

**Imaginação Motora de Actividades da Vida Diária? Alterações na
Excitabilidade Cortical**

Carlos Fernando Leite Martins

Castelo Branco

(Junho de 2011)

AGRADECIMENTOS

O meu mais profundo agradecimento vai para o Prof. Dr. Mamede de Carvalho, pela sua orientação, disponibilidade e análise crítica.

Agradeço profundamente ao Prof. Dr. João Costa pela ajuda na elaboração e concepção do estudo, nomeadamente na parte prática do estudo, disponibilidade e orientação. O meu reconhecimento vai também para o Prof. Dr. Benjamim pela sua colaboração e ajuda na aplicação da estimulação magnética transcraniana.

O meu agradecimento a todos os participantes no estudo pois sem eles não teria sido possível a realização deste trabalho.

A minha admiração vai em especial para a Mestre Patrícia Almeida pelos seus conhecimentos, apoio e colaboração.

Finalmente uma palavra especial para a minha esposa, para a minha família, e para todos os meus amigos, pela sua tolerância, motivação e ajuda.

RESUMO

A imaginação de actividades motoras é suficiente para aumentar a excitabilidade cortical. No entanto, será que a imaginação motora de actividades da vida diária (AVD's) é suficiente para modular esta excitabilidade cortical? **OBJECTIVO:** Este estudo investigou os efeitos da prática da imaginação motora de AVD's na alteração da excitabilidade cortical. **MÉTODOS:** Em dez indivíduos saudáveis foi aplicada a estimulação magnética transcraniana (EMT) sobre o córtex motor primário da área da mão para obter os potenciais evocados motores (PEMs) do abductor do quinto dedo da mão direita. A EMT foi aplicada em três condições: condição de repouso (CR), condição de imagética (CI) e condição motora (CM), antes e após os indivíduos receberam uma sessão de treino de imaginação motora de uma AVD's (alcançar e agarrar uma garrafa de água) em diferentes contextos e com a duração de trinta minutos. Foram estimados: o limiar da resposta motora em repouso (LMR), a curva de recrutamento dos PEMs e o período de silêncio cortical (PSC). **RESULTADOS:** Verificou-se não existirem diferenças estatisticamente significativas na comparação LMR entre a condição pré-intervenção (CPI) e a condição pós-intervenção (CPOI). Observou-se existirem diferenças estatisticamente significativas na amplitude dos PEMs, quer na CPI quer na CPOI. Apenas com a intensidade de estímulo de -10% do LMR se verificaram diferenças estatisticamente significativas na amplitude dos PEMs em todas as condições (CR, CI e CM) após o programa de intervenção com imaginação motora de AVD's. Por último, não existem alterações a nível do PSC após o programa de intervenção. **CONCLUSÃO:** Os resultados do estudo indicam que um programa de treino com imaginação motora de AVD's, através de uma gravação áudio, aumenta a excitabilidade corticoespinal verificável apenas à intensidade de estímulo de -10% do LMR.

Palavras-Chave: imaginação motora, AVD's, estimulação magnética transcraniana, reabilitação

ABSTRACT

Motor imagery is sufficient to increase cortical excitability. However, is the imagination of daily living activities (DLA's) sufficient to modulate this cortical excitability? **OBJECTIVE:** This study investigated how practice of imagination of DLA's changes cortical excitability. **METHODS:** Ten healthy subjects were submitted to transcranial magnetic stimulation (TMS) over primary motor cortex area of the hand to get the motor evoked potentials (MEPs) of the abductor digiti minimi of the right hand. TMS was applied in three conditions: resting condition (RC), imagery condition (IC) and motor condition (MC) before and after the subjects received a training session of imagination of a DLA (reach out and grab a bottle of water) in different contexts with a duration of thirty minutes. Were estimated: threshold of motor response at rest (TMR), recruitment curve of the MEPs and cortical silent period (CSP). **RESULTS:** We verified that there were no statistically significant differences when comparing the TMR pre-intervention (PI) and post-intervention (POI). We observed statistically significant differences in the amplitude of MEPs either in PI or POI. We also verified that only with a stimulus intensity of -10% of the TMR we see statistically significant differences in amplitude of MEPs in all conditions (RC, IC and MC) after the intervention program with imagination of DLA's. Finally, there were no changes in the CSP after the intervention program. **CONCLUSION:** The results indicate that a training program with DLA's imagination through an audio recording increases corticospinal excitability verifiable only to the stimulation intensity of -10% of the TMR.

Keywords: motor imagery, DLA's, transcranial magnetic stimulation, rehabilitation

ÍNDICE

RESUMO	4
ABSTRACT	5
ÍNDICE DE TABELAS	8
ÍNDICE DE GRÁFICOS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
LISTA DE ABREVIATURAS	11
Introdução.....	13
Capítulo I.....	15
I - Enquadramento teórico.....	16
1.1. Tipos de Imaginação Motora	16
1.2. Semelhanças entre a execução e a imaginação motora.....	17
1.3. Aprendizagem motora e a imaginação motora	18
1.4. Imaginação motora um instrumento para a reabilitação motora – evidência clínica 19	
1.5. Imaginação motora e a reorganização neural.....	21
1.6. Relação entre o córtex motor primário e a imaginação motora	24
1.7. Imaginação de movimentos analíticos vs. AVD's	25
Capítulo II	28
II - Metodologia	29
2.1. Questão Orientadora	29
2.2. Objectivo do estudo	29
Objectivos específicos.....	29
2.3. Tipo de estudo	30
2.4. Hipótese do estudo.....	30
2.5. Participantes.....	30
2.6. Variáveis do estudo	32
2.6.1. Variáveis dependentes.....	32
2.6.2. Variável independente.....	32
2.7. Instrumentos de medida.....	34
2.7.1. Estimulação Magnética Transcraniana.....	34
2.7.2. Dados Electromiográficos	35
2.8. Procedimentos	35

2.8.1. Procedimentos para a Autorização do Estudo.....	35
2.8.2. Procedimentos da Implementação do Estudo.....	36
2.8.3. Procedimentos Experimentais	36
2.8.4 Intervenção	38
2.8.5 EMT - Medidas de Excitabilidade Motora.....	38
2.8.6 Procedimentos de Análise de Dados	40
Capítulo III	41
III – Resultados	42
Capítulo IV	52
IV – Discussão	53
Capítulo V	56
V – Conclusões.....	57
Bibliografia.....	59
APÊNDICES	71
APÊNDICE 1	72
ANEXOS.....	74
ANEXO 1	75

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela - 1: Caracterização sócio-demográfica dos participantes

Tabela 2 – Comparação das médias do LMR obtidos na CPI e na CPOI

Tabela 3 – Valores médios da amplitude dos PEMs por diferentes intensidades de estímulo por EMT em função das condições experimentais (CR, CI, CM) antes e após o período de intervenção (CPI e CPOI)

Tabela 4 – Comparação dos valores médios da amplitude dos PEMs por diferentes intensidades de estímulo por EMT na condição de repouso

Tabela 5 – Comparação dos valores médios da amplitude dos PEMs por diferentes intensidades de estímulo por EMT na condição de imagética

Tabela 6 – Comparação dos valores médios da amplitude dos PEMs por diferentes intensidades de estímulo por EMT na condição motora

Tabela 7 – Comparação das médias do PSC entre as diferentes condições experimentais na CPI e naCPOI

Tabela 8 – Comparação dos valores médios do PSC na CPI e CPOI

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N.º 1 – Valores da amplitude (média/desvio padrão) por diferentes intensidades de estímulo por EMT – CPI

Gráfico N.º 2 – Valores da amplitude (média/desvio padrão) por diferentes intensidades de estímulo por EMT – CPOI

Gráfico N.º 3 – Comparação da amplitude (média±desvio padrão) entre a CRpi e a CRpoi

Gráfico N.º 4 – Comparação da amplitude (média±desvio padrão) entre a CIpi e a CIpoi

Gráfico N.º 5 – Comparação da amplitude (média±desvio padrão) entre a CMpi e a CMpoi

Gráfico N.º 6 – Comparação do PSC (média±desvio padrão) entre a CPI e a CPOI

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo dos PEMs obtidos de um participante à intensidade de 30% acima do LMR na CIpi

Figura 2 – Exemplo dos PEMs obtidos de um participante à intensidade de 30% acima do LMR na CIpoi

LISTA DE ABREVIATURAS

AMP – “Amplitude”

AVD's – “Actividades da Vida Diária”

AVC – “Acidente Vascular Cerebral”

EMT – “Estimulação Magnética Transcraniana”

EMG – “Electromiografia”

LMR – “Limiar Motor em Repouso”

PSC – “Período de Silêncio cortical”

CR – “Condição de Repouso”

CI – “Condição de Imagética”

CM – “Condição Motora”

Cpi – “Condição pré- intervenção”

Cpoi – “Condição pós-intervenção”

CRpi – “Condição de Repouso Pré-Intervenção”

CIpi – “Condição de Imagética Pré-Intervenção”

CMpi – “Condição Motora Pré-Intervenção”

CRpoi – “Condição de Repouso Pós-Intervenção”

CIpoi – “Condição de Imagética Pós-Intervenção”

CMpoi – “Condição Motora Pós-Intervenção”

Lat – “Latência”

PEMs – Potenciais Evocados Motores

SNC – “Sistema Nervoso Central”

INTRODUÇÃO

Introdução

Os humanos podem imaginar quase tudo. Podem imaginar objectos, ou situações que não existem. Ou, mentalmente, executar acções que na realidade estariam impossibilitados fisicamente. Embora este poder imaginativo possa ser usado no domínio visual, auditivo e táctil pode também ser usado no domínio do movimento – imaginação motora (Mulder, 2007).

Esta técnica pode ser definida como um método de treino que promove a repetição cognitiva de actividades com o objectivo de melhorar a sua performance e durante a qual, o movimento não é produzido fisicamente mas na imaginação do indivíduo (Stevenson *et al.*, 2007).

Vários estudos têm demonstrado que a imaginação motora é sujeita às mesmas regras e constrangimentos que o movimento físico incluindo: as reacções autonómicas (Decety *et al.*, 1991), as restrições cinemáticas (Sirigu *et al.*, 1995), as propriedades temporais (Decety *et al.*, 1989) e os efeitos na execução motora da tarefa (Yue & Cole, 1992). Sendo, esta, uma técnica eficaz na aquisição de novas capacidades (Pascual-Leone *et al.*, 1995) e na recuperação motora após o AVC (Malouin *et al.*, 2004; Page *et al.*, 2007).

As semelhanças funcionais entre o movimento real e a imaginação motora são também evidentes a nível dos substratos neurais, abrangendo o córtex motor primário (Ehrsson *et al.*, 2003).

Um paradigma experimental fundamental para avaliar a actividade do córtex motor primário durante a imaginação motora é a EMT. Esta tem sido usada para mostrar que a excitabilidade do córtex motor primário aumenta durante a imaginação motora cinestésica, alterando também as características temporais e espaciais da mesma forma que a execução do movimento (Hashimoto & Rothwell, 1998; Facchini *et al.*, 2002).

Este método não invasivo, usado para estimulação de cérebro, tem a vantagem de ter um melhor tempo de resolução, possibilitando estimular pequenas áreas do cérebro (Rosler, 2001). Apoiados pela EMT, Stinear & Byblow (2003) e Li *et al.* (2004), verificaram que a imaginação motora aumenta a excitabilidade corticoespinal, sendo manifestada pela diminuição do limiar motor e por aumento da amplitude da resposta dos PEMs. Também Fourkas *et al.* (2006) usando a EMT demonstraram que a imaginação motora aumenta a excitabilidade corticoespinal no córtex motor primário na área correspondente à representação do músculo envolvido na prática mental do movimento. O termo

“excitabilidade corticoespinal” refere-se à excitabilidade de todas as estruturas/vias envolvidas na geração de respostas à EMT (Li, 2007).

Muitos dos estudos com EMT verificaram que a imaginação motora de movimentos analíticos aumenta a excitabilidade cortical em indivíduos normais (Rossini *et al.*, 1999; Li *et al.*, 2004; Li, 2007; Ganis *et al.*, 2000; Fadigga *et al.*, 1999), mas pouco se sabe sobre de que forma a imaginação motora de AVD’s afecta a função cortical (Takahashi *et al.*, 2005). Também não há referência sobre que actividades/movimentos são mais susceptíveis de aumentar a excitabilidade cortical durante a imaginação motora.

Partindo da investigação de Szameitat *et al.* (2007), a vantagem de utilizar AVD’s na imaginação motora prende-se com a capacidade do indivíduo gerar uma imaginação motora vivida e percebida na primeira pessoa. Braun *et al.* (2008) enfatizam a importância da tarefa a ser imaginada, acrescentando a necessidade de se incorporar as AVD’s nos programas de imaginação motora, uma vez que, facilitam a contextualização da tarefa e motivam o indivíduo. Roosink & Zijdwind (2010) defendem que, durante a imaginação motora, a activação cerebral aumenta em tarefas mais complexas quando comparado com tarefas simples. Assim, o objectivo deste estudo é investigar os efeitos da prática da imaginação motora de AVD’s na alteração da excitabilidade cortical. Admite-se assim a seguinte hipótese: em indivíduos saudáveis uma sessão de treino de imaginação motora de AVD’s modula a excitabilidade cortical. Para tal desenvolveu-se um estudo experimental, com uma amostra de conveniência controle de si própria.

O programa de intervenção tem por base os estudos realizados por Page *et al.* realizados em 2005, 2007 e 2009.

A redacção deste trabalho encontra-se dividida em cinco partes distintas: o capítulo I, apresenta o enquadramento teórico realizado para suporte deste estudo, centrando-se no conhecimento prático da imaginação motora; o capítulo II, descreve a metodologia utilizada, em termos de desenho de estudo, amostra seleccionada e procedimentos efectuados; o capítulo III, apresenta os resultados encontrados; o capítulo IV, discute os resultados encontrados face à revisão da literatura efectuada e o capítulo V, apresenta a conclusão do estudo em função dos resultados e das limitações encontradas, com reflexão e sugestões para estudos futuros.

Capítulo I

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

I - Enquadramento teórico

1.1. Tipos de Imaginação Motora

A imaginação motora é um estado dinâmico durante o qual a representação de uma acção motora específica é internamente activada sem qualquer *output* motor. Por outras palavras, de acordo com Lotze e Cohen (2006) esta requer uma activação consciente das regiões cerebrais que estão envolvidas na preparação, execução e desenvolvimento do movimento com inibição voluntária do movimento actual.

A imaginação motora pode ser dividida em imaginação motora cinestésica e imaginação motora visual. Na primeira, o sujeito tem o sentimento que está actualmente a executar o movimento com todas as consequências sensoriais (perspectiva na primeira pessoa). Na segunda, o sujeito observa-se a si próprio a executar o movimento mas a uma certa distância (perspectiva na terceira pessoa) (Callow & Hardy, 2004).

Stinear *et al.* (2006), demonstraram que a imaginação motora cinestésica é mais efectiva para a aprendizagem motora que a imaginação motora visual, uma vez que, modula a excitabilidade corticomotora, particularmente a nível supra-espinhal. Este resultado é interessante uma vez que indica, que não só a área mas também o grau de activação depende do tipo de imaginação executada.

Fery (2003) estudou estes dois tipos de imaginação motora. A aprendizagem de tarefas motoras que envolvam *timing* e coordenação das duas mãos, são melhoradas com imaginação na perspectiva na primeira pessoa. Tarefas que visem precisão e enfatizem a forma dos objectos, são mais facilitadas com a imaginação na perspectiva na terceira pessoa.

Guillot *et al.* (2008) verificaram que a imaginação motora visual activa predominantemente as regiões occipitais e o lobo parietal superior. Enquanto que, a imaginação motora cinestésica activa principalmente as estruturas motoras associadas e o lobo parietal inferior.

Solokin *et al.* (2004), quando comparou a activação neural da imaginação motora visual com a imaginação motora cinestésica apenas observou activação do córtex motor primário durante esta última. Nomeadamente, organização somatotópica e lateralização.

Vários factores influenciam a decisão sobre o tipo de imaginação a utilizar na terapia. O primeiro é que a imaginação do movimento humano depende da relação dinâmica entre o indivíduo, o movimento e o ambiente (Stevens, 2005). Também a perspectiva imagética deve ser determinada pela natureza da tarefa, o ambiente e as características individuais.

Considerando que a separação entre imaginação visual e cinestésica é altamente artificial, talvez mesmo académica, a aplicação das duas parece ser apropriada para quase todos os indivíduos (Callow & Hardy, 2004).

1.2. Semelhanças entre a execução e a imaginação motora

Na última década, a investigação do controlo motor através de estudos de neuroimagem e psicofisiológicos, mostrou que existem estreitas semelhanças entre os movimentos reais e os imaginados. Estas descobertas, levaram a uma posição teórica denominada por “hipótese de simulação” (Jeannerod, 2001). Esta hipótese sugere que, o movimento manifestado e o movimento simulado são essencialmente baseados nos mesmos processos. A execução motora, a imaginação motora e a observação da acção são conduzidos pelos mesmos mecanismos, considerando-se operações *offline* das áreas motoras cerebrais (Vries & Mulder, 2007).

Esta hipótese é baseada em duas linhas de evidência. Primeiro, foi demonstrado que existem semelhanças no domínio comportamental. Por exemplo, o tempo que demora a completar um movimento imaginado é similar ao tempo necessário para a execução actual do mesmo; este fenómeno é conhecido por isocronia mental (Mulder, 2007). Parsons *et al.* (1995) verificaram que a imaginação motora parece respeitar as restrições biomecânicas normais dos movimentos reais, indicando que as tarefas não são completadas meramente pela imaginação visual, mas resolvidas pela imaginação do movimento do próprio braço e mão.

A segunda linha de evidência mostra que o sistema neural, usado para o controlo da acção, é de facto activado durante a imaginação destas acções (Vries & Mulder, 2007). Vários estudos de neuroimagem têm demonstrado as semelhanças a nível neural (Jackson *et al.*, 2001). As áreas do sistema neural, que frequentemente se referem estar envolvidas na imaginação motora, são áreas relacionadas com funções de planeamento e controlo dos movimentos onde se incluem também o córtex pré-motor, o córtex pré-frontal dorsolateral, o córtex frontal inferior, o córtex parietal posterior, o cerebelo e os gânglios da base (Jeannerod, 2001).

A imaginação motora também produz alterações do sistema autónomo semelhantes às produzidas pela execução do movimento (Decety *et al.*, 1993). Estes autores verificaram que durante a prática mental, tanto a frequência cardíaca como respiratória, aumentavam imediatamente após o início do treino mental. Este aumento era proporcional ao exercício

simulado mentalmente. Concluindo, que a activação autonómica durante a acção imaginada pertence a um fenómeno mais geral de preparação para a acção.

Um recente estudo de Gentili *et al.* (2006), comparou separadamente a imaginação motora e o treino motor e verificou uma melhoria da performance em ambos quando comparados com o grupo de controlo. Li *et al.* (2009) defendem que existe uma interacção dinâmica entre o movimento imaginado e o movimento voluntário.

Apesar das marcadas similaridades referidas entre a imaginação motora e a execução do movimento, Rodriguez *et al.* (2008) verificaram que a capacidade de imaginação motora em produzir simulações “realistas” de movimento não é mesma para todas as tarefas. A congruência entre a imaginação motora e o movimento real é muito mais alta nas tarefas complexas que necessitem de supervisão consciente e atenção. Já a imaginação motora de movimentos simples evidencia uma baixa congruência com o movimento real, podendo ser consequência da activação de mecanismos automáticos.

Embora existam diferenças entre a observação da acção, a execução e a imaginação motora, pensa-se que existe um sistema geral envolvido na representação das acções do nosso corpo. Tem sido proposto que os neurónios espelho desempenham um papel crucial neste processo (Vries & Mulder, 2007).

1.3. Aprendizagem motora e a imaginação motora

A imaginação motora é uma estratégia cognitiva dirigida a um objectivo, controlável conscientemente, sendo teorizada para suportar a aprendizagem de capacidades motoras (McEwen *et al.*, 2009). A prática mental é uma estratégia recomendada para aumentar a transferência de capacidades e consequentemente a funcionalidade e participação (Geusgens *et al.*, 2006).

A imaginação motora pode ter um papel importante na reaprendizagem do controlo motor (Mulder, 2007). No desporto e outras actividades físicas, o efeito da aprendizagem através da imaginação motora está bem documentado. Deste modo, num estudo desenvolvido por Cumming & Hall (2000) numa população de 159 atletas, foi demonstrado que a imaginação motora é um instrumento útil para a melhoria de performance em atletas de elite.

Zijdewind *et al.* (2003) verificaram que a prática mental da actividade dos membros inferiores, aumenta significativamente o torque produzido pelos flexores plantares e esta melhoria, não é resultado de um efeito não específico motivacional.

As tarefas a imaginar podem decorrer em qualquer contexto que seja relevante para o indivíduo. Esta não é uma observação trivial, uma vez que, a literatura da aprendizagem motora refere que deve existir um certo nível de equivalência entre a aprendizagem, o contexto do treino e o contexto da aplicação (Mulder, 2007).

Um estudo realizado por Guillot *et al.* (2008), comparou através da ressonância magnética funcional indivíduos normais, com boa e pobre capacidade de imaginação motora, na execução mental de uma sequência de movimento dos dedos. Os resultados demonstraram que ambos os grupos activavam os lobos parietais inferiores e superiores, assim como, regiões motoras relacionadas, incluindo o córtex pré-motor lateral e interno, o cerebelo e o putâmen. No entanto, o grupo com maior capacidade de imaginação motora, evidenciava maior actividade nas regiões parietal e pré-motora, que como se sabe têm um papel importante na geração de imagens mentais. Pelo contrário, o outro grupo recrutava o cerebelo e o córtex orbito-frontal e posterior. Estes resultados comprovam que, o grupo com pobre capacidade de imaginação motora, não só recruta o sistema corticoestriato como compensa com o sistema corticocerebeloso, durante a imaginação motora de movimentos sequenciais.

1.4. Imaginação motora um instrumento para a reabilitação motora – evidência clínica

Vários estudos têm sido publicados mostrando os efeitos positivos da imaginação motora na aprendizagem de tarefas motoras e na performance do movimento (Dickstein & Deutsch, 2007). A corrente de evidência clínica, sugere que a prática da imaginação motora providência um benefício adicional à fisioterapia e terapia ocupacional convencional (Zimmerman-Schlatter *et al.*, 2008).

Page *et al.* (2000) realizaram um estudo para testar os benefícios da imaginação motora em pacientes com AVC (entre os 2 e 11 meses de evolução). Oito pacientes com hemiparésia do membro superior direito realizaram um programa de treino, consistindo em imaginação motora e terapia ocupacional, durante quatro semanas. Os resultados foram comparados com 8 pacientes do grupo de controlo que apenas receberam terapia ocupacional. A função do membro superior foi avaliada pela escala Fugl-Meyer. Os pacientes que receberam o programa combinado obtiveram melhores resultados que o grupo de controlo.

Num estudo experimental randomizado realizado por Liu *et al.* (2004) investigou-se a reaprendizagem de tarefas funcionais como o trabalho doméstico, cozinhar e fazer compras, usando a imaginação motora. A população em estudo era composta por indivíduos com AVC,

que após 15 sessões práticas, obtiveram resultados significativos nas tarefas comunitárias e domésticas. Estes ganhos foram transferidos para 5 actividades não praticadas, que demonstraram que a imaginação motora pode ser utilizada como estratégia de treino para promover a reaprendizagem de AVD's em pacientes com AVC agudo. O processo de imagética parece melhorar o planeamento e a execução das tarefas treinadas e não treinadas. Conclui-se que a imaginação motora pode ajudar os pacientes a reter e a generalizar os conhecimentos e as tarefas, aprendidos no programa de reabilitação.

Crosbie *et al.* (2004) averiguaram a prática da imaginação motora em tarefas de alcançar e agarrar objectos, combinada com a terapia habitual. A amostra era constituída por 10 pacientes com AVC crónico. Ao fim de 2 semanas de treino 7 pacientes melhoraram significativamente na escala Motricity Index, pelo que os autores concluíram que a prática mental, aliada à fisioterapia, melhora a função do membro superior afectado.

Outro estudo foi desenvolvido por Dijkerman *et al.* (2004) que avaliaram a eficácia de um programa de treino com imaginação motora para recuperar a função do membro superior parético em AVC's crónicos realizado no domicílio. De uma amostra de 20 pacientes, 10 realizaram a prática mental de pegar e transportar pequenos cubos de um recipiente para outro, 5 praticaram imagética visual de uma série de figuras e os outros 5 pacientes não praticaram nenhum tipo de imaginação motora. Apenas existia uma tarefa comum a todos os pacientes, que correspondia a mover pequenos objectos com o membro superior afectado. No final do estudo, os autores concluíram que o treino com imaginação motora sem supervisão em casa, pode melhorar a performance apenas das tarefas treinadas.

Page *et al.* (2005) efectuaram outro estudo com 6 pacientes com AVC crónico. O treino decorreu durante 6 semanas. O grupo experimental recebeu um programa combinado de imaginação motora e prática física, e o grupo de controlo recebeu um programa de prática física e relaxamento. Os resultados demonstraram que o grupo experimental melhorou na função do membro superior parético, concluindo que a imaginação motora pode ter um papel terapêutico efectivo, mesmo em pacientes com mais de um ano de evolução.

Em 2007, Page *et al.*, realizaram um estudo semelhante ao anterior com AVC's crónicos, mas com uma amostra de 32 pacientes. O grupo experimental recebeu um programa de imaginação motora baseado nas AVD's com a prática física. O grupo de controlo recebeu um programa de treino combinando a prática física com o relaxamento. Os resultados indicaram que o grupo experimental obteve uma redução nas limitações no membro superior parético e melhorou a função nas AVD's.

Simmons *et al.* (2008) efectuaram um estudo piloto com os seguintes objectivos: estimar a proporção de pacientes com AVC sub-cortical que realizavam imaginação motora caótica; explorar a fiabilidade do treino com imaginação motora em termos de intensidade de dose diária; examinar os efeitos da imaginação motora na destreza manual; verificar o aumento da força do membro superior e, por último, observar a qualidade do movimento e a capacidade funcional. De uma amostra de 10 pacientes, que realizaram imaginação motora de AVD's durante 10 dias consecutivos, 4 pacientes foram incapazes de realizar o treino de imaginação motora. A opinião destes era positiva sobre o conteúdo e dose diária (2 períodos separados de imaginação motora alternados por 10 minutos de repouso) e todos melhoraram os *scores* nos diversos instrumentos de medida aplicados. Desta forma, os investigadores concluíram que o treino de imaginação motora era recebido positivamente pelos pacientes, mas 40% destes eram incapazes de executar imaginação motora e foram encontradas variações individuais na função motora.

Outros estudos demonstraram os benefícios da imaginação motora na recuperação após o AVC. No entanto, os métodos e os desenhos de investigação usados variam consideravelmente sendo extremamente difícil e arriscado compará-los (Vries & Mulder 2007).

Uma recente revisão sistemática examinou os estudos efectuados com a imaginação motora concluindo que mais trabalho é necessário nesta área, especificando claramente a definição dos protocolos, standardizando as medidas de resultados e os *guidelines* a usar, para estabelecer o formato e os conteúdos da imaginação motora na reabilitação dos pacientes com AVC (Braun *et al.*, 2006).

1.5. Imaginação motora e a reorganização neural

A imaginação motora em pessoas saudáveis parece ser suficiente para promover a modulação de circuitos neurais, levando às mesmas alterações plásticas no sistema motor que a prática física repetida (Ietswaart *et al.*, 2006).

Neste momento, existe uma ampla evidência sugerindo que a imaginação motora e a execução motora partilham as mesmas redes neuronais (Gerardin *et al.*, 2000). Lafleur *et al.* (2002) demonstraram que a plasticidade cerebral que ocorre durante a prática física é reflectida durante a imaginação motora. Esta relação é chamada de “equivalência funcional” (Holmes & Collins, 2001). No entanto, os substratos neurais que medeiam os dois tipos de

imaginação motora e os que são activados durante a prática física da mesma acção, não são totalmente sobrepostos (Solodkin *et al.*, 2004).

Lacourse *et al.* (2004), utilizando a ressonância magnética funcional, mostraram que a imaginação motora activa o córtex sensorial, a área motora suplementar, a área pré-motora e o cerebelo. A activação das vias da área primária durante a imaginação motora, mostrou benefícios na excitabilidade cortical (documentada através de estimulação magnética transcraniana), expressa por uma diminuição do LMR e um aumento da amplitude dos PEMs e uma redução da inibição intra-cortical (Dechent *et al.*, 2004).

Os estudos realizados com EMT em sujeitos saudáveis, evidenciaram uma modelação da excitabilidade corticoespinhal durante os movimentos imaginados. Também mostraram um padrão dinâmico de excitabilidade do córtex motor, que ao ser alterado durante a imaginação do movimento, era similar ao observado quando se executavam as actividades (Stinear, 2003; Levin *et al.*, 2004; Vargas *et al.*, 2004; Léonard & Tremblay, 2007).

Stippich *et al.* (2002) demonstraram que a imaginação de diferentes partes do corpo (pés, mãos e língua), activa o sulco pré-central de forma somatotópica. Resultados similares, foram observados por Ehrsson *et al.* (2003) que mostraram que a imaginação de movimentos dos dedos, da língua e dos dedos dos pés activa de maneira somatotópica áreas organizadas do córtex motor primário de uma forma sistemática, o que significa que a imaginação dos movimentos dos dedos da mão activa a área dos dedos da mão e a imaginação dos dedos dos pés activa a área do pé na parte posterior da área motora suplementar. Estes dados sugerem, que a parte do corpo imaginada é reflectida mais ou menos directamente no padrão de activação cortical.

Estes resultados estão em concordância com um estudo prévio, desenvolvido por Fadiga *et al.* (1999) que verificaram que a imaginação motora influencia a excitabilidade corticoespinhal de forma bastante específica. Por exemplo, a prática mental da flexão do antebraço aumenta os PEMs do bicípite braquial (agonista), mas não durante a extensão do antebraço, onde este músculo actua como antagonista. Assim, a imaginação motora não leva a uma generalizada excitação muscular mas a um padrão de activação específico.

Também Facchini *et al.* (2002) mostraram efeitos facilitatórios nos PEMs apenas no abductor do polegar, durante a imaginação motora da abdução do polegar e nenhuma actividade no primeiro interósseo dorsal. Um outro estudo elaborado por Li (2004) mostrou que os indivíduos eram capazes de distinguir os dedos durante a imaginação motora de tarefas que envolvessem a produção de força. Considerando a existência de múltiplas representações

dos dedos, que estão altamente interconectadas no córtex motor (Schieber & Hibbard, 1993), a capacidade de imaginar movimentos dos dedos de forma individual, sugere que os centros neurais e vias motoras estão especificamente activas durante a imaginação motora.

Contrariamente ao estudo anterior, Stinear & Byblow's (2004) verificaram que existe um aumento na amplitude dos PEMs, tanto no primeiro interósseo dorsal como no abdutor do polegar do mesmo lado, durante a imaginação motora de uma tarefa apenas realizada com o dedo indicador. Estes resultados podem ser plausíveis devido à existência de múltiplas representações motoras no córtex motor, especialmente para os músculos da mão (Li, 2007).

Num estudo realizado por Cicinelli *et al.* (2006), foi utilizada a EMT numa população de pacientes hemiparéticos agudos, para determinar a representação do abdutor do quinto dedo no hemisfério afectado e no hemisfério não afectado, durante o período de repouso, durante a execução da imaginação motora e quando contraíam o músculo voluntariamente. A imaginação motora aumenta a área e o volume da representação cortical do abdutor do quinto dedo em ambos os hemisférios, de tal forma que, parcialmente corrige a assimetria anormal do *output* motor entre os dois hemisférios na condição de repouso. Estas conclusões demonstram que a imaginação motora aumenta significativamente a excitabilidade cortical no hemisfério afectado.

Kasai *et al.* (1997) investigaram a excitabilidade dos motoneurónios durante a imaginação motora usando a EMT e o reflexo H. Assim, durante a imaginação da flexão do punho, verificaram um aumento da amplitude dos PEMs do flexor radial do punho e nenhuma alteração no reflexo H. Posteriormente, concluíram que um comando motor interno pode activar com precisão a excitabilidade cortical com nenhuma alteração a nível da excitabilidade espinal.

Contrariamente, Li *et al.* (2004) mostraram que a imaginação motora tem efeito na excitabilidade dos reflexos espinais. Os participantes deste estudo mantendo os dedos da mão em estiramento eram orientados a imaginar um estiramento máximo dos mesmos. Os resultados obtidos, demonstraram que as respostas electromiográficas do estiramento muscular associado à imaginação motora, eram maiores em comparação com o estiramento muscular sem imaginação motora. Estes dados, suportam a ideia que a imaginação motora está relacionada com uma activação sub-limiar dos motoneurónios e interneurónios espinais.

Também foi mostrado que a imaginação motora pode facilitar a aquisição de uma nova tarefa. Este dado revela activação significativa no córtex orbitofrontal medial direito, tanto na sequência executado, como na sequência imaginada, sugerindo que a aprendizagem teve lugar na zona frontal durante a imaginação motora (Butler & Page, 2006).

A área motora suplementar e o córtex pré-motor desempenham um papel predominante no planeamento, produção e execução de tarefas motoras complexas. Mulder *et al.* (2004) argumentaram que os resultados obtidos após a prática mental não podem ser atribuídos a alterações neurais ao nível da execução, mas devem ser explicados em termos de alterações do nível de planeamento e programação do sistema motor.

As acções imaginadas elicitam as mesmas respostas vegetativas que uma acção física, e o tempo necessário, para mentalmente executar essas acções, é idêntico ao tempo necessário para as executar fisicamente, sugerindo-se assim que os mesmos substratos neurais são activados (Hummel & Cohen, 2006).

1.6. Relação entre o córtex motor primário e a imaginação motora

A imaginação motora, como preparação para o movimento imediato, provavelmente envolve as áreas cerebrais motoras da execução, incluindo o córtex motor primário. Esta região tem uma função significativa no processamento sensorial com o objectivo de preparar a geração do movimento (Georgopoulos, 2000).

O córtex motor primário tem um papel proeminente na execução do movimento. É nesta área que todas as computações preparatórias para o movimento são talhadas e o comando é enviado à via corticoespinhal e outras áreas (Dietrich, 2008). É então de esperar, uma menor activação do córtex motor primário durante a imaginação motora quando comparado com o movimento real (Hanakawa *et al.*, 2003; Lotze *et al.*, 1999; Porro *et al.*, 2000).

Outros estudos, usando a EMT, revelaram uma maior activação do córtex motor primário numa variedade de tarefas motoras (Facchini *et al.* 2002; Fadiga *et al.*, 1999; Hashimoto & Rothwell, 1997). Takahashi *et al.* (2004), assumem que a imaginação motora activa o córtex motor primário pela condução do *input* através da via corticotalâmica, porque concordam que a imaginação motora tem a mesma preparação motora que o movimento real, usando as mesmas vias neurais.

Estes resultados extrapolam-nos para uma visão alternativa do córtex motor primário com funções mais cognitivas, em vez de ser uma área mais centrada na produção do movimento (Sanes & Donoghue, 2000). Esta região revela actividade antecipatória para a sequência do movimento, recebendo *input* dos fusos musculares e a sua parte posterior é especialmente modulada por processos relacionados com a atenção (Munzert *et al.*, 2009).

Vargas *et al.* (2004) demonstraram que a posição da mão durante a imaginação motora influencia os PEMs. Foi pedido aos participantes do estudo para posicionarem as mãos de modo compatível e incompatível com o movimento a imaginar. Os resultados revelaram uma interacção significativa (maior excitabilidade cortical) no grupo em que havia compatibilidade entre a condição imaginada e a posição da mão. Como os autores indicam, a activação do córtex motor primário não é resultado de um mero processo inibitório, prevenindo os aferentes de produzir a execução motora. Acrescentam também, que a imaginação motora não é um processo total de *off-line* motor, devido à sua sensibilidade ao processo aferente como na congruência entre a posição da mão actual e imaginada.

Apesar de ser ainda difícil determinar a contribuição de diferentes sub-processos cognitivos da imaginação motora para a activação do córtex motor primário, é de referir que, particularmente o processo de preparação, que envolve a imaginação motora, tenha um impacto significativo na activação do córtex motor primário (Johnson *et al.*, 2002). Como relatam Vries & Mulder (2007), o córtex motor primário não está directamente envolvido na imaginação motora podendo ser activado pela imaginação motora, mas a sua actividade não é necessária para a representação precisa do movimento.

Por último, convém referir que o papel do córtex motor primário na imaginação motora mantêm-se um assunto de debate que requer mais investigação (Vries & Mulder, 2007).

1.7. Imaginação de movimentos analíticos vs. AVD's

Alguns autores defendem que a familiaridade com a tarefa é um pré-requisito para o sucesso da imaginação motora (Dickstein & Deutsch, 2007; Malouin & Richards, 2010). A capacidade de criar imagens mentais de experiências anteriormente vividas, influencia largamente os resultados observados após a imaginação motora (Guillot *et al.*, 2008).

Mulder *et al.* (2004) demonstraram que indivíduos podiam aprender a abduzir o dedo grande do pé, sem mover os outros dedos, através da imaginação motora. Concluíram ainda que apenas os indivíduos que já apresentavam alguma capacidade de abdução do dedo grande tiveram resultados positivos. Estes resultados sugerem que a representação do movimento já deve existir para a imaginação motora ser efectiva. Assim, os autores advertem que se deve evitar a prática mental de tarefas motoras completamente novas.

É plausível assumir que as AVD's envolvam muitos e diferentes músculos, e as áreas corticais envolvidas na imaginação motora destes movimentos se sobreponham

consideravelmente. No entanto, diferentes tipos de movimentos, como aqueles que envolvem todo o corpo ou os membros superiores, apontaram uma organização homuncular no córtex somatosensorial (Stippich *et al.*, 2002). Isto sugere que as AVD's podem activar muito especificamente diferentes áreas corticais (Szameitat *et al.*, 2007).

A noção de que a efectividade da imaginação motora está relacionada com a familiaridade das tarefas motoras deve ser considerada na selecção dos indivíduos, no planeamento e na intervenção (Dickstein & Deutsch, 2007). A prática da imaginação motora de AVD's leva o indivíduo para o seu “mundo real”, sendo mais apropriada para melhorar a função que a imaginação motora de actividades laboratoriais (Woldag & Hummelsheim, 2002). Liu *et al.* (2004) verificaram os efeitos positivos do uso da imaginação motora na reaprendizagem e execução de AVD's.

Os indivíduos devem ser capazes de escolher cuidadosamente as actividades em que querem melhorar. Como a técnica da imaginação motora pode ser usada fora do ambiente físico da reabilitação, e preferencialmente no seu próprio ambiente doméstico, é importante que seja ensinada correctamente e incorporada nas AVD's (Braun *et al.*, 2007). Assim, aumenta a autonomia e independência do indivíduo no processo de reabilitação sendo, um aspecto importante nos cuidados centrados no cliente (Braun *et al.*, 2007).

Muita da evidência neuroanatômica observa a influência da imaginação motora com movimentos analíticos, como a flexão/extensão dos dedos e a oponência do polegar. Pascoal-Leone *et al.* (1995) demonstraram que a imaginação motora do movimento simples dos dedos, resulta nas mesmas alterações reorganizacionais que a prática física. Ehrsson *et al.* (2003), mostraram que a imaginação de diferentes partes do corpo activam as áreas somatotópicas de maneira sistemática, ou seja, excita mais ou menos o padrão de activação cortical. Deste modo, a imaginação motora não leva a uma activação muscular generalizada, mas à activação central de padrões de movimento específicos (Mulder, 2007).

Os mecanismos supra-espinais, subjacentes à imaginação motora, envolvem o aumento selectivo na excitabilidade das representações no córtex motor primário dos músculos alvo (Stinear & Byblow, 2003). A facilitação dos PEMs pela imaginação motora, parece estar largamente limitada aos músculos alvo (Rossini *et al.*, 1999). No antebraço, a facilitação dos PEMs durante a prática mental foi demonstrada durante o movimento de extensão/flexão do punho (Rossi *et al.*, 1998; Hashimoto & Rothwell, 1999). Outros autores demonstraram modulações específicas nos PEMs obtidos a partir dos músculos intrínsecos da mão. A imaginação da abdução, tanto do segundo como do quinto dedo, produz facilitação dos PEMs obtidos a partir do abductor do quinto dedo e do primeiro interósseo dorsal (Rossini

et al., 1999). Similarmente, a imaginação motora do fecho da mão, produz facilitação dos PEMs obtidos a partir do oponente do polegar, enquanto que a imaginação da abertura da mão não (Fadiga *et al.*, 1999).

É necessário, contudo, ter atenção quando se solicita a imaginação de movimentos analíticos, tal como verificou Hanakawa *et al.* (2003). Se for pedido para imaginar uma sequência de movimentos dos dedos da mão, associada à visualização de números, os indivíduos movem os dedos face aos números apresentados, encorajando o uso de técnicas alternativas, particularmente a contagem, enviesando os efeitos da imaginação motora.

Roosink & Zijdwind (2010) avaliaram a excitabilidade corticoespinal durante a observação, a imaginação motora e o movimento real de uma tarefa simples e de uma tarefa complexa usando a EMT. Concluíram que as tarefas complexas levam a uma maior excitabilidade corticoespinal em comparação com as tarefas simples durante a observação e a imaginação motora.

Szameitat *et al.* (2007) verificaram que a imaginação de AVD's recruta uma rede cortical, consistindo no córtex pré-motor lateral e interno bilateral, no córtex parietal superior e inferior e gânglios da base. Estes resultados estão de acordo com outros estudos anteriores de imaginação motora relacionados com movimentos analíticos, mostrando a generalização dos movimentos simples para os complexos (AVD's). Assim, a imaginação motora de AVD's activa a rede cortical de forma similar à imaginação motora de movimentos analíticos dos dedos da mão.

No sentido de facilitar a prática mental devem ser considerados alguns factores. Primeiro, acções desconhecidas são mais difíceis de imaginar que tarefas simples e familiares. Segundo, actividades fechadas são mais simples de praticar que actividades abertas (Grouios, 1992). Terceiro, quanto maior a repetição da prática mental melhor os resultados da performance motora (Driskell, Copper & Moran, 1994). E, em quarto, a vantagem de utilizar AVD's na imaginação motora prende-se com a capacidade do paciente gerar uma imaginação motora vivida e percebida na primeira pessoa (Szameitat *et al.*, 2007).

Capítulo II

METODOLOGIA

II - Metodologia

2.1. Questão Orientadora

Vários estudos têm demonstrado que a imaginação de actividades motoras é suficiente para aumentar a excitabilidade cortical (Kasai *et al.*, 1997; Facchini *et al.*, 2002; Stinear & Byblow, 2003). A imaginação motora de AVD's tem sido defendida por Szameitat *et al.* (2007), referindo que a vantagem de imaginar AVD's prende-se com a capacidade do indivíduo gerar uma imaginação motora vivida e percebida na primeira pessoa. Braun *et al.* (2008) acrescentam a necessidade de se incorporar as AVD's nos programas de imaginação motora, uma vez que, facilitam a contextualização da tarefa e motivam o indivíduo.

Page *et al.*, (2005, 2007, 2009) verificaram que, indivíduos com AVC sujeitos a um programa de imaginação motora de AVD's através de uma gravação áudio, melhoravam a função motora do membro superior parético. Neste sentido, averiguamos que não existe nenhum estudo neurofisiológico que utilizasse uma gravação áudio com um programa de imaginação motora de AVD's com posterior mensuração das alterações na excitabilidade corticoespinal através da EMT. Assim, nesta investigação, pretendemos responder à seguinte questão: em indivíduos saudáveis, uma sessão de prática de imaginação motora de AVD's modula a excitabilidade cortical?

2.2. Objectivo do estudo

A imaginação motora pode activar o córtex motor primário. Desta forma, no sentido de aumentar os conhecimentos sobre a fisiologia do córtex motor durante a imaginação motora, desenvolvemos o seguinte objectivo - investigar os efeitos da prática da imaginação motora de AVD's na alteração da excitabilidade cortical.

Objectivos específicos

- Avaliar a alteração do LMR após uma sessão de treino de imaginação motora de AVD's;
- Investigar as similaridades na modulação da excitabilidade corticoespinal entre o movimento real e a imaginação motora de AVD's antes do período de intervenção;

- Investigar as similaridades na modulação da excitabilidade corticoespinal entre o movimento real e a imaginação motora de AVD's depois do período de intervenção;
- Avaliar que apenas uma sessão de treino é suficiente para aumentar a excitabilidade do córtex motor primário após a imaginação motora de AVD's;
- Investigar as alterações na curva de recrutamento dos PEMs ao longo das diferentes intensidades de estimulação por EMT após uma sessão de treino de imaginação motora de AVD's;
- Avaliar as alterações na excitabilidade da representação do músculo alvo (abdutor do 5º dedo) no córtex motor primário após uma sessão de treino de imaginação motora de AVD's.

2.3. Tipo de estudo

O estudo enquadra-se dentro dos estudos experimentais. É um estudo do tipo quasi-experimental, pelo facto de apresentar um grupo único, pelo tamanho e por usar uma amostra de conveniência controle de si própria.

Com este desenho de estudo, podemos estabelecer uma comparação entre os resultados obtidos antes da intervenção, e os resultados obtidos após o protocolo de intervenção.

2.4. Hipótese do estudo

Admitimos a seguinte hipótese: em indivíduos saudáveis uma sessão de treino de imaginação motora de AVD's modula a excitabilidade cortical. Como hipótese nula consideramos que não se verificam diferenças na excitabilidade cortical após uma sessão de treino de imaginação motora de AVD's.

2.5. Participantes

Da população de alunos do curso de Fisioterapia da Escola Superior de Saúde do Alcoitão (população por conveniência), foi seleccionada uma amostra de 10 indivíduos. A selecção da amostra foi efectuada de acordo com disponibilidade dos indivíduos e os seguintes critérios de inclusão:

- indivíduos sem problemas neurológicos, psiquiátricos ou outros problemas de saúde que afectem o processo de imaginação motora;
- idades compreendidas entre os 18 e 50 anos;

Mulder (2007) verificou que os indivíduos mais jovens têm uma maior capacidade de imaginação motora que os indivíduos mais velhos.

- dextros;

Segundo Lacourse *et al.* (2005) este critério tem particular relevância quando considerarmos os padrões de activação cortical.

Foram também aplicados os seguintes **critérios de exclusão**:

- indivíduos com história de epilepsia ou outra doença neurológica;
- medicação que altere a excitabilidade do SNC;
- indivíduos portadores de objectos bio-metálicos.

Para caracterização da amostra foram recolhidas as seguintes variáveis: a idade, o género e o ano frequentado no curso de Fisioterapia . Dos cinco meses que durou o estudo constatou-se que os participantes que compõem a nossa amostra apresentam, em média, 23,7 anos, sendo que o elemento mais novo na amostra tem 22 anos e o mais velho 26 anos de idade. A amplitude do intervalo da variação é de 6 anos. Verifica-se, também, que estes participantes são, maioritariamente, do sexo feminino (60%) e 80% frequentam o 4.ºano de Fisioterapia.

Tabela - 1: Caracterização sócio-demográfica dos participantes

		TOTAL PARTICIPANTES	
		MEDIA (DP)	AMPLITUDE
			MINIMO MAXIMO
IDADE (N=10)		23,7 (1,6)	22 26
		FR (%)	FA (n)
SEXO (N=10)	Feminino	60	6
	Masculino	40	4
Ano frequentado no curso de Fisioterapia (N= 10)			
	3.º ano Fisioterapia	20	2
	4.º ano Fisioterapia	80	8

FR: frequência relativa; FA: frequência absoluta

2.6. Variáveis do estudo

2.6.1. Variáveis dependentes

Foram estudadas as seguintes medidas neurofisiológicas relacionadas com a excitabilidade da via cortico-espinhal.

- **Limiar cortico-motor com o músculo alvo em repouso, avaliado por EMT**

O LMR corresponde à menor intensidade de estímulo capaz de evocar PEMs com amplitude igual ou superior a 50 μ V, em pelo menos 50% das respostas consequentes a 10 pulsos magnéticos administrados (frequência inferior a 1Hz), com o músculo em repouso. Acredita-se que o LMR represente uma medida de excitabilidade de membrana dos neurónios do sistema corticoespinhal (Pascual-Leone *et al.*, 1998).

- **Curva de recrutamento das respostas motoras obtidas por EMT**

EMT de pulso único aplicados sobre o córtex motor com intensidade crescente, de forma a gerar uma curva de recrutamento das respostas motoras. Esta curva reflecte o aumento da amplitude dos PEMs, à medida que a intensidade do estímulo sobe (Devanne *et al.*, 1997; Chen, 2000).

- **Período de silêncio cortical por EMT**

Com o músculo alvo em contracção, imediatamente após o registo da resposta motora decorrente da estimulação cortical, observa-se ausência de actividade electromiográfica por um intervalo de tempo que é denominado por período de silêncio cortical (Chen *et al.*, 2000). Quanto maior a intensidade do estímulo magnético, maior a duração do período de silêncio (Chen *et al.*, 2008), o grau de contração não tem significativa influência na duração do PSC desde que superior a um grau ligeiro.

2.6.2. Variável independente

A variável independente deste estudo é a imaginação motora de AVD's. Esta intervenção teve por base os estudos efectuados por Page *et al.* realizados em 2005, 2007 e 2009. Os indivíduos repetiram mentalmente durante trinta minutos a tarefa de agarrar e alcançar uma garrafa de 1,5L (32 cm de altura e 9 cm de diâmetro) em diferentes contextos. No quadro 1 estão descritas as diferentes situações em que a tarefa acima referida foi imaginada.

Quadro 1 – Imaginação da tarefa de alcançar e agarrar uma garrafa de água de 1,5L em diferentes contextos.

Imagine que está num hipermercado na secção das bebidas e tem que alcançar e agarrar uma garrafa de água que está numa prateleira alta para colocar no carrinho de compras.
Imagine que está junto à caixa registadora para efectuar o pagamento e tem que alcançar e agarrar a garrafa de água que está no carrinho de compras para a colocar no balcão.
Imagine que a garrafa de água está no balcão e tem de a alcançar e agarrar para colocar no saco de compras.
Imagine que chegou a sua casa e tem de alcançar e agarrar a garrafa de água que está no saco de compras para a colocar numa prateleira baixa da dispensa.
Imagine que está na sua cozinha e tem de alcançar e agarrar a garrafa de água que deixou na dispensa para a colocar no frigorífico.
Imagine que tem sede, e que vai ao frigorífico alcançar e agarrar a garrafa de água para beber.
Imagine que está sentado à mesa a almoçar e tem que alcançar e agarrar a garrafa de água que está colocada num móvel perto de si para a colocar na mesa.
Neste momento tendo a garrafa de água em cima da mesa imagine que a tem de alcançar e agarrar para colocar água no copo.
Imagine que a garrafa está na mesa e a pessoa que está à sua frente lhe pede a garrafa de água. Imagine que a está a alcançar e agarrar para lha dar.
Imagine que terminou a refeição que tem que alcançar e agarrar a garrafa de água para a colocar novamente no frigorífico.
Imagine que durante o transporte da garrafa de água até ao frigorífico ela caiu e que tem que a alcançar e agarrar do chão.
Imagine que após a refeição alguém tem sede e que tem de alcançar e agarrar a garrafa de água que está no frigorífico.
Entretanto acabou a água que estava na garrafa e tem de alcançar e agarrar para a colocar no caixote do lixo
Imagine que tem de alcançar e agarrar a garrafa de água que está em cima da mesa com a mão direita para lhe retirar a tampa com a mão esquerda.
Imagine que tem de alcançar e agarrar uma garrafa de água cheia que está em cima da mesa a uma grande velocidade.

Imagine que tem de alcançar e agarrar uma garrafa de água cheia que está em cima da mesa lentamente.

Imagine que tem de alcançar e agarrar uma garrafa de água com metade do líquido que está em cima da mesa a uma grande velocidade.

Imagine que tem de alcançar e agarrar uma garrafa de água com metade do líquido que está em cima da mesa lentamente.

Imagine que tem de alcançar e agarrar uma garrafa de água vazia que está em cima da mesa a uma grande velocidade.

Imagine que tem de alcançar e agarrar uma garrafa de água vazia que está em cima da mesa lentamente.

2.7. Instrumentos de medida

2.7.1. Estimulação Magnética Transcraniana

A EMT foi o instrumento de medida utilizado para avaliar as alterações na excitabilidade cortical antes e depois da aplicação do programa de imaginação motora. Este método permite a estimulação não invasiva de neurónios localizados em diferentes regiões corticais (Lazzaro *et al.*, 2004).

A EMT permite-nos avaliar a excitabilidade corticoespinal com grande sensibilidade e, mais importante ainda, com alta resolução temporal, fornecendo uma precisa descrição dos padrões de excitação/inibição presentes no sistema corticoespinal no momento da estimulação (Fadiga *et al.*, 1999). Conforto *et al.* (2003), referem que possibilita avaliar as alterações da excitabilidade cortical em circunstâncias fisiológicas e patológicas através de medidas como o limiar motor, os potenciais evocados motores, as curvas de recrutamento, a inibição e a facilitação intracortical.

Através de eléctrodos de superfície colocados sobre os músculos contralaterais ao hemisfério estimulado, registam-se os PEMS, que representam a activação de fibras musculares das unidades motoras estimuladas (Conforto *et al.*, 2003). A amplitude dos PEMS depende, entre outros factores, da intensidade do estímulo magnético e do grau de contracção muscular pré-estimulação. Quanto maior a intensidade do campo magnético, maior a amplitude dos PEMS. Da mesma forma, a contracção voluntária do músculo alvo,

imediatamente antes da estimulação, está associada ao aumento da amplitude dos PEMS e este fenómeno é designado de facilitação (Cohen *et al.*, 1998).

Dependendo do tipo de bobina, do seu posicionamento no couro cabeludo e da intensidade do campo, áreas restritas do córtex sensoriomotor podem ser estimuladas. O ponto no couro cabeludo onde a estimulação magnética evoca respostas de amplitude máxima e com maior facilidade em determinado músculo alvo, é considerado o local preferencial, ou *hot spot*, para o registo dos PEMS para este músculo (Conforto *et al.*, 2003).

Neste estudo, a EMT focal foi realizada por uma bobina dupla “em forma de oito” (com 75mm de diâmetro exterior de cada bobina) conectada a um estimulador magnético MagPro X100 (Medtronic, Skovlunde, Dinamarca). A intersecção da bobine foi colocada tangencialmente no couro cabeludo da região esquerda sobre a área motora da mão direita. No sentido de obter o *hot spot* para o abdutor do 5º dedo direito a bobine foi movida pelo investigador sobre o couro cabeludo em distâncias de um 1cm até a estimulação magnética evocar os PEMS utilizando o limiar mais baixo e com respostas de amplitude máxima. Uma vez encontrada a posição óptima da bobine foi depois marcada no couro cabeludo com um marcador fluorescente para assegurar o constante posicionamento da bobine durante a experiência.

2.7.2. Dados Electromiográficos

Para registo das respostas motoras foram utilizados eléctrodos de superfície descartáveis, de Ag-AgCl com uma área de registo de 7x4 mm. O eléctrodo activo foi colocado sobre a placa motora do abdutor do 5º dedo da mão direita. O eléctrodo de referência foi colocado na 2ª falange do mesmo dedo (“belly-tendon montage”). Antes da colocação dos eléctrodos limpou-se a pele com álcool etílico.

A actividade electromiográfica foi filtrada (10Hz-20Hz) e amplificada usando um aparelho convencional de EMG (Keypoint, Medtronic-Dantec).

2.8. Procedimentos

2.8.1. Procedimentos para a Autorização do Estudo

O presente protocolo for aprovado pela Comissão de Ética do Centro Hospitalar Lisboa Norte-Hospital de Santa Maria. Os participantes assinaram um consentimento informado (Apendice I).

2.8.2. Procedimentos da Implementação do Estudo

Uma vez concedidas as autorizações para a realização do estudo, contactámos um professor da Escola Superior de Saúde do Alcoitão para seleccionar a amostra. Este, depois de conhecer os critérios de elegibilidade, contactou directamente os alunos do curso de fisioterapia, para verificar a sua disponibilidade para participar no estudo informando-os dos procedimentos do estudo.

O investigador, autor do estudo, contactou com uma psicóloga com conhecimentos na área da imaginação motora para a elaboração da gravação áudio da sessão de treino a ser emitida.

Após a obtenção do consentimento informado escrito por parte dos participantes e elaborada a gravação áudio com o programa de imaginação motora de AVD's procedeu-se à implementação da investigação.

A recolha de dados foi executada pelo autor do estudo. No entanto, a aplicação da intervenção contou com mais dois investigadores com experiência em EMT.

2.8.3. Procedimentos Experimentais

Os participantes foram sentados confortavelmente numa cadeira com apoio de braços. No sentido de manterem a mão direita totalmente relaxada, esta foi colocada numa almofada de vacum (Germa White Line 55 x 30 cm). Com a mão direita devidamente posicionada era utilizado uma bomba manual (Germa Vacuum Hand Pump) para esvaziar a almofada e permitir uma melhor adaptação e conforto da mão.

Vargas *et al.* (2004) referem que a postura da mão exerce uma influência moduladora nos PEMs, sendo maior a excitabilidade corticoespinhal quando existe compatibilidade entre a postura actual da mão com o movimento a imaginar. Desta forma, considerando a actividade de alcançar e agarrar uma garrafa de água, a mão em estudo será colocada na posição neutra.

Em frente da cadeira onde os participantes se sentavam estava uma mesa com altura regulável com a garrafa de água de 1,5l. A altura da mesa e a posição da garrafa era ajustada a cada participante de modo a que a este não necessitasse de mover o tronco e a cabeça.

Três condições experimentais foram investigadas:

- Condição de Repouso (CR) - Relaxamento muscular e ausência de imaginação motora;

- Condição de Imagética (CI) - Imaginação motora da tarefa de alcançar e agarrar uma garrafa de água de 1,5L com a mão direita;
- Condição Motora (CM) - Realização activa da tarefa de alcançar e agarrar uma garrafa de água de 1,5L com a mão direita.

As três condições experimentais foram realizadas em dois momentos.

Antes do período de intervenção (Cpi):

- Condição de Repouso Pré-Intervenção (CRpi);
- Condição de Imagética Pré-Intervenção (CIpi);
- Condição Motora Pré-Intervenção (CMpi).

E depois do período de intervenção (Cpoi):

- Condição de Repouso Pós-Intervenção (CRpoi);
- Condição de Imagética Pós-Intervenção (CIpoi);
- Condição Motora Pós-Intervenção (CMpoi).

Acrescentamos que, antes da CRpi e CRpoi foi determinado LMR. Em cada condição experimental foi determinado sempre primeiro a curva de recrutamento dos PEMs e de seguida o período de silêncio.

O protocolo experimental respeitou sempre a mesma ordem durante todos os ensaios (CR, CI, CM).

Após a execução do protocolo experimental pré-intervenção, os participantes permanecendo na mesma sala de investigação, eram convidados a ouvir a gravação áudio através de um MP4 (Ingo MP4 XXS FM 1,5'' 2 GB). Durante este período permaneciam na cadeira de apoio de braços, sozinhos proporcionando-se um ambiente calmo e relaxado. Os indivíduos foram instruídos: a não praticar a imaginação motora para além do tempo referido na gravação, a não executar a prática física da tarefa em questão durante o período de imaginação motora e a não imaginar outra pessoa, senão o próprio a fazer a tarefa.

Imediatamente após esta intervenção, que tinha a duração de 30 minutos os investigadores procediam à aplicação do protocolo experimental pós-intervenção.

2.8.4 Intervenção

A intervenção foi elaborada considerando os estudos realizados por Page *et al.* realizados em 2005, 2007 e 2009. Os indivíduos praticaram mentalmente a seguinte AVD: alcançar e agarrar uma garrafa de água de 1,5L (32 cm de altura e 9 cm de diâmetro). A única sessão de treino teve a duração de 30 minutos e decorreu no próprio local das experiências. O plano de imaginação motora foi gravado em áudio e emitido na sessão de treino. O investigador, antes do início da sessão de treino, explicou todo o programa de treino. Este era composto por 5 minutos de relaxamento pedindo aos indivíduos que se imaginassem num lugar relaxado e quente (por exemplo: na praia), e foi-lhes solicitado contracção e a seguir relaxamento os seus músculos (relaxamento progressivo). Seguidamente a gravação incentivou os indivíduos a repetir mentalmente a tarefa acima referida em diferentes contextos (20 situações diferentes referidas no quadro I). Por exemplo, quando praticaram mentalmente a tarefa alcançar e agarrar uma garrafa de 1,5 L, a gravação primeiro descreveu o cenário (por exemplo: na cozinha), depois o indivíduo por intermédio da imagem visual da tarefa, na perspectiva da primeira pessoa, realizou a actividade mentalmente com as mesmas sensações (por exemplo: sintá que está a agarrar a garrafa na sua mão). Três ensaios de cada tarefa foram mentalmente praticados durante 20 minutos. Nos últimos 5 minutos a gravação permitiu aos indivíduos reflectir sobre o que efectuaram (Anexo I).

2.8.5 EMT - Medidas de Excitabilidade Motora

- **Limiar motor em repouso**

Mantendo a bobina na posição óptima, com os indivíduos completamente relaxados, foi determinado o LMR como descrito acima, antes da CR_{pi} e CR_{poi}.

- **Curva de Recrutamento dos PEMs**

Com a bobine posicionada sobre o *hot spot* foram efectuadas estimulações com intensidades entre LMR x 0,8 a LMR x 1,4, com aumentos da intensidade a intervalos de 10% da capacidade máxima do aparelho (maximal output) nas 3 condições pré-intervenção (CR_{pi}, CI_{pi}, CM_{pi}) e nas 3 condições pós-intervenção (CR_{poi}, CI_{poi}, CM_{poi}). Para cada intensidade

de estímulo foram efectuados 10 estímulos com um intervalo de 3 segundos. Entre cada nova série a cada intensidade estabeleceu-se um intervalo de 10 segundos.

Nas CRpi e CRpoi, os participantes eram informados para fecharem os seus olhos e manterem o músculo alvo relaxado. Eram também instruídos a não imaginar ou visualizar nenhum movimento e a não efectuarem actividades cognitivas (por exemplo: contar).

Nas CIpi e CIpoi, os participantes eram instruídos a fecharem os seus olhos e a manter os músculos alvo sem actividade muscular. Ou seja, com silêncio electromiográfico, como controlado pelo amplificador do equipamento. Após o comando verbal, “imagine”, emitido pelo investigador que posicionou a bobine, os participantes imaginavam a tarefa de alcançar e agarrar uma garrafa de água de 1,5L. Os participantes foram aconselhados a imaginar a tarefa sempre na perspectiva da 1ª pessoa. O intervalo entre o comando verbal e a estimulação foi de 2 segundos.

Nas CMpi e CMpoi, os participantes realizaram a tarefa de alcançar e agarrar a garrafa de água de 1,5l colocada sobre a mesa, após o comando verbal “agarre” emitido pelo investigador que fixou a bobine. A estimulação cortical foi simultânea ao comando verbal. Os participantes foram instruídos para moverem apenas o membro superior direito evitando o movimento da cabeça e do tronco.

Foi calculado o valor médio das amplitudes das respostas motoras para cada condição experimental e utilizada uma estatística paramétrica para o estudo comparativo entre as várias condições experimentais.

- **Período de Silêncio Cortical**

Imediatamente após a recolha da curva de recrutamento dos PEMs em cada condição, foram efectuados 5 estímulos com uma intensidade $1.2 \times \text{LMR}$ por forma a determinar-se o período de silêncio cortical. O músculo alvo (o abductor do 5º dedo) foi mantido em máxima contracção (condição sem imagética) pelos participantes durante esta investigação. O período de silêncio foi definido como o menor intervalo de 5 respostas consecutivas, sendo estabelecido o intervalo temporal entre o artefacto de estímulo e o retorno da actividade eléctrica de contracção muscular após o período inibitório.

Nas CIpi e CIpoi, os participantes eram informados a imaginar que estavam a alcançar e agarrar a garrafa de 1,5L.

Nas CMpi e CMpoi, os participantes realizavam a tarefa de alcançar e agarrar a garrafa de água de 1,5l colocada sobre a mesa, após o comando verbal, “agarre”, emitido pelo investigador que fixou a bobine.

2.8.6 Procedimentos de Análise de Dados

Para a caracterização da amostra, recorreu-se à estatística descritiva, com o cálculo da frequência e das percentagens para as variáveis nominais (sexo e curso/ano frequentado) e o cálculo da média e do desvio padrão para as variáveis numéricas (idade).

Para análise das variáveis dependentes, utilizou-se a estatística descritiva com cálculo da média e do desvio padrão em cada condição experimental (CR, CI e CM) e para cada período de intervenção (CPI e CPOI).

Utilizou-se a estatística inferencial para o cálculo de diferenças entre médias dos PEMs para grupos independentes (condições experimentais) e para grupos emparelhados (períodos de intervenção). Para comparar os valores médios (latência e amplitude) dos PEMs em função das condições experimentais (amostras independentes), recorreu-se ao teste One-Way ANOVA ou à sua alternativa não paramétrica, Teste de Kruskal Wallis, sempre que não se encontravam reunidos os requisitos da sua aplicação, designadamente, a normalidade da distribuição e a homogeneidade de variâncias.

Para a comparação das diferenças entre médias dos PEMs, PSC e LMR para grupos emparelhados (CPI vs CPOI) recorreu-se ao *Paired Sample T-test* ou à sua alternativa não paramétrica, o teste de Wilcoxon.

A análise estatística dos dados foi efectuada através do programa SPSS 16.0. Para todos os testes estatísticos foi considerado como valor de significância estatística $p < 0,05$.

Capítulo III

RESULTADOS

III – Resultados

Limiar cortico-motor com o músculo alvo em repouso

Como podemos verificar pela tabela 2 a média do LMR na CPI corresponde a 44,8 % e na CPOI a 44,1 %.

A análise do LMR obtido, antes e após o período de intervenção, permite-nos constatar que a diferença de médias não é estatisticamente significativa ($p > 0,05$).

Tabela 2 – Comparação das médias do LMR obtidos na CPI e na CPOI

	N	Média CPI	Média CPOI	Dif. de médias	T	Teste t P
Par CPI - CPOI: LMR(%)	10	44,8	44,1	0,7	0,535	0,606

Nota: não há evidência estatística de existirem diferenças significativas na comparação dos valores médios da latência por diferentes intensidades de estímulo por EMT nas diferentes condições e períodos experimentais, pelo que, neste trabalho, irão ser apresentados, apenas os resultados relativos à amplitude dos PEM's.

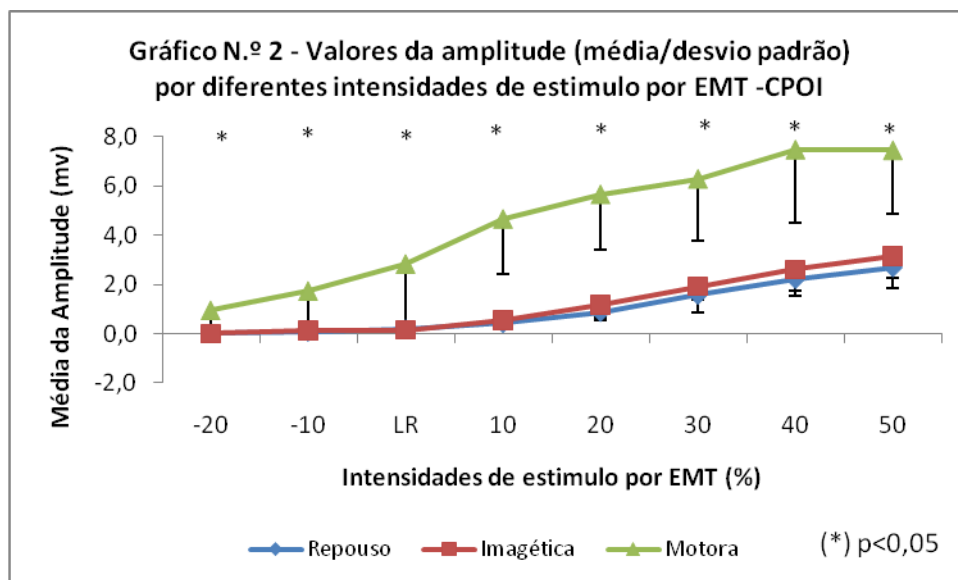
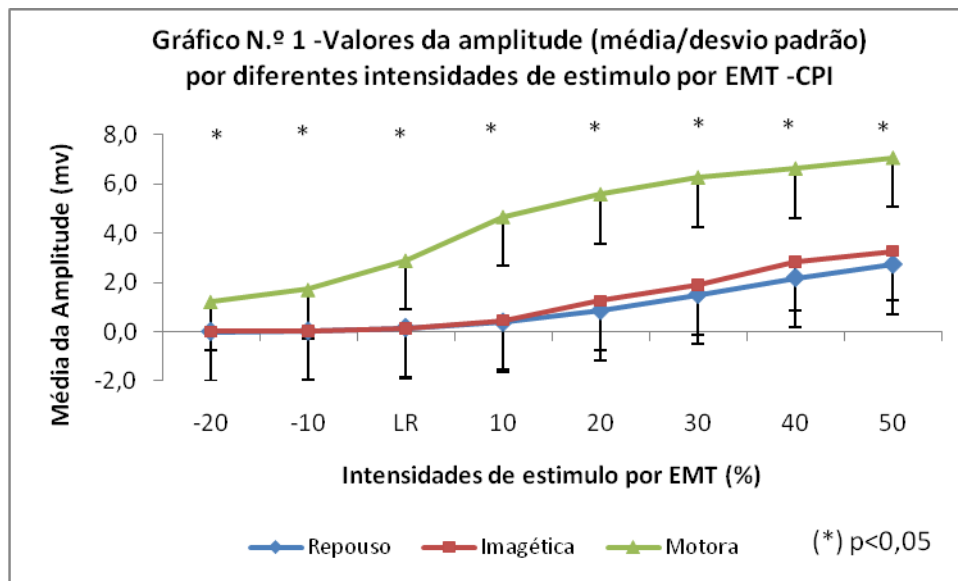
Comparação dos valores médios da amplitude dos PEMs, por diferentes intensidades de estímulo por EMT, em função das condições experimentais (CR, CI, CM) antes e após o período de intervenção (CPI e CPOI)

A tabela 3 e o gráfico 1 e 2, resumem os resultados obtidos para estas comparações:

Tabela 3 – Valores médios da amplitude dos PEMs, por diferentes intensidades de estímulo por EMT, em função das condições experimentais (CR, CI, CM) antes e após o período de intervenção (CPI e CPOI)

Intensidade de estímulo por EMT	Condição	Pré-intervenção (CPI)			Pós- intervenção (CPOI)		
		Média	Desvio-padrão	Kruskal	Média	Desvio-padrão	Kruskal
				Wallis P			Wallis P
Amp_ - 20%	CR	0,0	0,0	0,008	0,0	0,0	0,002
	CI	0,0	0,0				
	CM	1,2	2,1				
	CM	1,6	0,9				
Amp_ - 10%	CR	0,0	0,1	0,001	0,1	0,1	0,006
	CI	0,0	0,0				
	CM	1,7	2,7				
Amp_LMR	CR	0,2	0,2	0,000	0,3	0,3	0,003
	CI	0,3	0,1				
	CM	2,9	3,6				
Amp_ 10%	CR	0,4	0,1	0,000	0,4	0,2	0,000
	CI	0,5	0,1				
	CM	4,7	1,9				
Amp_20%	CR	0,9	0,2	0,000	0,9	0,3	0,000
	CI	1,3	0,4				
	CM	5,6	2,2				
Amp_30%	CR	1,5	0,4	0,000	1,6	0,7	0,000
	CI	1,9	0,5				
	CM	6,3	2,4				
Amp_ 40%	CR	2,2	0,6	0,000	2,2	0,7	0,000
	CI	2,8	0,8				
	CM	6,6	2,4				
Amp_ 50%	CR	2,7	0,8	0,000	2,7	0,9	0,000
	CI	3,3	0,7				
	CM	7,1	2,5				

Legenda: AMP= Amplitude (mV).



Constata-se que o valor médio da amplitude dos PEMs aumenta à medida que a intensidade de estímulo por EMT aumenta em todas as condições (CR, CI, CM) quer na CPI quer na CPOI. Os resultados também demonstram que as médias das amplitudes dos PEMs ao longo das diferentes intensidades de estímulo por EMT são maiores na CM (CMpi e CMpoi), seguido pela CI (CIpi e CIpoi) e as mais baixas são obtidas na CR (CRpi e CRpoi).

Observa-se que há diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) nos valores médios da amplitude dos PEMs nos diferentes níveis de intensidade de EMT, em função das condições experimentais (CR, CI, CM) observando-se quer na CPI, quer na CPOI. Constata-se que pelo menos uma das condições experimentais difere significativamente das outras. Tendo em consideração que as médias mais elevadas são registadas na CM, quer na CMpi

quer na CMpoi, verifica-se, ser esta condição experimental a que difere significativamente das restantes.

A figura 1 e 2 mostram um exemplo representativo dos PEMs obtidos de um único participante à intensidade de estímulo de 30% acima do LMR na CIpi e CIpoi.



Figura - 1 – Exemplo dos PEMs obtidos de um participante à intensidade de 30% acima do LMR na CIpi

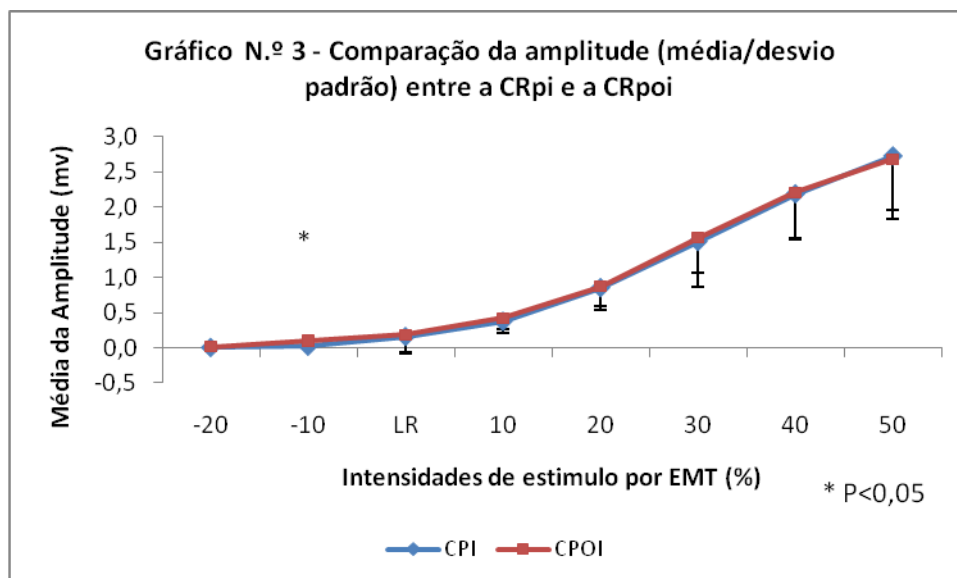


Figura - 2 - Exemplo dos PEMs obtidos de um participante à intensidade de 30% acima do LMR na Cipo

Comparação dos valores médios da amplitude dos PEMs, entre a CRpi e a CRpoi

Tabela 4 – Comparação dos valores médios da amplitude dos PEMs por diferentes intensidades de estímulo por EMT, na condição de repouso

Condição Repouso (CR)	Média ± DP	Média ± DP	Teste Wilcoxon P
	CPI	CPOI	
Par CRpi vs CRpoi: AMP_ - 20%	0,0±0,0	0,0±0,0	n.s.
Par CRpi vs CRpoi: AMP_ - 10%	0,0±0,0	0,1±0,1	0,02
Par CRpi vs CRpoi: AMP_LMR	0,2±0,2	0,2±0,3	n.s.
Par CRpi vs CRpoi: AMP_10%	0,4±0,1	0,4±0,2	n.s.
Par CRpi vs CRpoi: AMP_20%	0,9±0,2	0,9±0,3	n.s.
Par CRpi vs CRpoi: AMP_30%	1,5±0,4	1,6±0,7	n.s.
Par CRpi vs CRpoi: AMP_40%	2,2±0,6	2,2±0,7	n.s.
Par CRpi vs CRpoi: AMP_50%	2,7±0,8	2,7±0,9	n.s.

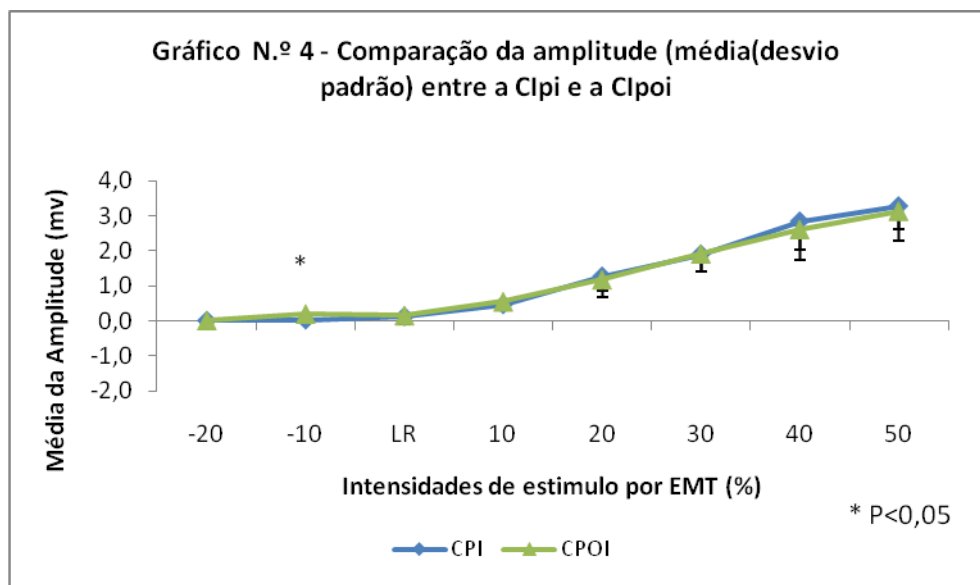


A análise da tabela 4 e do gráfico 3, permite-nos concluir que não existem diferenças estatisticamente significativas nos valores médios da amplitude quando comparada a CRpi e a CRpoi, à exceção dos valores médios da amplitude relativamente à intensidade de estímulo por EMT de -10% ($p=0,02$).

Comparação dos valores médios da amplitude dos PEMs, entre a CIpi e a CIpoi

Tabela 5 – Comparação dos valores médios da amplitude dos PEMs por diferentes intensidades de estímulo por EMT, na condição de imagética

Condição Imagética(CI)	Média ± DP		Teste
	CPI	CPOI	Wilcoxon P
Par CIpi vs CIpoi: AMP_ - 20%	0,0±0,0	0,0±0,0	n.s.
Par CIpi vs CIpoi: AMP_- 10%	0,0±0,0	0,2±0,2	0,008
Par CIpi vs CIpoi: AMP_LMRo	0,3±0,1	0,2±0,3	n.s.
Par CIpi vs CIpoi: AMP_10%	0,5±0,1	0,6±0,2	n.s.
Par CIpi vs CIpoi: AMP_20%	1,3±0,4	1,2±0,5	n.s.
Par CIpi vs CIpoi: AMP_30%	1,9±0,5	1,9±0,5	n.s.
Par CIpi vs CIpoi: AMP_40%	2,8±0,8	2,6±0,9	n.s.
Par CIpi vs CIpoi: AMP_50%	3,3±0,7	3,1±0,9	n.s.

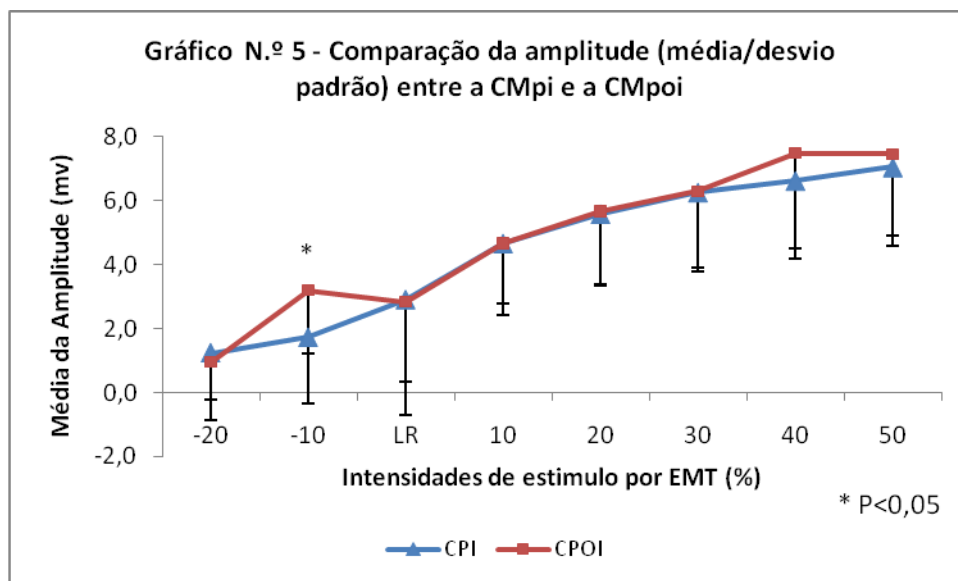


A observação da tabela 5 e do gráfico 4 permite-nos concluir que não existem diferenças estatisticamente significativas nos valores médios da amplitude quando comparada a CIpi e a CIpoi, à excepção dos valores médios da amplitude relativamente à intensidade de estímulo por EMT de -10% ($p=0,008$).

Comparação dos valores médios da amplitude dos PEMs, entre a CMpi e a CMpoi

Tabela 6 – Comparação dos valores médios da amplitude dos PEMs por diferentes intensidades de estímulo por EMT, na condição motora

Condição Motora (CM)	Média ± DP	Média ± DP	Teste
	CPI	CPOI	Wilcoxon P
Par CMpi vs CMpoi: AMP_ - 20%	1,2±2,1	0,9±1,2	n.s.
Par CMpi vs CMpoi: AMP_ - 10%	1,7±2,1	3,2±2,0	0,01
Par CMpi vs CMpoi: AMP_LMRo	2,9±3,6	2,8±2,5	n.s.
Par CMpi vs CMpoi: AMP_10%	4,7±1,9	4,7±2,3	n.s.
Par CMpi vs CMpoi: AMP_20%	5,6±2,2	5,7±2,3	n.s.
Par CMpi vs CMpoi: AMP_30%	6,3±2,4	6,3±2,5	n.s.
Par CMpi vs CMpoi: AMP_40%	6,6±2,4	7,5±3,0	n.s.
Par CMpi vs CMpoi: AMP_50%	7,1±2,5	7,6±2,6	n.s.

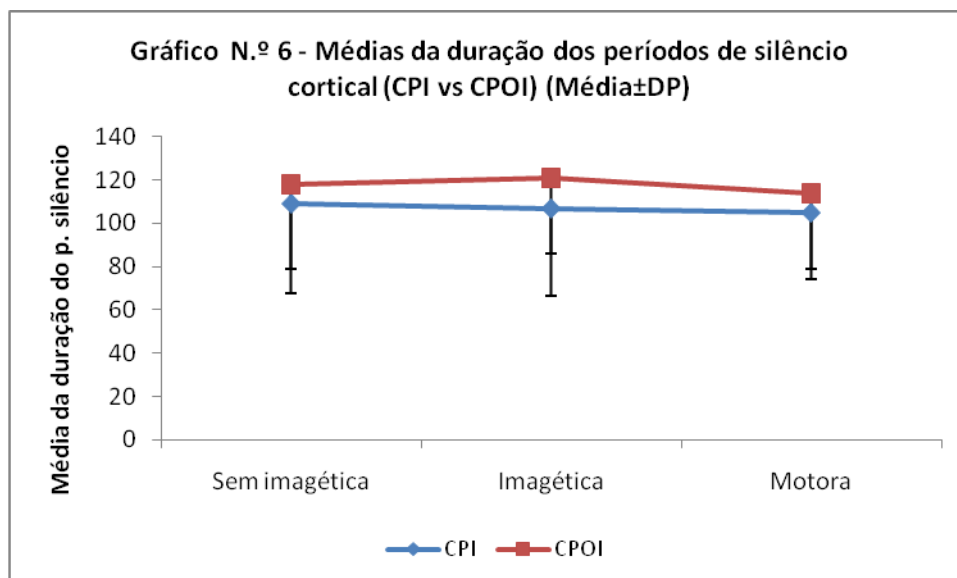


A análise da tabela 6 e do gráfico 5 permite-nos concluir que não existem diferenças estatisticamente significativas nos valores médios da amplitude quando comparada a CMpi e a CMpoi, à excepção dos valores médios da amplitude relativamente à intensidade de estímulo por EMT de -10% ($p=0,01$).

Comparação dos valores médios do PSC em função das condições experimentais antes e após o período de intervenção (CPI e CPOI)

Tabela 7 – Comparação das médias do PSC entre as diferentes condições experimentais na CPI e naCPOI

	Condição Experimental	CPI				CPOI			
		Média	Desvio-padrão	ANOVA F	P	Média	Desvio-padrão	ANOVA F	P
Período de silêncio cortical	Sem								
	imagética	109,1	41,6	0,029	n.s.	118,1	39,1		
	Imagética	106,9	40,6			121,0	35,2	0,095	n.s.
	Motora	105,0	30,9			113,9	35,3		
	Total	107,0	36,7			117,7	35,4		



A tabela 7 e o gráfico 6 demonstram que as médias do PSC não diferem significativamente em função das condições experimentais (sem imagética, imagética e motora) para a CPI e CPOI. Também, é possível concluir que os valores médios do PSC, obtidos na CPOI, são superiores às da CPI, embora a magnitude das diferenças médias não seja estatisticamente relevante ($p > 0,05$).

Comparação dos valores médios do PSC entre a CPI e a CPOI

Tabela 8 – Comparação dos valores médios do PSC na CPI e CPOI

PERÍODO SILÊNCIO CORTICAL	Média CPI	Média CPOI	Teste t P
CONDIÇÃO SEM IMAGÉTICA			
Par CPI - CPOI: PSC	109,1 ± 41,6	118,1 ± 39,1	n.s.
CONDIÇÃO IMAGÉTICA			
Par CPI - CPOI: PSC	106,9 ± 40,6	121,0 ± 35,2	n.s.
CONDIÇÃO MOTORA			
Par CPI - CPOI: PSC	105,0 ± 30,9	113,9 ± 35,3	n.s.

A tabela 8 compara as médias do PSC na CPI com as médias do PSC na CPOI, para cada condição experimental. Verifica-se não existirem diferenças, estatisticamente significativas, nas médias do PSC para cada condição experimental (sem imagética, imagética e motora).

Capítulo IV

DISCUSSÃO

IV – Discussão

Este é o primeiro estudo que temos conhecimento, que avalia a prática da imaginação motora de AVD's na alteração da excitabilidade cortical, utilizando uma gravação áudio com diferentes contextos da mesma tarefa.

Os nossos resultados indicam que um programa de imaginação motora de AVD's aumenta a excitabilidade da via corticoespinal observável apenas à intensidade de estímulo de -10% do LMR. Ou seja, apenas a uma intensidade de estímulo inferior ao LMR (-10% do LMR) se verificam diferenças estatisticamente significativas em todas as condições (CR, CI e CM) quando se compara a CPI com a CPOI.

Da revisão da literatura efectuada apenas constatamos dois estudos (Facchini *et al.*, 2002; Takahashi *et al.*, 2005) que usam a curva de recrutamento dos PEMs associado à imaginação motora. No entanto, os autores somente utilizam intensidades de estímulo por EMT acima do LMR, reconhecendo que os intervalos utilizados nas intensidades de estímulo são elevados. No nosso estudo, utilizamos uma curva de recrutamento dos PEMs, com intensidades de estímulo inferiores e superiores ao LMR, permitindo-nos saber especificamente em que intensidade de estímulo por EMT verificamos o aumento da excitabilidade corticoespinal.

De acordo com Devanne *et al.* (1997), numa intensidade de estímulo inferior ao LMR a região neuronal central (a população de neurónios mais excitável dentro da representação cortical de um determinado músculo), rapidamente aumenta a sua excitabilidade após a imaginação motora. Níveis baixos de intensidade por EMT excitam os neurónios corticoespinais, indirectamente através dos interneurónios, sendo importante na determinação dos PEMs, isto é, a amplitude dos PEMs é altamente dependente do nível de excitabilidade dos interneurónios do córtex motor (Takahashi *et al.*, 2004).

Li *et al.* (2009) apontam dois factores para a observação da excitação corticoespinal a níveis de intensidade abaixo do LMR. Primeiro, os centros ou vias motoras usados durante a imaginação motora podem ser essencialmente os mesmos que são usados para o movimento voluntário. Segundo, o aumento da excitabilidade pode ser dinamicamente modulado após a imaginação motora. Ou seja, durante a prática da imaginação motora o sistema nervoso pode armazenar o correcto padrão temporal de actividade muscular respondendo a níveis mais baixos do LMR (Hashimoto & Rothwell, 1999).

Os mesmos autores mencionam que um padrão apropriado de excitação muscular durante a imaginação do movimento é acompanhado por um padrão temporal adequado de

actividade abaixo do LMR. Isto significa que a imaginação motora pode produzir um padrão de excitabilidade cortical semelhante, tanto no espaço como no tempo, correspondendo ao que ocorre no movimento real.

Como esperávamos, um programa específico de imaginação motora de AVD's aumenta a excitabilidade cortical. Segundo Roosink & Zijdwind (2010), tarefas complexas levam a uma maior excitabilidade corticoespinal, em comparação com tarefas simples sendo que a activação mental é otimizada pela variação da complexidade da tarefa. Driskell *et al.* (1994) constataram que o tipo de tarefa é um moderador significativo na eficácia da prática mental, sendo este efeito maior se a tarefa for familiar e envolver elementos cognitivos, porque sequências motoras complexas necessitam de mais atenção e de um planeamento motor mais eficaz (Malouin & Richards, 2010). Foi demonstrado que a imaginação motora produz simulações “realistas” do movimento, quando os indivíduos realizam tarefas complexas que necessitam de supervisão consciente, e não quando o indivíduo realiza tarefas motoras simples que podem ser parcialmente automatizadas (Rodriguez *et al.*, 2008).

Reportando-nos à tarefa pedida para ser imaginada neste estudo (alcançar e agarrar uma garrafa de água) esta obedece aos seguintes critérios. Primeiro é familiar, segundo é complexa, pois envolve diferentes articulações do membro superior e diferentes contextos e terceiro envolve processos cognitivos, como atenção e diferentes planeamentos motores consoante o contexto em que se pede para imaginar a tarefa.

Podemos acrescentar que o objecto em questão (uma garrafa de água) ao ter de ser mentalmente agarrado pode influenciar a excitabilidade corticoespinal. Para alguns autores (Grezes *et al.*, 2003) a imaginação e percepção de um objecto familiar potencia automaticamente componentes motores das acções relacionadas com esse objecto. É difícil manipular a informação cinestésica sem suficiente familiaridade com as características da tarefa (Fourkas *et al.*, 2006). A evidencia comportamental indica que a prática mental é mais eficaz em indivíduos com experiência nas tarefas a serem imaginadas do que em tarefas completamente novas (Szameitat *et al.*, 2007).

A duração do programa de imaginação motora (30 minutos) também não deve ser descurado para o aumento da excitabilidade corticoespinal. Como referem Takahashi *et al.* (2005), os mecanismos neurais da imaginação motora dependem não só do tipo de movimento a imaginar mas também da quantidade de prática. A repetição de uma tarefa está associada à plasticidade das redes neuronais corticais e especificamente no córtex motor primário, os mecanismos plásticos ocorrem numa escala de tempo menor mas com alterações qualitativas. Após a prática podem ocorrer modificações nas conexões sinápticas que são a base celular

para as rápidas alterações no córtex motor primário (Butefisch *et al.*, 2000; Ziemann *et al.*, 2001).

Apesar da média do LMR ser menor na CPOI que na CPI, a diferença de médias não é estatisticamente significativa. Li *et al.* (2007) referem que o aumento da excitabilidade é manifestado pela redução do LMR e facilitação dos PEMs dos músculos alvo.

Relativamente à amplitude do PEMs ao longo da curva de recrutamento, observa-se um aumento dos mesmos à medida que a intensidade de estímulo por EMT vai aumentando em todas as condições (CR, CI e CM). O que é congruente com a noção de que a facilitação corticomotora é altamente selectiva para os músculos envolvidos na tarefa (Léonard & Tremblay, 2007). Estes resultados são visíveis em todas as condições, quer na CPI quer na CPOI, observando-se diferenças estatisticamente significativas. Como defenderam Facchini *et al.* (2002), o aumento progressivo da intensidade de estímulo, leva ao aumento da amplitude dos PEMs de forma sigmóide, podendo saturar a intensidades de estímulo elevadas, pelo menos para os músculos da mão.

As médias mais baixas da amplitude dos PEMs são observadas na CRpi e CRpoi, seguidas pela CIpi e CIpoi. O que corrobora com os estudos efectuados por Kasai *et al.* (1997), Facchini *et al.* (2002) e Stinear & Byblow (2003), que relatam que a imaginação motora realizada na perspectiva da primeira pessoa, resulta de um aumento da amplitude dos PEMs quando comparado com a condição de repouso.

As médias das amplitudes dos PEMs mais elevadas são registadas na CMpi e na CMpoi, indicando-nos ser esta condição experimental que difere significativamente das restantes. A contracção voluntária de um músculo alvo envolvido num plano motor específico, induz à potenciação das amplitudes das respostas motoras através da EMT das áreas motoras cerebrais. Rossini *et al.* (1999), verificaram que o efeito facilitatório máximo dos PEMs é alcançado durante a contracção voluntária, podendo ser explicado pelo *burst* das ondas directas e indirectas que descendem a via corticoespinal e pelo principio de recrutamento motoneuronal. Mais recentemente, Hanakawa *et al.* (2003); Lotze *et al.* (1999); Porro *et al.* (2000), observaram uma menor activação corticoespinal durante a imaginação motora quando comparado com o movimento real.

Os valores médios do PSC são superiores na CPOI, quando comparados com a CPI em todas as condições apesar de não existirem diferenças estatísticas significativas. A excitação das projecções corticoespinais podem influenciar o PSC, apesar da duração do PSC estar mais relacionado com a intensidade da estimulação do que com a amplitude dos PEMs (Chen *et al.*, 2008).

Capítulo V

CONCLUSÕES

V – Conclusões

Considerando os objectivos estabelecidos para esta investigação, concluímos que um programa de treino com imaginação motora de AVD's, através de uma gravação áudio, aumenta a excitabilidade corticoespinal, verificável apenas à intensidade de estímulo de -10% do LMR em indivíduos saudáveis.

A realização deste estudo vai de encontro a estudos anteriores, demonstrando que a imaginação motora aumenta a excitabilidade corticoespinal, que é evidenciado pelo aumento da amplitude dos PEMs.

Contudo, esta técnica ainda está longe de gerar consensos nos investigadores no que se refere aos mecanismos neurais envolvidos, aos protocolos de intervenção e aos efeitos/resultados.

As limitações deste estudo prendem-se, sobretudo, com uma amostra de dimensões reduzidas, em que corremos o risco de ter heterogeneidade nas características dos indivíduos, podendo levar ao enviesamento dos resultados, o reduzido tempo de intervenção (apenas uma sessão de treino) , não se usarem medidas para mensurar a capacidade de imaginação motora (questionários, cronometria mental ou tarefas computadorizadas) e o valor de *P* não ter sido corrigido para múltiplas comparações o que pode causar erros estatísticos do tipo I.

Sendo este o primeiro estudo em que se usa uma gravação áudio com um programa de imaginação motora de AVD's e posterior mensuração dos resultados através da EMT, muitas questões ficam por explorar abrindo caminho a novas investigações. Propomos assim em estudos futuros, alargar a amostra e o aumento do número das sessões de treino. Seria também interessante a realização de um estudo clínico aleatorizado, em que se comparasse um programa de treino com imaginação motora de movimentos analíticos com um programa de treino com imaginação motora de AVD's, utilizando a gravação áudio e a EMT para medição dos resultados.

A aplicação do protocolo de intervenção usado neste estudo a indivíduos com patologia neurológica poderá ser uma mais valia, pois a recuperação da independência nas AVD's é um objectivo fulcral para o doente neurológico. A imaginação motora de AVD's pode ser mais uma estratégia útil, porque maximiza as oportunidades de prática, de forma independente e permite manter as redes neuronais activas mesmo quando há impossibilidade de autonomia nestas actividades.

Sabendo os potenciais benefícios da imaginação motora na reabilitação e do aumento do interesse dos clínicos no seu uso, mais estudos devem ser desenvolvidas para, num futuro próximo, poderem ser criados *guidelines* adequados à prática da imaginação motora.

Bibliografia

Bakker, F., Boschker, M. & Chung, J. (1996). Changes in muscular activity while imagining weight lifting using stimulus or response propositions. *J Sport Exerc Psychol*, 18, 313 - 324.

Braun, S., Kleynen, M., Schols, J., Schack, T., Beurskens, A. & Wade, D. (2008). *Using mental practice in stroke rehabilitation: a framework*, 22, 579 – 591.

Braun, S. Beurskens, A., Borm, P. Schack, T. & Wade, D. (2006). The effects of mental practice in stroke rehabilitation: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil*, 87, 842 – 852.

Butefisch, C., Davis, B., Wise, S., Sawaki, L., Kopylov, L. & Cohen, L. (2000). Mechanisms of use-dependent plasticity in the human motor cortex. *Proc Natl Acad Sci*, 97, 3661 – 3665.

Butler A. & Page S. (2006). Mental practice with motor imagery: evidence for motor recovery and cortical reorganization after stroke. *Arch Phys Med Rehabilitation*, 87 (9), 2-11.

Callow, N. & Hardy, L. (2004). The relationship between the use of kinaesthetic imagery and different visual imagery perspectives. *J Sports Sci.*, 22, 167 - 177.

Chen, R., Cros, D., Curra, A., Triggs, W., Ugawa, Y. & Ziemann, U. (2008). The clinical diagnostic utility of transcranial magnetic stimulation: report of an IFCN committee. *Clinical Neurophysiology*, 119, 504 – 532.

Chen, R. (2000). Studies of human motor physiology with transcranial magnetic stimulation. *Muscle Nerve*, 9, 26 – 32.

Cicinelli, P., Marconi, B., Zaccagnini, M., Pasqualetti, P., Filippi, M. & Rossini, P. (2006). Imagery-induced cortical excitability changes in stroke: a transcranial magnetic stimulation study. *Cerebral Cortex*, 16, 247-253.

Cohen, L., Ziemann, U. & Chen, R. (1998). Studies of neuroplasticity with transcranial magnetic stimulation. *J. Clin Neurophysiology*, 15, 305 – 324.

Conforto, A., Marie, S., Cohen, L. & Scaff, M. (2003). Estimulação magnética transcraniana. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 61 (1), 282 – 289.

Crosbie, J., McDonough, S., Gilmore, D. & Wiggam, M. (2004). The adjunctive role of mental practice in the rehabilitation of the upper limb after hemiplegic stroke: a pilot study. *Clin Rehabil*, 18, 60 – 68.

Cumming, J. & Hall, C. (2000). Deliberate imagery practice: the development of imagery skills in competitive athletes. *J. Sports Sci.*, 20, 137 – 145.

Dechent, P., Merboldt, K. & Frahm, J. (2004). Is the human primary motor cortex involved in motor imagery? *Brain Res Cogn Brain Res*, 19, 138-144.

Decety, J., Jeannerod, M., Durozard, D. & Baverel, G. (1993). Central activation of autonomic effectors during mental simulation of motor actions. *J Physiol*, 461, 549 – 563.

Decety, J., Jeannerod, M., Germain, M. & Pastene, J. (1991). Vegetative response during imagined movement is proportional to mental effort. *Behav Brain Res*, 42, 1 – 5.

Decety, J. & Boisson, D. (1990). Effect of brain and spinal cord injuries on motor imagery. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*, 240, 39 – 43.

Decety, J., Jeannerod, M. & Prablanc, C. (1989). The timing of mentally represented actions. *Behav Brain Res*, 34, 35 – 42.

Devanne, H., Lavoie, B. & Capaday, C. (1997). Input-output properties and gain changes in the human corticospinal pathway. *Exp Brain Res*, 114, 329 – 338.

Dickstein, R. & Deutsch, J. (2007). Motor imagery in physical therapy practice. *Physical Therapy*, 87 (7), 942 – 953.

Dickstein, R., Gazit-Grunwald, M., Plax, M., Dunsky, A. & Marcovitz, E. (2005). EMG activity in selected target muscles during imagery rising on tiptoes in healthy adults and poststroke hemiparetic patients. *J. of Motor Behavior*, 37 (6), 475 – 483.

Dickstein, R., Dunsky, A. & Marcovitz, E. (2004). Motor imagery for gait rehabilitation in post-stroke hemiparesis. *Physical Therapy, 84* (12), 1167 – 1177.

Dietrich, A. (2008). Imaging the imagination: the trouble with motor imagery. *Methods, 45*, 319 – 324.

Dijkerman, H., Letswaart, M., Johnston, M. & MacWalter, R. (2004). Does motor imagery training improve hand function in chronic stroke patients? A pilot study. *Clin Rehabil, 18*, 538 –549.

Driskell, J., Copper, C. & Moran, A. (1994). Does mental practice enhance performance? *Journal of applied Psychology, 79* (4), 481 -492.

Ehrsson, H., Geyer, S. & Naito, E. (2003). Imagery of voluntary movement of fingers, toes, and tongue activates corresponding bodypart specific motor representations. *J Neurophysiol, 90*, 3304 – 3316.

Fadiga, L., Buccino, G., Craighero, L., Fogassi, L., Gallese, V. & Pavesi, G. (1999). Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: a magnetic stimulation study. *Neuropsychologia, 37*, 147 – 158.

Facchini, S., Muellbacher, W., Battaglia, F. & Hallett, M. (2002). Focal enhancement of motor cortex excitability during motor imagery: a transcranial magnetic stimulation study. *Acta Neurol Scand, 105*, 146-151.

Fery, Y. (2003). Differentiating visual and kinaesthetic imagery in mental practice. *Can J Exp Psychol, 57*, 1 - 10.

Fourkas, A., Avenanti, A., Urgesi, C. & Aglioti, S. (2006). Corticospinal facilitation during first and third person imagery, *Exp. Brain Res, 168*, 143 – 151.

Gabbard, C., Ammar, D. & Rodrigues L. (2005). Motor imagery in reaching: is a left-hemispheric advantage? *J. Neuroscience, 115*, 861 – 869.

Ganis, G., Keenan, J., Kosslyn, S. & Pascual-Leone, A. (2000). Transcranial magnetic stimulation of primary motor cortex affects mental rotation. *Cereb Cortex*, *10*, 175 – 180.

Gentili, R., Papaxanthis, C. & Pozzo, T. (2006). Improvement and generalization of arm motor performance through motor imagery practice. *Neuroscience*, *137*, 761 - 772.

Georgopoulos, A. (2000). Neural aspects of cognitive motor control. *Curr Opin Neurobiol.*, *10*, 238 – 241.

Gerardin, E., Sirigu, A., Lehericy, S., Poline, J., Gaymard, B., Marsault, C., Agid, Y. & Bihan, D. (2000). Partially overlapping neural networks for real and imagined hand movements. *Cerebral Cortex*, *10* (11), 1093 – 1104.

Geusgens, C., Heugten, C., Donkervoort, M., Ende, E., Jolles, J. & Heuvel, W. (2006) Transfer of training effects in stroke patients with apraxia: an exploratory study. *Neuropsychology Rehabilitation*, *16* (2), 213 – 219.

Grezes, J., Tucker, M., Armony, J., Ellis, R. & Passingham, R. (2003). Object automatically potentiate action: an fMRI study of implicit processing. *Eur J NeuroSci*, *17*, 2735 – 2740.

Grouios G. (1992). Mental practice: a review. *Journal of Sport Behavior*, *15* (2), 42-59.

Guillot, A., Collet, C., Nguyen, V., Malouin, F., Richards, C. & Doyon, J. (2008). Brain activity during visual versus kinaesthetic imagery: an FMRI study, *Human Brain Mapping*, *30* (7), 2157 -2172.

Guillot, A., Collet, C., Nguyen, V., Malouin, F., Richards, C. & Doyon, J. (2008). Functional neuroanatomical networks associated with expertise in motor imagery, *Neuroimage*, *41*, 1471 – 1483.

Ietswaart, M., Johnston, M., Dijkerman, H., Scott, C., Joice, S., Hamilton, S. & Macwalter, R. (2006). Recovery of hand function through mental practice: a study protocol. *BioMed Central Neurology*, *6*, 6-39.

Hanakawa, T., Immisch, I., Toma, K., Dimyan, M. & Hallett, M. (2003). Functional properties of brain areas associated with motor execution and imagery. *Journal of Neurophysiology*, 89, 989-1002.

Hashimoto, R. & Rothwell, J. (1998). Dynamic changes in corticospinal excitability during motor imagery. *Exp Brain Res*, 125, 75 – 81.

Higuchi, S., Imamizu, H. & Kawato, M. (2007). Reorganization of brain activity for multiple internal models after short but intensive training, *Cortex*, 43, 350 – 358.

Hummel, F. & Cohen L. (2006). Non-invasive brain stimulation: a new strategy to improve neurorehabilitation after stroke? *Lancet Neurology*, 5, 708-812.

Jackson, P., Lafleur, M., Malouin, F., Richards, C. & Doyon, J. (2001). Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil*, 82, 1133 –1141.

Jeannerod M. (2001). Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *Neuroimage*, 14, 103 – 109.

Johnson, S., Rotte, M., Grafton, S., Hinrichs, H., Gazzaniga, M. & Heinze, H. (2002). Selective activation of a parietofrontal circuit during implicitly imagined prehension. *Neuroimage*, 17, 1693 – 1704.

Johnson, S. (2000). Imagining the impossible: intact motor representations in hemiplegics. *Neuroreport*, 11, 729 – 732.

Jorgenson, M., Van Limbeek, J., Geurts, A. & Zwarts, M. (2005). Motor recovery after stroke: a systematic review of the literature. *Arch Phys Med Rehabil*, 83, 1629 – 1637.

Kasai, T., Kawai, S., Kawanishi, M. & Yahagi, S. (1997). Evidence for facilitation of motor evoked potentials induced by motor imagery, *Brain Research*, 744, 147 – 150.

Lacourse, M., Orr, E., Cramer, S. & Cohen, M. (2005). Brain activation during execution and motor imagery of novel and skilled sequential hand movements. *NeuroImage*, 27, 505 – 519.

Lacourse, M., Turner, J., Orr, E., Schandler, S. & Cohen, M. (2004). Cerebral and cerebellar sensorimotor plasticity following motor imagery-based mental practice of a sequential movement. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 41 (4), 505-524.

Lafleur, M., Jackson, P., Malouin, F., Richards, C., Evans, A. & Doyon, J. (2002). Motor learning produces parallel dynamic functional changes during the execution and imagination of sequential foot movements. *Neuroimage*, 16 (1), 142 – 157.

Lazzaro, V., Oliviero, A., Pilato, F., Saturno, E., Dileone, M., Mazzone, P., Insola, A., Tonali, P. & Rothwell, J. (2004). The physiological basis of transcranial motor cortex stimulation in conscious humans. *Clin Neurophysiology*, 155 (2), 255 – 266.

Léonard, G. & Tremblay, F. (2007). Corticomotor facilitation associated with observation, imagery and imitation of hand action: a comparative study in young and old adults. *Exp Brain Res*, 177, 167 – 175.

Levin, M., Desrosiers, J., Beauchemin, D., Bergeron, N. & Rochette, A. (2004). Development and validation of a scale for rating motor compensations used for reaching in patients with hemiparesis: the reaching performance scale. *Physical Therapy*, 84 (1), 8 -22.

Levin, O., Steyvers, M., Swinnen, S. & Wenderoth, N. (2004). Dynamical changes in corticospinal excitability during imagery of unimanual and bimanual wrist movements in humans: a transcranial magnetic stimulation study. *Neuroscience Letter*, 359, 185-189.

Li, S., Stevens, J. & Rymer, W. (2009). Interactions between imagined movement and the initiation of voluntary movement: a TMS study. *Clinical Neurophysiology*, 120, 1154 – 1160.

Li, S. (2007). Movement-specific enhancement of corticospinal excitability at subthreshold levels during motor imagery. *Exp. Brain Res*, 179, 517 – 524.

Li, S., Kamper, D., Stevens, J. & Rymer, W. (2004). The effect of motor imagery on spinal segmental excitability. *J Neurosci*, 24, 9674 – 9680.

Liu, K., Chetwyn, C., Lee, T. & Hui-Chan, W. (2004). Mental imagery for promoting relearning for people after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Rehabil*, 85, 1403 – 1408.

Livesay, J. & Samaras, M. (1998). Covert neuromuscular activity of the dominant forearm during visualization of a motor task. *Percept Mot Skills*, 86, 371 - 374.

Lotze, M. & Cohen, L. (2006). Volition and imagery in neurorehabilitation. *Cogn Behav Neurol*, 19, 135 – 140.

Lotze, M., Montova, P., Hulsman, E., Flor, H., Klose, U., Birbaumer, N. & Grodd, W. (1999). Activation of cortical and cerebellar motor areas during executed and imagined hand movements: an fmri study. *J. Cogn. Neurosci.*, 11, 491 – 501.

Malouin, F. & Richards, C. (2010). Mental practice for relearning locomotor skills. *Physical Therapy*, 90 (2), 240 – 251.

Malouin, F., Richards, C. & Doyon, J. (2004). Training mobility tasks after stroke with combined mental and physical practice: a feasibility study. *Neurorehabil Neural Repair*, 18, 66 - 75.

Malouin, F., Desrosiers, J. & Doyon, J. (2004). Bilateral slowing of mentally simulated actions after stroke. *Neuroreport*, 15, 1349 – 1353.

McEwen, S., Huijbregts, M., Ryan, J. & Polatajko, H. (2009). Cognitive strategy use to enhance motor skill acquisition post-stroke: a critical review. *Brain Injury*, 23 (4), 263 – 277.

Mulder, T. (2007). Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *J. Neural Trasm*, 114, 1265 -1278.

Mulder, T., Zijlstra, S., Zijlstra, W. & Hochstenbach, J. (2004). The role of motor imagery in learning a totally novel movement. *Exp Brain Res*, 154, 211 – 217.

Munzert, J., Lorey, B. & Zentgraf, K. (2009). Cognitive motor processes: the role of motor imagery in the study of motor representations, *Brain Research Reviews*, 60, 306 – 326.

Page, S., Szaflarski, J., Eliassen, J. & Cramer, S. (2009). Cortical plasticity following motor skill learning during mental practice in stroke. *Neurorehabilitation Neural Repair*, 23 (4), 382 – 388.

Page, S., Levine, P. & Leonard, A. (2007). Mental practice in chronic stroke: results of a randomized, placebo-controlled trial. *Stroke*, 38, 1293 – 1297.

Page, S., Levine, P. & Leonard, A. (2005). Effects of mental practice on affected limb use and function in chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabilitation*, 86 (3), 399-402.

Page, S., Levine, P., Sisto, S., & Johnston, M. (2001). Imagery combined with physical practice for upper limb motor deficit in sub-acute stroke: a case report. *Phys Ther*, 81 (8), 1455 –1462.

Page, S., Levine, P., Sisto, S. & Johnston, M. (2001). A randomized, efficacy and feasibility study of imagery in acute stroke. *Clin Rehabil*, 15, 233 – 240.

Page, S. (2000). Imagery improves motor function in chronic stroke patients with hemiplegia: a pilot study. *Occ Ther J Res.*, 20, 200 – 215.

Parsons, L., Fox, P., Downs, J., Glass, T., Hirsch, T. & Martin, C. (1995). Use of implicit motor imagery for visual shape discrimination as revealed by PET. *Nature*, 375, 54 – 58.

Pascual-Leone, A., Tormos, J., Keenan, J., Tarazona, F., Canete, C. & Catalã, M. (1998). Study and modulation of human cortical excitability with transcranial magnetic stimulation. *J. Clin Neurophysiol*, 15, 333 – 343.

Pascual-Leone, A., Nguyet, D., Cohen, L., Brasil-Neto, J., Cammarota, A. & Hallett, M. (1995). Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *J Neurophysiol*, 74, 1037–1045.

Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F. & Merabet L. (2005). The plastic human brain cortex. *Annu. Rev. Neuroscience*, 28, 377-401.

Porro, C., Cettolo, V., Francescato, M. & Baraldi, P. (2000) Ipsilateral involvement of primary motor cortex during motor imagery. *Eur. J. Neuroscience*, 12, 3059 – 3063.

Rodriguez M., Llanos, C. & Gonzalez, S. (2008). *How similar are motor imagery and movement?*, 122 (4), 910 – 916.

Roosink, M. & Zijdwind, I. (2010). Corticospinal excitability during observation and imagery of simple and complex hand tasks: implications for motor rehabilitation. *Behavioural Brain Research*, 213, 35 – 41.

Rosler, K. (2001). Transcranial magnetic brain stimulation: a tool to investigate central motor pathways. *News Physiology*, 16, 297-302.

Rossi, S., Pasqualetti, P., Pauri, F., Tecchio, F. & Rossini, P. (1998). Corticospinal excitability modulation during mental simulation of wrist movements in human subjects. *Neurosci Lett*, 243, 147 -153.

Rossini, P., Rossi, S., Pasqualetti, P. & Tecchio F. (1999). Corticospinal excitability modulation to hand muscles during movement imagery. *Cereb Cortex*, 9, 161 – 167.

Schieber M. & Hibbard, L. (1993). How somatotópica is the motor cortex hand area? *Science*, 261, 489 – 492.

Sanes, J. & Donoghue, J. (2000). Plasticity and primary motor cortex. *Annu. Rev. Neurosci.*, 23, 393 – 415.

Sirigu, A., Daprati, E., Pradat-Diehl, P., Franck, N. & Jeannerod, M. (1999). Perception of self-generated movement following left parietal lesion. *Brain*, *122*, 1867 – 1874.

Sharma, N., Pomeroy, V. & Baron, J. (2006). Motor imagery: a backdoor to the motor system after stroke? *Stroke*, *37*, 1941 – 1952.

Simmons, L., Sharma, N., Baron, J. & Pomeroy, V. (2008). Motor imagery recovery after subcortical stroke: who might benefit, daily dose and potential effects. *Neurorehabilitation Neural Repair*, *22*(5), 458 – 469.

Sirigu, A., Cohen, L., Duhamel, J., Pillon, B., Dubois, B. & Agid, Y. (1995). Congruent unilateral impairments for real and imagined hand movements. *Neuroreport*, *6*, 997 – 1001.

Smania, N., Bazoli, F., Piva, D. & Guidetti, G. (1997). Visuomotor imagery and rehabilitation of neglect. *Arch Phys Med Rehabil*, *78*, 430 - 436.

Solodkin, A., Hlustik, P., Chen, E. & Small, S. (2004). Fine modulation in network activation during motor execution and motor imagery, *Cerebral Cortex*, *14* (41), 1246 – 1255.

Stevens, J. (2005). Interference effects demonstrate distinct roles for visual and motor imagery during the mental representation of human action. *Cognition*, *95*, 329 – 350.

Stevenson, T., Barclay-Goddard, R., Poluha, W. & Thalman, L. (2007). Mental practice for treating upper extremity deficits in individuals with hemiparesis after stroke (protocol). *The Cochrane Library*, 2007.

Stinear, C., Byblow, W., Steyvers, M., Levin, O. & Swinnen, S. (2006). Kinesthetic, but not visual, motor imagery modulates corticomotor excitability. *Exp Brain Res*, *168*, 157 – 164.

Stinear, C. & Byblow, W. (2003). Motor imagery of phasic thumb abduction temporally and spatially modulates corticospinal excitability. *Clinical Neurophysiology*, *114*, 909-914.

Stippich, C., Ochmann, H. & Sartor, K. (2002). Somatotopic mapping of the human primary sensorimotor cortex during motor imagery and motor execution by functional magnetic resonance imaging. *Neuroscience Letter*, *331*, 50-54.

Szameitat, A., Shen, S. & Sterr A. (2007). Motor imagery of a complex everyday movements. An FMRI study. *NeuroImage*, 34, 702-713.

Takahashi, M., Hayashi, S., Ni, Z., Yahagi, S., Favilla, M. & Kasai, T. (2005). Physical practice induces excitability changes in human hand motor area during motor imagery. *Exp Brain Res*, 163, 132 – 136.

Takahashi, M., Sugawara, K., Hayashi, S. & Kasai, T. (2004). Excitability changes in human hand motor area dependent on afferent inputs induced by different motor tasks. *Exp. Brain Res*, 158, 527 – 532.

Tomasino, B., Mondani, M., Skrap, M. & Rumiati, R. (2005). Mental rotation in a patient with an implanted electrode grid in the motor cortex. *Neuroreport*, 16, 1795 – 1800.

Vargas, C., Olivier, E., Craighero, L. & Sirigu, A. (2004). The influence of hand posture on corticospinal excitability during motor imagery: a transcranial magnetic stimulation study. *Cereb Cortex*, 14, 1200-1206.

Vries S. & Mulder, T. (2008) Motor imagery and stroke rehabilitation: a critical discussion. *J Rehabil Med*, 39, 5 – 13.

Woldag, H. & Hummelsheim, H. (2002). Evidence-based physiotherapeutic concepts for improving arm and function in stroke patients. *Journal of Neurology*, 249, 518-528.

Yue, G. & Cole, K. (1992). Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *J Neurophysiol*, 67, 1114 –1123.

Ziemann, U., Muellbacher, W., Hallett, M. & Cohen L. (2001). Modulation of practice-dependent plasticity in human motor cortex. *Brain*, 124, 1171 – 1181.

Zijdewind, I., Toering, S., Bessem, B. & Laan, O. (2003). Effects of imagery motor training on torque production of ankle plantar flexor muscle. *Muscle Nerve*, 28, 168 – 173.

Zimmermann-Schlatter, A., Schuster, C., Puhan, M., Siekierka, E. & Steurer, J. (2008). Efficacy of motor imagery in post-stroke rehabilitation: a systematic review. *J. Neuroeng Rehabil*, 14, 5 -8.

APÊNDICES

APÊNDICE 1
Consentimento Informado

DECLARAÇÃO DO CONCENTIMENTO INFORMADO

Consentimento Informado

Eu, _____
aceito que os meus dados sejam utilizados para a realização de um estudo neurofisiológico.

Foi-me explicado o objectivo do trabalho no qual serão divulgados os meus dados, tendo compreendido tudo o que me foi dito.

Fui informado que terei de me deslocar ao Hospital de Santa Maria para ser aplicada a Estimulação Magnética Transcraniana. Foram-me explicadas as contra-indicações deste aparelho.

Sei que os meus dados serão tratados confidencialmente, omitindo o meu nome e protegendo a minha imagem.

Foi-me também explicado que sou livre de recusar a utilização dos meus dados sem que isso interfira com os meus cuidados de saúde futuros.

Assinatura do participante: _____

Assinatura do fisioterapeuta: _____

Data: _____

ANEXOS

ANEXO 1

Plano da gravação áudio do programa de imaginação motora

Plano da gravação áudio do programa de imaginação motora de AVD's

Sente-se confortavelmente

(10s)

Feche os olhos

(10s)

Imagine que está numa praia paradisíaca com o sol no seu rosto; a brisa a acariciar a sua pele; Imagine o cheiro limpo do oceano e do ar;

(5s)

Agora, inspire lentamente, fazendo com que o abdómen se dirija para fora e de seguida expire lentamente fazendo com que o abdómen se dirija para dentro (repita 10x).

(1 minuto)

Feche fortemente a mão direita durante uns segundos. Sinta a tensão na mão, nos nós dos dedos, nas articulações do punho e nos músculos do antebraço. Relaxe. Repare no contraste entre a tensão e o relaxamento.

(1 minuto)

Empurre o cotovelo direito para baixo e para dentro contra o corpo durante uns segundos. Sinta a tensão no braço Relaxe. Repare no contraste entre a tensão e o relaxamento.

(1 minuto)

Inspire profundamente, guardando o ar dentro dos pulmões e empurre os ombros e as omoplatas para trás (como se quisesses tocar com um ombro no outro) durante uns segundos. Sinta a tensão no peito, ombros e costas. Relaxe. Repare no contraste entre a tensão e o relaxamento.

(1 minuto)

A partir deste momento vai imaginar uma serie de tarefas com o seu braço e mão direita de acordo com a gravação. Recorde-se que durante este período apenas tem que imaginar não devendo efectuar qualquer movimento com o seu braço e mão direita.

A gravação irá sempre primeiro descrever o cenário em que se realizará a tarefa para depois na sua perspectiva realizar a actividade mentalmente com as mesmas sensações de quando realiza a tarefa na vida real.

Sempre que na gravação se referir uma garrafa de água corresponde a uma garrafa de 1,5l.

Concentre-se na sua mão direita que está descansada em cima da mesa.

Concentre-se agora na sensação de repouso da sua mão direita.

Agora continuando a manter os olhos fechados:

Imagine que está num hipermercado na secção das bebidas e tem que alcançar e agarrar uma garrafa de água que está numa prateleira alta para colocar no carrinho de compras.

(1 minuto)

Imagine que está junto à caixa registadora para efectuar o pagamento e tem que alcançar e agarrar a garrafa de água que está no carrinho de compras para a colocar no balcão.

(1 minuto)

Imagine que a garrafa de água está no balcão e tem de a alcançar e agarrar para colocar no saco de compras.

(1 minuto)

Imagine que chegou a sua casa e tem de alcançar e agarrar a garrafa de água que está no saco de compras para a colocar numa prateleira baixa da dispensa.

(1 minuto)

Imagine que está na sua cozinha e tem de alcançar e agarrar a garrafa de água que deixou na dispensa para a colocar no frigorífico.

(1 minuto)

Imagine que tem sede, e que vai ao frigorífico alcançar e agarrar a garrafa de água para beber.

(1 minuto)

Imagine que está sentado à mesa a almoçar e tem que alcançar e agarrar a garrafa de água que está colocada num móvel perto de si para a colocar na mesa.

(1 minuto)

Neste momento tendo a garrafa de água em cima da mesa imagine que a tem de alcançar e agarrar para colocar água no copo.

(1 minuto)

Imagine que a garrafa está na mesa e a pessoa que está à sua frente lhe pede a garrafa de água. Imagine que a está a alcançar e agarrar para lha dar.

(1 minuto)

Imagine que terminou a refeição que tem que alcançar e agarrar a garrafa de água para a colocar novamente no frigorífico.

(1 minuto)

Imagine que durante o transporte da garrafa de água até ao frigorífico ela caiu e que tem que a alcançar e agarrar do chão.

(1 minuto)

Imagine que após a refeição alguém tem sede e que tem de alcançar e agarrar a garrafa de água que está no frigorífico.

(1 minuto)

Entretanto acabou a água que estava na garrafa e tem de alcançar e agarrar para a colocar no caixote do lixo.

(1 minuto)

Imagine que tem de alcançar e agarrar a garrafa de água que está em cima da mesa com a mão direita para lhe retirar a tampa com a mão esquerda.

(1 minuto)

Imagine que tem de alcançar e agarrar uma garrafa de água cheia que está em cima da mesa a uma grande velocidade.

(1 minuto)

Imagine que tem de alcançar e agarrar uma garrafa de água cheia que está em cima da mesa lentamente.

(1 minuto)

Imagine que tem de alcançar e agarrar uma garrafa de água com metade do líquido que está em cima da mesa a uma grande velocidade.

(1 minuto)

Imagine que tem de alcançar e agarrar uma garrafa de água metade do líquido que está em cima da mesa lentamente.

Imagine que tem de alcançar e agarrar uma garrafa de água vazia que está em cima da mesa a uma grande velocidade.

(1 minuto)

Imagine que tem de alcançar e agarrar uma garrafa de água vazia que está em cima da mesa lentamente.

(1 minuto)

Fique sentado durante mais alguns minutos e aprecie as sensações da sua mão direita.

(2 minuto)

Agora visualize o número 10 (15 s)

Imagine este número a ser escrito lentamente (15 s)

Agora imagine umas escadas com o número 10 no topo (15 s),

Cada degrau tem um número menor que o valor do degrau acima (5s)

Conte lentamente para trás a partir do número 10. Veja cada número claramente. Imagine cada número tão grande e nítido quanto possível (1 minuto)

Quando chegar ao zero relaxe.

(1 minuto)

Agora levante-se vagarosamente