (2002), mostraram que dois mapas motores podem ser aprendidos e retidos, mas somente se as tarefas estão separadas por intervalos de aproximadamente de 5 horas. Se o intervalo for mais curto, o aprendizado do segundo mapa inicia com o modelo interno apropriado para a segunda tarefa e o desempenho da segunda tarefa é significativamente prejudicado. Os autores acreditam que se a distância temporal entre as tarefas for muito curta, o aprendizado da segunda tarefa leva a um não aprendizado do modelo interno para a primeira. Em nosso estudo, o intervalo entre os blocos de treinamento foi de 5 minutos, talvez este intervalo entre os blocos de treinamento teria sido reduzido para a esta tarefa quando treinada de forma variada. Possivelmente a formação do modelo interno para esse tipo de transformação visuo-espacial necessita de um período de repouso maior.

Nossos dados fortaleceram a hipótese que a consolidação favorece a formação do modelo interno, que depois de formado, é adaptável e generalizável a outras condições sensoriais. Assim, a condição de treino em prática específica pareceu ser mais benéfica, pois possibilitou melhor aquisição e retenção da tarefa, o que contribuiu para que esta habilidade fosse utilizada em um novo contexto sensorial, proporcionando adaptação da tarefa.

Os nossos resultados fornecem sugestões importantes para a prática clínica. Devemos considerar que ao realizarmos um treinamento, a prática específica favorece a construção do modelo interno, e especialmente nos estágios finais aprendizagem, a estrutura formada pode ser adaptada e generalizada a outras condições ambientais.

## **7 Conclusão**

A partir da análise do desempenho motor em uma tarefa de oposição de dedos, podemos verificar que existem diferenças nas formas de aquisição, adaptação e retenção de uma tarefa de oposição de dedos provenientes da condição de prática. O treinamento com prática específica levou a melhores resultados em termos de , adaptação e generalização da tarefa.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOURDIN, C. Vision of the hand prior to movement onset allows full motor adaptation to a multi-force environment. **Brain Research Bulletin.**, v.71, p. 101-110, 2006

BOYD, L. A.; WINSTEIN, C.J. Cerebellar stroke impairs temporal but not spatial accuracy during implicit motor learning. **Neurorehabilitation and Neural Repair**; v.18 n.3 p134-143, 2004

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

COHEN, N.J. Preserved learning capacity in amnesia:evidence for multiple memory systems.In Squire LR,Butters N,ed.**The Neuropsychology of memory.** Guilford Press, p 83-103, 1984.

CRISCIMAGMA – HEMMINGER, S.E., DONCHIN, O., SHADMEHR, R. Learned dynamics of reaching movements generalize from dominant to nondominant arm. **J Neurophysiol.** v.89, p.168 – 176, 2003.



DELLA-MAGGIORE, V.; MCINTOSH A. Time course of changes in brain activity and functional connectivity associated with long-term adaptation to a rotational transformation. **J. Neurophysiol.** v. 93 p.2254-2262, 2005.

DEL REY,P.,WUGHALTER, E.H., CARNES, E. Level of expertise interpolated activity and contextual interference effects on memory and transfer. **Perceptual and Motor Skills.**v. 53,p.108-115, 1987.

DOYON, J.;LAFORCE, R.J.;BOUCHARD,G.;ROY,J.;BOUCHARD, J.P. Role of striatum, cerebellum and frontal lobes inthe automatization of a repeated visumotor sequence of movements. **Neuropsychologia.** v. 36, n. 7, p. 625-41, 1998.

DOYON, J.; PENHUNE, V.; UNGERLEIDER, L. G. Distinct contribution of the cortico-striatal and cortico-cerebellar systems to motor skill learning. **Neuropsychologia**, v. 41, p. 252-62, 2003.

GOEDERT, K.M; WILLINGHAM,G. Patterns of interferênce in sequence learning and prism adaptation inconsistent with the consolidation hypothesis. **Learning & Memory**, v.9, p.279-292, 2002.

GOODWIN, J.E.; ECKERSON, J.M.;GRIMES,C.R.;GORDON,P.M. Effect of different quantities of variable practice on acquisition, retention, and transfer of an applied motor skill.**Perceptual and Motor Skills.**v.87,p.147-151, 1998.

HALLET, M.; GRAFMAN, J.; Executive function and motor skill learning. **International Review of Neurobiology**, v. 41, p. 297-323, 1997.

HASBAND, U.; LANGE, R.K. Motor learning in man: A review of functional and clinical studies. **Journal of Physiology**. 99, p. 414-424, 2006.

HAUPTMANN, B.; REINHART, E.;STEPHAN, A.;KARNI, A. The predictive value of the leveling off of within session performance for procedural memory consolidation. **Brain Res. Cogn. Brain Res.**, v. 24, n. 2, p. 181-89, 2005.

HAUPTMANN, B.; KARNI, A. From primed to learn: the saturation of repetition priming and the induction of long-term memory. **Brain Res. Cogn. Brain Res.**, v. 13, n. 3, p. 313-22, May. 2002.

HEITMAN, R.J.;STEVEN, F.P.;KOVALESKI, J.E.;NORELL,.PM.;VICORY,J.R. Effects of specific versus variable practice on the retention and transfer of a continuous motor skill.**Perceptual and Motor Skill**, v.100,p.1107-1113, 2005.

HIKOSAKA, O.; RAND,M.K.; MIYACHY,S.; MIYASHYTA, K. Learning of sequential movements in monkey: process of learning and retention of memory. **Journal of Neurophysiology**, v. 74, n. 4, p. 1652-1661, Oct. 1995

HIKOSAKA, O.;NAKAHARA, H.; RAND,M.K; LU,X.; MIYACHY,S. Parallel neural networks for learning sequential procedures. **Trends Neurosci**, v. 22, p. 464-71, 1999.

HIKOSAKA, O.;DOYA, K.; MIYACHY,S.; RAND,M.K. Central mechanisms of motor learning. **Cuurent Opinion in Neurobiology**, v. 12, p. 217-222, Mar. 2002.

IMAMIZU, H.; TAMADA,T.; SASAKI,Y.; TAKINO,R; KAWATO,M. Human cerebellar activity refleting an acquired internal model of a new tool. **Nature**, v. 403, p. 192-195, 2000.

IMAMIZU, H., SASAKI,Y. Explicit contextual information selectively contributes to predictive switching of internal models. **Exp. Brain Res.**, v.181, p.395-408, 2007.

KRAKAUER, J.W.; PINE, ZM; GHILARDI,M.F.; GUEZ,C. Learning of visuomotor transformations for vectorial planning of reaching trajectories . **J Neurosci**, v. 20, p. 8916-8924, 2000.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. **Fundamentos da Neurociência e do Comportamento**.s/e. Rio de Janeiro, R.J: Ed. Prentice-Hall do Brasil LTDA., 1997. 591p.

KARNI, A.; MEYER,Z.; ADAMS, M.M.;TURNER,R.; UNGERLEIDER,L.G  
Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during skill learning.  
**Nature**, v. 377, p. 155-158, Sep. 1995

KARNI, A.; JEZZARDI,P.; ADAMS M.M.;TURNER,R.; UNGERLEIDER,L.G. The  
acquisition of skilled motor performance: fast and slow experience-driven changes  
in primary motor cortex. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v. 95, p. 861-868, Feb. 1998.

MALFAIT, N.; OSTRY, D.J. Is interlimb transfer of force-field adaptation a cognitive  
response to the sudden introduction of load? **J Neurosci.**,v.24, p.8084-8089, 2004.

MEMMERT, D. Long-term effects of type of practice on the learning and transfer of  
a complex motor skill.**Perceptual and Motor Skill**.v.103,p.912-916, 2006.

MICHIKAZU, M SADATO, N.;NAKAMURA, R. S.; NAITO T. Role of the cerebellum  
in implicit motor skill learning: a Pet study. **Brain Research Bulletin**. v. 63, p. 471-  
483, 2004.

MORTON, M. S.; BASTIAN, J.A .Prism adaptation during walking generalizes to  
reaching and requires the cerebellum. **J. Neurophysiol**; v.92 n.4.p. 2497-2509,  
2004.

MONFILS MH, PLAUTZ EJ, KLEIM JA. In search of the motor engram: motor map plasticity as a mechanism for encoding motor experience. **Neuroscientist**, v.11(5), p.471-83, 2005.

MUEHLBAUER, T., PANZER, S., SHEA, C.H. The transfer of movement sequences: Effects of decreased and increased load. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**. v. 60 (6), p.770 -778, 2007.

OVERDUIN, A.S.; RICHARDSON, A.G. ;BIZZI, E.; PRESS D.Z. Simultaneous sensorimotor adaptation and sequence learning. **Exp Brain Res**. V.184,p.451-456, 2008.

PASCUAL-LEONE, A., .The plastic human brain cortex . **Annual Review of Neuroscience**, v. 28, p 377-401, 2005.

RAYMOND, J. L.; LISBERGER, S.G.; MAUK, M.D. The cerebellum. A neuronal learning machine? **Science**, v. 272, p. 1126-1131, May. 1996.

REDDING G. M.; ROSSETI, Y.; WALLACE B. Applications of prism adaptation: a tutorial in theory and method. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**., v. 29, p. 431-444, 2005.

SANES, J.; DIMITROV, B.; HALLET, M. Motor learning in patients with cerebellar dysfunction. **Brain**. v.113 p.103-120,1990.

SEIDLER, R.D. Multiple Motor Learning Experiences Enhance motor Adaptability. **Journal of cognitive Neuroscience**.v.16, p.65-73.2004

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, 1997.

SHADMEHR, R. Generalization as a behavioral window to the neural mechanisms of learning internal models. **Human Movement Science**, v.23, p543-568, 2004.

SHEA, C.A., MORGAN, R.L. Contextual interference effects on the acquisition, retention and transfer of a motor skill. **Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory**. v.5, p.179-187, 1979.

SHOENFELT, E.L.; SNYDER, L.A.; MAUE, A.E.; MCDOWEL, P.C.; WOOLARD, D.C. Comparison of constant and variable practice conditions on free-throw shooting. **Perceptual and Motor Skills**. v.94, p.1113-1123, 2002.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. **Controle Motor: teoria e aplicações práticas**. 2. ed. Barueri: Manole, 2003. 592 p.

SCHMIDT, R. A. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychol. Rev.**, v.82, p. 225-260, 1975.

SCHMIDT, R. A.; WRISBERG, C. A. **Aprendizagem e Performance Motora: uma abordagem da performance baseada no problema**. 2 ed. Porto Alegre, R.S.: Artmed, 2001. 331p.

TANI, G. **Comportamento Motor: aprendizagem e desenvolvimento**. São Paulo.: Guanabara Koogan, 333p. 2005.

TONI, I.; KRAMS, M.; TUNER, R.; PASSINGHAM, R.E. The time course of changes during motor sequence learning: a whole brain fMRI study. **Neuroimage**, v. 8, p. 50-61, 1998.

TOPKA, H.; MASSAQUOI, S.G.; BRENDA, N.; HALLET, M. Motor skill learning with cerebellar degeneration. **J. Neurol Sci**; v.1582 n.2 p.164-72. 1998

TRILLENBERG, P.; VERLEGER, R.; WASCHER, O. On the role of the in exploiting temporal contingencies: evidence from responses times and preparatory EEG potentials inn patients with cerebellar atrophy. **Neuropsychologia** v. 42 p.754-763, 2004.

XAVIER, G.F. Memória: correlatos anátomo-funcionais. In: Nitrini,R., Caramelli, P. & Mansur, L. L. **Neuropsicologia:das bases anatômicas à reabilitação**. p. 107-129, 1996.

XING, J.; ANDERSEN, R.A. Models of the posterior parietal cortex which perform multimodal integration and represent space in several coordinate frames. **J. Cog Neurosci** v. 12 p.601-614, 2000.

WANG, J.; SAINGURG, R.L. The symmetry of interlimb transfer depends on workspace locations. **Exp Brain Res**, v.170, p.464-471, 2006.

WILLINGHAM, D. B.; NISSEN, M. J.; BULLEMER, P. On the development of procedural knowledge. **Journal of Experimental Psychology**, v. 15, n. 6, p. 1047-1060, 1989.

WILLINGHAM D. B. WELLS, L.A.; FARREL, J.M.; STEMWEDEL, M.E. Implicit motor sequence learning is represented in response locations. **Memory & Cognition**, v. 28, n. 3, p. 366 – 75, 2000.





# 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](#)