

## Fadiga mental ocasionada por tarefa cognitiva de imagética motora: análise sistemática

*Mental failure occurred by the cognitive task of motor imagery: systematic analysis*

Samaritana Barros do Nascimento <sup>1,\*</sup>, Heloísa Marques <sup>2</sup>

1) Laboratório de Mapeamento Cerebral e Funcionalidade (LAMCEF-UFPI), Universidade Federal do Piauí, Parnaíba, PI, Brasil. 2) Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Reis Velloso, Parnaíba, PI, Brasil.

### Resumo

O objetivo geral deste estudo é analisar, por meio da revisão sistemática da literatura, os efeitos da fadiga mental provocada por uma tarefa cognitiva de imagética motora. Para a análise literária, foram utilizados os bancos de dados eletrônicos: Public Medline (PubMed), Scientific Electronic Library Online (Scielo) e Scopus. Foram analisados estudos experimentais, realizados em humanos, nos idiomas português e inglês, publicados de 2004 a 2019. As palavras chaves utilizadas foram: *motor imagery* / imagética motora, *sustained attention* / atenção sustentada e *mental fatigue* / fadiga mental. A tarefa de Imagética Motora (IM) é definida como uma execução mental do movimento do corpo, entretanto, sem nenhuma saída motora. Alguns autores sugerem que o indivíduo começaria a desenvolver fadiga acima de 60 trilhas de imagética motora. Dessa forma, pode comprometer os resultados de protocolos terapêuticos e/ou desportivos, além de desempenhar um risco eminente de problemas de saúde, como é o caso das doenças cardiovasculares, epiléticas e Karoshi (morte por excesso de trabalho). Sendo assim, em tarefas mais prolongadas, a fadiga mental diminui o desempenho na tarefa e aumenta o tempo para a sua execução. Portanto, conclui-se que o tempo da tarefa cognitiva interfere no tempo de reação devido a fadiga mental provocado pela tarefa cognitiva de atenção sustentada.

**Palavras-chave:** reabilitação; fadiga mental; terapia cognitiva.

### Abstract

*The general objective of this study is to analyze the effects of mental fatigue caused by cognitive task of motor imagery through the systematic analysis of the literature. For the literary analysis we used the electronic databases: Public Medline (PubMed), Scientific Electronic Library Online (Scielo) and Scopus. The experimental studies were performed in humans, both Portuguese and English, published from 2004 to 2019. The keywords used were motor imagery, sustained attention and mental fatigue. The task of Motor Imagery (IM) it is as a mental execution of body movement, however, with not motor output response. Some authors suggest people begin to develop fatigue that over 60 tracks of motor imagery. In this way, it can compromise the results of therapeutic and / or sports protocols, as well as pose an imminent risk of health problems, such as cardiovascular diseases, epilepsy and Karoshi (death from overwork). Thus, in longer tasks, mental fatigue decreases performance on the task and increases the time for its execution. Therefore, it is conclusion that time of the*

\* S.B. Nascimento - E-mail: samaritanabarrosh@hotmail.com H. Marques - E-mail: hmarques@ufpi.edu.br

*cognitive task interferes in the reaction time due to the mental fatigue caused by the cognitive task of sustained attention.*

**Keywords:** *rehabilitation; mental fatigue; cognitive therapy.*

## Introdução

A fadiga mental induzida por um prolongado desempenho em tarefas cognitivas é um fenômeno frequente nas atividades cotidianas (Boksem, Meijman & Lorist, 2005). Ela é definida como um estado psíquico e biológico e que ocasiona um declínio na eficiência e na capacidade para realizar determinadas atividades mentais e/ou físicas, sendo muitas vezes acompanhada por uma peculiar sensação de desconforto, uma necessidade de descanso e uma diminuição da motivação e da atenção (Van Cutsem et al. 2017; Boksem & Tops, 2008). Sendo assim, podendo gerar alterações nos processos de execução de movimento físico ou mental, podendo aumentar o erro embutido na tarefa, dessa forma, comprometendo as atividades laborais e os resultados de protocolos de tratamentos terapêuticos e/ou atividades desportivos (Marcora, Staiano & Manning, 2009).

Quando associada a outros treinamentos motores resultará em um desempenho significativamente melhor de aprendizagem. Exemplo disto, é a mentalização do ato motor, conhecido por Imagética Motora (IM), sendo caracterizada pela ativação de áreas corticais responsáveis pelo planejamento, execução e modulação do movimento voluntário (Shuster, Butler, Andrews, Kischka & Ettlin, 2012; Gaggioli, Morganti, Mondoni & Antonietti, 2013).

A IM refere-se a um tipo de técnica de treinamento esportivo e de recuperação neural que tem chamado muito atenção nos últimos 20 anos. Esta habilidade cognitiva é definida como a “simulação mental” ou o “ensaio mental” do movimento sem qualquer saída motora. Além disso, é definida como um mecanismo anterior ao movimento motor (Hanakawa, 2015). Dentre as estruturas ativadas durante a simulação mental, as mais relatadas na literatura são: o córtex motor primário, área suplementar motora, córtex pré-frontal que se prolonga para o córtex dorsolateral, cerebelo, núcleos da base, córtex parietal e córtex cingulado anterior (Asao, Ikeda, Nomura & Shibuya, 2019; Kaur, Ghosh, Sahani & Sinha, 2019).

Diante do pressuposto, o presente estudo procura compreender melhor as alterações neurais provocadas pela fadiga mental, sendo essa um fenômeno frequente no cotidiano contemporâneo que acarreta diversas condições clínicas negativas durante o rendimento terapêutico, prejudicando a condição de sobrevivência do indivíduo durante tarefas que necessitem de maior atenção, podendo comprometer sua vida profissional e interpessoal.

Além disso, procura entender a complexidade que envolve o fenômeno da fadiga mental, em relação a atividades que envolvam processos de atenção sustentada, como a aplicação de protocolo terapêutico de imagética motora, conhecendo as possíveis consequências provocadas por tal condição, como o estado de baixa atenção, baixa motivação e aumento da sensação de cansaço. Deste modo, procurar formas e meios que minimizem e/ou retardem seus efeitos negativos são de fundamental importância para a população em geral. Desta forma, os estudos que avaliam, as repercussões eletrofisiológicas provocadas pela fadiga mental se tornam relevantes para melhor compreensão deste fenômeno tão presente na vida moderna do indivíduo.

O presente estudo tem como objetivo geral, analisar os efeitos da fadiga mental ocasionada por tarefa cognitiva de imagética motora por meio da análise sistemática da literatura.

## Metodologia

Para a análise literária foram utilizados os bancos de dados eletrônicos: Public Medline (PubMed), Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Scopus. Os artigos foram selecionados de acordo com a temática principal, sendo esses publicados em revistas conceituadas, para uma melhor conceituação das ideias. Foram analisados estudos experimentais, realizados em humanos, nos idiomas português e inglês. As palavras chaves utilizadas para a busca nos bancos eletrônicos foram: *motor imagery* (imagética motora), *sustained attention* (atenção sustentada) e *mental fatigue* (fadiga mental).

Os critérios de inclusão utilizados para a escolha dos trabalhos nos bancos de dados eletrônicos foram: artigos de periódicos publicados nos idiomas português e inglês, no período de tempo de 2004 a 2019, que fossem estudos clínicos/experimentais realizados em humanos. Os critérios de exclusão foram os seguintes: revisões bibliográficas de literatura, artigos não completos, monografias, trabalhos não publicados em revistas e pesquisas realizadas em animais.

Após a realização da busca avançada por referências bibliográficas nos bancos de dados eletrônicos, foi identificado um total de 71 artigos, entretanto, apenas 24 foram selecionados de acordo com aos critérios de inclusão. Os artigos selecionados foram lidos minuciosamente para a composição do resultado final deste estudo.

## Resultados e Discussão

O estudo sistemático e profundo do fenômeno de fadiga mental bem como a compreensão de atividades que acarretam tal situação desempenha um papel fundamental para o desenvolvimento de práticas preventivas para a manutenção do bem-estar das pessoas. Diante disso, abordaremos o fenômeno de atenção sustentada, vivida no cotidiano contemporâneo de muitos, sobre a fadiga mental induzida por atividades cognitivas e sobre a terapia de imagética motora, além disso, iremos abordar as principais alterações neurofisiológicas provocadas pela fadiga mental induzida por períodos prolongados de atenção sustentada.

Na Tabela 1 a seguir, encontra-se um resumo dos principais pontos de interesse deste estudo de revisão.

Autor/ano	Objetivo	Resultados	Conclusão
1. Bastos, et al. (2004)	Investigar alterações nos padrões eletroencefalográficos de sujeitos normais e destros durante o aprendizado motor de uma tarefa manual.	Mudança na performance através das variáveis tempo e número de erros e também um aumento da potência na banda alfa e diminuição de beta.	O modelo experimental evidenciou a aprendizagem motora efetiva segundo as variáveis analisadas.
2. Boksem et al. (2005)	Examinar se a fadiga mental afeta nos processos atencionais.	A fadiga mental pode resultar na redução da atenção, podendo proporcionar um baixo desempenho nas tarefas cotidianas.	É necessário flexibilizar o tempo, de forma adequada, para evitar fadiga mental e prevenir possíveis danos à saúde.

3. Lima (2005)	Relatar os diversos aspectos dos mecanismos atencionais.	A atenção permite que o indivíduo organize seus processos mentais e também, selecione, qual estímulo será aplicado.	A atenção sustentada pode fornecer resultados negativos, como no ambiente de reabilitação, de trabalho, nas relações interpessoais e nas escolas.
4. Gentili, Han, Schweighofer & Papaxanthis (2010)	Estudar o desempenho motor durante o treinamento mental.	No primeiro experimento, os dois grupos, não mostraram mudança na duração do movimento. No segundo experimento; análises adicionais revelaram que os movimentos do braço foram mais retos e mais rápidos.	A prática mental quando administrada em indivíduos jovens saudáveis poderia ser substituída pela prática física para melhorar o desempenho do motor.
5. Binder et al. (2012)	Examinar o papel do sono na tarefa de reconhecimento de objeto-lugar.	Resultados significativos para uma melhora da memória após a sessão no turno da manhã.	A consolidação da memória de trabalho dependente bastante da condição do sono do sujeito, ou seja, é necessário um sono reparador todas as noites.
6. Barwick, Arnett & Slobounov (2012)	Examinar os efeitos da fadiga mental entre 10 alunos saudáveis e ativos, submetidos a testes de concussão típico.	Os efeitos incluíram: aumento da fadiga, aumento de erros no teste de Interferência, aumento relativo de teta, ativação de alfa nas regiões occipital para anterior.	Os autores puderam analisar que a relação de fadiga subjetiva e de desempenho cognitivo ofereceram suporte parcial para previsões futuras relacionadas aos padrões de ativação no EEG.
7. Tanaka & Watanabe (2012)	Descrever os mecanismos supra espinhais que regulam a saída motora para identificar o comportamento eletrofisiológico em técnicas de neuroimagem.	O comportamento neurofisiológico é regulado por alguns modelos, dentre eles, um modelo supra espinhal, que regula a produção motora durante o processo de saída motora e fadiga física.	O modelo supra espinhal pode servir para regular a fadiga física e prevenir fadiga mental em algumas doenças ou síndromes humanas.
8. Nery, Toledo, Oliveira Junior, Taciro & Carregaro (2013)	Avaliar a necessidade de descanso, prevalência de desconfortos musculoesqueléticos, capacidade de trabalho e	Verificou-se uma prevalência de 75% nos últimos 12 meses, sendo 100% das mulheres e 42% dos	É de suma importante a implementação de ações preventivas para evitar o desconforto e

	esforço físico de enfermeiros de Unidade de Terapia Intensiva (UTI).	homens (diferença significativa; $p=0,024$ ) em relação aos parâmetros analisados. As mulheres classificaram o trabalho como mais intenso em comparação aos homens.	melhorar as condições laborais.
9. Llanos, Rodriguez-Sabate, Morales & Sabate (2013)	Analisar o sinal do EEG relacionado a eventos de atividade do córtex pré-motor, sensitivo e área suplementar.	Observada uma resposta significativa na área de planejamento motor. Após a aplicação dos testes (motor e de imagem), sugeriu-se que ambas tarefas ativaram o ritmo MU em grau semelhante.	Semelhança na ativação cortical durante os testes, indicam que os mesmos mecanismos são recrutados, tanto durante o planejamento do movimento real, como no imaginário.
10. Ishii, Taraka, & Watanabe (2014)	Descrever os mecanismos neurais subjacentes à fadiga mental que foram identificados usando técnicas comportamentais, eletrofisiológicas e de neuroimagem.	A fadiga mental não é causada apenas por tarefas cognitivas excessivas. Evidências apoiam que sistemas de facilitação e inibição estão envolvidos nos mecanismos neurais, modulando a atividade das regiões cerebrais relacionadas às tarefas.	Os autores sugeriram que o sistema de regulação da fadiga mental pode contribuir para a compreensão dos mecanismos neurais reguladores envolvidos no desempenho de tarefas cognitivas.
11. Mendonça, Coelho & Juca (2014)	Correlacionar e comparar os participantes nas variáveis: critério (síndrome de Burnout e fadiga) e antecedentes (estresse no trabalho e indicadores de situação de trabalho).	Evidenciou-se que o estresse no trabalho tem implicações negativas, como o aparecimento da síndrome de Burnout e da fadiga mental. Por fim, chama-se a atenção para necessidade de intervenção e de mais estudos junto a esta população.	Sugere investigações futuras e intervenções no contexto da promoção da saúde dos profissionais envolvidos.
12. Teo & Chew (2014)	Explorar um sistema de terapia adjuvante na reabilitação de pacientes que tiveram acidente vascular cerebral (AVC).	A IM pode ativar regiões sensório-motoras e induzir mudanças na plasticidade neural. A combinação da IM	Por tanto, as evidências do estudo sugerem eficácia da terapia IM-BCI em um ambiente de reabilitação medidas pelo EEG. Além disso, é

		com a interface cérebro-computador (BCI) pode aumentar os ganhos na reabilitação de pacientes com AVC, pois ativa redes cortiço motoras e fornece feedback sensorial.	necessário estudos futuros que explorem a combinação de técnicas neuromodulatórias, como tDCS e IM-BCI.
13. Brinkman, Stolk, Dijkerman, de Lange & Toni (2014)	Investigar as mudanças na Potência oscilatória em indivíduos saudáveis que se imaginaram segurando um cilindro em ângulos diferentes.	Foi observado durante a tarefa imaginária, mudanças oscilatórias nas bandas de frequência alfa e beta. À medida que o movimento aumentava, a potência oscilatória da banda alfa aumentou no córtex sensorio-motor, enquanto a potência da banda beta diminuiu no córtex sensorio-motor.	O estudo evidenciou que as oscilações da banda alfa apoiam o desligamento de regiões corticais irrelevantes para a tarefa, já a redução na potência de beta, pode estar relacionado a conjuntos neuronais sensorio-motores específicos que coordenam os parâmetros do movimento.
14. Washer et al. (2014)	Focar nas mudanças de comportamento durante o EEG para caracterizar os processos relacionados à fadiga.	As potências absolutas alfa e teta sofreram aumento substancial durante a tarefa cognitiva. Além disso, as taxas de erros aumentaram continuamente com o tempo na tarefa. Isso aconteceu possivelmente para manter o nível de desempenho.	O estudo pôde demonstrar que tarefas cognitivas de longa duração, podem ser capazes de provocar esgotamento das capacidades de controle cognitivo, levando ao indivíduo a fadiga mental.
15. Machado et al. (2014)	Analisar os dados do EEG nas áreas corticais centrais, durante a execução de gestos motores de alimentação, ativação do sistema de neurônios-espelho e imagens entre um voluntário hemiparético direito e um voluntário saudável	A banda gama está relacionada ao estado de preparação para o movimento e memória. Os resultados deste estudo indicam que houve aumento da ativação da banda de frequência gama do sujeito com hemiparesia.	A análise de alfa, beta e gama permitem a observação de mudanças nos padrões de consolidação em tarefas mentais, planejamento motor e evocação da memória, que podem estar associados a lesão cerebral em hemiparéticos.
16. Cavanagh & Frank (2014)	Descrever os avanços recentes em relação ao esforço nas funções	A banda teta é capaz de ativar áreas do córtex responsáveis	Por tanto, mecanismos que envolvam a ativação da banda teta

	computacionais específicas e verificar as oscilações neuronais no córtex frontal, medidas por EEG.	pela codificação e recuperação da memória, na retenção da memória de trabalho e na detecção de novidades.	em seres humanos, podem ser utilizados na reabilitação e recuperação de atividades mais complexas.
17. Fuentes-Marques, Senín-Calderón, Rodríguez-Testal & Carrasco (2015)	Analisar os diferentes descritores e as reações relacionadas à experiência de fadiga mental.	Os resultados mostraram que a fadiga mental foi associada a estados emocionais negativos, e que sua intensidade é favorecida especialmente a elementos cognitivos.	Trabalhos futuros devem ser realizados para ajudar a esclarecer o possível efeito da fadiga mental.
18. Hanakawa (2015)	Organizar “imagens motoras” com base em quatro fatores: (1) controle motor, (2) clareza, (3) modalidade sensorial e (4) agência.	Classificar esses fatores podem explicar algumas discrepâncias e variabilidades nos resultados de estudos anteriores e ajudarão a otimizar um desenho de estudo futuro.	Intervenções com IM podem tornar-se um dos principais temas de estudos futuros. Tanto para o treinamento esportivo quanto para a neuro reabilitação.
19. Hopstaken, Van der Linder, Bakker, Kompier & Leung (2016)	Criar uma compreensão mais abrangente da falta de atenção durante a fadiga mental, introduzindo estímulos alternativos de recompensa ao ambiente de tarefa relativamente isolado que os experimentos tradicionais de fadiga mental tendem a ter.	Não ficou claro se durante a fadiga, a atenção é desviada, ou se indivíduos fatigados ainda concentraram-se. Com o aumento do tempo o desempenho da tarefa diminui. Depois de aumentar as recompensas o desempenho da tarefa foi restaurado, embora os participantes ainda relatarem estar altamente fatigados.	No geral, o estudo evidencia a eficiência de recompensas para influenciar na melhora do desempenho e evitar o esgotamento mental.
20. Martins, Campos, Duarte, Chaves & Silva (2016)	Estudar a influência de algumas variáveis pessoais e situacionais de risco biopsicossocial na saúde mental e no bem-estar dos profissionais de saúde, em contexto hospitalar.	Todos os profissionais estão vulneráveis aos altos níveis de stress. Nesta perspectiva, as circunstâncias de desmotivação podem produzir manifestações negativas ao bem estar biopsicossocial.	Quanto maior a fadiga e a ansiedade, maior será a tendência para diminuição do desempenho nas tarefas. Essa relação pode levar a comportamentos desajustados, por isso, devem ser incorporados, ações preventivas para melhorar as condições de trabalho.

21. Zhao et al. (2016)	Investigar mudanças de reconfiguração em redes funcionais de diferentes bandas da eletroencefalografia (EEG) de 16 indivíduos executando uma tarefa de condução simulada.	Após 90 minutos de IM foi suficiente para provocar fadiga mental. Além disso, a coerência aumentou significativamente nas regiões frontal, central e temporal do cérebro.	Os estudos da IM são imprescindíveis para analisar a recuperação física e também, verificar a correlação de tarefas mais prolongadas ligadas a fadiga mental induzida.
22. Rozand, Lebon, Stapley, Papaxanthis & Lepers (2016)	O primeiro objetivo do presente estudo foi analisar a influência de uma sessão prolongada de IM. O segundo objetivo foi analisar a influência do movimento real a duração de sessão prolongada do movimento imaginário.	Os participantes relataram fadiga após 100 trilhas do movimento imaginário. Sugere-se que durante programas de treinamento ou reabilitação, os movimentos devem ser executados com duração controlada para evitar a fadiga mental.	Níveis prolongados de IM podem ter efeitos negativos sobre o desempenho sensorial. Essa deterioração pode ser devido ao surgimento de fadiga mental durante o percurso da tarefa imaginada.
23. Cengiz et al. (2017)	Explorar a relação entre as alterações da excitabilidade corticomotora relacionadas à observação da ação.	A IM pode ativar áreas sensório-motoras primárias, córtex pré-motor dorsal e o córtex parietal posterior isso quando mostrado no exame de Ressonância Nuclear Magnética e na EEG.	A IM aumenta a excitabilidade corticomotora significativamente em comparação a outras terapias.
24. Cebolla, Soler, Leroy & Cheron (2017)	Investigar as localizações corticais, subcorticais e cerebelares da potência espectral do eletroencefalograma (EEG).	A IM pode ativar redes cerebrais complexas e específicas.	A IM pode ser utilizada na recuperação funcional e seus resultados são designados como promissores.

**Tabela 1:** Principais pontos de interesse para discussão deste estudo de revisão.

A atenção sustentada é um termo amplamente estudado por diversas áreas do conhecimento científico humano, tais como a biologia, a psicologia, a fisiologia e a neurociência cognitiva, isso tudo, por ser considerada um importante fator de conhecimento e compreensão dos processos de percepção e função cognitiva. Ela fornece um papel fundamental na preparação e regulação de ações sensório-motoras e na regulação do desenvolvimento de qualquer nível de atividade cognitiva. Assim, o estudo da atenção é importante, pois relata, principalmente, os resultados negativos frequentes que estão no cotidiano contemporâneo, como nos ambientes de trabalho, de reabilitação, nas escolas e também nas relações interpessoais (Lima, 2005).

Um declínio nas funções executivas, tais como na atividade de atenção sustentada, pode ser observado após uma ativação repetitiva do sistema motor em regulamentos que



fazem o uso de práticas mentais repetitivas (Rozand, Lebon, Stapley, Papaxanthis & Lepers, 2016). Esta consequência poderá prejudicar os objetivos do tratamento terapêutico, qual seja o de provocar uma melhora no desempenho da tarefa, e, assim, atingir resultados mais rápidos e eficazes reforçando a memória do movimento e diminuindo a taxa de erros em sua execução (Boksem et al., 2005; Hopstaken, Van der Linder, Bakker, Kompier & Leung, 2016).

O controle do fenômeno de fadiga mental desempenha um papel essencial para a manutenção do bem-estar das pessoas (Ishii, Taraka, & Watanabe, 2014). Algumas situações em que há antecipação de sensações desagradáveis, como a de fadiga, podem reduzir a motivação para realizar atividades que poderiam ser simples, como exercer o cumprimento efetivo de uma carga de trabalho. Além disso, essa sensação ainda pode estar associada, com emoções negativas, provocadas no cotidiano (Fuentes-Marques, Senín-Calderón, Rodríguez-Testal & Carrasco, 2015).

A fadiga mental pode corresponder a múltiplos fatores psicológicos e fisiológicos, atribuindo ao indivíduo um sentimento de cansaço falta de energia e sensação de exaustão, e, ainda, sendo um fator predisponente para a diminuição da vigília, do alerta e da motivação, comprometendo, assim, a realização e o cumprimento das tarefas de trabalho e dos encargos diários (Mendonça, Coelho & Juca, 2014; Nery, Toledo, Oliveira Junior, Taciro & Carregaro, 2013).

Este fenômeno ainda pode estar ligado com os aspectos de bem-estar psicossocial, biológico e às experiências de caráter emocional e afetivo do indivíduo. Além disso, os fatores de risco, quando diz respeito a saúde mental, podem levar o paciente as diversas disfunções no seu bem-estar, como desinteresse nas atividades realizadas, comportamentos desajustados e isolamento (Martins, Campos, Duarte, Chaves & Silva, 2016).

A tarefa de Imagética Motora (IM) é definida como uma execução mental do movimento do corpo, entretanto, sem nenhuma saída motora. A literatura revela que a IM partilha de estruturas semelhantes às que estão envolvidas no programa e na elaboração do movimento motor real, sendo que, na maioria dos estudos, o indivíduo é solicitado a observar alguma ação na tela do computador e, assim, imaginar simultaneamente os sentimentos e as sensações associadas a execução da ação real. Essas imagens são utilizadas para recuperação funcional e seus resultados são designados como promissores, sendo que alguns estudos se referem a este tipo de terapia, como a cura do corpo através da imaginação (Cebolla, Soler, Leroy & Cheron, 2017). Este tipo de terapia ativará, basicamente, as áreas sensorio-motoras primárias, córtex pré-motor dorsal e o córtex parietal posterior, quando mostrado no exame de Ressonância Nuclear Magnética e na Eletroencefalografia (Cengiz et al. 2017).

A IM tem chamado atenção como uma técnica de treinamento esportivo e de recuperação neural. Na prática clínica, ela é usada por fisioterapeutas no âmbito da reabilitação e, ainda, compartilha das mesmas redes neurais ativadas na execução real dos movimentos, tais como: córtex motor primário, cerebelo, núcleos da base, área suplementar motora, área pré-motora, lobos parietais inferior e superior (Hanakawa, 2015). Além de desencadear recuperação neurológica, este tipo de terapia pode ser usada, na prática clínica, para melhorar a função motora de pacientes com lesões neurais diversas (Teo & Chew, 2014).

No mecanismo que envolve a atividade imaginária do movimento real, como a IM, o tempo gasto para a sua execução é o mesmo que o tempo gasto para a execução do movimento real. No entanto, esta congruência é perdida quando os movimentos são executados, automaticamente, sem uma supervisão consciente ou quando precisam de correções online durante a sua execução (Llanos, Rodriguez-Sabate, Morales & Sabate, 2013).

O tempo de execução do movimento real ou imaginário é influenciado pela complexidade e precisão da tarefa, sendo que tarefas mais complexas e precisas demandam

mais tempo de execução, em relação a tarefas menos complexas e precisas (Brinkman, Stolk, Dijkerman, de Lange & Toni, 2014). Na atualidade, estudiosos evidenciam que acima de 60 trilhas de imagética motora o indivíduo começa a desenvolver fadiga mental, provocando dessa forma, um aumento na duração de execução e/ou na imaginação da ação (Gentili, Han, Schweighofer & Papaxanthis, 2010).

A eletroencefalografia (EEG) é, atualmente, uma ferramenta considerada padrão ouro para a avaliação da fadiga mental, pois fornece medidas fisiológicas. Dessa forma, avalia o estado funcional do indivíduo submetido a prolongadas tarefas cognitivas, permitindo identificar as fases iniciais deste fenômeno. O registro da EEG é uma mensuração neurofisiológica da atividade elétrica cerebral oriunda da combinação de bilhões de neurônios que fazem comunicação entre o tálamo e o córtex. Os sinais eletroencefalográficos são classificados de acordo com ritmos cerebrais, que são definidos em termos de bandas de frequência, incluindo Delta (abaixo de 4 Hz), Teta (4-8 Hz), Alfa (8-12 Hz) e Beta (acima de 12Hz). As diferentes bandas de frequências da eletroencefalografia são correlacionadas com as diferentes funções cerebrais e interações (Zhao et al. 2016).

Na presença de fadiga mental, podem ser observadas alterações significativas nas bandas eletroencefalográficas, acarretando aumento da potência absoluta nas bandas de baixa frequência (delta, teta e alfa) e diminuição nas bandas de alta frequência (beta e gama). Estas mudanças na distribuição espectral podem estar relacionadas a uma diminuição do nível de entusiasmo, característica importante da fadiga mental (Washer et al., 2014).

A banda Delta é relatada em estudos que avaliam os estágios do sono e processo de consolidação da memória e da aprendizagem, formadas na região hipocampal do encefalo (Binder et al. 2012). A banda Teta nos seres humanos está relacionada em operações ativas do córtex, em particular, durante os processos cognitivos de alto nível, como na codificação e na recuperação da memória, na retenção da memória de trabalho e na detecção de novidades (Cavanagh & Frank, 2014). A banda Alfa vem sendo relacionada com processos cognitivos, de memória e de atenção, e pode se alterar quando o sujeito é exposto a tarefas cognitivas dos mais diferentes níveis de complexidade (Bastos, et al. 2004). Assim, a banda Beta pode estar relacionada de maneira mais expressiva com a atividade de planejamento e de execução dos movimentos (Machado et al. 2014).

A observância no aumento da potência da banda teta em regiões frontais do córtex na EEG pode ser motivada por uma diminuição do estado de alerta, enquanto que o aumento da banda alfa em regiões frontais e diminuição em regiões occipitais podem ser justificados pelo aumento do esforço mental e, provavelmente, também pela dificuldade dos sujeitos para manter o estado de vigília (Barwick, Arnett & Slobounov, 2012).

Desta forma, os resultados obtidos sobre os efeitos da fadiga mental provocada pela IM nas diferentes regiões neuronais, enfatiza que tal tarefa é capaz de proporcionar ao indivíduo um período prolongado de fadiga mental induzida, podendo esta, perfazer inúmeros malefícios para a saúde do indivíduo, principalmente quando se trata de protocolos terapêuticos, desportivos e cognitivos, além de desempenhar um risco eminente a problemas de saúde, como é o caso das doenças cardiovasculares, epiléticas e Karoshi (morte por excesso de trabalho) (Tanaka & Watanabe, 2012).

Isso se dá, pois a fadiga mental induzida por um tempo compromete, principalmente, as regiões cerebrais responsáveis por manter um estado de vigília e de alerta. Sendo assim, o indivíduo sente a necessidade de “descansar a mente” não colaborando com a tarefa seguinte a ser executada.

## Considerações Finais

Sendo assim, em tarefas mais prolongadas, a fadiga mental diminui o desempenho na tarefa e aumenta o tempo para a sua execução. Portanto, conclui-se que o tempo da tarefa cognitiva interfere no tempo de reação devido a fadiga mental provocado pela tarefa cognitiva de atenção sustentada.

A literatura evidencia que esse tipo de terapêutica utilizada de maneira moderada poderá trazer inúmeros benefícios quando utilizada na prática clínica, entretanto, quando se avaliou a sua utilidade em trilhas acima do protocolo correto, teve resultados negativos de fadiga mental em determinadas áreas neurais. Ao realizar a imagética motora, o terapeuta deverá intercalar períodos de descanso, para não provocar um estado de cansaço cognitivo, podendo comprometer ainda mais o estado de saúde do paciente.

## Referências

- Asao, A., Ikeda, H., Nomura, T & Shibuya K. (2019). Short-term Session of Repetitive Peripheral Magnetic Stimulation Combined With motor Imagery Facilitates Corticospinal Excitability in Healthy Human Participants. *Neuroreport*, 22;30(8):562-566. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30969243>>. Acesso em 05 de jan. de 2019.
- Barwick, F., Arnett, P & Slobounov, S. (2012). EEG correlates of fatigue during administration of a neuropsychological test battery. *Clinical Neurophysiology*, 123, 278–284. Disponível em <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3206198>>. Acesso em 23 de mar. de 2019.
- Bastos, V.H., Cunha, M., Veiga, H., Mcdowell, K., Pompeu, F., Cagy, M., Piedade, R., & Ribeiro, P. (2004). Análise da distribuição de potência cortical em função do aprendizado da datilografia. *Rev Bras Med Esporte*, 10, 500-504. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S1517-86922004000600006>>. Acesso em 28 de mar. de 2019.
- Binder, S., Baier, P.C., Mölle M., Inostroza, M., Born, J & Marshall L. (2012). Sleep enhances memory consolidation in the hippocampus-dependent object-place recognition task in rats. *Neurobiology of Learning and Memory*, 97, 213–219. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1074742711002140>>. Acesso em 19 de abr. de 2019.
- Boksem, M.A.S., Meijman, T.F & Lorist, M.M. (2005). Effects of mental fatigue on attention: An ERP study. *Cognitive Brain Research*, 25, 107 – 116. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926641005001187?via%3Dihub>> Acesso em 04 de mar. de 2019.
- Boksem, M.A.S. & Tops, M. (2008). Mental fatigue: Costs and benefits. *Brain research reviews*, 2008; 59, 125-139. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18652844>>. Acesso em 29 de jan. de 2019.
- Brinkman, L., Stolk, A., Dijkerman, H.C., de Lange, F.P & Toni, I. (2014). Distinct Roles for Alpha- and Beta-Band Oscillations during Mental Simulation of Goal-Directed Actions. *J Neurosci*. 34, 14783–14792. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25355230>> . Acesso em 25 de abr. de 2019.
- Cavanagh, J.F & Frank, M.J. (2014) Frontal theta as a mechanism for cognitive control. *Trends Cogn Sci*. 414–421. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24835663>>. Acesso em 24 de fev. de 2019.

- Cebolla, A.M., Soler, E.P., Leroy, A. & Cheron, G. (2017). EEG Spectral Generators Involved in Motor Imagery: A swLORETA Study. *Frontiers in Psychology*, v. 8. Disponível em <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.02133/full>>. Acesso em 20 de mar. de 2019.
- Cengiz, B., Vuralli, D., Zinnuroglu, M., Bayer, G., Golmohammadzadeh, H., Günendi, Z., Turgut, A.E., Irfanoglu, B & Arikan, K.B. (2017). Analysis of mirror neuron system activation during action observation alone and action observation with motor imagery tasks. *Experimental Brain Research*, 236(2), 497-503. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29230518>>. Acesso em 20 de mar. de 2019.
- Fuentes-Marquez, S., Senín-Calderón, C., Rodríguez-Testal J.F & Carrasco, M.A. (2015) Perceived experience of fatigue in clinical and general population: descriptors and associated reactivities. *Span J Psychol.* Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26055395>>. Acesso em 18 de mar. de 2019.
- Gaggioli, A., Morganti, L., Mondoni, M & Antonietti, A. (2013). Benefits of combined mental and physical training in learning a complex motor skill in basketball. *J. Psychology V.* 4(9), A2, 1-6. Disponível em <<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=36516>>. Acesso em 19 de jan. de 2019.
- Gentili, R., Han, C.E., Schweighofer, N & Papaxanthis, C. (2010). Motor learning without doing: trial-by-trial improvement in motor performance during mental training. *J. Neurophysiol*, 104, 774–783. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20538766>>. Acesso em 12 de fev. de 2019.
- Hanakawa, T. (2015). Organizing motor imageries. *Neuroscience Research*, 04, 56–63. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.neures.2015.11.003>>. Acesso em 09 de jan. de 2019.
- Hopstaken, J.F., Van der Linder, D; Bakker, A.B., Kompier, M.A.J & Leung, Y.K. (2016). Shifts in attention during mental fatigue: Evidence from subjective, behavioral, physiological, and eye-tracking data. *J. Exp. Psychol. Hum Percept. Perform.* 42, 878-89. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26752733>>. Acesso em 19 de mar. de 2019.
- Ishii, A., Tanaka, M., & Watanabe, Y. (2014). Neural mechanisms of mental fatigue. *Reviews in the neurosciences*, 25(4), 469–479. Disponível em <<https://doi.org/10.1515/revneuro-2014-0028>>. Acesso em 14 de mar. de 2019.
- Kaur, J., Ghosh, S., Sahani, A. K., & Sinha, J. K. (2019). Mental imagery training for treatment of central neuropathic pain: a narrative review. *Acta neurológica Bélgica*, 119(2), 175–186. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s13760-019-01139-x>>. Acesso em 21 de mar de 2019.
- Llanos, C., Rodriguez-Sabate, C., Morales, I & Sabate, M. (2013). Um-rhythm changes during the planning of motor and motor imagery actions. *Neuropsychologia*, 51, 1019-1026. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.02.008>>. Acesso em 03 de abr. de 2019.
- Lima, R.F. (2005). Compreendendo os Mecanismos Atencionais. *Ciências & Cognição*, vol. 6., pp. 113-122. Disponível em <<http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/537>>. Acesso em 12 de mar. de 2019.
- Machado D, C., Souza dos Santos, R., Ramos, A.J., Menezes de Sousa C.C., Moreira dos Santos, R.P., Coelho, K.K., Cagy, M., Orsini, M & Bastos, V.H. (2014). Comparative analysis eletroencephalographic of alpha, beta and gamma bands of a healthy individual and one with hemiparesis. *J Phys Ther Sci.* 26, 801-4. Disponível em

- <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4085195>>. Acesso em 11 de mar. de 2019.
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md.: 1985), 106(3), 857–864. Disponível em <<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91324.2008>>. Acesso em 14 de abr. de 2019.
- Martins, C., Campos, S., Duarte, J., Chaves, C., & Silva, E. (2016). Fatores de risco em saúde mental: Contributos para o bem-estar biopsicossocial dos profissionais da saúde. *Revista Portuguesa de Enfermagem de Saúde Mental* (Spe. 3), 21-26. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.19131/rpesm.0112>>. Acesso em 11 de fev. de 2019.
- Mendonça, V.L.G de., Coelho, J.A.P.D.M & Juca, M.J. (2014). Síndrome de Burnout em médicos docentes de uma instituição pública. *Psicol Pesq.* 6(2):90-100. Disponível em <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/psipesq/v6n2/v6n2a02.pdf>>. Acesso em 04 de fev. de 2019.
- Nery, D., Toledo, A.M., Oliveira Junior, S., Taciro, C & Carregaro, R. (2013). Análise de parâmetros funcionais relacionados aos fatores de risco ocupacionais da atividade de enfermeiros de UTI. *Fisioter Pesq.* 20(1):76-82. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S1809-29502013000100013>>. Acesso em 20 de abr. de 2019.
- Rozand, V., Lebon, F., Stapley, P.J. Papaxanthis, C & Lepers, R. (2016). A prolonged motor imagery session alter imagined and actual movement durations: Potential implications for neurorehabilitation. *Behavioural Brain Research*, 297, 67–75. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.09.036>>. Acesso em 27 de abr. de 2019.
- Schuster, C., Butler, J., Andrews, B., Kischka, U & Ettlín, T. (2012). Comparison of embedded and added motor imagery training in patients after stroke: results of a randomized controlled pilot trial. *Trials*, v. 13(11). Disponível em <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3316146>>. Acesso em 24 de jan. de 2019.
- Tanaka, M., Watanabe, Y. (2012). Supraspinal regulation of physical fatigue. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 36, 727-734. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22040772>>. Acesso em 06 de fev. de 2019.
- Teo, W.P & Chew, E. (2014). Is motor-imagery brain-computer interface feasible in stroke rehabilitation? PM & R: *The Journal of Injury, Functional, and Rehabilitation*, 6(8), 723-728. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24429072>>. Acesso em 10 de fev. de 2019.
- Van Cutsem, J., Marcora, S., de Pauw, K., Bailey, S., Meesen, R & Roelands, B. (2017). The Effects of Mental Fatigue on Physical Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 1569-1588. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28044281>>. Acesso em 16 de jan. de 2019.
- Wascher, E; Rasch; B; Sängér, J; Hoffmann; Schneider, D; Rinkenauer, G; Heuer, H & Gutberlet I. (2014). Frontal theta activity reflects distinct aspects of mental fatigue. *Biological Psychology*, 96, 57–65. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.11.010>> Acesso em 29 de jan. de 2019.
- Zhao, C., Zhao, M., Yang, Y., Gao, J., Rao, N., Lin, P. (2016). The Reorganization of Human Brain Networks Modulated by Driving Mental Fatigue. *IEEE J Biomed Health Inform.* Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28113875>>. Acesso em 17 de abr. de 2019.