

Natália Lelis Torres

ESTRUTURA DE PRÁTICA E ESFORÇO COGNITIVO:
um estudo eletroencefalográfico

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG
2017

Natália Lelis Torres

ESTRUTURA DE PRÁTICA E ESFORÇO COGNITIVO:
um estudo eletroencefalográfico

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Guilherme Menezes Lage

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG
2017

T693e Torres, Natália Lelis
2017 Estrutura de prática e esforço cognitivo: um estudo eletroencefalográfico.
[manuscrito] / Natália Lelis Torres – 2017.
75 f., enc.: il.

Orientador: Guilherme Menezes Lage

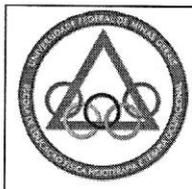
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 64-71

1. Aprendizagem motora - Teses. 2. Capacidade motora - Teses. 3. Eletroencefalografia – Teses. I. Lage, Guilherme Menezes. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 159.943

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



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

A Dissertação intitulada "**Estrutura de prática e esforço cognitivo: um estudo eletroencefalográfico**", de autoria da mestranda **Natália Lelis Torres**, defendida em 23 de fevereiro de 2017, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, foi submetida à banca examinadora composta pelos professores:

Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage (Orientador)
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Cássio de Miranda Meira Júnior
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

*Como o Prof. Cássio de Miranda Meira Júnior participou da Banca à distância, o Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage, orientador e presidente da comissão assinará a ata em nome do mesmo e terá validade de 60 dias. Procedimento aprovado pelo colegiado de Pós-Graduação em Ciências do Esporte.

Belo Horizonte, 23 de fevereiro de 2017.

Dedico este trabalho a meus amados pais. Este é mais um dos resultados da educação que vocês se esforçaram para me dar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus**, pois sem Ele nada disso seria possível. Ele me concedeu todos os pré-requisitos necessários para construir o meu caminho.

Agradeço aos meus pais **Rogério** e **Luzia** e ao meu irmão **Ramon** por me darem um lar, sempre acreditarem em mim, por não medirem esforços para me educar e por sempre regenerarem as minhas forças.

Agradeço à **vó Cida** e a toda **minha família** por todo o apoio, compreensão e pelos conselhos em momentos certos.

Agradeço **Às Nut...**, à **Luiza**, ao **Cristóvão** e ao **Diego** por todas as conversas em meio a “gordices”, as reflexões, a sinceridade, os conselhos e por todo apoio a mim concedidos. Vocês compreenderam as minhas dúvidas e não julgaram as minhas loucuras.

Agradeço ao **Prof. Dr. Guilherme Lage**, meu caríssimo orientador, por me dar a oportunidade de ser sua aluna e me apresentar as possibilidades de estudar o movimento no âmbito da neurociência. Você viu em mim potencial e confiou em mim mesmo quando nem eu sabia ao certo o que estava fazendo. Obrigada por não desistir de mim (risos)! Você é um exemplo de professor íntegro e preocupado com a formação dos alunos e de pesquisador comprometido com a disseminação de conhecimento e de ideias incríveis. Obrigada por tudo!

Agradeço ao **Prof. Dr. Rodolfo Benda**, meu primeiro orientador, por confiar em mim, acreditar na minha ideia de TCC e por me abrir as portas da pesquisa. Você foi a primeira pessoa que me incentivou a fazer mestrado, e mesmo me dispensando como aluna (risos), passando minha orientação para o prof. Guilherme, você é um grande exemplo para mim de professor e pesquisador comprometido com o comportamento motor. Agradeço ao **Prof. Dr. Herbert Ugrinowitsch** por todo conhecimento compartilhado e por todas as perguntas feitas nas reuniões do Gedam, sem dúvida alguma elas contribuíram muito para a minha formação.

Agradeço aos amigos do **Gedam** e aos irmãos da **Neurofamily** por toda parceria, discussões e cafés tomados na cantina. Vocês são ótimos! Agradeço em

especial ao **Tércio**, à **Nathalya** e à **Cíntia** por toda a ajuda, por todas as dúvidas tiradas e por toda paciência. Que vocês sejam recompensados, respectivamente, com muito macarrão e “*underpressure*”, muito Westworld e afins e com menos disciplinas peculiares.

Agradeço a todos os **voluntários** que cederam seu tempo para fazer este estudo acontecer. Agradeço também à todos os envolvidos no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte e ao funcionários do Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG por direta ou indiretamente auxiliarem na conclusão de mais um ciclo em minha vida.

“[...] Em paz com a vida e o que ela me traz

Na fé que me faz otimista demais

Se chorei ou se sorri

O importante é que emoções eu vivi”

(Roberto Carlos e Erasmo Carlos)

RESUMO

A maneira como a prática é estruturada influencia na aprendizagem de habilidade motora. Hipóteses explicativas propostas em estudos comportamentais assumem que práticas menos repetitivas, como a prática aleatória, parecem demandar um maior nível de esforço cognitivo quando comparada às práticas mais repetitivas, como a prática constante. Estas hipóteses enfatizam que essa maior exigência se deve ao aumento da demanda por processos de memória. O presente estudo teve como objetivo investigar em uma perspectiva eletrofisiológica se o nível de esforço cognitivo envolvido na prática aleatória é maior que o da prática constante. Participaram do estudo 21 universitários do sexo masculino, destros, inexperientes na tarefa com média de idade de $24,09 \pm 4,04$ anos. A tarefa consistiu em pressionar uma sequência de teclas em um teclado numérico com tempos absolutos e relativos pré-determinados. Os participantes executaram 60 tentativas na condição constante (somente um tempo absoluto) e 60 na condição aleatória (três tempos absolutos) e tiveram sua atividade elétrica cortical registrada durante todo o tempo da prática por um aparelho de eletroencefalografia (EEG). Duas medidas eletroencefalográficas para avaliação do estado cognitivo foram utilizadas: a) EEG – índice de engajamento, que é associada ao processamento sensorial e de recursos de atenção e b) EEG – índice de *workload*, que é associada à carga de memória de trabalho. O desempenho motor foi avaliado pelos erros relativo e absoluto. Testes *t* de Student e ANOVAsTwo-way foram conduzidos na análise estatística. Os resultados apontam que a prática aleatória induziu um maior esforço cognitivo comparada à prática constante quando analisado o índice de engajamento. Do início para o final da prática, tanto o índice de engajamento quanto o índice de *workload* diminuíram mais na prática constante do que na prática aleatória. Foi encontrado um maior nível de erros relativos e absolutos na prática aleatória durante a prática da habilidade motora. Os achados mostram que o maior esforço cognitivo exigido na prática aleatória foi devido mais a uma maior exigência de processamento sensorial, abrindo um novo campo de investigação do estudo da estrutura da prática.

Palavras-chave: Aprendizagem motora. Estrutura de prática. Eletroencefalografia.

ABSTRACT

The way that practice is ordered can influence in motor learning. Explanatory hypotheses proposed in behavioral studies assumed that less repetitive practice schedules, such as random practice, seem to demand greater cognitive effort than more repetitive types of practice organization such as constant and blocked practice. All of these hypotheses emphasize the enhanced demand to memory processes promoted by the less repetitive practice schedules. The present study had as a purpose to investigate if the cognitive effort level involved in random practice schedule is greater than in constant one with an electrophysiological approach. Participated in the study twenty-one undergraduate males, high handed, novice in the task ($24,09 \pm 4,04$ years). The task was consisted in to type a sequence on the numeric keyboard with predetermined relative timing and absolute timing. Participants completed sixty trials in constant practice schedule (only an absolute timing goal) and sixty trials in random practice schedule (three absolute timing goals) and had their cortical electric activity recorded by an electroencephalography (EEG) apparatus throughout practice. Two electroencephalography (EEG) based measures of cognitive states were used: (a) EEG-engagement index, that it is related to sensory processing and attention resources, and (b) EEG-workload indexes, that it is related to working memory load. The motor performance was measure by relative and absolute errors. Student's *t* test and Two-way ANOVAs were conducted on statistics analysis. The results showed that random practice induced greater cognitive effort than constant practice when task engagement was analyzed. Throughout practice, both task engagement and mental workload decreased more in the constant practice condition than in random practice condition. There were greater relative and absolute errors for random practice during the motor skill acquisition. These findings show that the greater cognitive effort demanded by random practice was due to an increased demand for sensory processing opening a novel field of study in practice organization.

Keywords: Motor learning. Practice schedule. Electroencephalography.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Gênese do sinal do EEG.....	31
Figura 2 – Instrumento e metas da tarefa.	38
Figura 3 – Medidas e pontos anatômicos para medidas do crânio.	42
Figura 4 – Sistema 10-20.	43
Figura 5 – Preparo e colocação dos materiais.	44
Figura 6 – Ilustração esquemática dos dados antes e depois da descontaminação de artefatos.	46
Figura 7 – Ilustração esquemática da composição de um <i>epoch</i>	47
Figura 8 - Esquema de varredura visual e captura de informação.	57
Gráfico 1 – Erro relativo.....	50
Gráfico 2 – Erro absoluto.	51
Gráfico 3 – (a) EEG – índice de engajamento e (b) EEG – índice de <i>workload</i> nas condições de prática aleatória e prática constante.....	52
Gráfico 4 – (a) EEG – índice de engajamento e (b) EEG – índice de <i>workload</i> nas condições de prática aleatória e prática constante durante os dois minutos iniciais e finais.....	53
Gráfico 5 – Dispersão das médias EEG – índice de engajamento.....	54
Gráfico 6 – Dispersão das médias EEG – índice de <i>workload</i>	55

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

EIC	Efeito da interferência contextual
EEG	Eletroencefalografia
PMG	Programa motor generalizado
CR	Conhecimento de resultado
s	Segundos
k Ω	Quiloohm
mV	Milivolts
μ V	Microvolts
FIR	Filtro de resposta finita
IIR	Filtro de resposta infinita
EMG	Atividade muscular excessiva
Hz	Hertz
DEP	Densidade espectral de potência
ms	Milisegundo
ER	Erro relativo
EA	Erro absoluto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Estruturação da prática	15
2.2 Teoria de Esquema	17
2.2.1 Hipótese da Variabilidade da Prática	18
2.3 O Efeito da Interferência Contextual	21
2.3.1 Hipótese da elaboração ou processamento distinto	22
2.3.2 Hipótese da reconstrução do plano de ação ou do esquecimento	24
2.4 Estrutura de prática e esforço cognitivo	26
2.5 Estrutura de prática e medidas neurofisiológicas	29
2.5.1 Eletroencefalografia	30
3 OBJETIVOS	34
3.1 Objetivo geral	34
3.2 Objetivos específicos	34
4 HIPÓTESES	35
5 MÉTODO	36
5.1 Estudo piloto	36
5.2 Amostra	36
5.3 Instrumentos e tarefa	37
5.3.1 Aparelho de eletroencefalografia	39
5.4 Delineamento	40
5.5 Procedimentos	41
5.6 Processamento e redução dos sinais do EEG	45
5.7 Variáveis	47
5.7.1 Variável independente	47
5.7.2 Variáveis dependentes	47
5.8 Análise estatística	48

6 RESULTADOS	50
6.1 Erro relativo (ER)	50
6.2 Erro absoluto (EA).....	51
6.3 EEG - índice de engajamento	51
6.4 EEG - índice de <i>workload</i>	52
6.5 EEG - índice de engajamento e EEG – índice de <i>workload</i> durante a prática	53
7 DISCUSSÃO	56
8 CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	64
APÊNDICE	72
ANEXO	74

1 INTRODUÇÃO

Aprendizagem motora é definida por Magill (2000) como a alteração na capacidade de um indivíduo em desempenhar uma habilidade, sendo essa mudança entendida como uma melhoria no desempenho em consequência de experiência ou da prática. A prática é considerada um dos fatores mais importantes e fundamentais da aprendizagem motora, pois oportuniza aos aprendizes realizar tentativas para encontrar as melhores soluções para alcançar a meta da tarefa e assim otimizar a aprendizagem de habilidades (SCHMIDT; LEE, 1999; MAGILL, 2000).

A prática pode ser estruturada de forma constante, na qual o aprendiz pratica apenas uma habilidade, ou de forma variada, na qual duas ou mais habilidades ou duas ou mais variações de uma mesma habilidade podem ser praticadas (SCHMIDT; WRISBERG, 2001). A maneira como as habilidades são estruturadas pode influenciar na aprendizagem. Visando explicar esta influência, duas vertentes de pesquisa são recorrentemente utilizadas em investigações da estrutura da prática. Na primeira, Hipótese da Variabilidade da Prática (MOXLEY, 1979), busca-se comprovar a eficácia da prática variada na aprendizagem. Para tal, a estrutura de prática constante é comparada à prática variada para a verificação do efeito da variabilidade da prática na aprendizagem. Na segunda área de pesquisa, denominada Efeito da Interferência Contextual (SHEA; MORGAN, 1979), assume-se previamente a superioridade da prática variada na aprendizagem e pretende-se verificar qual ordenação das habilidades durante a prática variada é mais eficiente.

Os pressupostos da Hipótese da Variabilidade da Prática e do Efeito da Interferência Contextual (EIC) têm o entendimento em comum de que a prática com menor repetição beneficiaria a aprendizagem de habilidades motoras, diminuindo a dependência do contexto para a execução do movimento e assim, facilitando a transferência para futuras tarefas. Segundo a Hipótese da Variabilidade da Prática, variar as especificações da habilidade durante a prática aumentaria as relações entre informações associadas ao movimento e fortaleceria a regra armazenada na memória (esquemas) para a produção da habilidade (MOXLEY, 1979). Já o EIC, pressupõe que realizar habilidades durante a prática de maneira não repetitiva desenvolveria um rico repertório de operações de processamento envolvidas na

solução das habilidades, seja pela maior comparação das diferentes habilidades na memória de trabalho ou pelo maior ciclo de esquecimento-reconstrução do plano de ação das habilidades (SHEA; MORGAN, 1979; SHEA; ZIMNY, 1983; LEE; MAGILL, 1983, 1985). A maior experiência com processamentos inerentes a aprendizagem fortaleceria a representação da habilidade na memória.

Cada execução de movimento implica em informações específicas que precisam ser relacionadas e interpretadas para que a produção do movimento seja eficaz. Na prática variada, tanto na perspectiva da Variabilidade da Prática como na perspectiva do Efeito da Interferência Contextual, uma maior exigência de interpretação e armazenamento de informações bem como uma maior elaboração de estratégias e planejamento para alcançar a meta das diferentes variações da habilidade seria demandada quando comparada à prática mais repetitiva (LAGE *et al.*, 2015). Estas demandas são associadas ao esforço cognitivo e assim, de acordo com as hipóteses explicativas comportamentais do efeito da estrutura da prática na aprendizagem motora, um maior nível de esforço cognitivo estaria relacionado à prática com menor repetição (LAGE *et al.*, 2015).

Estudos comportamentais têm inferido se de fato a prática menos repetitiva demandaria um maior nível de esforço cognitivo que a prática mais repetitiva através de análise do desempenho motor (ex. GABRIELE; HALL; BUCKOLZ, 1987; KELSO; NORMAN, 1978; LEE; MAGILL, 1983; LI; WRIGHT, 2000; MOXLEY, 1979; SHEA; MORGAN, 1979; WEEKS; LEE; ELLIOTT, 1987; WRIGHT, 1991; WRISBERG; RAGSDALE, 1979). Contudo, para a verificação deste pressuposto, o uso de medidas eletrofisiológicas se mostra mais adequado e sensível. A eletroencefalografia (EEG) registra a atividade elétrica resultante da comunicação entre neurônios, que é por onde as informações são transmitidas (LENT, 2010). Esta técnica tem uma alta precisão temporal e permite mensurar a atividade neural do aprendiz durante o desempenho da tarefa (BERKA *et al.*, 2007; STICK *et al.*, 2014) e assim, inferir o nível de esforço cognitivo demandado. Partindo então do que foi discutido, o objetivo do presente estudo foi investigar o nível de esforço cognitivo gerado nas estruturas de prática constante e aleatória por meio de medidas eletroencefalográficas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Estruturação da prática

A prática é considerada um dos fatores mais importantes e fundamentais da aprendizagem motora (SCHMIDT; LEE, 1999). Segundo Magill (2000), a prática proporciona uma solução ativa de problemas para otimização da aprendizagem de habilidades. A possibilidade de realizar tentativas a fim de alcançar as melhores soluções para a tarefa irá auxiliar o aprendiz futuramente em situações em que seja necessário executar a mesma habilidade ou habilidades similares em relação a aspectos motores, cognitivos e perceptivos (LAGE, 2005).

A prática pode ser estruturada de diferentes formas. Uma dessas formas é a prática constante, na qual o aprendiz pratica apenas uma habilidade (SCHMIDT; WRISBERG, 2001). A prática constante proporciona maior estabilidade na aprendizagem da habilidade motora quando comparada à prática variada devido à maior repetição de aspectos semelhantes durante a prática (LAI; SHEA, 1998; LAI *et al.* 2000; GIUFFRIDA; SHEA; FAIRBROTHER, 2002; SHEA *et al.* 2001). A execução de uma única habilidade possibilita que os erros realizados na tentativa anterior influenciem o planejamento da tentativa seguinte e assim, uma maior consistência do desempenho na aquisição de habilidade é observada.

De acordo com Lai *et al.* (2000), Lage *et al.* (2007) e Shea *et al.* (2001), o fato da meta da habilidade não variar na estrutura de prática constante permitiria que o indivíduo direcionasse a sua atenção para a relação existente entre os componentes da habilidade que se repetem a cada tentativa. Esse direcionamento facilitaria a aprendizagem da estrutura da habilidade e resultaria em uma carga atencional reduzida na condição de prática constante quando comparada à estrutura de prática variada (LAI *et al.*, 2000).

Outra forma de estruturação da prática é a prática variada, na qual duas ou mais habilidades ou duas ou mais variações de uma mesma habilidade podem ser praticadas (SCHMIDT; WRISBERG, 2001). As estruturas de prática variada são a prática em blocos, a prática aleatória e a prática seriada. Na prática em blocos, todas as tentativas de uma determinada variação de habilidade são executadas juntas antes que a próxima variação seja realizada possibilitando assim uma maior repetição e previsibilidade da prática ao aprendiz (ex. AAAABBBBCCCC). Já na

prática aleatória, as variações são executadas sem uma sequência previsível, de forma a gerar baixo nível de previsibilidade e repetição (ex. BACABCCAABCCB). A prática seriada, por fim, une a previsibilidade da prática em blocos e a não repetição da prática aleatória (ex. ABCABCABCABC) (LAGE *et al.*, 2011; SCHMIDT; WRISBERG, 2001).

De acordo com suas características, a prática variada proporciona maior variação no desempenho durante o processo de aquisição de habilidade motora quando comparada à prática constante (LAI; SHEA, 1998; LAI *et al.* 2000). Contudo, uma vez que nessa estrutura de prática é exigido ao aprendiz que constantemente planeje e execute diferentes comandos motores para alcançar as metas das diferentes tentativas, uma maior flexibilidade na aprendizagem é observada. Esta característica da prática variada demanda uma maior carga atencional direcionada às especificações das diferentes metas que mudam ao longo da prática(LAI *et al.*, 2000; LAGE *et al.*, 2007; SHEA *et al.*, 2001). Esse direcionamento facilitaria a aprendizagem da parametrização da habilidade e, quando comparada à prática constante, uma maior carga atencional seria gerada na prática variada (LAI *et al.*, 2000). Esse tipo de achado tem sido relacionado às estruturas de prática menos repetitivas, a saber, a prática aleatória e a prática seriada (LAI *et al.*, 2000, SEKIYA *et al.*, 1994; SEKIYA; MAGILL; ANDERSON, 1996).

A maneira como as habilidades são estruturadas durante a prática pode, portanto, influenciar a aprendizagem motora. Visando explicar como se dá essa influência, duas vertentes de pesquisa são recorrentemente utilizadas em investigações da estrutura da prática: a Hipótese da Variabilidade da Prática (MOXLEY, 1979), baseada na Teoria de Esquema (SCHMIDT, 1975), e o Efeito da Interferência Contextual (SHEA; MORGAN, 1979). Na primeira, utiliza-se as estruturas de prática constante e variada para a verificação do efeito da variabilidade da prática na aprendizagem. Na segunda, pretende-se verificar qual ordenação das habilidades durante a prática variada é mais eficiente na aprendizagem.

2.2 Teoria de Esquema

A Hipótese da Variabilidade da Prática baseia-se na Teoria de Esquema de Schmidt (1975). A Teoria de Esquema propõe a existência de um programa motor generalizado (PMG) responsável pelo controle de uma classe de habilidades que possuem características em comum (SCHMIDT, 1975). Estas características são chamadas de aspectos invariantes da habilidade e são aspectos que se mantêm constantes durante a execução da habilidade ainda que ela seja realizada, por exemplo, mais rapidamente ou mais lentamente (SCHMIDT, 1975, 1982). São definidos como aspectos invariantes pela teoria: tempo relativo, força relativa e sequência dos componentes do movimento. Estes aspectos refletem a estrutura da habilidade que é armazenada na memória e fazem parte da dimensão relativa da habilidade (LAI *et al.*, 2000). Já os aspectos que podem variar são os chamados parâmetros da habilidade e compreendem o tempo total, a força total, o tipo de efector e a amplitude com que o movimento é realizado (SCHMIDT, 1975). A possibilidade de variar estes parâmetros permite que a habilidade seja planejada para que atinja as especificidades de sua meta (SCHMIDT, 1982). Estes aspectos refletem a flexibilidade da habilidade e fazem parte da dimensão absoluta da habilidade (APOLINÁRIO-SOUZA *et al.*, 2016; LAI *et al.*, 2000).

Para maior compreensão de como funcionaria o PMG na realização das habilidades, a teoria também estabelece a existência de dois estados de memória: esquema de lembrança e esquema de reconhecimento (SCHMIDT, 1982). Para a execução de determinada habilidade primeiramente é selecionado o PMG e então são adicionados a ele, através dos esquemas, os parâmetros que deixam a habilidade específica à meta (SCHMIDT, 1975, 1982). O esquema de lembrança é responsável pela determinação da resposta desejada e pela determinação das especificações do programa (SCHMIDT, 1975). O esquema de reconhecimento, por sua vez, compara as consequências sensoriais esperadas com as consequências sensoriais reais, avaliando assim o desempenho efetuado, detectando possíveis erros e realizando as correções necessárias (SCHMIDT, 1975). As funções dos esquemas permitem, portanto, que o PMG se adeque à meta da tarefa e que o desempenho do indivíduo seja refinado ao longo das tentativas.

De acordo com Schmidt (1975), a cada execução da habilidade informações do movimento são abstraídas e a relação entre elas forma a base dos

esquemas. Estas informações são de quatro tipos: 1) condições iniciais, que correspondem às informações sobre o posicionamento do corpo no espaço e a condição do ambiente antes da realização do movimento; 2) especificações da resposta, que são os aspectos variantes da habilidade adicionados ao PMG para que se possa atingir a meta da mesma; 3) consequências sensoriais, que correspondem ao *feedback* recebido pelas vias aferentes do indivíduo durante a execução; e 4) resultado da resposta, que é o sucesso da resposta executada em relação à pretendida (SCHMIDT, 1975). A relação abstrata entre essas informações é armazenada na memória como uma regra para produção de movimentos. Ainda que esta regra seja baseada em experiências passadas, ela não é rígida, podendo ser alterada e adaptada a novas experiências, possibilitando, portanto, que em situações futuras semelhantes o aprendiz seja capaz de produzir tanto habilidades anteriormente executadas como habilidades ainda não executadas (SCHMIDT, 1982; VAN ROSSUM, 1990).

2.2.1 Hipótese da Variabilidade da Prática

De acordo com a Hipótese da Variabilidade da Prática, a variação de especificações da habilidade dentro de esquemas de mesma classe aumentaria o número de relações abstratas provenientes das diferentes especificações praticadas e assim o esquema seria fortalecido (MOXLEY, 1979; SCHMIDT, 1975). Uma vez fortalecido, a transferência para futuras variações da habilidade por meio das variadas regras armazenadas seria facilitada (MOXLEY, 1979; SCHMIDT, 1975). Em seu estudo, que é conhecido por sistematizar a hipótese da variabilidade da prática inicialmente proposta por Schmidt (1975), Moxley (1979), além de dar suporte à existência do esquema de lembrança, encontrou um efeito benéfico da prática variada na aprendizagem de uma habilidade discreta quando comparada à prática constante. Segundo o autor supracitado, a variação de estímulos na prática variada demandou que os aprendizes percebessem mais informações sobre o posicionamento inicial do corpo no espaço, sobre as especificidades da habilidade, resultados obtidos e sobre a relação entre estas informações para que fosse possível alcançar o sucesso na execução das tentativas (MOXLEY, 1979). Esta maior demanda resultou em melhor desempenho nos testes para o grupo de prática variada tanto em relação à precisão quanto à consistência.

Com base no pressuposto de que a prática variada desenvolveria tanto o esquema de lembrança quanto o esquema de reconhecimento (SCHMIDT, 1975), outros estudos também se propuseram a testar a hipótese da variabilidade da prática. Partindo da premissa que quanto mais variadas são as experiências sensoriais, mais fortes são os processos de reconhecimento, Zelaznik, Shapiro e Newell (1978) investigaram o efeito da estruturação da prática na melhoria da memória de reconhecimento. Antes de realizar a tarefa do estudo, os participantes receberam *feedback* auditivo sobre o tempo de duração da tarefa de forma constante ou aleatória. Durante a execução da tarefa, não foi fornecido conhecimento de resultado e a força da memória de reconhecimento foi estimada pelo desempenho na tarefa. Como resultado, foi encontrado que, mesmo na ausência de conhecimento de resultados, os participantes puderam aprender através da detecção de erros desenvolvida via o recebimento de *feedback* auditivo antes da realização da tarefa. A condição variada apresentou menores valores de erro absoluto que a condição constante e foi capaz de manter o desempenho até o final da prática, o que, segundo os autores, demonstra a sua eficiência em fortalecer a regra do esquema de reconhecimento e confirma a hipótese da variabilidade da prática.

Newell e Shapiro (1976, experimento 1) investigaram se a prática variada em blocos facilitaria a transferência para uma nova tarefa quando comparada à prática constante através do desenvolvimento dos esquemas de lembrança e de reconhecimento. Foi manipulado o tempo a ser executado em uma tarefa de *timing* rápido com distância fixa a fim de variar as especificações requeridas. A força do esquema de lembrança foi estabelecida como sendo o inverso do erro absoluto e a força do esquema de reconhecimento foi estabelecida como sendo a correlação entre o erro estimado e o erro real. Os dados encontrados para o esquema de reconhecimento foram paralelos àqueles encontrados para o esquema de lembrança. Foi encontrado que a prática variada apresentou menores erros na transferência que o grupo constante quando a nova tarefa estava fora da faixa de tempo praticada na aquisição, mostrando, portanto, um maior fortalecimento de esquema neste grupo e uma facilitação no desempenho na transferência.

McCracken e Stealmach (1977) investigaram se a prática variada aleatória levaria a uma representação mais forte na memória e a um melhor desempenho em uma nova tarefa. Foi utilizada uma tarefa de *timing* rápido em que

mantinha-se o tempo alvo e variava-se a distância a ser alcançada. O erro absoluto foi utilizado como uma medida para se inferir sobre a força do esquema de lembrança. Foi encontrado que o grupo de prática variada alcançou um melhor desempenho na transferência para uma nova tarefa, confirmando a hipótese da variabilidade da prática. Utilizando uma tarefa de *timing* coincidente, Wrisberg e Rasgsdale (1979) investigaram as predições sobre a vantagem da variabilidade da prática na abstração de informações importantes para a execução da resposta em habilidade aberta. Foi encontrado que a prática com alta variabilidade de estímulos apresentou um melhor desempenho na transferência que o grupo com baixa variabilidade, demonstrando que a experiência mais variada durante a aquisição de habilidade levou a um maior leque de informações abstraídas e a uma facilitação da transferência para nova habilidade. Este achado mostrou-se benéfico para habilidades abertas, uma vez que nestas habilidades as informações provenientes do ambiente mudam frequentemente.

Em suma, os estudos apresentados acima dão suporte à hipótese da variabilidade da prática e evidenciam a participação da memória, via esquemas, na aprendizagem de habilidade motora e facilitação da transferência para novas tarefas. A cada execução de movimento, informações específicas são geradas e precisam ter suas relações abstraídas para a produção de movimentos. Dessa forma, a prática é entendida como uma construção constante de esquemas (VAN ROSSUM, 1990). A prática variada demandou que mais informações fossem abstraídas, relacionadas e interpretadas a cada mudança de especificação da habilidade para que o plano de ação fosse adequado à meta. Sendo assim, um maior processamento cognitivo devido a uma maior exigência de interpretação e armazenamento de informações pelo aprendiz e a uma maior demanda na elaboração de estratégias e planejamento para alcançar a meta das diferentes especificações da habilidade é demandado na prática variada. Esta demanda levaria a um pior desempenho da prática variada durante a fase de aquisição, contudo, beneficiaria a aprendizagem de habilidade motora, uma vez que as relações entre as informações percebidas pelos aprendizes fortaleceriam os esquemas e produziram adaptações interessantes para um novo contexto de aprendizagem (MOXLEY, 1979).

2.3 O Efeito da Interferência Contextual

A segunda área de investigação, a do Efeito da Interferência Contextual (EIC), baseia-se no fenômeno de interferência contextual, que se refere à existência de um grau de interferência gerado pela execução de duas ou mais habilidades durante a prática (SHEA; MORGAN, 1979; MAGILL; HALL, 1990). O termo interferência contextual foi inicialmente introduzido por Battig (1972) ao afirmar que, ao contrário do que era vigente à época, a interferência gerada pelo contexto no qual a habilidade é praticada é benéfica para a retenção de aprendizagem verbal. Baseando-se nos princípios estabelecidos em Battig (1972), Shea e Morgan (1979) foram os primeiros a investigar o efeito da interferência contextual na aprendizagem de habilidades motoras. Os autores encontraram que, assim como Battig (1972; 1979) pressupôs, a prática sob alta interferência contextual levaria a uma menor dependência do uso de memória para restabelecer o contexto da aquisição da habilidade motora e isto beneficiaria o desempenho na transferência (SHEA; MORGAN, 1979).

Um pressuposto do Efeito da Interferência Contextual é que a ordem de realização das diferentes habilidades durante a prática variada influenciaria a aprendizagem. As estruturas de prática investigadas no EIC são a prática variada em blocos, a prática aleatória e a prática seriada. É aceito na literatura que quanto menor a repetição tentativa a tentativa das habilidades durante a prática, maior é o nível de interferência contextual gerado no desempenho de uma habilidade em consequência da execução de outra (LEE; MAGILL, 1983; MAGILL; HALL, 1990). Dessa forma, assume-se que um alto nível de interferência contextual seria encontrado na prática aleatória e na prática seriada, enquanto que um nível baixo seria atribuído à prática em blocos (LAGE *et al.*, 2011).

Shea e Morgan (1979) investigaram o efeito da interferência contextual na aprendizagem de habilidade motora seriada utilizando um grupo de prática aleatória e um de prática em blocos. Foi encontrado um efeito positivo na transferência para a prática com alta interferência contextual, corroborando os pressupostos de Battig (1979). Ainda que o EIC tenha favorecido a transferência, durante a aquisição, a prática aleatória obteve um desempenho pior que a prática em blocos ao apresentar maiores valores de tempo de resposta, de movimento, de reação e maiores erros. De acordo com Shea e Morgan (1979), este comportamento era esperado, uma vez

que, devido à incerteza sobre qual das três habilidades utilizadas no estudo deveria ser executada na sequência, os indivíduos da prática aleatória não seriam capazes de planejar seus movimentos antes de serem informados sobre qual habilidade seria. Já na prática em blocos, os indivíduos teriam essa certeza, pois a mesma habilidade a ser executada seria repetida em sequência e os indivíduos seriam, portanto, capazes de planejar seus movimentos previamente. De forma geral, o estudo demonstrou o EIC e evidenciou a característica do processo de aprendizagem sob este fenômeno ao exibir comportamentos distintos dos tipos de prática entre fase de aquisição e testes de aprendizagem.

A fim de explicar o porquê a interferência contextual geraria um efeito benéfico na aprendizagem, algumas hipóteses explicativas foram elaboradas. As hipóteses mais investigadas são a Hipótese da elaboração ou do processamento distinto e a Hipótese da reconstrução do plano de ação ou do esquecimento.

2.3.1 Hipótese da elaboração ou processamento distinto

De acordo com Battig (1979), Shea e Morgan (1979) e Shea e Zimny (1983), ao se realizar mais de uma habilidade durante a prática, mais itens a serem aprendidos são mantidos de forma concorrente na memória de trabalho do aprendiz e, portanto, múltiplas estratégias de processamento passam a ser demandadas para que as diferentes habilidades sejam adquiridas. As estratégias utilizadas consistem em contrapor as diferentes informações dos itens tanto de forma intra-habilidade como inter-habilidade a fim de gerar uma maior distinção entre as habilidades e maior elaboração na codificação das mesmas. À medida que mais características das habilidades são codificadas, mais forte se torna a representação na memória de longa duração de cada uma delas, facilitando assim a retenção do que foi adquirido (SHEA; ZIMNY, 1983).

Ainda de acordo com os autores supracitados, interferência contextual é determinada pelo uso de múltiplas estratégias de processamento durante a prática, sendo assim, estruturas de prática com alto nível de interferência contextual demandariam maior nível dessas estratégias de processamento cognitivo, uma vez que a cada tentativa a habilidade a ser executada é diferente e, portanto, um maior número de itens é mantido na memória de trabalho. Já em estruturas com baixo nível de interferência contextual, o fato de a prática de uma mesma habilidades e

repetir seguidamente por muitas tentativas acarretaria que apenas uma habilidade fosse mantida na memória de trabalho do aprendiz por vez, demandando, portanto, um menor processamento distinto e elaborado quando comparado a prática com maior nível de interferência contextual (SHEA; ZIMNY, 1983). O indivíduo que realiza a aquisição de uma habilidade de forma aleatória desenvolve um vasto conjunto de operações de processamento que permite a ele recorrer a uma avaliação mais ampla da habilidade ao transferir o que foi aprendido para outra tarefa, diminuindo a dependência do contexto original no qual a habilidade foi aprendida (SHEA; ZIMNY, 1983).

A fim de testar tal hipótese, alguns estudos foram realizados. Wright (1991) manipulou o tipo de processamento utilizado pelos aprendizes durante aquisição de habilidade motora em estrutura de prática em blocos e encontrou evidência de que o processamento inter-habilidades é capaz de promover a retenção da habilidade motora. No estudo, grupos de prática em blocos foram suplementados com processamentos intra ou inter-habilidades entre as execuções da habilidade critério. Como resultado, foi encontrado que o grupo com aumento de processamento inter-habilidades promoveu melhora cesso ao plano de ação (menor valor de tempo de reação na retenção), melhor implementação do plano de ação (menor valor de tempo de movimento na retenção) e também a uma maior memorização do movimento (menores valores de erros na retenção) quando comparado aos outros grupos. A adição de processamento inter-habilidades à prática em blocos permitiu que esta estrutura se aproximasse das características da prática aleatória ao demandar maior nível de estratégias de processamentos, contudo, Wright (1991) não utilizou esta estrutura de prática no estudo.

Com o propósito de continuar a investigação acerca do tipo de processamento utilizado pelos aprendizes nas práticas com diferentes níveis de interferência contextual, Wright, Li e Whitacre (1992) adicionaram grupos de prática aleatória à investigação. Os resultados replicaram os achados de Wright (1991) e encontraram que a prática aleatória suplementada com processamento tanto intra quanto inter-habilidades não apresentou melhor retenção que a prática aleatória sem suplementação. Este achado parece confirmar a maior demanda de estratégias de processamento existente na prática com maior nível de interferência contextual, uma vez que aumentar os processamentos já existentes não aumentou os benefícios dessa estrutura.

Os achados apresentados acima parecem evidenciar a existência dos processamentos elaborado e distinto uma vez que o engajamento com uma habilidade diferente da habilidade critério possibilitou que mais itens fossem mantidos na memória de trabalho e assim múltiplas estratégias de processamento foram demandas. A maior qualidade e quantidade de codificação da habilidade resultou em uma representação da habilidade na memória mais fortalecida e assim um melhor desempenho no teste de aprendizagem foi observado.

2.3.2 Hipótese da reconstrução do plano de ação ou do esquecimento

De acordo com Lee e Magill (1983, 1985), a hipótese explicativa vigente (Hipótese da elaboração ou processamento distinto) justifica o efeito benéfico observado nos testes de aprendizagem ao se praticar com alta interferência contextual na aquisição, contudo não explica a razão da queda de desempenho observada durante a aquisição nessa estrutura de prática. Os autores elaboraram, portanto, uma hipótese explicativa a fim de solucionar esta crítica.

A hipótese estabelece que, em situação de prática variada, o intervalo entre a execução de uma habilidade e a próxima execução da mesma habilidade faria com que o aprendiz esquecesse parte ou toda resposta executada para alcançar a meta da habilidade, e assim, o desempenho na aquisição da habilidade seria prejudicado (LEE; MAGILL, 1985). Com o propósito de executar a tentativa após o esquecimento, o aprendiz deveria reconstruir todo ou parte do plano de ação da habilidade e adicionar a ele os parâmetros específicos da mesma (MAGILL; HALL, 1990). Para isso, ele se submeteria a análises e processos cognitivos mais próximos ao que é demandado nos testes de aprendizagem, explicando, portanto, a facilitação da prática com alta interferência contextual nos testes (LEE; MAGILL, 1983, 1985).

Na prática com baixa interferência contextual, devido à repetição consecutiva da mesma habilidade, o esquecimento ao qual o aprendiz é submetido seria menor e não haveria a necessidade de reconstruir o plano de ação a cada tentativa. O aprendiz relembriaria o plano de ação de forma passiva, isto é, simplesmente utilizaria uma solução já encontrada na memória de trabalho por ter sido realizada na tentativa anterior e assim, não se submeteria a processos ativos demandados nos testes (LEE; MAGILL, 1983, 1985). De forma geral, o grupo com

baixo nível de interferência contextual teria um melhor desempenho na aquisição quando comparado ao grupo com alta interferência contextual, mas na retenção esta relação se inverteria.

A hipótese da reconstrução do plano de ação ou do esquecimento é baseada nos pressupostos de Jacoby (1978) e Cuddy e Jacoby (1982) de que o espaçamento entre a repetição do estímulo critério seria benéfico para a retenção na aprendizagem verbal ao passo que o espaçamento geraria um esquecimento de informações do estímulo e aumentaria a exigência de o indivíduo se engajar na solução do problema. A partir do princípio do espaçamento entre repetições, estudos foram realizados a fim de testar tal hipótese.

Lee e Weeks (1987) investigaram se o esquecimento provocado pelo espaçamento entre duas repetições da habilidade critério beneficiaria a retenção da mesma. Para tanto, foi utilizado o paradigma de retenção de curta duração, que consiste em o aprendiz executar duas tentativas e após pouco tempo de intervalo realizar o teste de retenção. O período entre as tentativas pode ser manipulado para que cause maior ou menor esquecimento, e no estudo de Lee e Weeks (1987), neste intervalo, o aprendiz deveria ou executar outra tarefa ou seguir imediatamente para a próxima tentativa. A condição em que uma tarefa era interpolada entre as repetições da tarefa critério se aproximou da estrutura de prática com alta interferência contextual, ao passo que a condição em que não havia intervalo entre as repetições se aproximou da estrutura de prática com baixa interferência contextual. Como resultado, foi encontrado que a condição com maior intervalo entre as repetições gerou maior esquecimento da habilidade na segunda repetição, contudo, resultou em menores erros na retenção quando comparada à condição de execução imediata da segunda tentativa. Estes achados parecem evidenciar a atuação do esquecimento na aprendizagem motora prejudicando o desempenho na aquisição e beneficiando o desempenho nos testes, como proposto pela hipótese de Lee e Magill (1983;1985).

Outro estudo que suporta os pressupostos da hipótese do esquecimento ou reconstrução do plano de ação é a investigação de Weeks, Lee e Elliott (1987). O estudo também se baseou no princípio do paradigma de retenção de curta duração e teve como objetivo investigar o efeito da magnitude do esquecimento na retenção de habilidade motora através da interpolação de tarefas. Foi encontrado que o desempenho na retenção foi menos variável na condição em que o aprendiz se

submeteu a um maior esquecimento, ainda que durante a tentativa de aquisição o desempenho tenha sido prejudicado. A interpolação de tarefas possibilitou a eliminação do plano de ação desenvolvido para a execução da habilidade critério prejudicando o desempenho da tentativa subsequente, mas beneficiando o desempenho na retenção (WEEKS; LEE; ELLIOTT, 1987). De modo geral, os estudos acima dão suporte à hipótese do esquecimento ou reconstrução do plano de ação evidenciando a influência positiva do esquecimento na aprendizagem de habilidade motora.

Em suma, de acordo tanto com a Hipótese da elaboração ou do processamento distinto quanto com a Hipótese da reconstrução do plano de ação ou do esquecimento, a prática com alta interferência contextual levaria a uma maior exigência de processos cognitivos inerentes a aprendizagem, como os aspectos mnemônicos (memória de trabalho e memória de longa duração), aspectos de integração de informação e de planejamento, do que a prática com baixo nível de interferência contextual. O maior esforço cognitivo fortaleceria a representação da habilidade na memória do aprendiz interferindo positivamente no processo de aprendizagem motora.

2.4 Estrutura de prática e esforço cognitivo

Como abordado nas seções anteriores, os pressupostos da Hipótese da Variabilidade da Prática e do Efeito da Interferência Contextual têm uma mesma base explicativa, na qual a estrutura de prática com uma maior variabilidade de movimentos ou com um maior nível de interferência contextual exigiria um maior esforço cognitivo do aprendiz (LEE; MAGILL, 1983). Em ambas as áreas de pesquisa, as explicações acerca de como se daria essa maior exigência cognitiva enfatizam o uso de processos de memória (esquemas: SCHMIDT, 1975; MOXLEY, 1979; processamento intra e inter-habilidades: SHEA; MORGAN, 1979; SHEA; ZIMNY, 1983; reconstrução do plano de ação: LEE; MAGILL, 1983, 1985). Contudo, é possível que aspectos perceptivos, como a identificação de estímulos e captura de informações, também sejam bastante demandados na prática menos repetitiva, uma vez que a cada tentativa uma habilidade diferente ou uma especificação diferente de

uma mesma habilidade deve ser executada e para isso aspectos específicos desta habilidade devem ser planejados.

De acordo com Schmidt (1975; 1982), informações relacionadas: à como se encontra o corpo em relação ao ambiente; quais as especificações da resposta a ser realizada; informações acerca de tentativas anteriores, como qual foi o resultado alcançado; qual foi o erro detectado; quais as consequências sensoriais percebidas, entre outras, são captadas pelos indivíduos antes de se planejar o movimento para a próxima tentativa. Como na prática menos repetitiva não há repetição da mesma habilidade e nem de uma mesma variação da habilidade por tentativas em sequência, as informações geradas na tentativa anterior não são diretamente úteis para a execução da próxima tentativa, e assim é demandado ao aprendiz que a cada tentativa ele capte e processe informações novamente para que seu movimento alcance a meta da habilidade. O intervalo entre o término de uma tentativa e o começo da próxima deve, portanto, demandar maiores recursos atencionais na prática menos repetitiva do que na prática mais repetitiva (LI; WRIGHT, 2000). E, embora na literatura sobre estrutura de prática o maior esforço cognitivo demandado por prática com maior variabilidade tenha sido comumente atribuído a maior exigência sobre processos de memória e frequentemente não tenha sido discutido o papel do processamento sensorial nessa maior demanda cognitiva, um aumento na demanda sobre processamentos sensoriais deve também ser esperado na prática menos repetitiva. Em resumo, pode ser esperado que a diferença de nível de esforço cognitivo demandado nas condições de prática menos e mais repetitiva deve ser devida não só à exigência de processos de memória, mas também à exigência de processamento sensorial de informações.

Segundo Lee, Swinnen e Serrien (1994), esforço cognitivo pode ser entendido como sendo “o trabalho mental (*mental work*) envolvido na tomada de decisão”, sendo que estes autores entendem que o processo de tomada de decisão perpassa por antecipação, interpretação, regulação e planejamento do desempenho motor para que o aprendiz alcance sucesso na sua tentativa de solucionar o problema da tarefa. Já Jiang *et al.* (2015, p.2) entendem a carga de trabalho mental ou *mental workload* como sendo um “recurso mental finito e individual que o sujeito utiliza para desempenhar uma tarefa sob condições operacionais e ambientais específicas”. Os autores afirmam ainda que o *mental workload* pode ser gerado por fontes perceptivas, fontes associadas à memória de trabalho e fontes motoras

(JIANG *et al.*, 2015). Segundo Gentili *et al.* (2014) e Borghini *et al.* (2014), à medida que se aumenta a demanda de uma tarefa, o *mental workload* também é aumentado. Desta forma, entende-se que o esforço cognitivo relaciona-se à quantidade de informação a ser processada, ao nível de exigência da tarefa e à quantidade de recursos mentais demandados durante a prática para que a habilidade seja produzida.

A partir dessa compreensão de esforço cognitivo, entende-se que a prática aleatória demandaria um maior esforço cognitivo quando comparada à prática constante uma vez que ela se mostra uma estrutura de prática mais exigente ao requerer que, em uma mesma quantidade de prática que a condição constante, os indivíduos aprendam uma maior quantidade de itens da habilidade, já que a cada tentativa há uma mudança em relação à habilidade a ser produzida. Esta maior quantidade de itens a serem aprendidos geraria uma maior demanda de estratégias de processamento, que, por sua vez, requeririam um maior empenho de recursos mentais dos indivíduos para a resolução dos itens envolvidos na execução da habilidade.

Além das fontes apresentadas acima, o esforço cognitivo também está associado ao nível de aprendizagem do indivíduo. Sujeitos em estágios mais avançados de aprendizagem evidenciam níveis de *mental workload* reduzidos (BAINBRIDGE, 1989; PATTEN *et al.*, 2006; HAUFLEER *et al.*, 2000; KYLLONEN; CHRISTAL, 1990). De acordo com Riestchel *et al.*,(2014), à medida que o indivíduo vai aprendendo a habilidade, ele vai se tornando mais eficiente na utilização de recursos fisiológicos e, ainda que as exigências da tarefa sejam mantidas as mesmas durante a prática, isto resulta em uma queda no esforço empregado na aquisição da habilidade. Reunindo-se todos os fatores discutidos até então, entende-se que, estando corretos os pressupostos das hipóteses comportamentais, a aquisição de habilidade motora sob condição de prática aleatória demanda maior nível de esforço cognitivo que a prática constante devido à maior exigência de processamento sensorial, à maior utilização de memória e à maior demanda da tarefa, e este nível de esforço cognitivo é menor ao final da prática.

Estudos comportamentais têm inferido se de fato a prática menos repetitiva demandaria um maior nível de esforço cognitivo que a prática mais repetitiva através de análise do desempenho motor (ex. GABRIELE; HALL; BUCKOLZ, 1987; KELSO; NORMAN, 1978; LEE; MAGILL, 1983; LI; WRIGHT, 2000;

MOXLEY, 1979; SHEA; MORGAN, 1979; WEEKS; LEE; ELLIOTT, 1987; WRIGHT, 1991; WRISBERG; RAGSDALE, 1979). Contudo, para a verificação deste pressuposto, o uso de medidas neurofisiológicas se mostra mais adequado e sensível, uma vez que estas medidas, diferentemente das de desempenho motor, foram criadas com o intuito de avaliar a atividade neural do indivíduo. Sendo assim, o uso de medidas neurofisiológicas permite a avaliação da atividade neural relacionada à estrutura de prática de forma mais específica, fornecendo informações para a verificação dos pressupostos apontados pelas hipóteses comportamentais e assim podendo complementar as observações comportamentais.

2.5 Estrutura de prática e medidas neurofisiológicas

A partir de 2007, estudos utilizando medidas neurofisiológicas não invasivas a fim de investigar quais correlatos neurais estariam relacionados ao efeito da estruturação da prática na aprendizagem motora foram conduzidos. Técnicas de imagem funcional, que captam variações no fluxo sanguíneo em resposta à atividade neural, e técnicas de modulação da atividade neural, que estimulam ou inibem a excitabilidade cortical através de corrente elétrica foram os métodos comumente utilizados. Lage *et al.* (2015), em revisão de estudos deste tema, reportaram que a prática variada parece demandar maior atividade do córtex pré-frontal dorsolateral e do córtex parietal ao requerer maior envolvimento de memória de trabalho, processamento de informações e processos de planejamento do aprendiz quando comparada à práticas mais repetitivas. Essas áreas do cérebro são associadas, respectivamente, ao funcionamento cognitivo e funções executivas e à integração sensorial e de informações. O nível de ativação de áreas cerebrais envolvidas no planejamento e execução do movimento é considerado um elemento crítico para a consolidação da aprendizagem (LAGE *et al.*, 2015).

Estas técnicas, apesar de mostrarem a ativação de áreas cerebrais na resposta motora, bem como a magnitude dessa ativação (imagem funcional), e de evidenciarem a participação de áreas do encéfalo na aprendizagem motora (modulação via corrente elétrica), não fornecem informações suficientes para se mensurar o quanto o aprendiz se esforça cognitivamente. As respostas verificadas nestas técnicas não traduzem diretamente a quantidade do processamento de

informações, uma vez que não há uma tradução temporal precisa das mudanças neurais ocorridas durante a tarefa. O esforço cognitivo, contudo, pode ser acessado mais sensivelmente por meio de medidas eletroencefalográficas (EEG) que registram atividades elétricas resultadas da propagação de estímulos com grande precisão temporal (BERKA *et al.*, 2007).

2.5.1 Eletroencefalografia

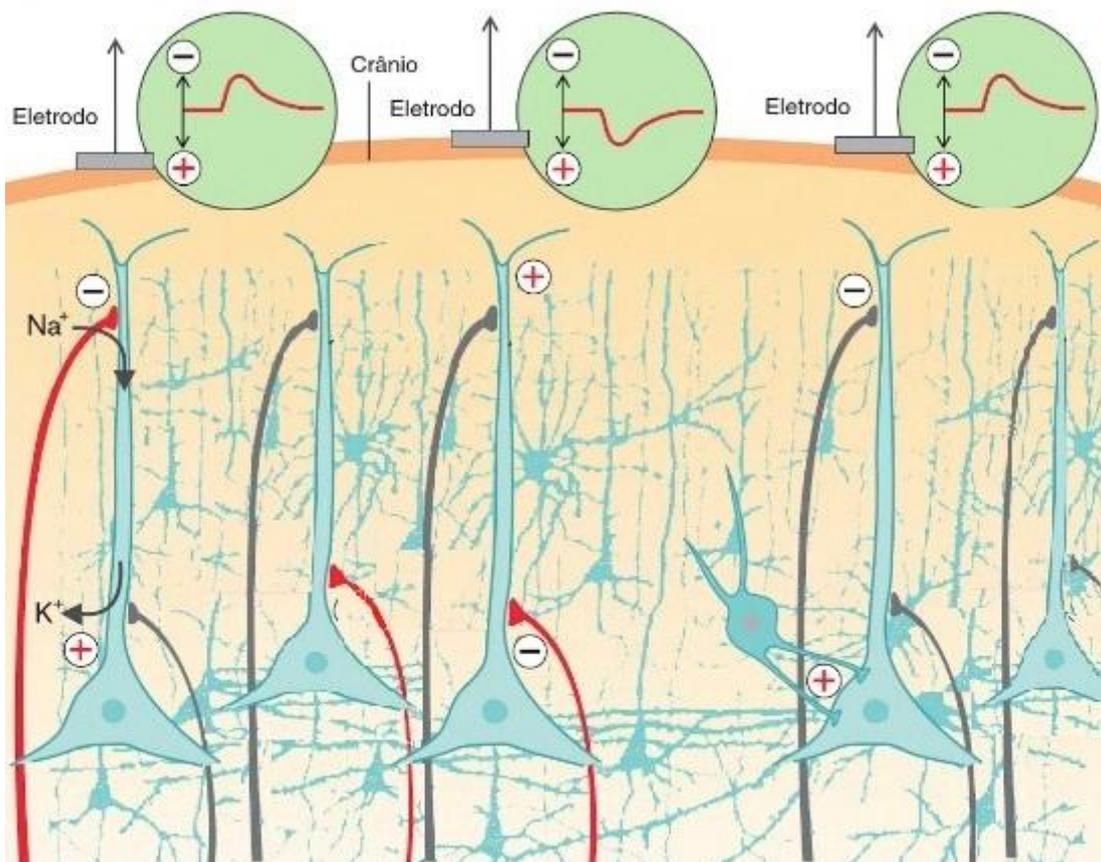
A eletroencefalografia (EEG) é um tipo de medida neurofisiológica que registra a atividade elétrica resultante da comunicação entre neurônios. Essa comunicação se dá através de sinapses, que transmitem impulsos eletroquímicos de um neurônio para outro a fim de propagar informações (LENT, 2010; KANDEL *et al.*, 2013). Um neurônio pode receber impulsos de vários outros neurônios e o estímulo disparado pelo neurônio pré-sináptico pode excitar – tendência a despolarizar a membrana e assim facilitar o disparo de potenciais de ação para que o segundo neurônio continue propagando o impulso - ou inibir – tendência de hiperpolarizar a membrana e dificultar o disparo de potenciais de ação para que o segundo neurônio cesse a propagação do impulso - o neurônio pós-sináptico podendo então modular as mensagens transmitidas através dos impulsos (FIGURA 1) (LENT, 2010; KANDEL *et al.*, 2013).

Como o neurônio recebe inúmeros impulsos sinápticos, uma integração, denominada integração sináptica, entre as informações provenientes dos neurônios pré-sinápticos acontece no neurônio pós-sináptico através da somação destes sinais (LENT, 2010; KANDEL *et al.*, 2013). O resultado desta soma configura-se no potencial pós-sináptico e gera a resposta propagada pelo segundo neurônio para outros neurônios por meio de novas sinapses (LENT, 2010; KANDEL *et al.*, 2013). De acordo com Kandel *et al.*, (2013), as sinapses produzem mudanças elétricas no neurônio pós-sináptico que podem durar de milissegundos a minutos.

Os impulsos que chegam ao neurônio pós-sináptico provocam alterações na polaridade da membrana celular - que em estado de repouso mantém o interior da célula negativo e o exterior positivo - por meio da entrada e saída da célula de íons carregados positivamente e negativamente (LENT, 2010; KANDEL *et al.*, 2013). Na despolarização, o interior da célula torna-se momentaneamente positivo e na hiperpolarização, negativo. Esta diferença de potencial de membrana cria dipolos,

que são fontes de corrente elétricas com polaridades opostas separadas por pequenas distâncias (HIRSCH; BRENNER, 2010). A atividade elétrica gerada nestes dipolos origina campos elétricos extracelulares que propagam flutuações ondulares através dos fluidos encefálicos, que variam com o tempo, até a superfície cerebral(HIRSCH; BRENNER, 2010). Eletrodos de superfície captam esta atividade elétrica de um conjunto de células e fazem o registro destes sinais (FIGURA 1).

Figura 1 – Gênese do sinal do EEG. Conjunto de dipolos (sinais + e -)gerados por neurônios corticais é registrado por eletrodos de superfície.



Fonte: Figura adaptada de Silbernagl; Lang (2016)

Os sinais elétricos funcionam como unidades de informação e os impulsos nervosos transmitem essas informações como um código para respostas do organismo (LENT, 2010). De acordo com Lent (2010, p. 30), os neurônios associados à determinada função neural disparam um grande número de potencial de ação por segundo, propagando impulsos nervosos, quando o estímulo recebido demanda uma resposta intensa. Já quando é demandada uma menor exigência de resposta, o número de disparos por segundo cai. As sinapses capazes de modular a

resposta neural têm a capacidade de produzir comportamentos complexos e são centrais para o entendimento do cérebro e de comportamentos de seres vivos, dentre eles processos cognitivos complexos, como foco atencional e mudanças em circuitos neurais que permeiam processos de memória e aprendizagem (KANDEL *et al.*, 2013, p. 177 e p.236). Visto isso, a capacidade do EEG em registrar a atividade elétrica cortical faz deste instrumento um método neurofisiológico sensível para a mensuração do nível de esforço cognitivo demandado na aprendizagem de habilidade motora.

Na área da Aprendizagem Motora, estudos utilizando o EEG foram realizados a fim de investigar as mudanças eletrofisiológicas associadas à aprendizagem de habilidade motora (ETNIER *et al.*, 1996; VELASQUES *et al.*, 2007; SMITH; MCEVOY; GEVINS, 1999; RIETSCHER *et al.*, 2014), os efeitos da distribuição da prática (massificada ou distribuída) na atividade neural (STUDER *et al.*, 2010), as hipóteses de motivação intrínseca e de processamento de *feedback* aumentado na explicação dos benefícios do *feedback* autocontrolado (GRAND *et al.*, 2015) e os efeitos da prática mental na atividade neural (WEBER; DOPPELMAYR, 2016). Em relação ao campo da estrutura de prática, o estudo de Henz e Schöllhorn (2016) investigou duas diferentes condições de prática do saque de badminton. Foram encontrados padrões diferentes de ativação do EEG após a prática para as duas estruturas de prática, sendo observado que o grupo que praticou com variações da habilidade apresentou maior ativação relacionada à processos atencionais, cognitivos e somatossensoriais. Os resultados parecem corroborar os pressupostos apresentados no presente estudo em relação aos recursos neurofisiológicos relacionados ao esforço cognitivo, contudo, o registro da atividade neural através do EEG foi utilizado somente nos momentos antes e após a prática, não permitindo, portanto, identificar o efeito da estrutura de prática no esforço cognitivo durante a aquisição de habilidade motora, bem como a variação do esforço cognitivo do início para o final da prática.

Visto que o esforço cognitivo associado à estrutura de prática deve ser devido à exigência de processos de memória e de processamento sensorial de informações, a sua mensuração de forma mais sensível pode ser alcançada por meio das medidas eletroencefalográficas: índice de engajamento e índice de *workload*. O índice de engajamento é uma medida relacionada à demanda da tarefa para captura de informação, varredura visual e atenção sustentada, ou seja,

processos envolvidos no processamento sensorial de informação (BERKA *et al.*, 2004; 2007; BERKA; LEVENDOWSKI, 2006). Já o índice de *workload* é uma medida relacionada à carga de memória de trabalho, raciocínio analítico, integração de informação e a dificuldade mental demandadas pela tarefa, isto é, processos envolvidos com memória e funções executivas, que são processos que permitem que os indivíduos controlem, regulem e planejem suas ações e pensamentos (DIAMOND, 2013) (BERKA *et al.*, 2004; 2007; BERKA; LEVENDOWSKI, 2006).

Diante destas características, as medidas se mostram adequadas e sensíveis para se mensurar o esforço cognitivo por meio do EEG para 1) analisar o nível de esforço cognitivo exigido nas práticas constante e aleatória e 2) analisar se o nível de esforço cognitivo diminui ao longo da prática constante e aleatória.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Investigar o nível de esforço cognitivo gerado nas estruturas de prática constante e aleatória por meio de medidas eletroencefalográficas.

3.2 Objetivos específicos

Comparar o desempenho motor dos voluntários nas condições de prática constante e aleatória.

Comparar o nível de esforço cognitivo inicial e final nas condições de prática.

4 HIPÓTESES

A prática aleatória estará associada a um maior esforço cognitivo quando comparada à prática constante.

Durante a prática, os indivíduos apresentarão um pior desempenho motora prática aleatória quando comparada à prática constante nas duas dimensões da habilidade.

Os indivíduos na prática aleatória apresentarão menor queda no nível de esforço cognitivo final do que na prática constante.

5 MÉTODO

5.1 Estudo piloto

Foi conduzido um estudo piloto com dados de cinco voluntários para a determinação do tamanho amostral via software GPower e do período de tempo adequado para configurar o início e fim da prática. Foi adotado um poder estatístico de 0,90 e uma probabilidade de erro tipo I de 0,05 para o cálculo amostral. O tamanho amostral foi calculado para todas as variáveis e os resultados encontrados são apresentados na (TABELA 1).

Tabela 1 - Tamanho amostral calculado para cada variável do estudo.

Variáveis	Tamanho amostral para um poder estatístico de 0,90
Erro relativo	n= 8
Erro absoluto	n= 6
EEG - índice de engajamento	n= 20
EEG - índice de <i>workload</i>	n= 3724643

A análise dos resultados levou a decisão pelo uso da medida de EEG – índice de engajamento como variável desfecho. Foi adicionado um percentual de 10% a mais de voluntários a serem coletados como margem para possíveis exclusões de participantes ou problemas na coleta de dados (SAKPAL, 2010).

Em relação à definição de dados para representar o início e o final da prática, foi estipulado que a média de tempo gasto para realizar 10 tentativas iniciais e 10 finais seria capaz de representar o desempenho dos voluntários no início e no final da prática em cada condição. Foi mensurado o tempo gasto para os voluntários executarem cada tentativa e foi verificado que dois minutos de dados de EEG correspondiam à média de tempo gasto para 10 tentativas. Sendo assim, foi definido que 2 minutos iniciais e 2 minutos finais de dados de EEG seriam utilizados como medidas para se verificar o esforço cognitivo inicial e final nas condições de prática.

5.2 Amostra

A amostra foi composta inicialmente por 22 voluntários do sexo masculino, estudantes universitários, com idade entre 18 e 40 anos, destros e inexperientes na tarefa. Contudo, um voluntário precisou ser excluído da amostra por não apresentar qualidade adequada nos dados do *baseline* para que as métricas cognitivas fossem calculadas. Desta forma, a amostra final foi composta por 21 voluntários com média de idade de $24,09 \pm 4,04$ anos. Foram incluídos na amostra participantes que apresentaram índice de preferência manual para a mão direita acima de 80 pontos no Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971) e que declaravam não apresentar nenhum comprometimento neurológico, transtornos psiquiátricos ou fazer uso de medicamentos capazes de alterar funções neurais (HAUFLER, 2000). Os participantes deveriam evitar consumir cafeína e/ou nicotina imediatamente antes de realizar a tarefa (ADVANCED BRAIN MONITORING, 2009). Os voluntários foram recrutados por meio de convite pessoal e anúncios na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da UFMG.

Todos os voluntários assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice) e o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, CAAE 47380315.6.0000.5153 (Anexo).

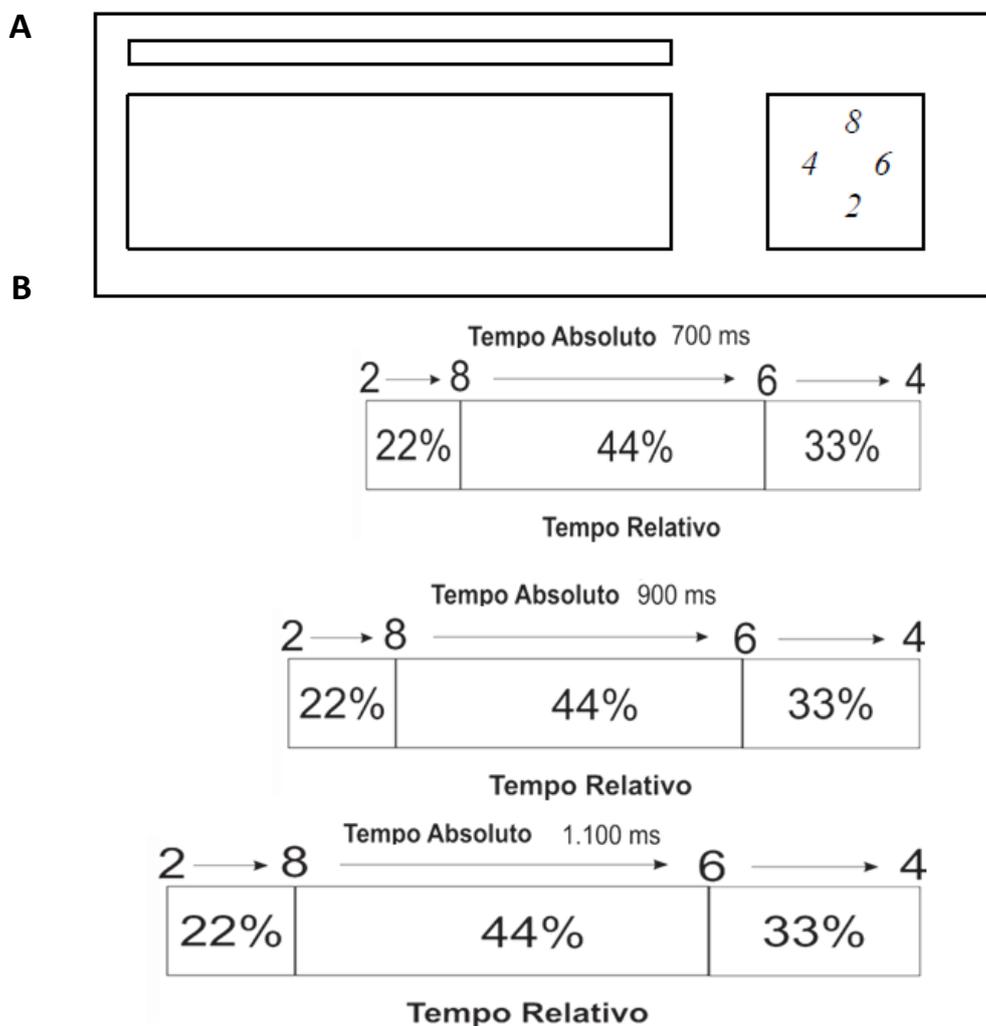
5.3 Instrumentos e tarefa

Foram utilizados um microcomputador Dell modelo Optiplex 3010 com Monitor Dell LED de 21,5 polegadas (Dell Inc, Eldorado do Sul, RS) e um software específico para controle e registro dos dados provenientes da região numérica do teclado (LAGE *et al.*, 2007), um aparelho de eletroencefalografia (EEG), modelo X-10 com 10 canais da empresa Advanced Brain Monitoring (Advanced Brain Monitoring Inc., Carlsbad, CA), o software B-Alert (Advanced Brain Monitoring Inc., Carlsbad, CA) para captura, processamento e análise dos dados do EEG e o Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971) para a determinação do índice de lateralidade do voluntário.

A tarefa do estudo consistiu em realizar uma sequência de movimentos teclando com o dedo indicador os números 2, 8, 6, 4 na região numérica do teclado (FIGURA 2A). Os números deveriam ser teclados respeitando determinados tempos alvos relativos entre as teclas, sendo: 22% do tempo total da tecla 2 para a tecla 8;

44,4% do tempo total da tecla 8 para a tecla 6 e 33,3% do tempo total da tecla 6 para a tecla 4. A tarefa também deveria ser executada em determinados tempos alvos totais. Na condição de prática constante, o indivíduo precisava realizar a tarefa no tempo total de 900ms em todas as tentativas e na condição de prática aleatória, deveria executar nos tempos totais de 700ms, 900ms e 1100ms. Independente dos tempos alvos totais variarem, os tempos alvos relativos permaneceram os mesmos em todas as tentativas nas duas condições experimentais (FIGURA 2B).

Figura 2 – Instrumento e metas da tarefa. A) Região numérica do teclado utilizada adaptada de Lage (2005). B) Esquema de tempos alvos relativos e totais adaptado de Apolinário-Souza (2014).



Os voluntários realizaram também três tarefas que visavam avaliar a sonolência, alto e baixo engajamento e distração e assim criar um *baseline* para posterior análise das métricas cognitivas (engajamento e *workload*) estabelecendo, dessa forma, um perfil individualizado de EEG (ADVANCED BRAIN MONITORING,

2009; BERKA *et al.*, 2004; JOHNSON *et al.*, 2011). A primeira tarefa foi uma tarefa de vigilância de 3 escolhas (*3-Choice Vigilance Task*) que consistiu em realizar toques o mais rápido possível nas setas para a direita e para a esquerda do teclado de acordo com o aparecimento de três estímulos diferentes: triângulo (estímulo principal com ocorrência de 70%) que correspondeu ao toque na seta da esquerda e triângulo invertido e losango (estímulos secundários com ocorrência de 30% no total), que corresponderam ao toque na seta da direita. O intervalo entre os estímulos variou entre 1,5-10 segundos, sendo menor no início da sessão de prática (demanda de maior estado de alerta) e maior ao final (identificação de sonolência) (BERKA *et al.*, 2007).

A segunda tarefa foi uma tarefa de vigilância psicomotora visual (*Visual Psychomotor Vigilance Task*) na qual o voluntário deveria teclar a barra de espaço do teclado juntamente com o aparecimento de um estímulo (círculo vermelho). O intervalo entre estímulos se manteve em 2 segundos durante toda a sessão e a tarefa teve duração de 5 minutos. A terceira e última tarefa foi uma tarefa de vigilância psicomotora auditiva (*Auditory Psychomotor Vigilance Task*) que se assemelhou a segunda, diferindo-se apenas quanto ao estímulo que passou a ser um som. O voluntário deveria teclar a barra de espaço juntamente com o estímulo, que ocorreu de dois em dois segundos. A tarefa também teve duração de 5 minutos e durante a sua execução o voluntário deveria permanecer de olhos fechados. Ao todo as tarefas de *baseline* demandaram cerca de 15 minutos. Análises de função discriminante e regressões lineares graduais ajustaram os dados do *baseline* para cada indivíduo e geraram as probabilidades de eles se encontrarem nos quatro estados cognitivos (alto e baixo engajamento, sonolência e distração). Estas classificações serviram como medidas base para os cálculos das métricas cognitivas de engajamento e *workload*.

5.3.1 Aparelho de eletroencefalografia

O software B-Alert X10 (Advanced Brain Monitoring Inc., Carlsbad, CA, USA) foi utilizado para adquirir o registro eletroencefalográfico. Nove eletrodos para registro da atividade elétrica do escalpo foram usados: Fz, F3, F4, Cz, C3, C4, Pz, P3 e P4. A localização destes eletrodos se deu em conformidade com o sistema 10-20 de padronização internacionalmente reconhecido para posicionamento dos

eletrodos no escalpo (JASPER, 1958). Outros quatro eletrodos também foram utilizados: no processo mastóide de ambos os lados do crânio, que funcionaram como eletrodos referenciais para o registro dos sinais pelos eletrodos do escalpo, no ponto médio da clavícula direita e aproximadamente na extremidade esternal da 9ª costela do lado esquerdo, que mensuraram a frequência cardíaca, apesar desta não ter sido utilizada neste estudo.

A montagem dos eletrodos para registro dos sinais elétricos em cada sensor se deu de forma monopolar, isto é, registro da diferença potencial entre cada eletrodo ativo e um eletrodo indiferente que funciona como referência, no caso os eletrodos referenciais dos processos mastóides (HIRSCH; BRENNER, 2010). Derivações bipolares, que é quando se registra diferença potencial de dois eletrodos ativos (HIRSCH; BRENNER, 2010), também foram incluídas na montagem a fim de se obter as classificações das métricas cognitivas e de minimizar os possíveis artefatos (ruídos) gerados: FzPOz, CzPOz, F3Cz, C3C4, FzC3. Os eletrodos foram conectados a um amplificador de sinais que coletava os sinais provenientes de cada canal (pares de eletrodos), os convertia de analógicos para digitais, os codificava, os formatava e os transmitia a uma frequência de radio de 2,4 a 2,48 GHz em tempo real via Bluetooth para o microcomputador no qual foram armazenados e processados. A taxa de amostragem foi de 256 amostras/s para todos os canais. O EEG foi utilizado durante toda a sessão de aquisição da habilidade motora.

5.4 Delineamento

Os voluntários realizaram duas condições de prática em uma ordem contrabalançada e pseudoaleatorizada entre: condição de prática constante e condição de prática aleatória. Como a amostra final foi de 21 participantes, 10 participantes fizeram a ordem constante-aleatório e 11 participantes fizeram a ordem aleatório-constante. Foi definido que o mesmo voluntário realizaria as duas condições de prática e que as comparações entre os dados seriam realizadas de forma intraindivíduo devido à fundamentação de que o esforço cognitivo é uma capacidade única de cada indivíduo (JIANG *et al.*, 2015). Dessa forma, o estudo não contou com o delineamento tradicional com um grupo de prática constante e um grupo de prática aleatória. Em cada condição, os participantes praticaram 60 tentativas, totalizando 120 tentativas da tarefa. Esse número total de prática foi

aplicado em estudos anteriores (LAGE, 2005; 2007). Após um intervalo de aproximadamente três minutos do fim da execução da primeira condição, a segunda condição foi iniciada. A cada tentativa foi fornecido conhecimento de resultados (CR) sobre o tempo total, os tempos relativos e o erro total relativo realizados. O erro total relativo é a diferença entre o tempo total relativo que deveria ser feito e o que foi realizado. O intervalo mínimo entre as tentativas foi de seis segundos. Sendo assim, após seis segundos do término de uma tentativa, o voluntário poderia começar a próxima tentativa quando preferir (LAGE, 2005).

5.5 Procedimentos

As coletas de dados foram realizadas individualmente pela própria discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte. Inicialmente os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e foi aplicado o Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971). Foram considerados destros aqueles participantes que se auto-declararam destros e que apresentaram índice de preferência manual para a mão direita acima de 80 pontos no inventário (LAGE *et al.*, 2008). Após a execução destes procedimentos o sistema de EEG foi instalado.

Inicialmente, foram medidas as distâncias entre pontos anatômicos do crânio do voluntário. A primeira medida foi do ponto nasion, que corresponde à interseção entre o osso frontal e os dois ossos nasais (sutura fronto - nasal), ao inion, que corresponde à projeção mais proeminente do osso occipital (FIGURA 3A). A segunda medida partiu do ponto crista da hélix da orelha direita, que se encontra anterior à hélix da orelha, até a crista da hélix esquerda (FIGURA 3A). Estas medidas permitiram conhecer as dimensões do crânio necessárias para que uma fita de eletrodos do EEG adequada a tais medidas fosse escolhida. A escolha da fita se deu pela identificação do tamanho adequado via uma tabela do aparelho de EEG que relaciona medidas de nasion - inion às de crista da helix - crista da helix.

O posicionamento dos eletrodos na fita segue o sistema 10-20 de padronização dos eletrodos no escalpo (JASPER, 1958). Neste sistema, é atribuída à medida nasion - inion o valor de 100% e a partir deste valor os eletrodos são posicionados nos pontos correspondes a 10% ou 20% do total (KLEM; LÜDERS; JASPER, 1999). A medida crista da hélix - crista da hélix (pontos pré-auriculares)

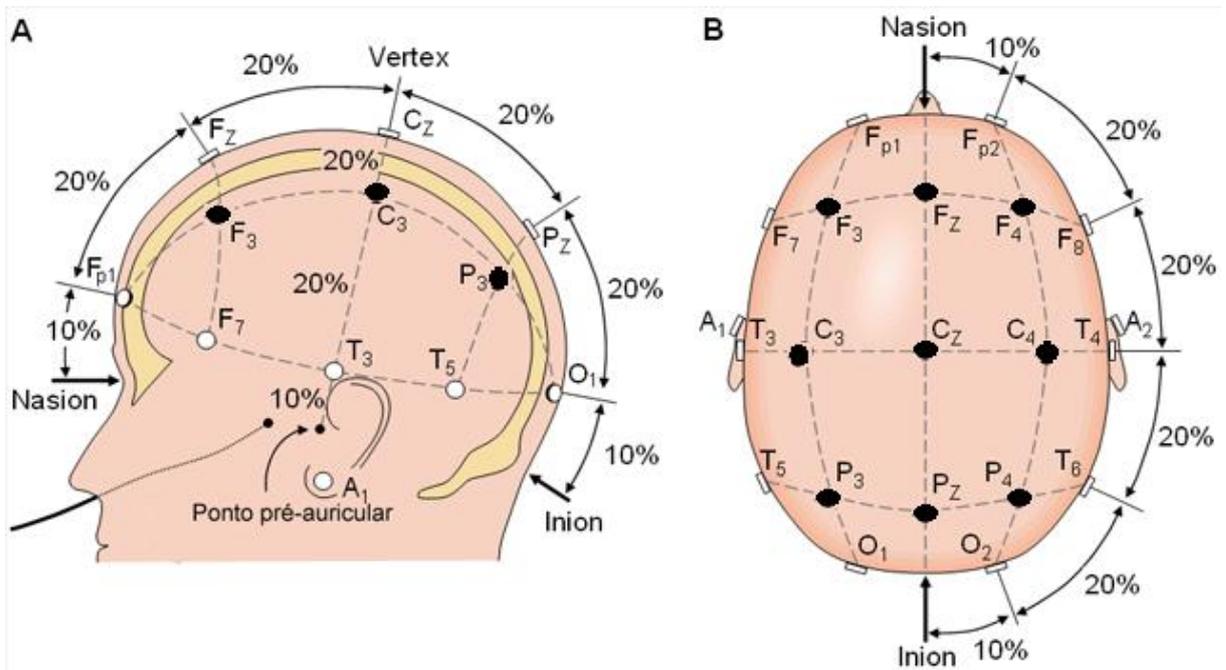
auxilia este sistema formando uma linha imaginária onde são posicionados os eletrodos centrais (KLEM; LÜDERS; JASPER, 1999). Este posicionamento permite que os eletrodos sejam posicionados sobre as áreas base do córtex cerebral que se pretende medir (FIGURA 4A) (KLEM; LÜDERS; JASPER, 1999). A figura 4B ilustra os eletrodos que foram utilizados no estudo. Fz, F3, F4, correspondem à área pré-frontal, que se associa a funções executivas e ao processo de planejamento; Cz, C3, C4, à área central, que compreende os córtices motor e somatosensorial e Pz, P3 e P4, à área parietal, que é responsável pela integração sensorial e atencional.

Figura 3 – Medidas e pontos anatômicos para medidas do crânio.



Fonte: Figura adaptada do manual de uso do X-10 Hardware (ADVANCED BRAIN MONITORING, 2009)

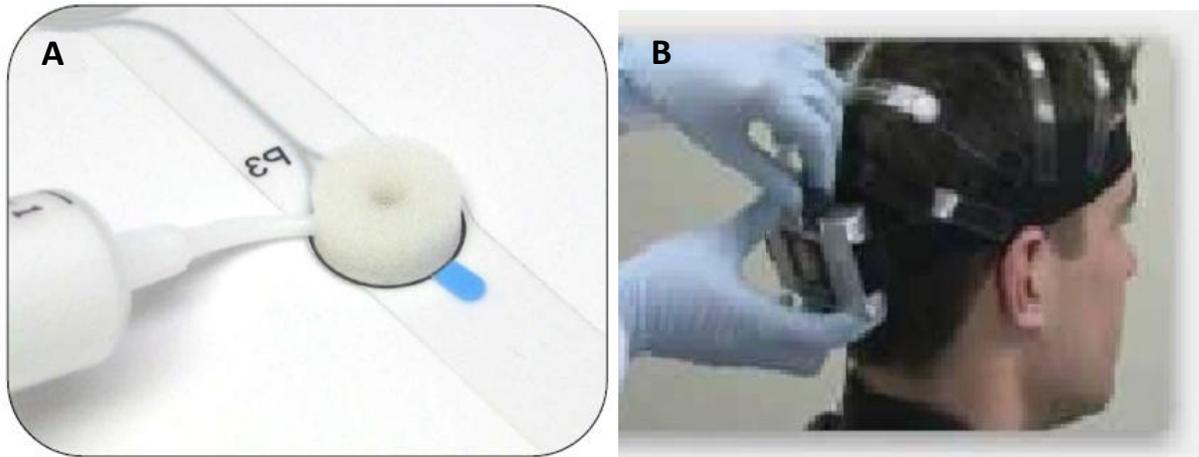
Figura 4 – Sistema 10-20. A) Posicionamento dos eletrodos através da porcentagem. B) Posicionamento dos eletrodos por uma vista superior. Eletrodos que serão utilizados no estudo coloridos de preto.



Fonte: Figuras retiradas do site <<http://www.neurosoft.com.br/>> Acesso em 05 de outubro de 2015.

Após a escolha da fita, espumas de contato para eletrodo foram afixadas sobre os eletrodos na parte interna da fita (FIGURA 5A) e foi aplicado a elas, com o uso de uma seringa, um gel condutor para que fosse criada uma interface eletrodo-eletrólito e assim permitir a captura da corrente elétrica cerebral. Uma tiara de velcro que circunda o crânio foi colocada no voluntário e a fita foi acoplada a ela. A ela também foi fixado o amplificador de sinais dos eletrodos que, por sua vez, teve a fita conectada a si (FIGURA 5B). Posteriormente, eletrodos, da mesma forma embebidos em gel condutor, foram fixados no processo mastóide de ambos os lados do crânio, no ponto médio da clavícula direita e aproximadamente na extremidade esternal da 9ª costela do lado esquerdo.

Figura 5 – Preparo e colocação dos materiais. A) Afixação das espumas nos eletrodos e aplicação do creme condutor. B) Fixação da tira e tiara e acoplamento do amplificador.



Fonte: Figuras adaptadas de Advanced Brain Monitoring (2009).

Em sequência a estes procedimentos, o software B-Alert foi ativado no microcomputador e o amplificador *wireless* ligado e sincronizado ao computador via entrada USB. Isto feito, a impedância dos eletrodos foi medida através de funções do software. Um valor abaixo de $5k\Omega$, no qual o software entende que 95% dos segundos capturados de métricas cognitivas estão com boa qualidade, foi adotado. Após o alcance do valor de impedância em todos os eletrodos, o indivíduo foi posicionado em frente ao microcomputador e ao teclado. Foi informado a ele que deveria se assentar confortavelmente e que evitasse fazer movimentos bruscos com a cabeça além de tecer comentários a respeito das tarefas para que possíveis interferências no sinal registrado pelo EEG fossem evitadas. Eles receberam também instruções sobre a coleta de dados (delineamento e tarefas). Primeiramente, os voluntários realizaram as três tarefas requeridas pelo software para o *baseline* e depois a tarefa motora do estudo.

A ordem em que os voluntários realizaram as condições foi pseudoaleatorizada e contrabalançada: começando pela condição de prática constante e seguida pela de prática aleatória ou começando pela aleatória e seguida pela constante. Eles foram instruídos acerca de como realizar a tarefa (sequência de teclas, tempos alvos totais e relativos) e sobre o *feedback* fornecido a cada tentativa (CR). Primeiramente, a aquisição de dados do EEG foi iniciada e após 20s foi iniciada a tarefa do teclado. Após 5s do término da execução da tarefa, a aquisição do EEG foi pausada. Foram escolhidos estes tempos para corte de início e término a fim de padronizar a aquisição de dados entre os voluntários e certificar-se que o

programa estava apto a começar a processar os dados (tempo de início). Por fim, ao final da sessão de prática, os aparelhos foram desligados e retirados do voluntário e as espumas foram descartadas.

5.6 Processamento e redução dos sinais do EEG

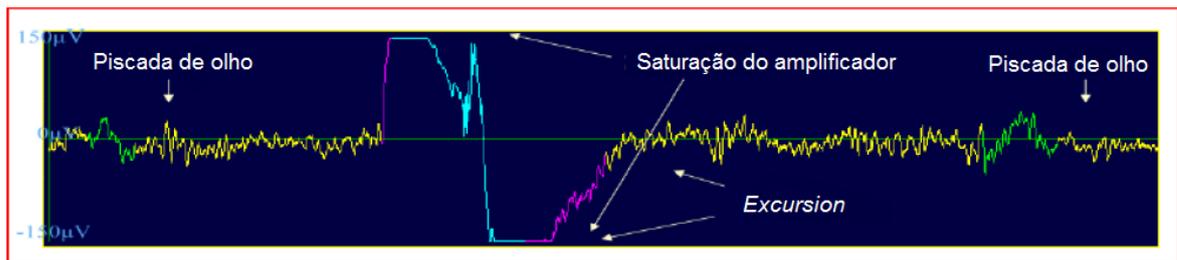
Todo o processamento de sinais consistiu em filtragem e digitalização dos sinais, identificação de artefatos e descontaminação dos sinais e extração das variáveis. Os artefatos, que são ruídos e interferências que podem prejudicar a qualidade dos sinais registrados: *spikes*, causados por toques nos sensores, com amplitudes acima 40mV, saturações do amplificador e *excursions*, que são artefatos que acontecem no início e na recuperação da saturação, foram detectados e excluídos de forma automática pelo software no domínio do tempo. Para cada artefato detectado, os dados excluídos foram substituídos por valores zero (0 μ V) desde o ponto anterior ao início do artefato no qual os dados cruzam o zero até o ponto posterior ao artefato no qual o zero é cruzado novamente (FIGURA 6). Foi utilizado um filtro *notch* com frequência de corte em 60Hz em todo o registro de EEG e dele foram derivados três conjuntos de EEG filtrados: filtro passa-altas FIR com frequência de corte em 0,5Hz 256^o, um filtro passa-altas FIR com frequência de corte em 4Hz 640^o e um filtro passa-baixas IIR com frequência de corte em 7Hz.

Para a identificação de ruídos de piscada de olho e de atividade muscular excessiva (EMG), o sinal do EEG foi então decomposto por meio de transformação de *wavelets*: 0–2, 2–4, 4–8, 8–16, 16–32, 32–64 e 64–128Hz. Valores encontrados na banda de *wavelets* 64-128Hz foram identificados como EMG e excluídos. Piscadas de olho foram detectadas por meio de análises de funções discriminantes dos valores absolutos dos coeficientes de *wavelets* 0–2, 2–4, 4–8, 8–16, 16–32, 32–64Hz de FzPOz e CzPOz. Para tanto, pontos nos dados foram presumidos como sendo piscadas de olho e então, os 50^o, 40^o, 30^o, 20^o e 10^o pontos antes e após estes dados foram selecionados para a análise de função discriminante. A análise classifica os pontos como sendo piscada de olho, controle ou atividade de banda teta (4-7Hz) – as piscadas de olho acontecem em frequência semelhantes à da banda teta, por isso faz-se necessário separar o que é ruído e o que é banda teta. A região de piscada de olho é definida por uma distância fixa de início e término (ex. 50 pontos de dado antes e depois do ponto em questão) e múltiplos pontos de

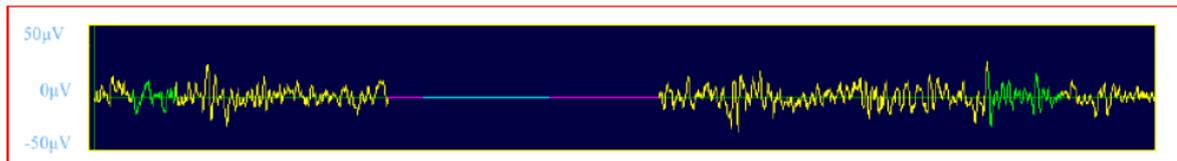
dados que foram confirmados como sendo piscada de olho tiveram esta região atribuída a eles. A região contaminada por piscadas foi substituída pela média dos coeficientes de *wavelets* de 0–2, 2–4, 4–8Hz dos dados não-contaminados próximos às regiões de piscada de olhos (FIGURA 6). Feito isto, o sinal de EEG foi novamente reconstruído com exceção das bandas de 64-128 Hz (0,5-64Hz).

Figura 6 – Ilustração esquemática dos dados antes e depois da descontaminação de artefatos.

Antes da descontaminação:



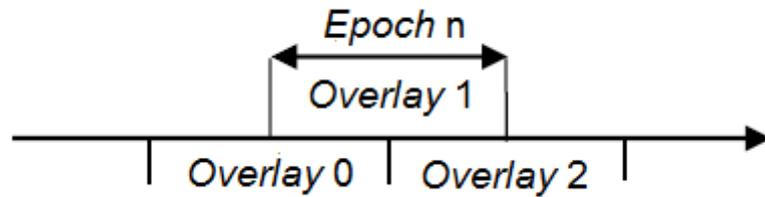
Depois da descontaminação:



Fonte: Figura adaptada de Advanced Brain Monitoring (2009)

A partir do sinal descontaminado, os dados do EEG foram divididos em 256 janelas de sobreposição 50% de dados, denominadas *overlay*. Três *overlays* consecutivas formam um *epoch* (FIGURA 7) e para cada 1s de *epoch*, a densidade espectral de potência (DEP) absoluta e relativa, que seria a potência média por unidade de banda em função da frequência, foi computada através da condução de Transformata Rápida de Fourier (FFT) multiplicado pela Kaiser-window ($\alpha = 6.0$). Os valores de DEP foram ajustados aos valores zero que substituíram os artefatos excluídos. Para cada canal, os valores de DEP foram gerados para cada 1Hz bin numa frequência de 1Hz-40Hz bem como a DEP total foi computada para a banda 1Hz-40Hz.

Figura 7 – Ilustração esquemática da composição de um *epoch*.



Fonte: Figura adaptada de Advanced Brain Monitoring (2009)

5.7 Variáveis

5.7.1 Variável independente

Estrutura de prática constante e aleatória.

5.7.2 Variáveis dependentes

5.7.2.1 Variáveis dependentes motoras

Erro relativo

O erro relativo (ER) se refere à soma das diferenças entre a proporção alvo e a proporção atingida para cada segmento (S_n) – considera-se um segmento o movimento de toque entre uma tecla e outra: $ER = |S_1 - 22,2| + |S_2 - 44,4| + |S_3 - 33,3|$. As proporções dos segmentos serão calculadas pela equação: $S_n = (\text{tempo realizado no segmento } n / \text{tempo total do movimento}) \times 100$. Essa medida se relaciona ao ganho de estabilidade, ou seja, a formação da estrutura do movimento (dimensão relativa).

Erro absoluto

O erro absoluto (EA) corresponde à diferença entre o tempo total realizado em valor absoluto e o tempo total desejado e possibilita que inferências sobre a capacidade de parametrização dos sujeitos, ou seja, sobre a flexibilidade adquirida na aprendizagem sejam realizadas (dimensão absoluta).

5.7.2.2 Variáveis dependentes cognitivas

Para obter as métricas cognitivas do EEG, funções discriminantes quadráticas para quatro classes e funções discriminantes lineares foram realizadas para cada 1s de *epoch* de DEP de 1Hz bin (de 1-40Hz) proveniente dos canais FzPOz, CzPOz, F3Cz, C3C4, FzC3 e foram relativizadas pelo padrão de EEG único de cada indivíduo identificado pelo *baseline*. De acordo com Berka *et al.* (2007), pelo fato de serem relativizadas por medidas básicas dos indivíduos, as medidas cognitivas utilizadas neste estudos e mostram mais robustas do que medidas mais frequentemente utilizadas, como a análise da variação nas bandas – delta (0,5-3Hz), teta (4-7Hz), alfa (7-13Hz), beta (13-22Hz)– para investigar aspectos cognitivos. De acordo com Berka *et al.* (2007), estas medidas simplificam demasiadamente a avaliação do estado cognitivo ao avaliar apenas aumentos e quedas da atividade de bandas ou ao avaliar razão entre a ativação delas sem considerar medidas básicas dos indivíduos e a interferência de aspectos do sono.

EEG – índice de engajamento

O valor desta variável classifica o engajamento do indivíduo na tarefa em quatro estados cognitivos numa escala de 0 a 1: sonolência para valor de 0,1; em distração para 0,3; em baixo engajamento para 0,6 e alto engajamento para 0,9. Esta medida relaciona-se à demanda da tarefa para captura de informação, varredura visual e atenção sustentada (BERKA; LEVENDOWSKI, 2006).

EEG – índice de *workload*

O valor desta variável classifica a demanda cognitiva do indivíduo em alto índice de *workload*, para valores de probabilidade próximos a 1, e em baixo índice de *workload*, para valores de probabilidade próximos a zero. O EEG – Índice de *workload* é uma medida relacionada à carga de memória de trabalho e a dificuldade mental demandadas pela tarefa e foi desenvolvida como uma medida de acesso ao nível de processo cognitivo envolvido na tarefa (BERKA; LEVENDOWSKI, 2006).

5.8 Análise estatística

Os dados do desempenho motor foram organizados em 1 bloco de 60 tentativas para a condição de prática constante e para a condição de prática aleatória. Os dados das medidas de EEG foram organizados em 1 bloco de medidas

das 60 tentativas para a condição de prática constante e para a condição de prática aleatória. O teste de Shapiro-Wilk foi realizado para avaliação da normalidade dos dados. A análise descritiva dos dados se deu em média e desvio padrão para todas as variáveis. Em relação às análises inferenciais, foram conduzidos testes *t* de Student pareado para a comparação entre condições de prática nas medidas de: a) erro relativo e b) erro absoluto, c) EEG – índice de engajamento, e d) EEG – índice de *workload*. O tamanho de efeito foi calculado pela fórmula de Cohen (COHEN, 1988).

Para a comparação entre esforço cognitivo inicial e final da prática foram utilizadas as médias dos dois minutos iniciais e os dois minutos finais. Foi conduzida uma ANOVA *Two-way* para comparação entre 2min iniciais e 2min finais e a) EEG – índice de engajamento e b) EEG – índice de *workload*. Quando necessário, foi utilizado o teste de Tukey para análises *post hoc*. O tamanho de efeito foi calculado pelo *eta-squared* (η^2). O poder estatístico adotado foi de 0,90 e o valor de probabilidade de erro tipo I adotado foi 0,05.

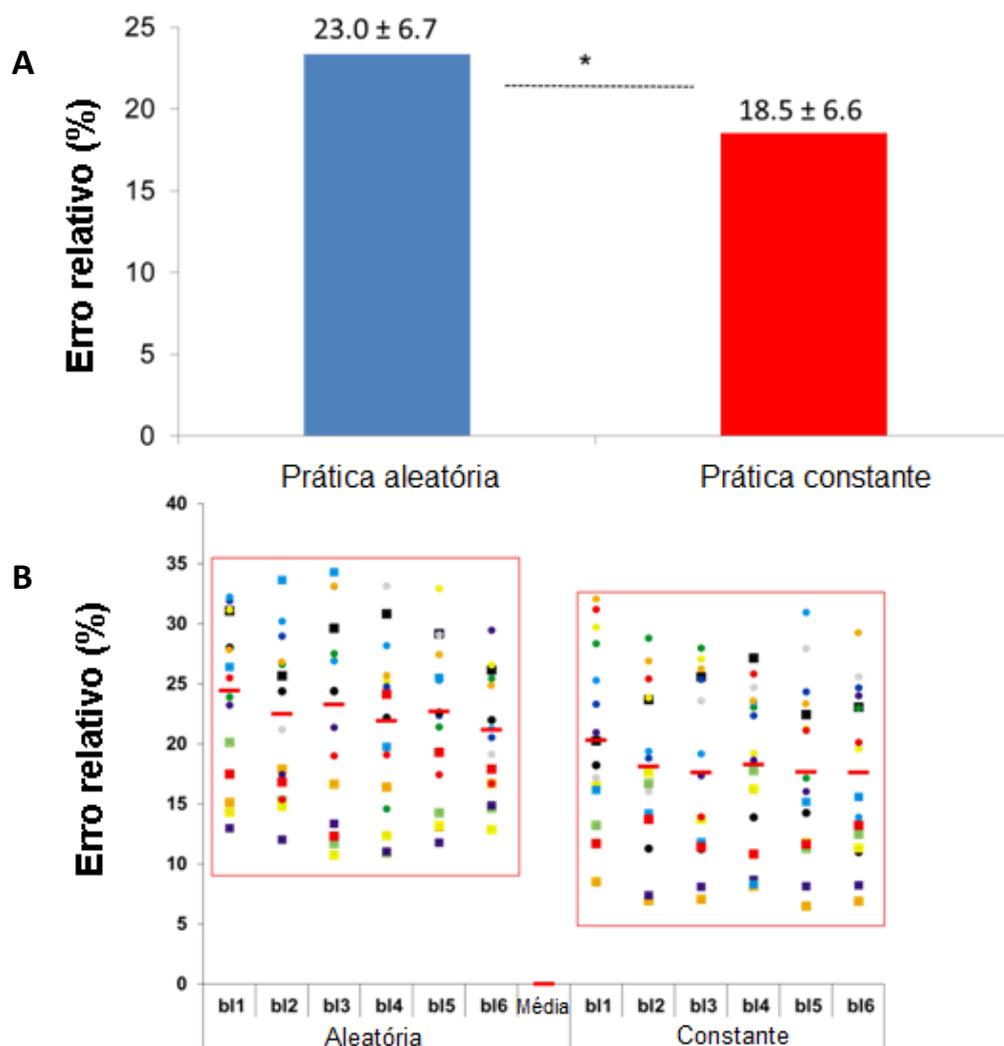
6 RESULTADOS

Foi encontrada normalidade dos dados para todas as variáveis analisadas.

6.1 Erro relativo (ER)

A estatística descritiva dos dados é apresentada no gráfico 1A e 1B. O gráfico 1A apresenta a variabilidade interindivíduos ao longo dos blocos de tentativas. Cada ponto colorido representa a média de um indivíduo naquele bloco (6 blocos de 10 tentativas cada). O teste t pareado detectou diferença significativa entre as condições de prática [$t(20) = -4.23$, $p=0.00$, $d= 0.67$] sendo que a média do erro relativo na condição aleatória foi maior que na condição constante.

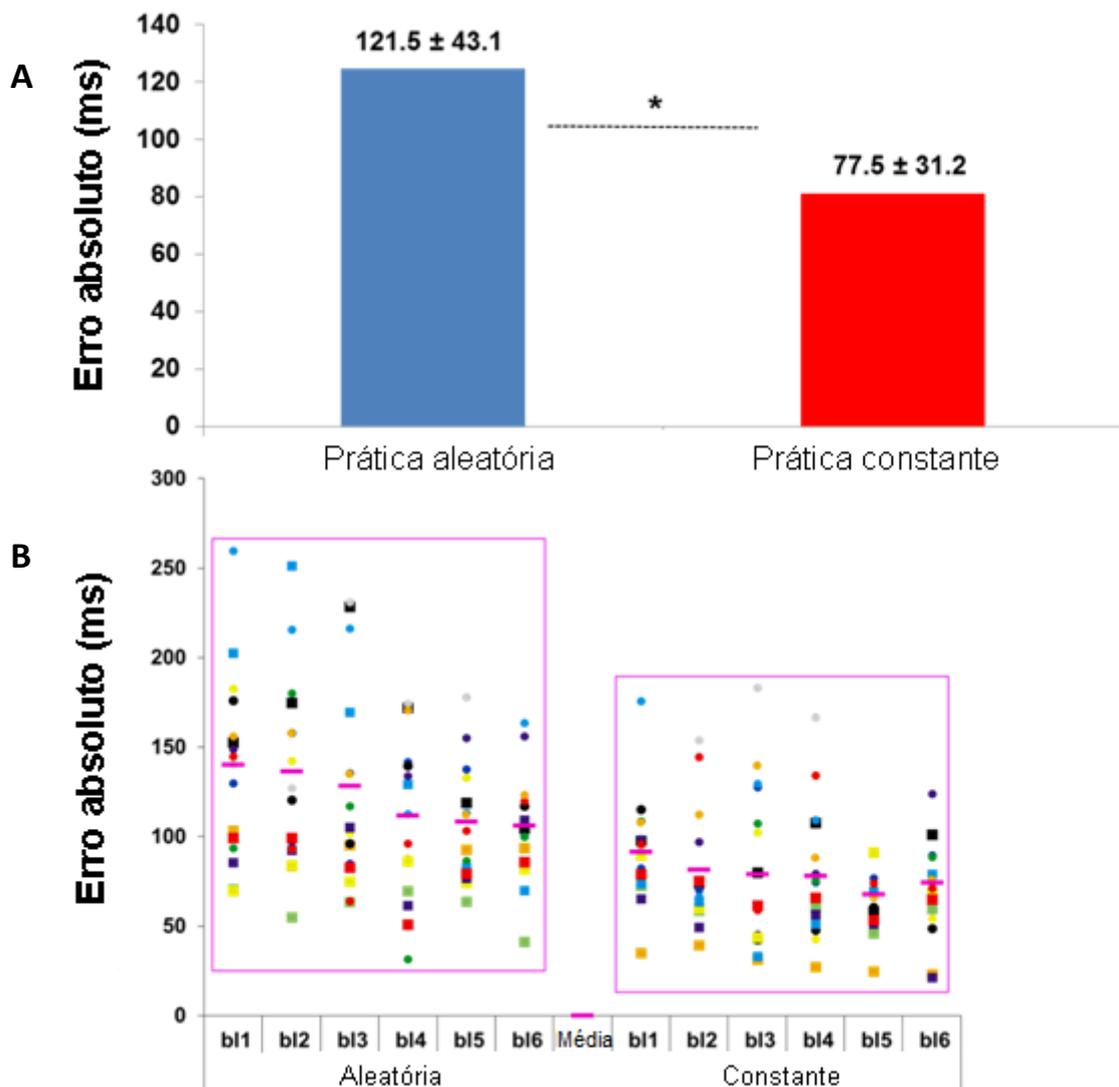
Gráfico 1 – Erro relativo: (A) média do erro relativo nas condições de prática aleatória e constante, e (B) variabilidade interindivíduo nos blocos de tentativas (bl1... bl6) durante a prática aleatória e a prática constante em estatística descritiva.



6.2 Erro absoluto (EA)

A estatística descritiva dos dados é apresentada no gráfico 2A e 2B. O teste t pareado detectou diferença significativa entre as condições de prática [$t(20) = -6.61, p=0.00, d= 1.16$] sendo que a média do erro absoluto na condição aleatória foi maior que na condição constante.

Gráfico 2 – Erro absoluto: (A) média do erro absoluto nas condições de prática aleatória e constante, e (B) variabilidade interindivíduo nos blocos de tentativas (bl1... bl6) durante a prática aleatória e a prática constante em estatística descritiva.



6.3 EEG - índice de engajamento

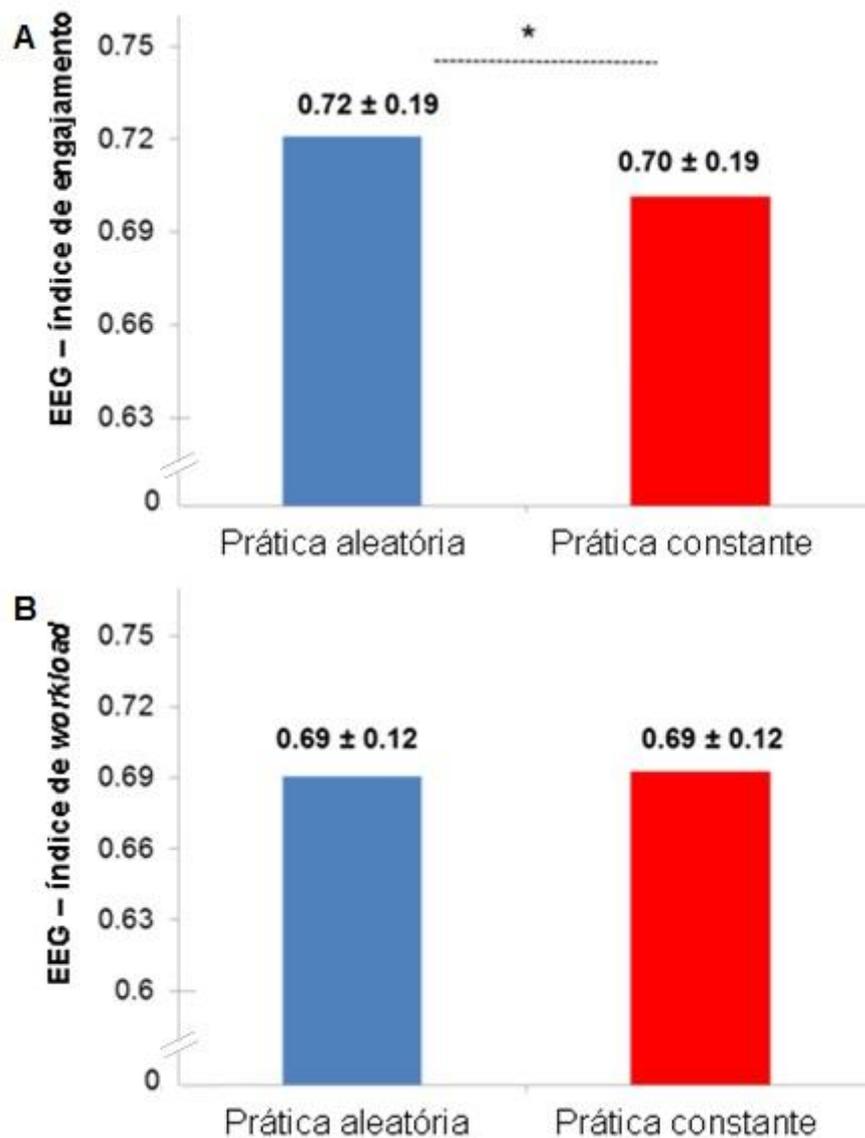
A estatística descritiva dos dados é apresentada no gráfico 3A. O teste t pareado detectou um EEG - índice de engajamento significativamente maior para a

condição de prática aleatória em relação à condição constante [$t(20) = -3.04, p < 0.01, d = 0.25$].

6.4 EEG - índice de *workload*

A estatística descritiva dos dados é apresentada no gráfico 3B. A análise inferencial não detectou diferença significativa entre condição de prática aleatória e condição constante [$t(20) = 0.33, p > 0.05, d = 0.03$].

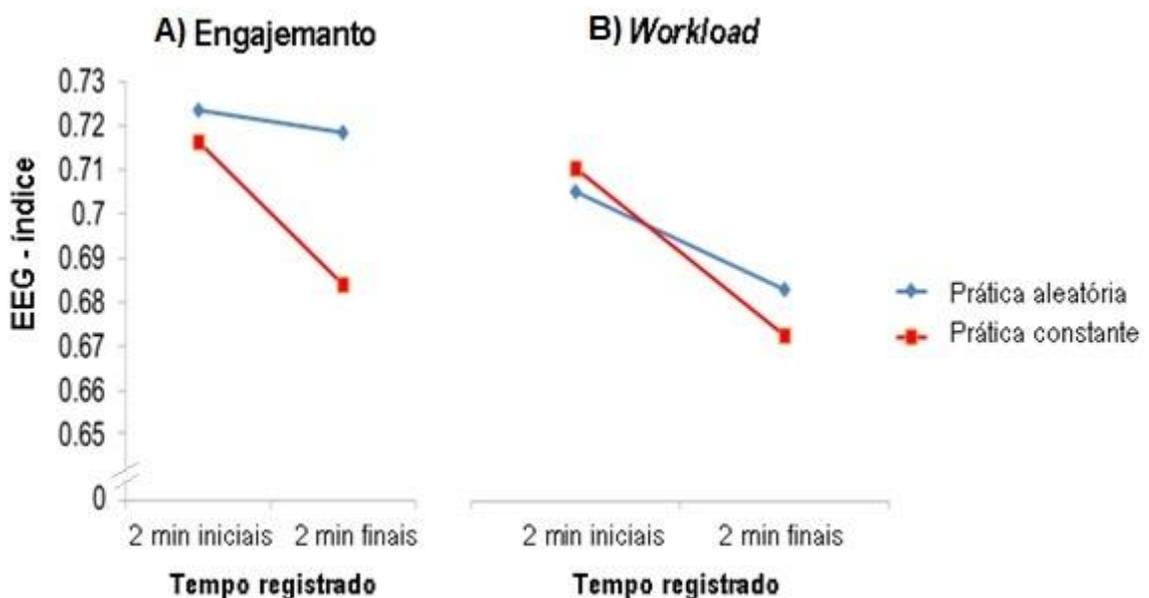
Gráfico 3 – Médias de: (A) EEG – índice de engajamento e (B) EEG – índice de *workload* nas condições de prática aleatória e prática constante.



6.5 EEG - índice de engajamento e EEG – índice de *workload* durante a prática

A ANOVA *Two-way* indicou diferença significativa entre os dois minutos iniciais e finais do registro de tempo dos indivíduos tanto no EEG – índice de engajamento [$F(3,20) = 8.917, p=0.00, \eta^2= 0.30$] quanto no EEG – índice de *workload* [$F(3,20) = 4.195, p=0.00, \eta^2= 0.17$]. A análise *post hoc* para o EEG – índice de engajamento indicou que (a) o engajamento diminuiu dos 2 minutos iniciais para os 2 minutos finais em ambas as condições de prática ($p<0.01$, para ambas as condições), e (b) apesar do engajamento nos 2 minutos iniciais ter sido idêntico entre as condições de prática, nos 2 minutos finais a condição de prática aleatória exibiu maior nível de engajamento ($p<0.01$). A análise *post hoc* para o EEG – índice de *workload* indicou que o *workload* diminuiu dos 2 minutos iniciais para os 2 minutos finais somente na prática constante ($p<0.05$). O gráfico 4 ilustra a média dos indivíduos durante os 2 minutos iniciais e finais do EEG – índice de engajamento (GRÁFICO 4A) e do EEG – índice de *workload* (GRÁFICO 4B).

Gráfico 4 – Médias de: (A) EEG – índice de engajamento e (B) EEG – índice de *workload* nas condições de prática aleatória e prática constante durante os dois minutos iniciais e finais.



Os gráficos 5 e 6 mostram descritivamente a dispersão das médias dos indivíduos em cada 1 segundo das partes inicial e final das práticas constante e aleatória para 5) EEG – índice de engajamento e 6) EEG – índice de *workload* ao longo da prática. As linhas tracejadas representam a média de todos os indivíduos

nas mesmas variáveis. É possível perceber que as médias na condição aleatória no EEG – índice de engajamento (pontos azuis) se concentraram na parte superior do gráfico tanto no início quanto no final da prática, mostrando maiores valores dessa variável. Já as médias na condição constante (pontos vermelhos) permaneceram mais na parte inferior do gráfico. As linhas tracejadas mostram valores menores de EEG – índice de engajamento e um maior decréscimo da variável do início para o fim da prática para os indivíduos na condição constante (linhas vermelhas).

O gráfico 6 mostra que houve um maior equilíbrio na dispersão entre parte superior e inferior do gráfico e um comportamento mais semelhante entre as linhas tracejadas das condições de prática no EEG – índice de *workload*.

Gráfico 5 – Dispersão das médias EEG – índice de engajamento em cada 1 segundo da parte inicial e final das condições de prática aleatória e prática constante.

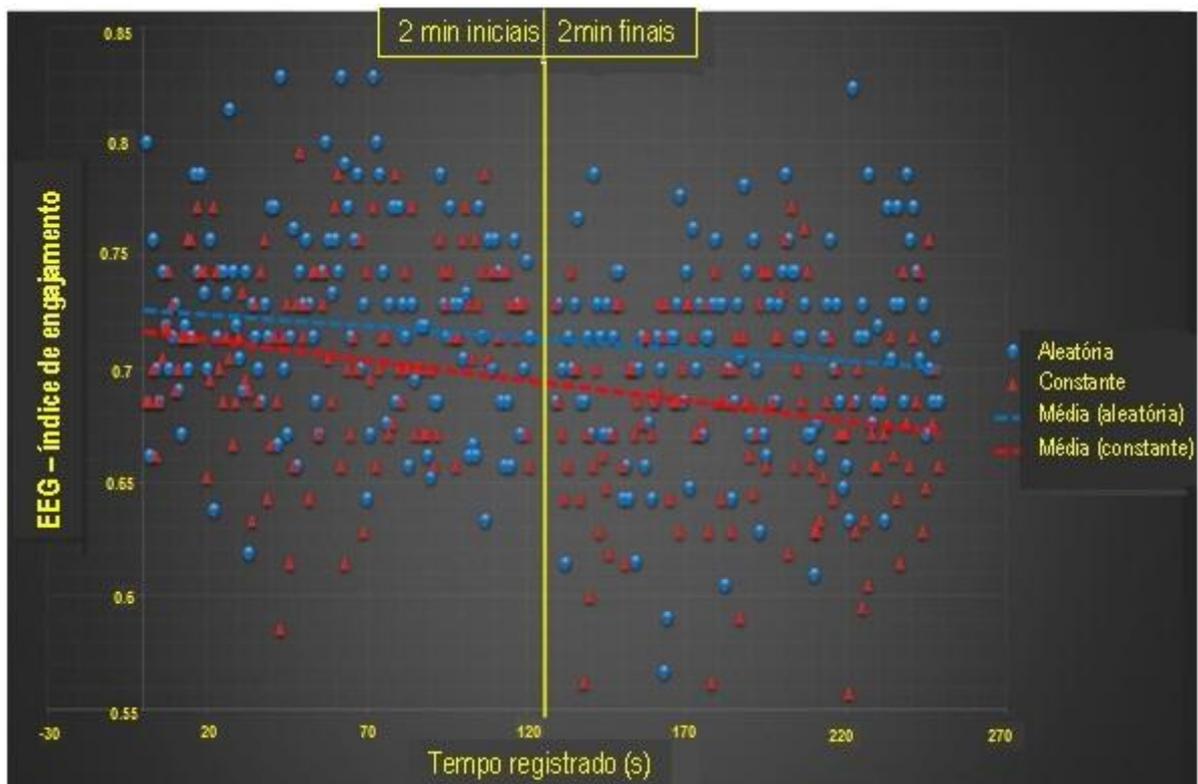
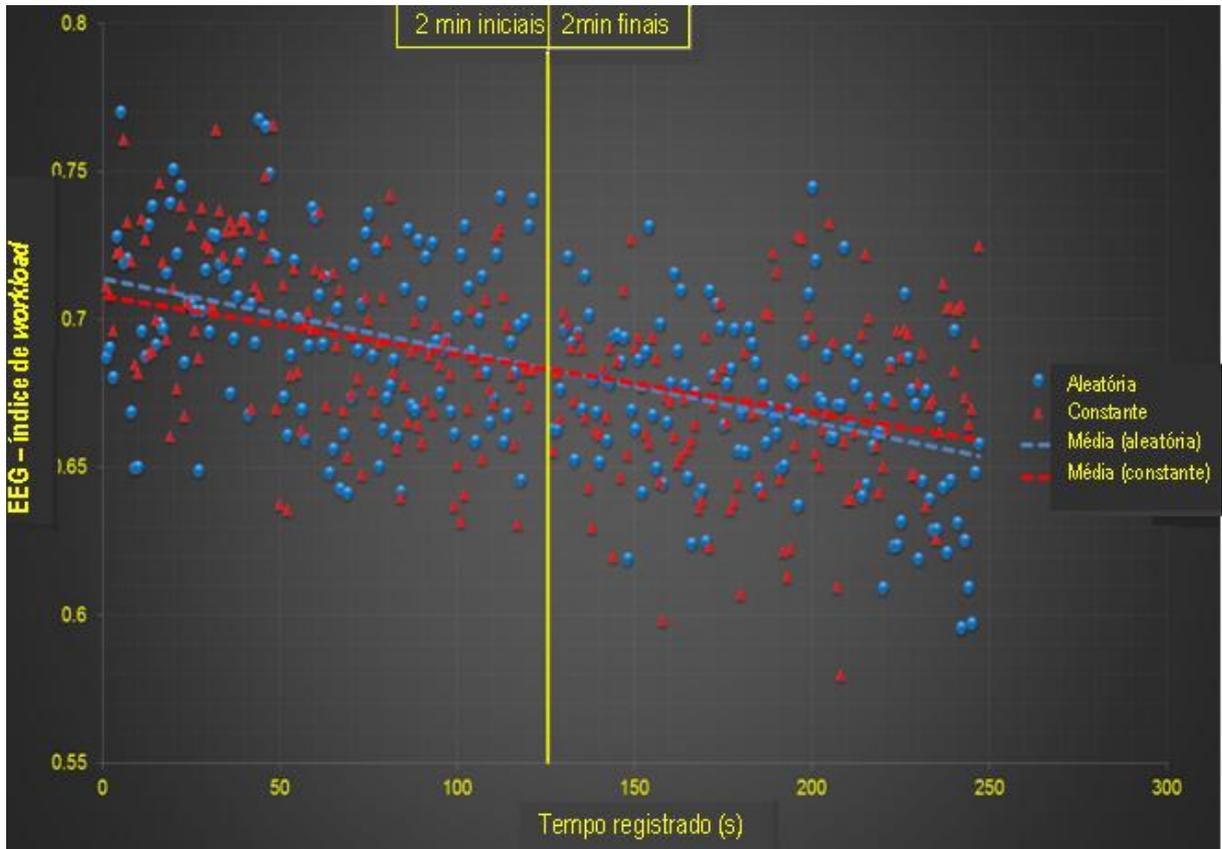


Gráfico 6 – Dispersão das médias EEG – índice de *workload* em cada 1 segundo da parte inicial e final das condições de prática aleatória e prática constante.



7 DISCUSSÃO

De modo geral, os resultados encontrados confirmam a hipótese de que a prática aleatória demandaria maior nível de esforço cognitivo do que a prática constante, uma vez que a mesma induziu um esforço cognitivo maior que a prática constante no EEG – índice de engajamento. A análise do EEG – índice de *workload* não apresentou diferença entre as condições de prática. Contudo, durante a prática, assim como no EEG – índice de engajamento, o EEG – índice de *workload* obteve uma diminuição maior na prática constante quando comparada à prática aleatória.

As hipóteses explicativas sobre os benefícios da estrutura de prática menos repetitiva na aprendizagem motora enfatizam um grande esforço cognitivo envolvido nos processos de memória (LEE; MAGILL, 1985; MOXLEY, 1979; SHEA; ZIMNY, 1983). Interessantemente, os resultados do presente estudo mostraram que a diferença entre prática constante e prática aleatória está mais relacionada à aspectos perceptivos de alocação de recursos de processamento associados à captura de informação, rastreamento visual e atenção sustentada (ANDERSON, 2004, STIKIC *et al.*, 2014). Embora o processamento sensorial não tenha sido comumente discutido na literatura de estrutura de prática, um aumento na demanda por processamento sensorial seria esperado na prática aleatória, uma vez que o aprendiz precisa lidar tanto com mudanças contínuas impostas tentativa a tentativa na dimensão absoluta como executar a dimensão relativa que é estável na habilidade. A cada nova tentativa, foi demandado ao aprendiz realizar uma varredura visual para captar informações a fim de saber qual o novo valor de parâmetro requerido pela próxima tentativa. Essas informações alimentaram o estágio de identificação de estímulo no processo de planejamento do movimento (FIGURA 8) para que fosse possível alcançar a meta da habilidade.

Na prática constante, a estabilidade tentativa a tentativa promovida pela repetição consecutiva das dimensões relativa e absoluta não requer do aprendiz a busca contínua por informações prévias sobre a meta do próximo movimento. Dessa forma, a relevância do processo de varredura visual para captar informações antes do planejamento do movimento deve diminuir rapidamente. O aprendiz sabe o que é requerido a cada tentativa e já tem as informações necessárias para a execução do movimento previamente estabelecidas (FIGURA 8), portanto, um menor esforço cognitivo é demandado quando avaliada a demanda perceptiva. Curiosamente,

esta possível diferença no processamento de informações não tem sido discutida na literatura de estrutura de prática. Pode-se estender estas hipóteses à prática em blocos, que compartilha semelhanças com a prática constante em termos de repetição consecutiva do mesmo movimento.

Figura 8 - Esquema de varredura visual e captura de informação. Prática aleatória demanda mudanças tentativa a tentativa na dimensão absoluta requerendo do aprendiz um rastreamento visual de forma contínua para captar informações sobre a nova meta. Na prática constante, a meta é a mesma a cada tentativa diminuindo assim, a relevância do rastreamento visual e captura de informações ao longo da prática.



Em um primeiro momento, a varredura visual e a captura de informações depois da execução do movimento parecem não ser diferentes entre as condições de prática devido ao fato que após a finalização do movimento duas fontes principais de informações são acessadas por ambas as estruturas de prática. Primeiramente, as informações fornecidas pelo *feedback* intrínseco são captadas e então as informações extrínsecas sobre as dimensões relativa e absoluta são obtidas através de conhecimento de resultado (CR). Em ambas as condições de prática, é necessário que o aprendiz capte estes tipos de informação para que ele possa corrigir possíveis erros e refinar seu desempenho ao longo da prática. Contudo, uma possível diferença entre as condições de prática neste processo de obtenção de informações é o tempo ou frequência de fixação visual gasto na informação de CR relacionada à dimensão relativa e absoluta.

O aprendiz, na prática aleatória, parece dirigir sua atenção mais para a aprendizagem da dimensão absoluta da habilidade devido à necessidade de lidar com constantes mudanças nessa dimensão (LAI *et al.*, 2000). Reciprocamente, durante a prática constante, a atenção é focada mais na dimensão relativa da habilidade. Fortalecendo esta ideia, o benefício da prática aleatória na aprendizagem dos parâmetros da habilidade (LAI *et al.*, 2000; SEKIYA *et al.*, 1994; SEKIYA; MAGILL; ANDERSON, 1996; SHEA *et al.* 2001), bem como o efeito positivo da prática constante na aprendizagem da estrutura da habilidade (LAI *et al.*, 2000; LAI; SHEA, 1998; GIUFFRIDA; SHEA; FAIRBROTHER, 2002; SHEA *et al.* 2001) têm sido relatados. Num estudo piloto, Lage *et al.* (2016) observaram uma alta frequência de fixações visuais significativa no CR referente ao erro absoluto durante a prática aleatória quando comparada à prática constante. De forma geral, as hipóteses aqui apresentadas nas diferenças na varredura visual e na captura de informação promovidas pelas práticas constante e aleatória antes e depois do movimento podem ser investigadas posteriormente através de análises do comportamento oculomotor.

Em relação aos resultados do EEG – índice de *workload*, era esperado que houvesse diferença entre as médias nas práticas constante e aleatória. Este índice é uma medida de esforço cognitivo mais relacionada às funções executivas tais como memória de trabalho e raciocínio (BERKA *et al.*, 2007). Tendo em vista que o controle executivo envolvendo memória de trabalho requer a manutenção ativa e a manipulação de um tipo particular de informação (BADDELEY, 1992; MILLER; COHEN, 2001), algumas funções da memória de trabalho como a tradução de instruções em planos de ação, integração de novas informações ao plano de ação (atualização) e relações percebidas entre itens (DIAMOND, 2013) parecem ser mais requisitadas na prática aleatória do que na prática constante. De fato, as hipóteses explicativas comportamentais a respeito dos benefícios das estruturas de prática menos repetitiva descrevem essas funções (LEE; MAGILL, 1985; SHE; ZIMNY, 1983).

Contudo, os resultados do presente estudo não apresentaram diferença significativa dos valores médios na medida de índice de *workload*. De acordo com Baindrigde (1989), sujeitos em estágios mais avançados de aprendizagem apresentam níveis de *mental workload* reduzidos. Sendo assim, discutir os resultados do EEG – índice de *workload* isolando-se o momento inicial e o momento

final da prática pode apresentar as diferenças entre as condições que não foram encontradas analisando a média de todas as tentativas.

Os resultados do presente estudo comparando o EEG – índice de *workload* nos dois minutos iniciais e finais mostraram que houve diminuição significativa entre o início e o final da prática na condição constante, sendo que a condição aleatória manteve seus valores de EEG – índice de *workload* altos durante toda a prática, não apresentando diferença significativa. Ao longo da prática da habilidade motora, na condição constante, devido à execução da mesma especificação da habilidade se repetir durante toda a prática, a tradução da meta em um plano de ação é rapidamente codificada, uma vez que as informações sobre a última tentativa são facilmente integradas ao plano de ação da próxima tentativa. Na prática aleatória, por sua vez, o CR da tentativa passada não é válido para as informações requeridas pela próxima ação e assim é demandado ao aprendiz que a cada tentativa ele traduza instruções em planos de ação, integre novas informações aos planos de ação e veja as relações entre os itens novamente para que seu movimento alcance a meta da habilidade. Este comportamento manteria o nível de demanda desses processamentos alto durante todo o período de prática na condição aleatória, e havendo diminuição, este decréscimo seria menor que na condição constante, o que foi confirmado nos achados acerca do índice de *workload*. Estes resultados mostram que o comportamento do índice de *workload* entre as condições foi diferente.

Já em relação ao EEG - índice de engajamento, houve decréscimo da parte inicial para a final em ambas as condições de prática, sendo que os valores caíram mais na prática constante do que na aleatória. Na prática constante, além dos processos associados à memória passarem a ser menos requeridos durante a aquisição de habilidade, a possibilidade de utilizar as informações de erro da tentativa anterior na tentativa seguinte permite que a relevância de se realizar o processo de varredura visual para captar informações antes do planejamento do movimento também diminua. Já na prática aleatória, essa relevância se mantém durante toda a prática, mantendo o índice de engajamento alto. E havendo diminuição nesta variável, ela seria menor na prática aleatória do que na prática constante, como de fato foi encontrado nos resultados.

Observando-se os valores de EEG - índice de engajamento nos dois minutos iniciais, verifica-se que o nível inicial de engajamento não foi diferente entre

as condições. Uma possível explicação para este achado se deve ao fato que na parte inicial da prática, tanto na condição constante quanto na aleatória, os aprendizes têm mais incerteza sobre o que deve ser percebido da habilidade para captar as informações mais relevantes (TANI; MEIRA JR; CATTUZZO, 2010). Isto resultaria em uma maior demanda do processo de varredura visual e captura de informação. Ao longo da prática da habilidade, como discutido no parágrafo anterior, esta incerteza diminui. À medida que os aprendizes adquirem proficiência na habilidade, eles passam a utilizar recursos fisiológicos de forma mais eficiente (RIESTCHEL *et al.*, 2014) e a demanda pelos processos sensoriais envolvidos no processamento de informação é reduzida.

Em relação aos resultados das variáveis motoras, a prática aleatória apresentou maiores valores de erros absoluto e relativo que a prática constante, confirmando o comportamento descrito na literatura acerca da aquisição de habilidade submetida a diferentes estruturas de prática. Como já discutido, a característica não repetitiva da prática aleatória não permite a utilização das informações resultantes da tentativa anterior diretamente no planejamento da tentativa subsequente e o não aproveitamento do CR de forma direta leva a uma frequente necessidade de captar e processar informações e de utilizar de processos de memória para planejar o movimento (LAI; SHEA, 1998). A pouca utilidade do CR leva o aprendiz a utilizar mais de tentativa e erro para alcançar as melhores soluções para a produção do movimento resultando em maior variabilidade na condição aleatória e em maiores valores de erro.

É relatado na literatura que a prática aleatória favoreceria a aprendizagem da dimensão absoluta, a parametrização da habilidade, e a prática constante favoreceria a dimensão relativa, a estrutura da habilidade (LAI; SHEA, 1998; LAI *et al.* 2000). Contudo, os resultados do presente estudo exibiram maiores erros nesta condição de prática tanto na dimensão relativa (ER) quanto na dimensão absoluta (EA). A tarefa deste estudo requeria a aprendizagem tanto da dimensão relativa (tempo relativo) como da dimensão absoluta (tempo absoluto). Na condição aleatória, a dimensão relativa se manteve a mesma em todas as tentativas, todavia, a dimensão absoluta variou durante toda a prática devido ao fato que a cada tentativa um tempo absoluto diferente da habilidade deveria ser executado. Na prática aleatória, portanto, os indivíduos tiveram que aprender uma maior quantidade de tempos absolutos que na prática constante. Quanto maior a quantidade de itens a

serem aprendidos, maior é a demanda sobre estratégias de processamento (SHEA; ZIMNY, 1983). Quando se tem que empenhar recursos mentais para resolver mais itens durante um mesmo período de tempo, o desempenho na execução destes itens diminui quando comparado a poder se concentrar em menos itens (LI; WRIGHT, 2000; RIESTCHEL *et al.*, 2014). Um resultado desta relação entre quantidade de itens e desempenho é a maior ocorrência de erros tanto nos itens relacionados à dimensão relativa, quando à dimensão absoluta. Sendo assim, a necessidade de se aprender duas dimensões da habilidade, sendo que uma variava a toda tentativa, levou os indivíduos na prática aleatória a cometer mais erros nas duas dimensões.

Segundo Gentili *et al.* (2014), a maior demanda da tarefa resulta em menor recurso atencional remanescente para ser empregado em outra tarefa. Em níveis muito baixos de reserva de atenção, o processamento cognitivo das informações pode ficar atrasado ou até mesmo ser impedido de acontecer (GENTILI *et al.*, 2014). Este processo poderia resultar em erros. Tomando esta ideia como base, juntamente com os pressupostos de Lai *et al.* (2000) de que as condições de prática implicam em focos atencionais diferentes entre as dimensões da habilidade, um possível complemento à explicação apresentada acima pode ser elaborado. A maior probabilidade de ocorrência de erro durante a estrutura de prática mais exigente, a prática aleatória, se deve ao fato que, após o indivíduo ter empregado o seu recurso atencional à dimensão absoluta, pouca recurso atencional teria restado para ser empregado na dimensão relativa. Isto resultou em maiores erros relativos. Já os erros na dimensão absoluta, como já muito discutido neste trabalho, se deveu ao menor aproveitamento de informações entre as tentativas gerando maior sobrecarga na aprendizagem desta dimensão.

O presente estudo foge do delineamento clássico da investigação sobre estruturação da prática ao passo que não possui teste de aprendizagem e se faz comparações intraindivíduo para verificar o efeito do tipo de estrutura no desempenho durante a prática, quando tradicionalmente há tanto uma fase de aquisição e de testes e utiliza-se comparação entre grupos para se verificar o efeito das variáveis dependentes. Este delineamento se mostrou adequado visto que o *mental workload* é melhor analisado de forma intraindivíduo e não interindivíduo e ainda assim, configurando um achado interessante, foi possível encontrar o efeito da

estrutura de prática na aprendizagem de habilidade motora elucidando mais sobre a natureza do esforço cognitivo demandado.

8 CONCLUSÃO

De forma geral, os resultados mostram que o esforço cognitivo envolvido na prática aleatória é maior não somente a processos de memória, como proposto em estudos comportamentais, mas também devido a processos sensoriais. O nível de dificuldade gerado pela repetição não consecutiva de uma mesma meta refletiu processos cognitivos importantes associados ao controle motor e a aprendizagem.

Futuros estudos deveriam investigar a relação entre o esforço cognitivo com o desempenho observado em testes de aprendizagem, tais como testes de retenção e transferência. Esta proposta seria um desafio, visto que o *mental workload* é melhor analisado de forma intraindivíduo e não interindivíduo como normalmente aplicado em estudos de aprendizagem motora com diferentes grupos de prática. Outra perspectiva é avaliar o “*time-locked*” do esforço cognitivo durante o planejamento, execução do movimento e avaliação do CR. Este tipo de abordagem tem o potencial para melhor explicar as diferenças no nível de esforço cognitivo envolvidos nos processos sensoriais e nos processos de memória.

REFERÊNCIAS

ADVANCED BRAIN MONITORING. **B-Alert live software user manual**. Carlsbad, CA, 2009, 76 p.

ANDERSON, J. R. **Cognitive Psychology and its Implications**. 6th ed. Worth Publishers, 2004.

APOLINÁRIO-SOUZA, T. **Aprendizagem motora: o papel do córtex motor primário**. 2014. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

_____.; ROMANO-SILVA, M.A.; MIRANDA, D. M. DE; MALLOY-DINIZ, L. F.; BENDA, R.N; UGRINOWITSCH, H.; LAGE, G. M. The primary motor cortex is associated with learning the absolute, but not relative, timing dimension of a task: a tDCS study. **Physiology & Behavior**, v. 160, p. 18–25, 2016.

BADDELEY, A. Working memory. **Science**, v. 255, n. 5044, p. 556-559, 1992.

BAINBRIDGE, L. Development of skill, reduction of workload. In: BAINBRIDGE, L. QUINTANILLA, S. A. R. (Eds.) **Developing Skills with Information Technology**. Chichester: Wiley, 1989.

BATTIG, W. F. Intratask interference as a source of facilitation in retention. In: THOMPSON, R.F.; VOSS, J.F. (Eds.). **Topics in learning and performance**. New York: Academic Press, 1972, p.131-159.

_____. The flexibility of Human memory. In: CERMAK L.S.; CRAIK, F.I.M. (Eds.). **Levels of Processing in Human Memory**, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1979, p.23-44.

BERKA, C.; LEVENDOWSKI, D. J. Correlation between expected workload and EEG indices of cognitive workload and task engagement. In: 50TH ANNUAL MEETING OF THE HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY, 2006, San Francisco. **Proceedings of 50th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society**.

_____.; _____.; CVETINOVIC, M. M.; PETROVIC, M. M; DAVIS, G.; LUMICAO, M. N.; ZIVKOVIC, V. T.; POPOVIC, M. V.; OLMSTEAD, R. Real-EEG analysis of EEG

indexes of alertness, cognition, and memory acquired with a wireless EEG headset. **International Journal of Human-Computer Interaction**, v. 17, n.2,p. 151–170, 2004.

BERKA, C.; LEVENDOWSKI, D. J.; LUMICAO, M. N.; YAU, A.;DAVIS, G.; ZIVKOVIC, V. T.; OLMSTEAD, R. E.; TREMOULET, P. D.; CRAVEN, P. L. EEG correlates of task engagement and mental workload in vigilance, learning, and memory tasks. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 78, n.5, p. B231–B244, 2007.

BORGHINI, G.; ASTOLFI, L.; VECCHIATO, G.;MATTIA, D.; BABILONI, F. Measuring neurophysiological signals pilots and car drivers for the assessment of mental workload, fatigue and drowsiness. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 44, p. 58-75, 2014.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

CUDDY, L. J.; JACOBY, L. L. When forgetting helps memory: An analysis of repetition effects. **Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior**, v. 21, p. 451-467, 1982.

DIAMOND, A. Executive functions. **Annual Review of Psychology**, v. 64, p. 135-168, 2013.

ETNIER, J. L.; WHITWER, S. S.; LANDERS, D. M.;PETRUZZELLO, S. J.; SALAZAR, W. Changes in electroencephalographic activity associated with learning a novel motor task. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 67, n. 3, p. 272-279, 1996.

GABRIELE, T. E; HALL, C. R.; BUCKOLZ,E. E. Practice schedule effects on the acquisition and retention of a motor skill. **Human Movement Science**, v. 6, p. 1-16, 1987.

GENTILI, R. J.; RIESTSCHEL, J. C.; JAQUESS, K. J. LO, L., MILLER, M. W., MOHLER, J. M., OH, Y., TAN, Y. Y., HATFIELD, B. D. Brain biomarkers based assessment of cognitive workload in pilots under various task demands. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY, 2014. **Conference proceedings: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, p. 5860-5863.

GIUFFRIDA, C. G.; SHEA, J. B.; FAIRBROTHER, J. T. Differential transfer benefits of increased practice for constant, blocked, and serial practice schedules. **Journal of Motor Behavior**, Washington, v.34, n. 4, p.353-65, 2002.

GRAND, K. F.; BRUZI, A. T.; DYKE, F. B.; GODWIN, M. M.; LEIKER, A. M.; THOMPSON A. G.; BUCHANAN T. L.; MATTHEW W. M. Why self-controlled feedback enhances motor learning: Answers from electroencephalography and indices of motivation. **Human Movement Science**, v. 43, p. 23-32, 2015.

HAUFLER, A. J.; SPALDING, T. W.; SANTA MARIA, D. L.; HATFIELD, B. D. Neuro-cognitive activity during a self-paced visuospatial task: comparative EEG profiles in marksmen and novice shooters. **Biological Psychology**, v. 53, p. 131-160, 2000.

HENZ, D.; SCHÖLLHORN, W. I. Differential training facilitates early consolidation in motor learning. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, v. 10, 2016.

HIRSCH, L. J.; BRENNER, R. P. **Atlas of EEG in critical care**. Wiley-Blackwell, 2010.

JACOBY, L. L. On interpreting the effects of repetition: solving a problem versus remembering a solution. **Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior**, v. 17, p. 649-667, 1978.

JASPER, H. H. The ten-twenty electrode system of the International Federation. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, v. 10, p. 370-375, 1958.

JIANG, X.; ZHENG, B.; BEDNARIK, R.; ATKINS, M. S. Pupil responses to continuous aiming movements. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 83, p. 1–11, 2015.

JOHNSON, R. R.; POPOVIC, D. P.; OLMSTEAD, R. E.; STIKIC, M.; LEVENDOWSKI, D. J.; BERKA, C. Drowsiness/ alertness algorithm development and validation using synchronized EEG and cognitive performance to individualize a generalized model. **Biological Psychology**, v. 87, n. 2, p. 241-250, 2011.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H; JESSELL, T. M.; SIEGELBAUM, S. A.; HUDSPETH. **Principles of neural science**. 5th ed. McGraw-Hill, 2013.

KELSO, J. A. S.; NORMAN, P. E. Motor schema formation in children. **Developmental Psychology**, v. 14, n. 2, p. 153-156, 1978.

KLEM, G. H.; LÜDERS, H. O.; JASPER, H. H; ELGER, C. The ten-twenty electrode system of the International Federation. **Eletroencephalography and Clinical Neurophysiology. Supplement**, v. 52, p. 3-6, 1999.

KYLLONEN, P. C.; CHRISTAL, R. E. Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?! **Intelligence**, v. 14, p. 389-433, 1990.

LAGE, G. M. **Efeitos de diferentes estruturas de prática na aprendizagem de habilidades motoras**. 2005. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

_____.; ALVES, M. A. F.; OLIVEIRA, F. S.; PALHARES, L. R; UGRINOWITSCH, H; BENDA, R. N. The combination of practice schedule: effects on relative and absolute dimensions of the task. **Journal of Human Movement Studies**, v. 52, p. 21-35, 2007.

_____.; FIALHO, J. V.; ALBUQUERQUE, M. R. BENDA, R. N.; UGRINOWITSCH, H.O efeito da interferência contextual na aprendizagem motora: contribuições científicas após três décadas da publicação do primeiro artigo. **Revista Brasileira Ciência e Movimento**, v. 19, n. 2, p. 107-119, 2011.

_____.; TORRES, N. L.; SALVADOR, M. G.; PERONDI, D.; ALBUQUERQUE, M. R. Estrutura de prática e foco atencional: um estudo piloto de rastreamento visual (Practice schedule and attentional focus: a pilot-study of visual tracking). In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPORTAMENTO MOTOR, 2016, João Pessoa. **Brazilian Journal of Motor Behavior** supplement, 2016. p. 113.

_____.; UGRINOWITSCH, H; APOLINÁRIO-SOUZA, T.; VIERIA, M. M.; ALBUQUERQUE, M. R.; BENDA, R. N.Repetition and variation in motor practice: a review of neural correlates. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 57, p. 132-141, 2015.

_____.; GALLO, L. G.; MIRANDA, M. G. DE; VIEIRA, R. D.; SCHICKLER, D. J.; COELHO, R. C.; UGRINOWITSCH, H; BENDA, R. N. Assimetrias manuais e complexidade da tarefa em habilidades de apontamento. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 8, n. 1, 2008.

LAI, Q.; SHEA, C. H. Generalized motor program (GMP) learning: effects of reduced frequency of knowledge of results and practice variability. **Journal of Motor Behavior**, v. 30, p. 51-59, 1998.

LAI, Q.; SHEA, C. H.; WULF, G.; WRIGHT, D. L. Optimizing generalized motor program and parameter learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 71, p. 10-24, 2000.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios?** Conceitos fundamentais de neurociência. 2.ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2010.

LEE, T. D.; MAGILL, R.A. Can forgetting facilitate skill acquisition? In: GOODMAN, D.; WILBERG, R. B.; FRANKS, I. M. (Eds.). **Differing Perspectives in Motor learning, Memory and Control**. Amsterdam: North Holland, 1985, p.3-22.

_____; _____. The locus of contextual interference in motor-skill acquisition. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, v. 9, p. 730-746, 1983.

_____; WEEKS, D. J. The beneficial influence of forgetting on short-term retention of movement information. **Human Movement Science**, v. 6, p. 233-245, 1987.

_____; SWINNEN, P.; SERRIEN, D. J. Cognitive effort and motor learning. **Quest**, v. 46, n. 3, p. 328-344, 1994.

LI, Y.; WRIGHT, D. L. An assessment of the attention demands during random- and blocked-practice schedules: research, theory, and practice. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**, p. 591-606, 2000.

MAGILL, R. A. **Aprendizagem motora: conceitos e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

_____; HALL, K. G. A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. **Human Movement Science**, v. 9, p. 241-289, 1990.

MCCRACKEN, H. D.; STEALMACH, G. E. A test of the schema theory of discrete motor learning. **Journal of Motor Behavior**, v. 9, n. 3, p. 193-201, 1977.

MILLER, E. K.; COHEN, J. D. An integrative theory of personal cortex function. **Annual Review of Neuroscience**, v. 24, p. 167-202, 2001.

MOXLEY, S. E. Schema: the variability of practice hypothesis. **Journal of Motor Behavior**, v.11, p. 65-70, 1979.

NEUROSOFT, Suporte técnico. Disponível em: <http://www.neurosoft.com.br/>. Acesso em: 05 out. 2015.

NEWELL, K. M.; SHAPIRO, D. C. Variability of practice and transfer of training: some evidence toward a schema view of motor learning. **Journal of Motor Behavior**, v. 8, n. 3, p. 233-243, 1976.

OLDFIELD, R. C. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. **Neuropsychology**, v. 9, p. 97-113, 1971.

PATTEN, C. J. D.; KIRCHER, A.; ÖSTLUND, J.; NILSSON, L.; SVENSON, O. Driver experience and cognitive workload in different traffic environments. **Accident Analysis & Prevention**, v. 38, p. 887–894, 2006.

RIESTCHEL, J. C.; MCDONALD, C. G.; GOODMAN, R. N.; MILLER, M. W.; JONES-LUSH, L. M.; WITTENBERG, G. F.; HATFIELD, B. D. Psychophysiological support of increasing attentional reserve during the development of a motor skill. **Biological Psychology**, v. 103, p. 349-356, 2014.

SAKPAL, T. V. Sample size estimation in clinical trial. **Perspectives in Clinical Research**, v. 1, n. 2, p. 67-69, 2010.

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

_____; LEE, T. D. **Motor control and learning: a behavioral emphasis**. 3.ed. Champaign: Human Kinetics, 1999.

_____. The schema concept. In: KELSO, J.A.S. (Ed.). **Human Motor Behavior: an introduction**, Hillsdale: Erlbaum, 1982, p. 219-235.

_____; WRISBERG, C. A. **Aprendizagem e performance motora: uma abordagem da aprendizagem baseada no problema**. São Paulo: Artmed, 2001.

SEKIYA, H.; MAGILL, R. A.; ANDERSON, D.I. The contextual interference effect in parameter modifications of the same generalized motor program. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 67, p. 59-68, 1996.

SEKIYA, H.; MAGILL, R.A.; SIDAWAY, B.; ANDERSON, D.I. The contextual interference effect for skill variations from the same and different generalized motor program. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 65, p. 330-338, 1994.

SHEA, C. H.; LAI, Q.; WRIGHT, D. W.; IMMINK, M.; BLACK, C. Consistent and variable conditions: effects on relative and absolute timing. **Journal of Motor Behavior**, Washington, v. 33, p. 139-152, 2001.

SHEA, J. B; MORGAN, R. L. Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. **Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory**, v. 2, n. 5, p. 179-187, 1979.

_____.; ZIMNY, S. T. Context effects in memory and learning movement information. In: R. A. MAGILL, (Ed.), **Memory and Control of Action**. Amsterdam: North Holland, 1983. p. 345-366.

SILBERNAGL, S.; LANG, F. **Fisiopatologia: Texto e atlas**. 2.ed. Artmed. 2016. p. 358-359.

SMITH, M. E., MCEVOY, L. K., GEVINS, A. Neurophysiological indices of strategy development and skill acquisition. **Cognitive Brain Research**, v. 7, p. 389-404, 1999.

STIKIC, M.; BERKA, C.; LEVENDOWSKI, D.; RUBIO, R. F.; TAN, V.; KORSZEN, S.; BARBA, D.; WURZER, D. Modeling temporal sequences of cognitive state changes based on a combination of EEG-engagement, EEG-workload, and heart rate metrics. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 8, p.1-14, 2014.

STUDER, B.; KOENEKE, S.; BLUM, J.; JÄNCKE, L. The effects of practice distribution upon the regional oscillatory activity in visuomotor learning. **Behavioral and Brain Functions**, v. 6, n. 8, 2010.

TANI, G.; MEIRA JR, C. M.; CATTUZZO, M. T. Aprendizagem motora e educação física: pesquisa e intervenção. In: BENTO, J. O.; TANI, G.; PRISTA, A. (Org.). **Desporto e educação física em português**. Porto: Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, 2010, p. 36-56.

VAN ROSSUM, J. H. A. Schmidt's schema theory: the empirical base of the variability of practice hypothesis. **Human Movement Science**, v. 9, p. 387-435, 1990.

VELASQUES, B.; FERREIRA, C.; TEIXEIRA, S. S.; FURTADO, V.; MENDES, E.; BASILE, L.; CAGY, M. PIEDADE, R.; RIBEIRO, P. Motor learning processes: Na electrophysiologic perspective. **Arquivos de Neuropsiquiatria**, v. 65, n. 4-a, p. 951-954, 2007.

WEBER, E. DOPPELMAYR, M. Kinesthetic motor imagery training modulates frontal midline theta during theta imagination of dart throw. **International Journal of Psychophysiology**, 2016.

WEEKS, D. J.; LEE, T. D.; ELLIOTT, D. Diferential forgetting and spacing effects in short-term motor retention. **Journal of Human Movement Studies**, v. 13, p. 309-321, 1987.

WRISBERG, C. A.; RAGSDALE, M. R. Further test of the Schmidt's schema theory: Development of a schema rule for a coincident timing task. **Journal of Motor Behavior**, v. 11, n. 2, p. 159-166, 1979.

WRIGHT, D. L. The role of intertask and intratask processing in acquisition and retention of motor skills. **Journal of Motor Behavior**, v. 23, n. 2, p. 139-145, 1991.

_____.; LI, W.; WHITACRE, C. The contribution of elaborative processing to the contextual interference. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 63, n. 1, p. 30-37, 1992.

ZELAZNIK, H.N.; SHAPIRO; D. C.; NEWELL; K. M. On the structure of motor recognition memory. **Journal of Motor Behavior**, v. 10, n. 4, p. 313-323, 1978.

APÊNDICE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Estudo: Aprendizagem motora: fatores que influenciam a aprendizagem e esforço cognitivo

Pesquisador: Maicon Rodrigues Albuquerque

Gostaríamos de convidá-lo a participar de nosso estudo. O nosso objetivo é investigar como o nível de esforço cognitivo (por exemplo, a atenção e a percepção) do aprendiz muda de acordo com a forma que ele pratica. Assim, esse estudo busca investigar os níveis de esforço cognitivo envolvidos na aprendizagem motora quando se manipula a forma de prática do aprendiz.

Procedimentos: Os testes serão realizados, em dois dias. No primeiro dia, será instalado um equipamento de eletroencefalografia (EEG) para medir a sua atividade cerebral enquanto você pratica uma tarefa motora que consiste em digitar com o dedo indicador uma sequência de 4 teclas em tempo pré-definidos. Após cada tentativa de prática, você receberá informações sobre a sua execução. Todos os procedimentos do 1º dia terão uma duração aproximada de 60 minutos. No segundo dia, o EEG será novamente instalado e você fará um teste referente à tarefa motora que você aprendeu no dia anterior. Os procedimentos terão uma duração aproximada de 30 minutos.

Riscos e desconfortos: A sua participação no estudo oferece riscos mínimos à sua saúde. Os movimentos realizados com o dedo indicador são idênticos aos realizados quando estamos digitando. Se sentir algum desconforto avise ao pesquisador para que ele possa avaliar a causa.

Benefícios esperados: Não há nenhum benefício direto para você. Porém, os resultados desse estudo ajudarão os professores de educação física, os terapeutas ocupacionais e fisioterapeutas a entender melhor como organizar a prática de habilidades motoras para seus alunos e clientes.

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

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

Você pode solicitar mais informações ao longo do estudo com o pesquisador responsável pelo projeto (Maicon Albuquerque) por meio do telefone (31) 8252-3182. Após a leitura completa deste documento, caso concorde em participar do estudo, você deverá assinar o termo de consentimento abaixo e rubricar todas as folhas desse termo.

TERMO DE CONSENTIMENTO

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

Assinatura do Voluntário

Data

Assinatura do Pesquisador Data

COEP – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos/ UFV
Edifício Arthur Bernardes, piso inferior. Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário.
Viçosa/MG -CEP: 36570-900

ANEXO

Parecer de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

The screenshot shows a web application interface for managing research projects. The top navigation bar includes the logo of the Ministry of Health (Ministério da Saúde) and the 'Plataforma Brasil' logo. The user is logged in as 'Gáulherme Moraes Lage - Pesquisador | V3.0' and the session expires in 38 minutes. The main content area is titled 'DETALHAR PROJETO DE PESQUISA' and displays the following information:

- Título da Pesquisa:** Aprendizagem motora: fatores que influenciam a aprendizagem e esforço cognitivo
- Pesquisador Responsável:** Márcion Albuquerque
- Área Temática:** Versão: 2
- CAAE:** 47300315.6.0000.5163
- Submetido em:** 17/08/2015
- Instituição Proponente:** Departamento de Educação Física
- Situação da Versão do Projeto:** Aprovado
- Localização atual da Versão do Projeto:** Pesquisador Responsável
- Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

A digital stamp from the 'COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA' is visible, along with a download icon for the 'Comprovante de Freecação: PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_509480'.