



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

COMPARAÇÃO DA ATIVAÇÃO DO RITMO BETA EM LOBO FRONTAL DE
IDOSOS SUBMETIDOS A REALIDADE VIRTUAL

Luiza Gabriela de Araújo Fonseca

NATAL – RN
2016

Luiza Gabriela de Araújo Fonseca

COMPARAÇÃO DA ATIVAÇÃO DO RITMO BETA EM LOBO FRONTAL DE
IDOSOS SUBMETIDOS A REALIDADE VIRTUAL

*Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II)
apresentado à Universidade Federal do Rio
Grande do Norte, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Formação em Fisioterapia.*

Orientadora: Professora Dr^a. Fabrícia Azevedo da
Costa Cavalcanti.

Co-orientadores: Nathália Stéphaney Araújo
Tavares.

Kim Mansur Yano.

NATAL – RN
2016

AVALIAÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

TRABALHO APRESENTADO POR LUIZA GABRIELA DE ARAÚJO FONSECA
EM 12 DE DEZEMBRO DE 2016.

1º Examinador(a) ORIENTADOR: Prof^a Fabrícia Azevedo da Costa Cavalcanti.

Nota atribuída: _____

2º Examinador(a): Mestranda Nathália Stéphany Araújo Tavares.

Nota atribuída: _____

3º Examinador(a): Mestrando Kim Mansur Yano.

Nota atribuída: _____

APROVADO COM MÉDIA: _____

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a minha
família que sempre esteve ao meu
lado em todos os momentos.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria agradecer a Deus pelo dom da vida e a minha família que esteve ao meu lado em todos os momentos de alegria e principalmente nos de dificuldade. Em especial, aos meus pais, Gilvan Fonseca e Elielza Dias Fonseca, e ao meu irmão Gian Deyverson Fonseca, que me mostraram o caminho cheio de espinhos, mas gratificante ao final.

Gostaria de agradecer a orientação da Prof^a Dr. Fabrícia Azevedo, que me acolheu de braços abertos nessa longa caminhada. À Nathália Tavares e à Kim Mansur que me guiaram de forma tão sublime, sem vocês tudo teria sido muito mais difícil.

Agradeço também aos meus amigos, agora colegas de profissão, Mayara Costa e Tácio Ramom, por ter me mostrado que diante de todas as dificuldades estávamos sempre juntos, superando-as e vencendo-as. Agradeço também a João Rodrigo e Elizane Poquiviqui pelas tarde alegres no laboratório.

Não esquecendo dos amigos que ficaram em meio a caminhada, Andrio Rodrigues e Paula Tamires, pelos dias alegres e as vitórias realizadas em meio a turbulência da vida de universitário. Assim como à Gabrielle Paiva, Junior Caetano e Lucas Chacon, pelo conforto de um ombro amigo em todas as situações.

Gostaria de agradecer à André Pantoja, Rafaela Faustino e Antônio Pereira, pelos ensinamentos que sem dúvida me tornaram uma pessoa e profissional melhor. Agradeço também a equipe do PRODIAVC que trilharam grande parte da minha trajetória nestes 5 anos, em especial à Aline Layze, que me mostrou a ternura e simplicidade em palavras.

Agradeço também a todos os meus pacientes, professores, técnicos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e pessoas que participaram diretamente e indiretamente desta conquista, que depositaram confiança, respeito e carinho. Podendo assim, contribuir de forma significativa no meu processo de aprendizagem.

Por fim, não menos importante, agradeço em especial à Polly que me alegra todos os dias e me mostra que a vida é feita de alegria, amor e carinho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE ABREVIACOES	ix
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. JUSTIFICATIVA.....	15
3. OBJETIVO.....	16
3.1 Objetivo geral	16
3.2 Objetivos específicos	16
4. METODOLOGIA	17
5. RESULTADOS.....	23
6. DISCUSSÃO.....	26
7. CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	30
ANEXOS	34
APÊNDICES	36
Apêndice 1	36
Apêndice 2	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Controle (o Wiimote) à esquerda. Console do Nintendo Wii® ao centro e Wii Balance Board à direita.	18
Figura 2:	Jogo Penguin Slide do Wii Fit Plus, do Nintendo Wii ®.	18
Figura 3:	Fluxograma do experimento.	19
Figura 4:	Pontos monitorados pelo sistema Emotiv-EPOC conforme determinação 10-20.	20
Figura 5:	Orientação de posicionamento dos eletrodos.	20
Figura 6:	Representação da filtragem do sinal, na cor azul sendo sinal com ruídos e em vermelho o sinal filtrado, desconsiderando os ruídos.	21
Figura 7:	Destaque da amostra sem ruídos, em 5 momentos.	21

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resultados descritivos com média e desvio padrão para cada momento do traçado eletroencefalográfico	23
Quadro 2: Comparação entre hemisférios por cada momento	24
Quadro 3: Diferença do PSD entre os momentos	25

LISTA DE ABREVIACOES

RV	Realidade virtual
HUOL	Hospital Universitário Onofre Lopes
MEEM	Mini-exame de estado mental
M0	Repouso pré-treino
M1	Incio da atividade virtual
M2	Primeiro estímulo intenso
M3	Segundo estímulo intenso
M4	Terceiro estímulo intenso
M5	Repouso pós-treino

RESUMO

Introdução: O uso de realidade virtual (RV) como uma ferramenta de atenção à saúde, tem se tornado cada dia mais comum, inclusive na reabilitação de idosos. Com o envelhecimento, ocorrem alterações fisiológicas que provocam diminuição da eficiência de processamento cerebral e planejamento motor. Entretanto, pouco se sabe sobre o comportamento cerebral, diante da exposição a RV, sendo necessária a avaliação refinada e precisa, que respaldem o seu uso e prática clínica. **Objetivo:** Investigar os efeitos imediatos de uma prática de um jogo de equilíbrio, realizado em ambiente virtual, em idosos, através da análise do ritmo beta no lobo frontal. **Metodologia:** Estudo comparativo, envolvendo 5 indivíduos idosos, avaliados inicialmente por ficha fisioterapêutica e o mini-exame de estado mental. Durante a intervenção os efeitos da atividade cortical foram registrados pelo *Emotiv EPOC*[®]. O jogo de realidade virtual foi dividido em cinco momentos, sendo um de repouso pré-treino e outro pós-treino e quatro momentos principais de estimulação do jogo. **Resultados:** Foram observadas diferenças significativas referentes ao esforço neural apresentado em diversos canais para os momentos do jogo (M0-M5, M0-M1, M2-M3, M3-M4 e M4-M5) e entre os canais posicionados paralelamente nos hemisférios cerebrais para os canais F3-F4 ($z=19,675$; $p<0,001$), F7-F8 ($z=15,018$; $p<0,001$) e FC5-FC6 ($z=7,658$; $p<0,001$). Foi observada diferença significativa na média de ativação da potência entre os momentos de repouso pré-treino e pós-treino. **Conclusão:** O uso da realidade virtual parece ser eficiente para provocar efeitos imediatos no esforço neural realizado durante a realidade virtual em idosos.

Palavras chaves: Terapia de Exposição à Realidade Virtual, EEG, Fisioterapia.

ABSTRACT

Introduction: The use of virtual reality (VR) as a tool for health care, including rehabilitation of the elderly. With aging, physiological occur events that cause decreased brain processing efficiency and motor planning. However, little has been known about brain behavior, exposure of an RV, having a refined and accurate assessment, to support its use and clinical practice. **Objective:** To investigate the immediate effects of a practice of a balance game, performed in virtual environment, in the elderly, through the beta rhythm analysis in the frontal lobe. **Methodology:** A comparative study, involving 5 elderly individuals, initially evaluated by physiotherapeutic data and mini-exame of mental state. During the intervention the effects of cortical activity were recorded by Emotiv EPOC®. The game was divided in five moments, being one of rest and four main moments of stimulation of the game. **Results:** Significant differences were observed regarding the neural effort in several channels for the moments of the game (M0-M5, M0-M1, M2-M3, M3-M4 e M4-M5) and between the channels positioned parallel in the cerebral hemispheres for channels F3-F4 ($z=19,675$; $p<0,001$), F7-F8 ($z=15,018$; $p<0,001$) e FC5-FC6 ($z=7,658$; $p<0,001$). Significant difference was observed in mean power activation between pre-workout and post-workout moments. **Conclusion:** The use of virtual reality presents itself efficiently to provoke the immediate effects, it is not neural realized during a virtual reality in the elderly.

Keywords: Virtual Exposure Therapy, EEG, Physiotherapy.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico novas técnicas surgem na intenção de obter resultados expressivos e cada vez mais significativos no processo associado à prática clínica, inclusive na reabilitação. O que é o caso da terapia baseada na realidade virtual (RV) para o tratamento de disfunções (PEÑASCO-MARTÍN et al., 2010; LEVAC; GALVIN, 2013). Dentre as áreas em que mais se observa a sua inclusão, destaca-se a reabilitação neurológica e, mais recentemente, como um recurso para treino e prevenção de quedas em abordagens gerontológicas (TOULOTTE; TOURSEL; OLIVIER, 2012). Trata-se, portanto, de mais uma ferramenta de atenção à saúde.

Defende-se que a RV, consiste na representação de elementos reais feita em computador, e que esta tecnologia funcione como um recurso potencial de estimulação sensório-motora integrada em uma perspectiva pessoal favorecida pelo uso de *Avatar*, personagem animado que retrata o indivíduo em suas características individuais e levam à imersão baseada em auto-identificação e projeção psicológica, ao passo que sensibilizam sistemas motores tais como neurônios espelho (GANESH et al., 2012; SCHULTHEIS; RIZZO, 2001; SAPOSNIK et al., 2010).;

No âmbito da RV diferentes jogos são utilizados, muitas vezes em um mesmo console, tais jogos apresentam diferentes exigências motoras e cognitivas através de diferentes ambientes, elementos lúdicos e desafios (VAGHETTI; BOTELHO, 2010), podendo levar a diferentes ativações corticais. Permitindo ainda a aplicabilidade de três elementos chaves para a reabilitação que são repetição, *feedback* e motivação (PEÑASCO-MARTÍN et al., 2010). Por este motivo, a aplicação da realidade virtual vem destacando-se pelo forte componente terapêutico que parece estimular o treino, aperfeiçoamento e execução de planos motores. Independente do contexto aplicado, o seu uso vem sendo relacionado a maiores índices de adesão ao tratamento por torná-lo menos tedioso (GONZALEZ-FERNANDEZ et al., 2010) e proporcionar maior bem-estar (JAHEDI; MÉNDEZ, 2014). Os estudos também têm observado a eficácia terapêutica no tratamento de idosos (MIRELMAN et al., 2011; CAMEIRÃO et al., 2010; CAMEIRÃO et al., 2009).

Sabe-se que, no decorrer do processo de envelhecimento, as mudanças no Sistema Nervoso Central (SNC) resultam em perdas neuronais e déficits sinápticos pela depressão da atividade de alguns neurotransmissores. Ocasionalmente alterações

fisiológicas como menor eficiência de processamento cerebral e planejamento motor quando comparados a jovens (ROSSINI et al., 2013; SILVEIRA et al., 2010). Desta forma, o lobo frontal, área anterior do cérebro responsável pelo processo de captação de informações, planejamento, organização e formação do comando para a execução da atividade (ANDRADE; LUFT; ROLIN, 2004), torna-se uma região muito sensível aos processos do envelhecimento. Sendo afetado também pela redução do processo de neuroplasticidade, que é caracterizado pela mudança na estrutura e funções do SNC em decorrência da experiência com o meio (DENNIS, 2000).

Entretanto, pouco se sabe acerca da terapia baseada em RV no que diz respeito em como a atividade cortical se comporta frente às diferentes demandas cognitivas e motoras proporcionadas por este tipo de terapia e se esta é capaz de promover adaptações a nível neural em idosos. Alguns estudos sugerem que a terapia baseada em RV poderia resultar em uma reorganização cerebral, a qual desempenha um papel fundamental na recuperação da capacidade motora (LEVAC; GALVIN, 2013; ANGUERA et al., 2013). De modo geral a avaliação e análise dos componentes na reabilitação motora são frequentemente observados através do uso de instrumentos subjetivos e escalas motoras, baseados na avaliação do desempenho motor realizado, o que dão margem a questionamentos referentes à sua validade no que diz respeito a mudanças a nível cortical (JAHEDI; MÉNDEZ, 2014).

Neste âmbito, mecanismos alternativos são, portanto, necessários a fim de que tais dados sejam baseados em processos refinados, com maior precisão e alta sensibilidade, algo possível através do uso de novas tecnologias em pesquisa (HERBELIN, 2004). Em busca desta confiabilidade sugere-se a avaliação da atividade cerebral durante a exposição a RV, utilizando a eletroencefalografia, que realiza a captação e registro contínuo da atividade elétrica do córtex cerebral (TAFNER, 1999) e que tem por finalidade medir a intensidade do campo elétrico em conjunto com a corrente de um grupo de neurônios (HAYKIN, 2001) e assim, obtendo o sinal de eletroencefalograma (EEG).

Depois de muitos anos de pesquisa sobre EEG, alguns ritmos de ondas cerebrais foram definidos para refletir a interação da atividade cortical com o meio ambiente (LANG, 2012), comumente categorizados em faixas de frequências diferentes designadamente: Delta (0,1-3,5 Hz), Teta (4-7,5 Hz), Alfa (8-13 Hz), Beta (14-30 Hz).

Sabe-se que frequências cerebrais delta indicam sono profundo e sossego, quando elas estão suprimidas podem indicar estados de agitação ou excitação, as ondas teta poderão estar indicando estado de meditação profunda, sono diurno e tarefas automáticas, já a frequência de onda alfa sugere estado de alerta relaxado, descanso e estado de meditação, por último, o ritmo beta está relacionado com estado de vigília, alerta, engajamento mental e processamento consciente da informação (ASPINALL et al., 2013). Dessa forma, observa-se que o EEG é capaz de detectar estímulos induzidos em um indivíduo por fatores internos ou externos. Ou seja, o funcionamento natural dos vários sentidos do nosso corpo leva a alterações nos padrões elétricos do cérebro, tendo a sua estimulação artificial um resultado semelhante (CASTRO, 2012).

Atualmente existe uma grande variedade de equipamentos destinados à captação de sinais neurais, os equipamentos tradicionais apresentam elevados custos, hardwares específicos e necessidade de profissionais especializados no manuseio. Uma adequada escolha do mesmo constitui um dos parâmetros mais importantes na obtenção de registros mais fieis ao fenômeno fisiológico.

Com a análise da atividade cerebral por uso de eletroencefalografia funcional, é possível observar e até mensurar dados antes simplesmente descritos a partir de opiniões ou inferências (ANDERSON, 2012). O uso de EEG portátil assume, portanto, um papel importante na observação da dinâmica cerebral. Esta expressão funcional pode ser associada a regiões cerebrais já descritas como responsáveis pelo desempenho de funções específicas, planejamento motor e memória, sendo assim aumentam a compreensão acerca do funcionamento das áreas cerebrais frente a tarefas distintas, sejam elas cognitivas ou motoras. Possibilitando assim uma observação mais objetiva de processos corticais, auxiliando o seu entendimento isolado e suas relações mútua (KOLB; WHISHAW, 2002).

Neste cenário surge o EPOC®, que consiste em um *headset* (capacete neural), caracterizado como um tipo de interface cérebro - computador – ICC, que integra o cérebro humano a computadores através de *softwares*, analisando e expondo os sinais neurais, lendo, quantificando e qualificando as ondas cerebrais, semelhante ao EEG, porém de maneira não invasiva e de baixo custo. Além disto, apresenta um sistema *wireless*, que o torna portátil (LANG, 2012; CASTRO, 2012; DEBENER; MINOW; EMKES, 2012).

2. JUSTIFICATIVA

Tendo em vista as alterações neurofisiológicas e motoras decorrentes do envelhecimento e as constantes utilizações de terapia baseada em realidade virtual como meio adjacente ao tratamento fisioterapêutico, pretendeu-se com esse estudo aprofundar o conhecimento intelectual e científico no que diz respeito à influência da realidade virtual sob a ativação cortical em indivíduos idosos. Assim, permitindo-se analisar o efeito imediato de uma prática de jogo de equilíbrio, por meio do registro da atividade cerebral e investigar o comportamento cortical diante dos diversos estímulos proporcionados pela realidade virtual. Sabendo disso, a escolha do ritmo beta se deu por estar associada ao processamento de informações, resolução de problemas e tomadas de decisões, estando assim incluída na ativação motora, relacionadas com a necessidade de alta atenção e de atividades cognitivas. Além disso, por se fazer presente na preparação do movimento e da percepção visual.

Espera-se, ainda, poder apontar um recurso tecnológico de alta efetividade e baixo custo para o processo de avaliação do comportamento cortical em atividades funcionais, permitindo maior acessibilidade a novas tecnologias cujos efeitos sejam cientificamente respaldados e estimulem o desenvolvimento de novas pesquisas.

3. OBJETIVO

3.1 Objetivo geral

- Investigar os efeitos imediatos de uma prática de jogo de equilíbrio, realizado em ambiente virtual de contexto variado, sobre a ativação cortical do lobo frontal, por meio da análise do ritmo beta em idosos.

3.2 Objetivos específicos

- Analisar a ativação cortical do ritmo beta, no lobo frontal, durante estímulos na realidade virtual.
- Comparar as diferenças entre a ativação dos canais posicionados paralelamente entre os hemisférios cerebrais, durante a realidade virtual.
- Comparar as diferenças entre os momentos de estimulação durante a prática de um jogo com realidade virtual.

4. METODOLOGIA

O estudo foi caracterizado do tipo comparativo. Sendo realizado no Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), na cidade de Natal/RN. O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Universitário Onofre Lopes (HUOL), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), sob o parecer 387.749 em 30 de agosto de 2013. Todos os voluntários foram esclarecidos a respeito do objetivo, procedimentos, benefícios e riscos da pesquisa, e instruídos a assinar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (apêndice 1).

A coleta de dados foi realizada utilizando uma ficha de avaliação fisioterapêutica (apêndice 2) e o Mini exame de estado mental (MEEM) (FOLSTEIN et al., 1975), contido no anexo 1. Tendo como critério de inclusão idade superior a 60 anos e inferior a 80 anos, ser funcionalmente independentes com ou sem uso de dispositivos auxiliares, não estar em tratamento simultâneo com realidade virtual, apresentar pelo menos 24 pontos para os indivíduos escolarizados e acima de 19 pontos para os não escolarizados no MEEM (LOURENÇO; VERAS, 2006), além de está hemodinamicamente estável com regular condicionamento cardiorrespiratório, relatar ausência de histórico de epilepsia fótica e aceitar fazer parte deste estudo voluntariamente.

Como critério de exclusão foram determinados a presença de instabilidade de marcadores vitais, aqueles que se recusassem ou não completassem algum procedimento do estudo, ou aqueles que requisitassem voluntariamente a sua exclusão.

Nesta condição, inicialmente os indivíduos foram submetidos um período de pré-imersão, onde realizavam a preparação para o experimento e criação do *avatar*, tendo período de duração 10 minutos. Em seguida era dado início ao experimento com o EGG monitorado, sendo à prática da terapia baseada em realidade virtual utilizando o Nintendo Wii ® (figura 1), com o jogo *Penguin Slide* do *Wii Fit Plus* (figura 2) com duração de 90 segundos, na qual são realizados o deslocamento direita/esquerda do *avatar* pela descarga de peso látero-lateral do indivíduo, objetivando capturar a maior quantidade de peixes que emergem para a plataforma do jogo.



Figura 1. Controle (o Wiimote) à esquerda. Console do Nintendo Wii® ao centro e Wii Balance Board à direita.
Fonte: www.nintendo.pt/wii

Durante o jogo, ocorrem 3 momentos que peixes maiores surgem na tela, e quando capturados apresentam maior pontuação, representado nas figura 2 com o círculo de cor vermelho. Neste período ocorre um maior estímulo audiovisual, sendo estes utilizados para categorização dos momentos intensos da estimulação na prática.



Figura 2. Jogo *Penguin Slide* do *Wii Fit Plus*, do Nintendo Wii ®.
Legenda: Círculo vermelho representa do peixe de maior pontuação, caracterizado para momentos de estímulo intenso.

Também foi monitorado o registro em dois momentos de repouso, sem prática com realidade virtual, sendo um período pré-treino e pós-treino, ambos com duração de 10 segundo. Como demonstrado na figura 3.

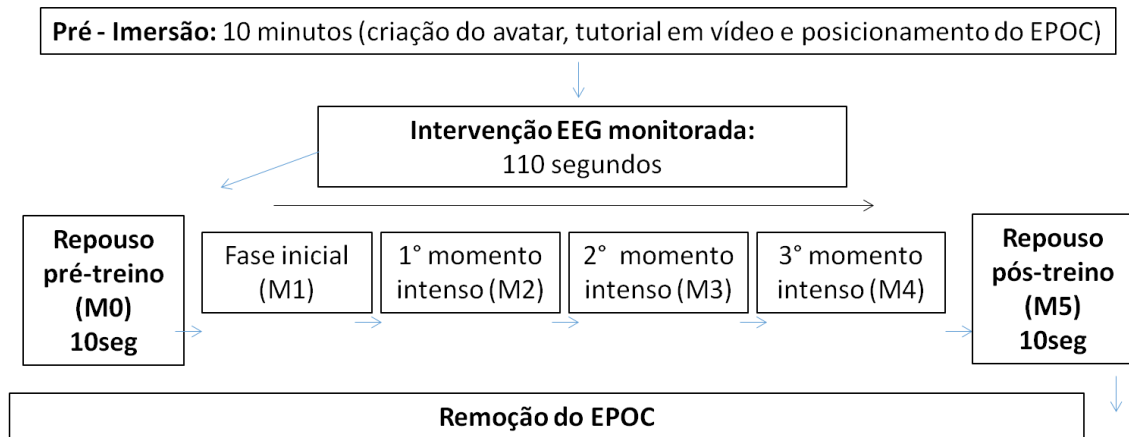


Figura 3. Fluxograma do experimento.

Simultaneamente a prática do jogo, os indivíduos foram submetidos ao registro eletroencefalográfico pelo *Emotiv EPOC® Research Edition*. Tal dispositivo de eletroencefalografia sem fio foi validado para uso em pesquisa científica (BADCOCK et al., 2013) e é constituído por 14 eletrodos dispostos pelo sistema internacional de posicionamento 10-20. Sendo possível, por meio do software *Test Bench*, fornecido pela *Emotiv EPOC® Research Edition Windows V.2.0.0.20*, a captação das faixas de frequência das ondas cerebrais, sendo utilizada a faixa de frequência de onda beta (14-30 Hz) para a análise da ativação encefalográfica, no lobo frontal em idosos, por está relacionado com o estado de vigília, alerta, engajamento mental e processamento consciente da informação (MALINOWSKA et al., 2013).

Para padronização do protocolo do registro encefalográfico, o equipamento foi posicionado de modo que os 14 eletrodos estivessem com o maior contato com o couro cabeludo do indivíduo na região analisada e o eletrodo devidamente hidratado com solução salina, além do posicionamento padrão dos eletrodos de referência posicionados na região temporal imediatamente acima da orelha e os eletrodos AF3 e AF4, requeridos a uma distância de três dedos, aproximadamente 4 cm, acima da sobrancelha (*Emotiv EPOC User Manual*, 2011), também seguindo o padrão de qualidade do sinal descrito na figura 4 e 5.

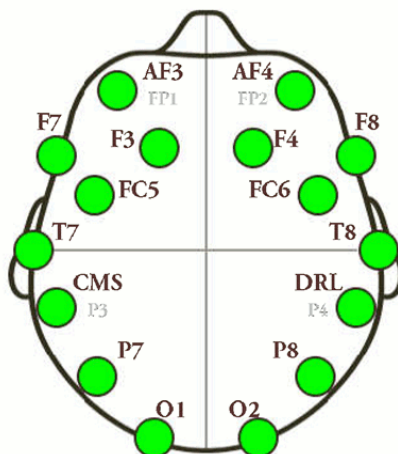


Figura 4. Pontos monitorados pelo sistema Emotiv-EPOC conforme determinação 10-20.

Fonte: Emotiv Epoc *User Manual*.

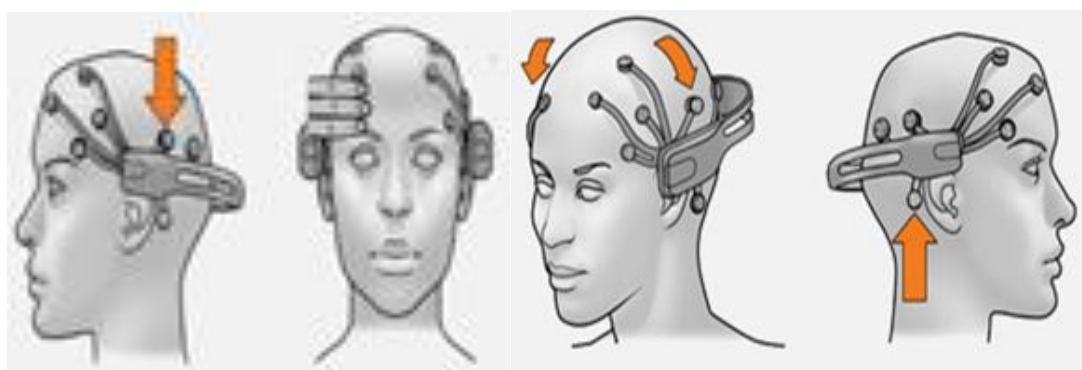


Figura 5. Orientação de posicionamento dos eletrodos.

Fonte: Emotiv Epoc *User Manual*.

A análise de dados foi realizada pelo software EEGLAB®, que consiste em uma ferramenta do MATLAB® desenvolvida para o processamento contínuo e relacionado ao EEG. Os dados providos pelo *Test Bench*, salvos no formato EDF, foram importados para o EEGLAB® e em seguida foram utilizadas ferramentas para filtragem do sinal (figura 6) e recortes do traçado da atividade cerebral registrada para cada momento de análise do registro (figura 7).

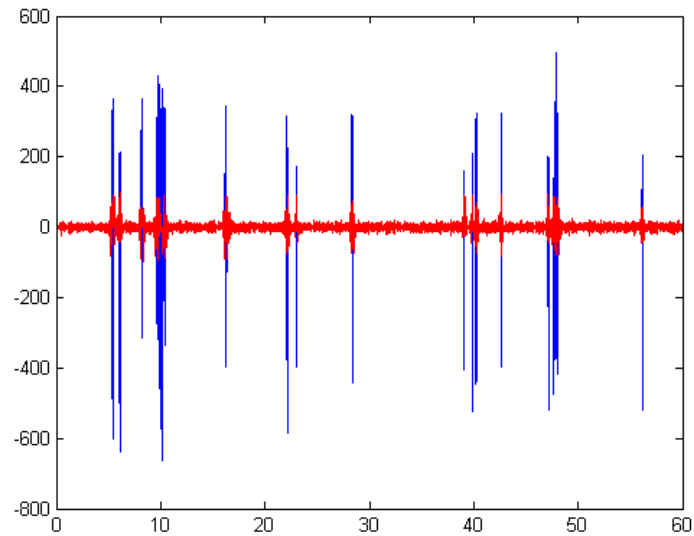


Figura 6. Representação da filtragem do sinal, na cor azul sendo sinal com ruídos e em vermelho o sinal filtrado, desconsiderando os ruídos.

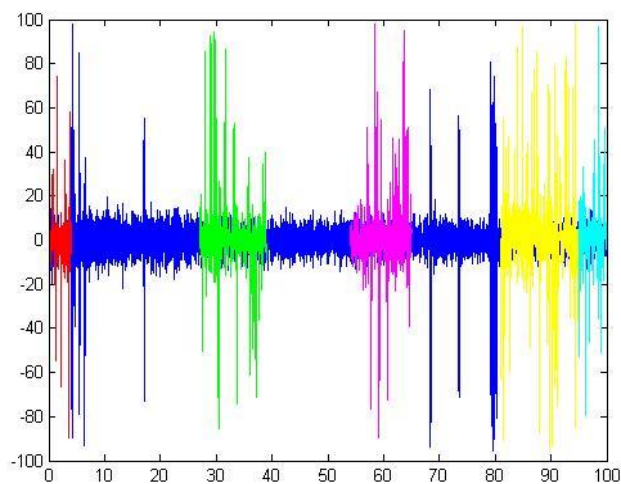


Figura 7. Destaque da amostra sem ruídos, em 5 momentos.

O traçado encefalográfico foi recortado em 6 momentos: fase de repouso pré-treino, sendo antes da realização da prática (M0), fase inicial da atividade virtual (M1) onde é o primeiro contato com o jogo e peixes meninos emergem a plataforma; primeiro momento intenso de estimulação (M2) quando surge o primeiro peixe com maior pontuação; segundo momento intenso (M3), sendo a forma de estimulação igual ao do M2 porém de lado contrário; terceiro momento intenso (M4), caracteriza-se pela presença de dois peixes, sendo um de cada lado e por fim, o repouso pós-treino (M5), sem a realização da prática.

O experimento dura em torno de 110 segundos, sendo os 10 primeiros segundos referente ao M0, 90 segundos da prática do jogo, que abrange os momentos M1, M2, M3 e M4, seguidos por 10 segundos de repouso pós-treino (M5). Cada momento do traçado deveria ter um período mínimo de 3 segundos com menor interferência no sinal.

A posteriori, foi exportado o valor final da análise do *Power Spectral Density* (PSD) referente a faixa de frequência de 14-30 hz, fornecido pela MATLAB®, versão 2013, para o Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versão 21. A fim de realizar a análise descritiva e estatística dos dados, utilizando o teste não paramétrico de Friedman e Wilcoxon, considerando $\alpha < 0,05$. Foi utilizado o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

5. RESULTADOS

A amostra foi composta por 5 indivíduos homens, porém por incompatibilidade no sinal eletroencefalográfico, foi reduzida a 3 indivíduos. Apresentando média de idade de $64,3 \pm 6,6$ anos. Destes, 66,7% da amostra possuía ensino superior completo e 33,3% ensino médio completo.

Referente a média e o desvio padrão de ativação do PSD para cada canal, considerando a amostra total, durante todo o experimento, observou-se maiores valores em AF4 ($2,98 \pm 5,88$), seguido pelos canais AF3 ($1,74 \pm 1,70$), F8 ($1,65 \pm 1,63$), FC5 ($1,34 \pm 2,09$), FC6 ($1,26 \pm 0,67$), F4 ($0,98 \pm 0,63$), F7 ($0,970 \pm 0,66$) e F3 ($0,541 \pm 0,39$). Contudo, a figura 3 e o quadro 1 demonstram a média de ativação do PSD separadamente para os 6 momentos avaliados no traçado eletroencefalográfico. Entretanto, não sendo demonstrado na figura 3 o valor referente ao M1 do canal AF4, devido apresentar um valor discrepante de média e desvio padrão.

Quadro 1- Resultados descritivos com média e desvio padrão para cada momento do traçado eletroencefalográfico.

Momentos	Canais							
	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6
M0	$1,58 \pm 0,92$	$1,55 \pm 1,04$	$0,61 \pm 0,43$	$1,37 \pm 0,81$	$0,99 \pm 0,77$	$1,53 \pm 1,22$	$3,15 \pm 6,37$	$1,61 \pm 1,41$
M1	$1,92 \pm 1,87$	$9,06 \pm 9,79$	$0,62 \pm 0,33$	$1,11 \pm 0,55$	$1,17 \pm 0,64$	$2,87 \pm 3,13$	$3,34 \pm 3,91$	$1,58 \pm 0,66$
M2	$1,65 \pm 1,38$	$0,93 \pm 0,45$	$0,49 \pm 0,39$	$0,85 \pm 0,55$	$0,84 \pm 0,59$	$1,40 \pm 0,48$	$0,78 \pm 0,68$	$1,10 \pm 0,37$
M3	$1,47 \pm 1,65$	$2,50 \pm 5,39$	$0,36 \pm 0,25$	$0,81 \pm 0,39$	$0,80 \pm 0,54$	$1,06 \pm 0,52$	$0,67 \pm 0,39$	$0,93 \pm 0,52$
M4	$2,04 \pm 1,95$	$1,43 \pm 0,71$	$0,64 \pm 0,44$	$1,36 \pm 0,82$	$0,97 \pm 0,61$	$1,69 \pm 0,66$	$0,91 \pm 0,54$	$1,50 \pm 0,76$
M5	$1,63 \pm 1,58$	$0,98 \pm 0,58$	$0,57 \pm 0,45$	$0,77 \pm 0,55$	$1,06 \pm 0,81$	$1,23 \pm 0,65$	$0,97 \pm 0,85$	$1,20 \pm 0,72$

Legenda: M0- Repouso pré-treino, M1- Momento inicial, M2- Primeiro estímulo intenso, M3- Segundo estímulo intenso, M4- Terceiro estímulo intenso e M5- Repouso pós-treino.

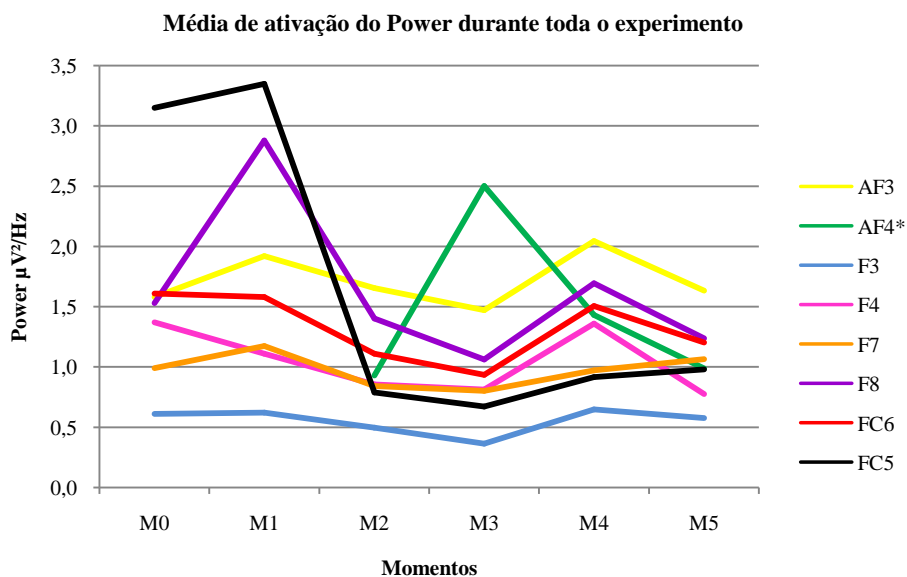


Figura 3. Representação da média da ativação do PSD para cada canal sendo: AF3 (amarelo), AF4 (verde), F3 (azul), F4 (rosa), F7 (laranja), F8 (roxo), FC6 (vermelho) e FC5 (preto). Nos momentos: M0- Repouso pré-treino, M1-

Momento inicial, M2- Primeiro estímulo intenso, M3- Segundo estímulo intenso, M4- Terceiro estímulo intenso e M5- Repouso pós-treino. * Exclusão da média de AF4 no M1 por apresentar valores discrepantes.

Ao analisar a diferença entre os canais anatomicamente posicionados paralelamente nos dois hemisférios, foram observadas diferenças estatísticas, considerando toda a amostra e durante todo o experimento, entre os canais pareados para o hemisfério esquerdo e direito para os canais F3-F4 ($z=19,675$; $p<0,001$), F7-F8 ($z=15,018$; $p<0,001$) e FC5-FC6 ($z=7,658$; $p<0,001$), diferentemente de AF3-AF4 ($z=0,632$; $p=0,528$). Neste sentido, a quadro 2 demonstra a comparação entre os canais e para quais momentos analisados houve esta diferença, utilizando o teste de Wilcoxon.

Quadro 2- Comparação entre hemisféricos por cada momento.

Momentos	Canais							
	AF3-AF4		F3-F4		F7-F8		FC5-FC6	
	Z	pvalor	Z	pvalor	Z	pvalor	Z	pvalor
M0	-0,157	0,875	-8,467	<0,001*	-7,260	<0,001*	-1,675	0,094
M1	-6,311	<0,001*	-8,35	<0,001*	-8,337	<0,001*	-3,150	0,002*
M2	-5,400	<0,001*	-8,708	<0,001*	-7,042	<0,001*	-5,793	<0,001*
M3	-0,756	0,450	-7,806	<0,001*	-5,039	<0,001*	-4,595	<0,001*
M4	-2,702	0,007*	-8,651	<0,001*	-6,932	<0,001*	-6,411	<0,001*
M5	-2,913	0,004*	-5,924	<0,001*	-2,555	0,011*	-4,281	<0,001*

Legenda: M0- Repouso pré-treino, M1- Momento inicial, M2- Primeiro estímulo intenso, M3- Segundo estímulo intenso, M4- Terceiro estímulo intenso e M5- Repouso pós-treino. *: Significância estatística ($p<0,05$).

Neste contexto, após ser evidenciada a diferença estatística para os momentos citados anteriormente, foram realizadas comparações entre cada etapa, a fim de verificar em quais momentos se encontram as diferenças, utilizando o teste de Wilcoxon. Portanto, referente ao canal AF3, foram observadas diferenças estatísticas entre todos os momentos: M2-M3 ($Z=2,715$; $p=0,007$); M3-M4 ($Z=5,619$; $p<0,001$); M4-M5 ($Z=4,188$, $p<0,001$), exceto em M0-M5 ($Z=1,281$; $p=0,200$) e M0-M1 ($Z=1,281$; $p=0,200$).

Referente ao canal AF4 foi observado diferença significativa entre os momentos M3-M4 ($Z=2,677$; $p<0,001$), M4-M5 ($Z= 5,413$; $p<0,001$), M0-M5 ($Z=6,834$; $p<0,001$) e M0-M1 ($Z=6,834$; $p<0,001$). Porém, não foi observado entre M2-M3 ($Z=0,688$; $p=0,492$).

Ao analisar o canal F3, observou-se diferença significativa entre M2-M3 ($Z=3,979$; $p<0,001$), M3-M4 ($Z=7,396$; $p<0,001$) e M4-M5 ($Z=2,028$; $p=0,043$). Entretanto não foi observado entre M0-M5 ($Z=0,122$; $p=0,903$) e M0-M1 ($Z=0,1222$; $p=0,903$). Já referente ao canal F4, houve diferença significativa entre M3-M4 ($Z=5,906$; $p<0,001$),

M4-M5 ($Z=7,947$; $p<0,001$), M0-M5 ($Z=2,387$; $p=0,017$) e M0-M1 ($Z=2,387$; $p=0,017$). Não havendo diferença estatística ente M2-M3 ($Z=0,827$; $p=0,408$).

Foram observadas diferenças significativas no canal F7 aos M3-M4 ($Z=3,229$; $p=0,001$), M0-M5 ($Z=2,356$; $p=0,018$) e M0-M1 ($Z=2,356$; $p=0,018$), diferentemente dos momentos M2-M3 ($Z=0,914$; $p=0,360$) e M4-M5 ($Z=0,227$; $p=0,821$). Já referente ao canal F8, observou-se diferenças estatísticas entre M2-M3 ($Z=4,691$; $p<0,001$), M3-M4 ($Z=6,450$; $p<0,001$), M4-M5 ($Z=4,251$; $p<0,001$), M0-M5 ($Z=2,886$; $p=0,004$) e M0-M1 ($Z=2,886$; $p=0,004$).

Na análise do canal FC5, houve diferença significativa nos momentos M3-M4 ($Z=4,091$; $p<0,001$), diferentemente de M2-M3 ($Z=1,483$; $p=0,138$), M4-M5 ($Z=0,0112$; $p=0,911$), M0-M5 ($Z=1,124$; $p=0,261$) e M0-M1 ($Z=1,124$; $p=0,261$). Porém, ao canal FC6 foram observadas diferenças estatísticas entre M2-M3 ($Z=3,033$; $p=0,002$); M3-M4 ($Z=5,420$; $p<0,001$) e M4-M5 ($Z=2,544$; $p=0,011$), exceto em M0-M5 ($Z=0,300$; $p=0,764$) e M0-M1 ($Z=0,300$; $p=0,764$), ver quadro 3.

Quadro 3- Diferença do PSD entre os momentos.

	M0-M5	M0-M1	M2-M3	M3-M4	M4-M5
AF3	$Z=0,188$ ($p=0,851$)	$Z=1,281$ ($p=0,200$)	$Z=2,715$ ($p=0,007$)	$Z=5,619$ ($p<0,001$)	$Z=4,188$ ($p<0,001$)
AF4	$Z=5,749$ ($p<0,001$)	$Z=6,834$ ($p<0,001$)	$Z=0,688$ ($p=0,492$)	$Z=2,677$ ($p=0,007$)	$Z=5,413$ ($p<0,001$)
F3	$Z=1,016$ ($p=0,310$)	$Z=0,122$ ($p=0,903$)	$Z=3,979$ ($p<0,001$)	$Z=7,396$ ($p<0,001$)	$Z=2,028$ ($p=0,043$)
F4	$Z=7,267$ ($p<0,001$)	$Z=2,387$ ($p=0,017$)	$Z=0,827$ ($p=0,408$)	$Z=5,906$ ($p<0,001$)	$Z=7,947$ ($p<0,001$)
F7	$Z=0,209$ ($p=0,834$)	$Z=2,356$ ($p=0,018$)	$Z=0,914$ ($p=0,360$)	$Z=3,229$ ($p=0,001$)	$Z=0,227$ ($p=0,821$)
F8	$Z=2,017$ ($p=0,044$)	$Z=2,886$ ($p=0,004$)	$Z=4,691$ ($p<0,001$)	$Z=6,450$ ($p<0,001$)	$Z=4,251$ ($p<0,001$)
FC5	$Z=2,695$ ($p=0,007$)	$Z=1,124$ ($p=0,261$)	$Z=1,483$ ($p=0,138$)	$Z=4,091$ ($p<0,001$)	$Z=0,112$ ($p=0,911$)
FC6	$Z=2,105$ ($p=0,035$)	$Z=0,300$ ($p=0,764$)	$Z=3,033$ ($p=0,002$)	$Z=5,420$ ($p<0,001$)	$Z=2,544$ ($p=0,011$)

Legenda: M0- Repouso pré-treino, M1- Momento inicial, M2- Primeiro estímulo intenso, M3- Segundo estímulo intenso, M4- Terceiro estímulo intenso e M5- Repouso pós-treino. Significância estatística ($p<0,05$), representado pela cor vermelho e $p>0,05$, em verde.

6. DISCUSSÃO

O PSD é uma das ferramentas mais importantes para o processamento do sinal digital pois, oferece uma forma de saber como a força do sinal é distribuída no domínio da frequência. Sua unidade é energia por frequência, assim, demonstra a força das variações de energia do sinal em função da frequência, resultando no conhecimento sobre aos quais intervalos de frequências essas variações de energia são fortes ou não (VALIPOUR; SHALIGRAM; KULKARNI, 2014).

Os canais avaliados no presente estudo eram posicionados na região antero-frontal (AF3, AF4), frontal (F3, F4, F7 e F8) e frontocentral (FC5 e FC6). Sendo localizados no hemisfério cerebral direito os eletrodos de número par e no hemisfério esquerdo, os eletrodos de numeração ímpar. Dessa forma, de acordo com Koerssler et al, (2009), abrangendo áreas do giro frontal superior esquerdo/direito (AF3/AF4), giro frontal médio esquerdo/direito (F3/F4) e o giro frontal inferior esquerdo/direito (F7/F8) responsáveis pela área pré-motora e motora suplementar, voltadas principalmente para o planejamento motor. Já os canais FC5 e FC6 são direcionados aos registros da atividade cortical no giro pré-central esquerdo e direito, respectivamente, são responsáveis pela área motora primária, que determinam os movimentos voluntários de grupos musculares do lado oposto do corpo (MACHADO; HAERTEL, 2014).

Nessa abordagem, o cérebro é responsável por processos cognitivos que envolvem planejamento (ativação do córtex pré-frontal), organização da sequência do movimento (área pré-motora) e envio das ações específicas dos movimentos a serem executados (córtex motor) (KOLB; WHISHAW, 2002), a análise da faixa de frequência beta permite uma explanação voltada para o esforço neural diante da interação ambiental e conseqüentemente, a posteriori, a realização da ação motora.

Dessa forma, tal fato pode justificar o predomínio de ativação durante o experimento nas áreas pré-motoras e motora suplementar (AF3, AF4, F8, F4, F7 e F3), pois todos os indivíduos avaliados não apresentavam contato prévio com jogos baseados em realidade virtual. Resultando, assim na necessidade de maior concentração, atenção, planejamento e esforço neural para a realização da tarefa, o que potencializa o predomínio de onda beta e possibilita, com a prática, a aquisição da habilidade motora.

No presente estudo, foi observado predomínio, entre os canais avaliados, para o maior esforço neural no momento 1, referente ao primeiro contato com o ambiente virtual e a tarefa requisitada pelo jogo. Foi observada também, a diferença estatística

quando comparada com a ativação nos momentos M0-M1, o que corrobora com os estudos que a exposição a novas tarefas proporciona maior esforço neural (MORAES et al., 2007).

Na sequência à primeira exposição, foi observado um declínio na representação do esforço neural no primeiro e segundo estímulo intenso do jogo (M2 e M3). Entretanto, sendo observado aumento da ativação no terceiro momento intenso do jogo (M4). Tal fato pode ser justificado inicialmente pelo maior estímulo áudio/visual dos indivíduos idosos e a interação com o jogo nos momentos M2 e M3, devido serem menos representativos visualmente que o terceiro momento. Também pode ser resultado da menor duração do estímulo áudio/visual em M2 e M3, sendo quase o dobro do tempo no terceiro momento (M4).

Tal achado resulta sobre possíveis alterações cognitivas, proporcionadas pelo processo de envelhecimento (JERNIGAN et al., 2001) que podem requisitar estímulos mais fortes e representativos, para proporcionar a necessidade do esforço neural suficiente para a realização da tarefa, devido a redução do processamento das informações provocada pelo envelhecimento (GLISKY, 2007).

Ao analisar as interações dos canais pareados entre os dois hemisférios cerebrais foram observadas maiores ativações cortical no hemisfério direito (AF4, F4, F8 e FC6). O que corrobora com os achados descritos pela teoria de Goldberg, na qual relata que o hemisfério direito estaria mais relacionado ao processamento de informações novas, enquanto o hemisfério esquerdo relaciona-se com informações assimiladas (GOLDBERG, 2002).

Observou-se também leve discrepância/assimetria entre os dados da potência referentes ao canal AF4, que podem ser justificadas devido às interferências no sinal eletroencefalográfico provocadas pelas expressões faciais exacerbadas que interferem devido a localização do eletrodo na região antero-superior da face, as quais não foram sensíveis ao processo de filtragem do sinal eletroencefalográfico pelo software. Também podendo ser associada a um defeito no circuito elétrico do aparelho que interfere na qualidade do eletrodo para captação do sinal, por esta apresentando esta alteração em apenas um eletrodo, o que necessita-se de maior investigação.

As diferenças encontradas entre a ativação do PSD nos diferentes momentos durante o experimento sugerem que apesar dos achados serem referente a uma única prática, a realidade virtual mostrou ser uma ferramenta que provoca alterações corticais

vinculadas à necessidade de esforço neural que podem ser preditor das mudanças cerebrais provocadas pela aprendizagem motora, a posteriori.

Foi observado também que durante o experimento, apesar da maioria dos canais, apresentarem diferença significativa entre os momentos M4-M5, com exceção de F7 e FC5, tal achado demonstra que as alterações corticais provocadas pela realidade virtual diminuem no período de 10 segundos de repouso, sem influência da RV, no momento pós-treino avaliado. Entretanto, o presente estudo observou diferença significativa, na qual apresenta diminuição da ativação entre os momentos de repouso pré-treino e pós-treino para os AF4, F4, F7 e F8, FC5 e FC6, o que sugere uma alteração cortical, principalmente em hemisfério direito, provocada pela realidade virtual em níveis basais de ativação do PSD, em repouso, referente a onda beta. Dessa forma, apesar de haver uma queda da ativação brusca do PSD após a finalização do estímulo, as mudanças corticais em níveis basais de ativação durante o repouso, parecem se perdurar por um tempo após a prática, neste caso, por pelo menos 10 segundos.

Tal achado pode ser justificado pelo fato da maior engajamento no período pré-treino, o que favoreceu ao estado de alerta, vigília e engajamento na tarefa, mesmo no momento de repouso pré-treino. Também podendo ser associado ao favorecimento do processo de aprendizagem motora, pois foi observado uma diminuição na média de ativação do PSD, entre o momento de repouso pré-treino ao comparar com o pós-treino, para a maioria dos canais avaliados, exceto para AF3 e F7. Dessa forma, infere-se acerca do esforço neural resultante das duas situações de repouso, observa-se um aumento na média de ativação do PSD para estes dois canais, AF3 e F7, localizados no hemisfério esquerdo, que estariam relacionados com informações assimiladas (GOLDBERG, 2002).

7. CONCLUSÃO

O uso da realidade virtual apresentou-se ser eficiente para favorecer efeitos imediatos nas mudanças do esforço neural referente aos estímulos provocados pelo ambiente virtual, em análise da faixa de frequência de onda beta, nos lobos frontais de idosos. Tais alterações provocaram mudança referente ao esforço neural basal significativa, por um período de 10 segundos. Sugere-se ainda maior investigação quanto aos efeitos a longo prazo da aplicabilidade da realidade virtual idosos no processo de reabilitação e favorecimento da aprendizagem motora.

REFERÊNCIAS

ANDERSON EW. Evaluating Scientific Visualization Using Cognitive Measures. Universidade de Utah, Salt Lake City, UT. 2012. Doi: 10.1145/2442576.2442581.

ANDRADE, A., LUFT, C. B. & ROLIN, M. K. F. B. O desenvolvimento motor, a maturação das áreas corticais e a atenção na aprendizagem motora. **EFDesportes Revista Digital**, São Paulo, (10)78. 2004. Disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd78/motor.htm>. Acesso em 02 de junho de 2014.

ANGUERA.JA, BOCCANFUSO.J, RINTOUL.JL, AL-HASHIMI.O, FARAJI.F, JANOWICH.I, KONG.E, LARRABURO.Y, ROLLE.C, JOHNSTON.E, GAZZALEY.A. Video game training enhances cognitive control in older adults. **Nature**. V501. 97- 103, 2013.

ASPINALL P, MAVROS P, COYNE R, ROE J. The urban brain: analysing outdoor physical activity with mobile EEG. **British Journal of sports medicine**. 0: 1-6. 2013.

BADCOCK, N. A. et al. Validation of the Emotiv EPOC(®) EEG gaming system for measuring research quality auditory ERPs. **PeerJ**, v. 1, n. 1, p. e38, 2013.

BONINI-ROCHA AC, TIMM MI, CHIARAMONTE M, ZARO M, RASIA-FILHO AA, WOLFF D, AYRES EP, PETERSEN R. Metodologia para observação e quantificação de sinais de EEG relativos a evidências cognitivas de aprendizagem motora. **Ciências & Cognição**, 13 (2), 27-50. 2008.

CAMEIRÃO, M.S.; BADIA, S.B.; OLLER, E.D.; VERSCHURE, P.F. Neurorehabilitation using the virtual reality based Rehabilitation Gaming System: methodology, design, psychometrics, usability and validation. **Journal of Neuroengineering Rehabilitation**, London, v. 22, n.7, p 48, 2010.

CAMEIRÃO, M.S.; BERMÚDEZ-BADIA, S.; DUARTE OLLER, E.; VERSCHURE, P.F. The rehabilitation gaming system: a review. **Studies in Health Technology and Informatics**, Amsterdam, v. 145, p. 65-83, 2009.

CASTRO, LB. Human- computer interaction via Brain Waves for Disable People. Monografia. 2012.

DEBENER S, MINOW F, EMKES R, ET AL. How about taking a low-cost, small, and wireless EEG for a walk?. **Psychophysiology**; 49:1617–21, 2012.

DENNIS, M. Developmental plasticity in children: the role of biological risk, development, time, and reserve. **Journal of Communication Disorders** 33, 321-332, 2000.

Emotiv. Emotiv software development kit user manual for release 1.0.0.3. HongKong: Emotiv Ltd, 2011.

FOLSTEIN MF, FOLSTEIN SE, MCHUGH PR. Mini-mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. **J Psychiatric Res.**;12:189-98. 10, 1975.

GANESH S, SCHIE HT, LANGE FP, THOMPSON E, WIGBOLDUS DHJ. How the Human Brain Goes Virtual: Distinct Cortical Regions of the Person Processing Network are Involved in Self-Identification With Virtual Agents. **Cerebral Cortex** .July; 22:1577±1585, 2012.

GLISKY EL. Changes in cognitive function in human aging. In: Riddle DR, editor. **Brain Aging: Models Methods, and Mechanisms**. Boca Raton, FL: CRC Press;. pp. 3–20. 2007.

GOLDBERG, E. O cérebro executivo: Lobos Frontais e a Mente Civilizada. Rio de Janeiro: Ed. Imago. 2002.

GONZALEZ-FERNANDEZ M, GIL-GOMEZ JA, ALCANIZ M, NOE E, COLOMER C. eBaViR, easy balance virtual rehabilitation system: a study with patients. **Stud Health Technol Inform**, 154:616, 2010.

HAYKIN, S. Redes Neurais: princípios e prática. Trad. ENGEL, P. M.. 2.ed., Porto Alegre: Ed. Bookman, 2001.

HERBELIN B, BENZAKI P, RIQUIER F, RENAULT F E THALMANN D. Using Physiological Measures for Emotional Assessment: a Computer Aided Tool for Cognitive and Behavioural Therapy. **Proc. 5th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.**, Oxford, UK. 2004.

JAHEDI S, MÉNDEZ F. On the Advantages and Disadvantages of Subjective Measures. **Journal of Economic Behavior & Organization**. February; 98: 97–114, 2014.

JERNIGAN TL, ARCHIBALD SL, FENNEMA-NOTESTINE C, et al. Effects of age on tissues and regions of the cerebrum and cerebellum. **Neurobiol Aging** .;22(4):581–594. 2001.

KOESSLER, L. et al. Automated cortical projection of EEG sensors: Anatomical correlation via the international 10-10 system. **NeuroImage**, v. 46, n. 1, p. 64–72, 2009.

KOLB B, WHISHAW Q. Neurociência do Comportamento. Manole. SP. 1ªed. Cap 11: 432-441. 2002.

LANG M. Investigating the Emotiv EPOC for cognitive control in limited training time. Department of Computer Science, University of Canterbury, 2012.

LEVAC, DANIELLE E.; GALVIN, JANE. When is Virtual Reality “Therapy”? **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**;94:795-8, 2013.

LOURENÇO, R. A, & VERAS, R. P. Mini-Exame do Estado Mental: características psicométricas em idosos ambulatoriais. **Revista de Saúde Pública**, 40(4), 712–719. 2006. <http://doi.org/10.1590/S0034-89102006000500023>

MACHADO ABM, HAERTEL LM. Neuroanatomia funcional. 3 ed. São Paulo: Editora Atheneu, 360 p. 2014.

MALINOWSKA et al. Electroencephalographic profiles for differentiation of disorders of consciousness. **Biomedical Engineering Online**; 12:109, 2013

MIRELMAN, A.; MAIDAN, I.; HERMAN, T.; DEUTSCH, J.E.; GILADI, N.; HAUSDORFF, J.M. Virtual reality for gait training: can it induce motor learning to enhance complex walking and reduce fall risk in patients with Parkinson's disease? **The journals of gerontology**. Series A, Biological sciences and medical sciences, Washington, v. 66, n. 2, p. 234-40, 2011.

MORAES, H.; FERREIRA, C.; DESLANDES, A.; CAGY, A. et.al.. Beta and Alpha eletroencephalographic activity changes after acute exercise. **Arq. Neuropsiquiatr**, 65(3-A):637-641., 2007.

PEÑASCO-MARTÍN, BENITO; REYES-GUZMÁN, ANA DE LÓS; GIL-AGUDO, ÁNGEL; BERNAL-SAHÚN, ALBERTO; PÉREZ-AGUILAR, BEATRIZ; PEÑA-GONZÁLEZ, ANA ISABEL DE LA. Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. **RevNeurol**; 51: 481-8, 2010.

ROSSINI PM, FERILLI MAN, ROSSINI L, FERRERI F. Clinical Neurophysiology of Brain Plasticity in Aging Brain. **Current Pharmaceutical Design**. 19. 6426-6439, 2013.

SAPOSNIK G, MAMDANI M, BAYLEY M, THORPE KE, HALL J, COHEN LG, TEASELL R. Effectiveness of virtual reality exercises in stroke Rehabilitation

(EVREST). **World Stroke organization International Journal of Stroke**; 5. 47-51. 2010.

SCHULTHEIS MT, RIZZO AA. The application of virtual reality technology in Rehabilitation. **Rehabilitation Psychology**. 46(3):296-311, 2001.

SILVEIRA MM, PASQUALOTTI A, OLUSSI EL, WIBELLINGER LM. Envelhecimento Humano e as Alterações na Postura Corporal do Idoso. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**. 26(8) 52-58, 2010.

TAFNER, M. A. Estagiamento automático do Sono utilizando um canal de EEG e uma rede Neural Artificial com Alta representação cortical. Tese submetida à Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 1999.

TOULOTTE C, TOURSEL C, OLIVIER N. Wii fit® training vs. Adapted Physical Activities: Which one is the most appropriate to improve the balance of independent senior subjects? A randomized controlled study. **Clinical Rehabilitation**. 26(9) 827–835, 2012.

VAGHETTI CAO, BOTELHO CS. Ambientes virtuais de aprendizagem na educação física: uma revisão sobre a utilização de Exergames. **Ciências & Cognição**. Vol 15 (1): 076-088, 2010.

VALIPOUR, S.; SHALIGRAM, A. D.; KULKARNI, G. R. Detection of an alpha rhythm of EEG signal based on EEGLAB. **Journal of Engineering Research and Applications**, v. 4, n. 1, p. 154–157, 2014.

ANEXOS

Anexo 1



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
MINI-EXAME DO ESTADO MENTAL

Paciente: _____

Data de nascimento: ____/____/____ Escolaridade: _____

Data do teste: ____/____/____ Avaliador: _____

Diagnóstico Médico: _____

Diagnóstico Cinesio-funcional: _____

ORIENTAÇÃO TEMPORAL

Dia da semana (1ponto) ()

..... ()

Dia do mês (1ponto) ()

..... ()

Mês (1ponto) ()

..... ()

Ano (1ponto) ()

..... ()

Hora aproximada (1ponto) ()

ORIENTAÇÃO ESPACIAL

Local específico (andar ou setor) (1ponto) ()

..... ()

Instituição (residência, hospital, clínica) (1ponto) ()

..... ()

Bairro ou rua próxima (1ponto) ()

..... ()

Cidade (1ponto) ()

..... ()

Estado (1ponto) ()

MEMÓRIA IMEDIATA

Fale 3 palavras não relacionadas. Posteriormente pergunte ao paciente pelas 3 palavras.
Dê 1 ponto para cada resposta correta ()

.....
Depois repita as palavras e certifique-se de que o paciente as aprendeu, pois mais adiante
você irá perguntá-las novamente

ATENÇÃO E CÁLCULO

(100 – 7) sucessivos, 5 vezes sucessivamente (1 ponto para cada cálculo correto) ()

.....
(alternadamente, soletrar MUNDO de trás para frente)

EVOCAÇÃO

Pergunte pelas 3 palavras ditas anteriormente (1ponto por palavra) ()

.....

LINGUAGEM

Nomear um relógio e uma caneta (2pontos) ()

.....

Repetir “nem aqui, nem ali, nem lá” (1ponto) ()

.....

Comando: “pegue este papel com a mão direita dobre ao meio e coloque no chão” ()

(3pontos)

Ler e obedecer: “Feche os olhos” (1ponto) ()

.....

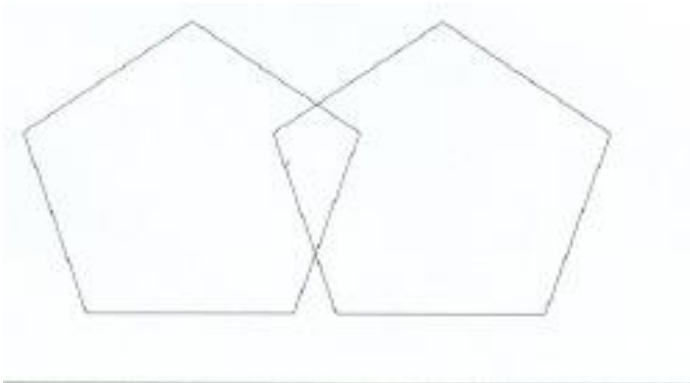
Escrever uma frase (1ponto) ()

.....

Copiar um desenho (1ponto) ()

.....

ESCORE: (___ / 30)



(Foistein, Foistein & McHugh, 1975)

APÊNDICES



Apêndice 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Esclarecimentos

Este é um convite para você participar da pesquisa intitulada: **EFEITOS IMEDIATOS DO EXERCÍCIO EM IMERSÃO VIRTUAL NA ATIVIDADE CEREBRAL – UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESTADOS EMOCIONAIS DE ADULTOS JOVENS E IDOSOS**, que é coordenada pelo mestrando Wagner Henrique de Souza Silva.

Sua participação é voluntária, o que significa que você poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento, sem que isso lhe traga nenhum prejuízo ou penalidade.

Essa pesquisa procura avaliar a influência de um programa de exercícios associados à realidade virtual por videogame Nintendo Wii® sobre a atividade cerebral em sessão única com duração de 20 minutos aplicada a adultos jovens e idosos. Os resultados desta pesquisa poderão contribuir para um melhor entendimento do processo de envelhecimento e dinâmica cerebral. Caso decida aceitar o convite, você será submetido(a) ao(s) seguinte(s) procedimentos: avaliação física, responder questionários, teste de cognição (perguntas sobre orientação geral), avaliação da atividade cerebral (eletroencefalograma) e exercício de equilíbrio na balança do Wii®. Os riscos envolvidos com sua participação são pequenos e inerentes à atividade física, como: mal-estar, dispnéia, tontura, e desestabilização postural. Contudo, podem ainda ser reduzidos através das seguintes providências: o treinamento de equilíbrio ocorrerá dentro dos critérios de segurança previstos pela fisiologia do exercício e em laboratório

devidamente adaptado no interior do departamento de fisioterapia, quanto ao esforço, além de ocorrer em área plana e com possibilidade de suporte em caso de desequilíbrio, haverá interrupção mediante intercorrência e toda a conduta será acompanhada por dois terapeutas devidamente orientados, não apenas em relação aos protocolos aplicados em pesquisa, mas em procedimentos de urgência, caso necessários. Além disso, haverá também a supervisão do fisioterapeuta responsável pela pesquisa. Quanto à realidade virtual, não há registros de problemas relativos a sua aplicação em seres humanos, somente no que diz respeito a lesões por uso excessivo, o que não deverá ocorrer pelo tempo limite previsto pelo protocolo de tratamento.

Você terá os seguintes benefícios ao participar da pesquisa: noções sobre sua condição de saúde atual quanto ao seu equilíbrio e função cerebral, uma vez que o experimento proposto trata-se da utilização de um moderno recurso com evidência demonstrada no favorecimento do desempenho cerebral e do equilíbrio humano.

Todas as informações obtidas serão sigilosas e seu nome não será identificado em nenhum momento. Os dados serão mantidos após a conclusão da pesquisa por um período de 5 anos em fichas individuais e reunidas em um arquivo central localizado no departamento de fisioterapia em local seguro, sendo a divulgação dos resultados feita de forma a não identificar os voluntários.

Se você tiver algum gasto que seja devido à sua participação na pesquisa, você será ressarcido, caso solicite.

Em qualquer momento, se você sofrer algum dano comprovadamente decorrente desta pesquisa, você terá direito a indenização.

Você ficará com uma cópia deste Termo e toda a dúvida que você tiver a respeito desta pesquisa, poderá perguntar diretamente para o coordenador da pesquisa, no endereço: Rodovia BR-101/Campus Universitário/UFRN – Lagoa Nova – Departamento de Fisioterapia, CEP: 59078970 – NATAL/RN, ou pelo telefone (84)99079294. Dúvidas a respeito da ética dessa pesquisa poderão ser questionadas ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFRN no endereço Praça do Campus Universitário, Lagoa Nova. Caixa Postal 1666, CEP 59072-970 Natal/RN ou pelo telefone (84)215-3135.

Consentimento Livre e Esclarecido

Declaro que compreendi os objetivos desta pesquisa, como ela será realizada, os riscos e benefícios envolvidos e concordo em participar voluntariamente da pesquisa **“EFEITOS IMEDIATOS DO EXERCÍCIO EM IMERSÃO VIRTUAL NA ATIVIDADE CEREBRAL – UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ESTADOS EMOCIONAIS DE ADULTOS JOVENS E IDOSOS ”**.

Participante da pesquisa:



Pesquisador responsável:

WAGNER H DE S SILVA

CREFITO 164343-F

Endereço: Rodovia BR-101/Campus Universitário/UFRN – Lagoa Nova – Departamento de Fisioterapia, CEP: 59078970 – NATAL/RN, ou pelo telefone (84)99079294.

Comitê de ética e Pesquisa: (CEP-UFRN), Praça do Campus, Campus Universitário, CP 1666, Natal, 59.078-970, Brasil,

e-mail cepufn@reitoria.ufrn.br; telefone: +55–84-3215-3135.

Apêndice 2



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
FICHA DE AVALIAÇÃO**

Data da avaliação: _____ Avaliador: _____

IDENTIFICAÇÃO DO PACIENTE

Nome: _____

Idade: _____ Data de Nascimento: _____ Sexo () F () M

Endereço: _____ Tel.: _____

Grau de Instrução: _____ Estado Civil: _____

Profissão atual: _____

DADOS CLÍNICOS

Fatores de risco presentes:

- () Hipertensão () Tabagismo () Diabetes Mellitus () Convulsões
() Obesidade () Doença cardíaca () Hipersensibilidade fótica
() Outros _____

Medicação controlada: Sim () Não () Qual (is): _____

Dormiu bem na noite anterior? Sim () Não () Quantas horas? _____

Caso seja mulher, possui ciclo menstrual regular? Sim () Não () Qual a data da sua última menstruação? _____

Já teve alguma experiência anterior com o vídeo game Wii? Sim () Não ()

EXAME FÍSICO

FC: _____ bpm

PA: _____ x _____