

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
CURSO DE BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

PIETRO ERNESTO TARACHUQUE

**EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO SOBRE A ATIVIDADE CORTICAL, ATRAVÉS
DO ELETROENCEFALOGRAMA, EM INDIVÍDUOS COM COMPROMETIMENTO
COGNITIVO LEVE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2019

PIETRO ERNESTO TARACHUQUE

EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO SOBRE A ATIVIDADE CORTICAL, ATRAVÉS
DO ELETROENCEFALOGRAMA, EM INDIVÍDUOS COM COMPROMETIMENTO
COGNITIVO LEVE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC),
apresentado como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em
Educação Física, no Curso de Educação
Física do Departamento Acadêmico de
Educação Física (DAEFI) da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Angelica Miki
Stein

CURITIBA
2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Departamento Acadêmico de Educação Física
Curso de Bacharelado em Educação Física



TERMO DE APROVAÇÃO

EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO SOBRE A ATIVIDADE CORTICAL, ATRAVÉS DO ELETROENCEFALOGRAMA, EM INDIVÍDUOS COM COMPROMETIMENTO COGNITIVO LEVE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Por

PIETRO ERNESTO TARACHUQUE

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 24 de junho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharelado em Educação Física. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **aprovado**.

Prof. Dra. Angelica Miki Stein
Orientadora

Prof. Dra. Priscila Ellen Pinto Marconcini
Membro titular

Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva
Membro titular

* A folha de aprovação com assinaturas se encontra arquivada na coordenação do curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Universo e a todas as manifestações de Deus em cada etapa da minha vida, pela proteção e iluminação.

Agradeço a minha família pelo apoio e incentivo, sem os quais jamais seria possível chegar até o dia de hoje. Mãe, pai, Paola e Pier, muito obrigado. Aliás, Paola merece não só meus agradecimentos como uma salva de palmas em pé por ter me aguentado de perto durante esse processo e por ter cuidado de mim nessa reta final em que acabei ficando muito doente. Ao João também, pelo convívio e pelas ajudas.

Agradeço a minha orientadora, Profa. Dra. Angelica Stein, por me aceitar como aluno de TCC, confiar em mim, me orientar e me aguentar durante todo o decorrer do projeto. Obrigado pela preocupação e principalmente pela paciência.

Agradeço aos meus amigos de todos os círculos: do curso de Educação Física, do Cheerleading, do estágio, dos jogos online, da época da escola, da dança, da produção cênica. São muitos nomes e muitos sorrisos que ajudaram a segurar a barra da graduação. Um abraço especial pra Daiarah, por ter cedido um note pra eu poder trabalhar neste documento, senão sabe-se quando seria possível completá-lo, e pra Sillaine, por ainda acreditar em mim mesmo quando eu já não estava mais tão certo das coisas.

Agradeço aos professores da graduação que marcaram positivamente meu caminho, a quem posso olhar como inspiração e buscar seguir o exemplo.

RESUMO

TARACHUQUE, Pietro Ernesto. **Efeitos do Exercício Físico sobre a Atividade Cortical, através do Eletroencefalograma, em Indivíduos com Comprometimento Cognitivo Leve: Uma Revisão Sistemática**. 34f. Monografia de Graduação (Bacharelado em Educação Física) – Departamento Acadêmico de Educação Física. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

A doença de Alzheimer (DA) é caracterizada por ser neurodegenerativa, progressiva e irreversível, e não pode ser confundida com o processo natural de envelhecimento do organismo. Antes de sua manifestação, existe um processo de transição entre o envelhecimento saudável e a DA, denominado comprometimento cognitivo leve (CCL). Entre as intervenções não farmacológicas, o exercício físico tem se mostrado como um importante recurso para indivíduos com CCL, contribuindo para controlar os efeitos deletérios da DA. Desta forma, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática sobre os efeitos do exercício físico sobre a atividade cortical por meio de um biomarcador, o eletroencefalograma (EEG), em indivíduos com CCL. Para tanto, o desenho metodológico do estudo consistiu em uma busca e análise de artigos nas bases de dados: Pubmed, Web of Science, PsycINFO e Scielo, revisada de acordo com as recomendações do PRISMA. Foram utilizadas as palavras-chave *“Physical exercise”*; *“Physical activity”*; *“Exercise”*; *“Training”*; *“Electroencephalogram”*; *“Electroencephalography”*; *“EEG”*; *“Mild cognitive impairment”*; *“Cognitive dysfunction”*; *“MCI”*. Inicialmente, 313 artigos foram identificados. Porém, após as etapas da seleção dos artigos, ao final, 5 estudos foram incluídos nesta revisão. Todos os estudos apontaram convergências quanto aos efeitos benéficos do exercício físico, realizado de maneira aguda e crônica, sobre a atividade cortical, verificada através do EEG, além do desempenho nos testes cognitivos. Entre os protocolos de exercício adotado, houve variações quanto ao tipo – aeróbio, resistido, multimodal e combinado -; duração, frequência e intensidade, embora todos tenham promovido alguma alteração em relação a atividade cortical. Dessa forma, conclui-se que o exercício físico pode desempenhar um papel fundamental na plasticidade neural, agudo ou cronicamente, em indivíduos com CCL, contribuindo a saúde mental e prevenção a DA.

Palavras-chave: Comprometimento Cognitivo Leve. Exercício Físico. Atividade Cortical. EEG.

ABSTRACT

TARACHUQUE, Pietro Ernesto. **Effects of Physical Exercise on Cortical Activity through the Electroencephalogram in Individuals with Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review.** 34f. Undergraduate's monography (Bachelor Course in Physical Education) – Academic Department of Physical Education, Federal University of Technology – Paraná. Curitiba, 2019.

Alzheimer's disease (AD) is considered neurodegenerative, progressive and irreversible disease, and cannot be face as a part of the natural aging process. Before the AD signs and symptoms, there is a transition process between healthy aging and AD, called mild cognitive impairment (MCI). Among non-pharmacological interventions, physical exercise has been shown to be an important contributor to individuals with MCI, once seems to control the deleterious effects of AD. Thus, the aim of the present study was to review the effects of physical exercise on cortical activity by means of a biomarker, the electroencephalogram (EEG), in individuals with MCI. The methodological design of the present study consisted of a search and analysis of articles in the databases: Pubmed, Web of Science, PsycINFO and Scielo, revised according to the recommendations of the PRISMA. The keywords used were: "Physical exercise"; "Physical activity"; "Exercise"; "Training"; "Electroencephalogram"; "Electroencephalography"; "EEG"; "Mild cognitive impairment"; "Cognitive dysfunction"; "MCI". In the first analyze, 313 articles were identified. However, after the selection stages of the papers, at the end, 5 studies were included in the review. All of them showed convergence results regarding to beneficial effects of physical exercise, acute or chronically performed, on cortical activity, verified through the EEG, in addition to cognitive performance. Among the exercise protocols adopted, there were variation related to type – aerobic, resistance, multimodal and combined exercise; intensity; frequency and total duration, although all of them promoted some alteration in cortical activity. Therefore, in conclusion, physical exercise, acute or chronic, may play a fundamental role in neural plasticity in individuals with MCI, contributing to mental health and AD prevention.

Keywords: Mild Cognitive Impairment. Physical Exercise. Cortical Activity. EEG.

Sumário

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	6
1.1	OBJETIVO GERAL.....	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1	COMPROMETIMENTO COGNITIVO LEVE E DOENÇA DE ALZHEIMER	8
2.2	FATORES DE RISCO RELACIONADOS A DEMÊNCIA	10
2.3	COMPROMETIMENTO COGNITIVO LEVE E ATIVIDADE FÍSICA	11
2.4	COMPROMETIMENTO COGNITIVO LEVE, ATIVIDADE FÍSICA E ELETROENCEFALOGRAMA.....	12
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
3.1	ESTRATÉGIA DE BUSCA.....	16
3.2	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	16
3.3	SELEÇÃO DOS ESTUDOS.....	16
3.3.1	<i>FLUXOGRAMA</i>	17
4	RESULTADOS	18
5	DISCUSSÃO.....	21
6	CONCLUSÃO	27
	REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A força do tempo é implacável: tudo está à mercê de suas transformações. Ainda que as causas do envelhecimento não sejam completamente conhecidas, existem várias teorias que tentam explicá-lo, sendo parte delas as teorias biológicas que tomam por envelhecimento todo o processo relacionado à não reposição das células somáticas do corpo como ocorre em outras fases que antecedem a esta (FARINATTI, 2002). Além disso, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2018), a população mundial está ficando cada vez mais idosa, principalmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil.

Com o envelhecimento, é natural que ocorram alterações nas células do organismo como um todo, incluindo as do sistema nervoso. Contudo, algumas alterações tidas como inesperadas podem acarretar em graves danos neste sistema e evoluir para algum tipo de doença, entre elas, a mais comum é a doença de Alzheimer (DA) (WORLD ALZHEIMER REPORT, 2018).

A DA é definida como uma doença neurodegenerativa, progressiva e irreversível, considerada como responsável por até 70% dos casos de demência na população idosa. É uma doença cujas causas não são totalmente compreendidas atualmente e que, mesmo que estudos apontem para riscos genéticos, há também indícios de que fatores associados ao estilo de vida do indivíduo sejam determinantes para impedir e/ou influenciar seu aparecimento (OMS, 2017). Entre seus sinais e sintomas, no início da DA, o comprometimento da memória recente é mais notável. Este déficit cognitivo está relacionado a área encefálica em que começam a ocorrer as alterações advindas da doença: o hipocampo. Contudo, o prognóstico da DA culmina em uma atrofia cerebral generalizada, acarretando outros sintomas cognitivos. Além disso, levando em consideração a progressão lenta da doença e o processo de senescência, existe ainda um *continuum* entre o envelhecimento normativo e início de demência. Este estágio é denominado comprometimento cognitivo leve (CCL) ou *mild cognitive impairment* (MCI, em inglês) (TAYLOR et al., 2018), e é onde costumam aparecer os primeiros sintomas da doença relacionados principalmente à memória (ALZHEIMER'S ASSOCIATION, 2018). Segundo a Alzheimer's Association (2017), indivíduos com CCL nem sempre desenvolvem demência, mas possuem chances mais elevadas de progredir para a DA. Em alguns

casos, o comprometimento cognitivo leve pode ser revertido para a cognição típica ou se manter estável, ainda que em alguns casos o CCL seja diagnosticado erroneamente por conta do uso de medicamentos ou outras condições. À medida em que a reversão do estado cognitivo em quem se encontra diagnosticado com CCL para a cognição típica é possível (KOEPESELL et al., 2012; SHIMADA et al., 2017; SACHDEV et al., 2013), o exercício físico aparece como um dos fatores que podem colaborar neste processo (ALZHEIMER'S ASSOCIATION, 2017)

Neste sentido, a prática de exercícios se destaca na prevenção do risco de declínio cognitivo por ser acessível e por agir sobre capacidades funcionais, cognitivas e sociais, possibilitando ainda prevenir a ocorrência do CCL ou mesmo da DA (BARNES; YAFFE, 2011). E de forma a verificar os efeitos do exercício na atividade encefálica, uma das ferramentas de imagem cerebral não invasivas de maior destaque nos estudos neurocientíficos é o EEG (MORAES, 2009; GUTMANN et al., 2015; COHEN, 2017).

Considerando que a doença acomete principalmente a população idosa e que no Brasil o número de pessoas com 60 anos ou mais tende a crescer, a procura por serviços de saúde pode aumentar a necessidade de estratégias eficientes para o CCL. Desta forma, o exercício físico representa uma importante ferramenta que contribui na prevenção a DA, bem como uma possível recuperação do *continuum* do comprometimento cognitivo. Assim, o objetivo deste estudo é revisar a literatura sistematicamente em relação ao papel do exercício físico na atividade cortical, verificada através do EEG, em indivíduos com CCL.

1.1 OBJETIVO GERAL

Revisar sistematicamente a literatura quanto os efeitos do exercício sobre a atividade cortical, verificada através do eletroencefalograma, em indivíduos com comprometimento cognitivo leve.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 COMPROMETIMENTO COGNITIVO LEVE E DOENÇA DE ALZHEIMER

A Doença de Alzheimer (DA) é uma doença neurodegenerativa, progressiva e irreversível que tende a piorar com o passar do tempo. Entre os principais sinais e sintomas, a DA apresenta déficits na memória e outros processos cognitivos que podem interferir nas atividades de vida diária dos indivíduos (NIA, 2017). A DA representa cerca de 60 a 80% dos casos de demência, sendo o tipo de demência mais prevalente em idosos (ALZHEIMER'S ASSOCIATION, 2016). Caracteriza-se pela lenta perda da memória e do raciocínio, comprometendo gradativamente a realização de tarefas simples. Os sintomas começam a ser percebidos, geralmente, a partir dos 60 anos, apesar de existirem raríssimos casos de diagnóstico de início precoce a partir dos 30 anos de idade (NIA, 2017).

Segundo o World Alzheimer Report (2015), no mundo todo, cerca de 50 milhões de pessoas foram diagnosticadas com demência, sendo que projeções indicam para 2030 que cerca de 75 milhões de pessoas apresentarão a DA, atingindo 132 milhões em 2050. Ainda, a estimativa atual é que a cada 3,2 segundos um novo caso de demência é detectado no mundo, e em 2050 haverá um novo caso a cada segundo. No Brasil, a carência de estudos não permite apresentar dados mais precisos, mas estipula-se a prevalência da doença em mais de 1 milhão de indivíduos, com incidências de 100 mil novos casos por ano (ALZHEIMERMED, 2018; INSTITUTO ALZHEIMER BRASIL, 2018).

A DA foi descrita pela primeira vez pelo psiquiatra alemão Alois Alzheimer que realizou o acompanhamento de uma paciente que apresentava perda de memória, problemas de linguagem e comportamento. Após a morte da paciente, Alois Alzheimer pôde identificar mudanças no tecido encefálico, conhecidas como placas amiloides e emaranhados neurofibrilares (NIA, 2017). As placas amilóides ocorrem no meio extracelular, sendo o resultado da clivagem anormal de proteína precursora da amiloide, cujo acúmulo interfere na comunicação entre neurônios e pode contribuir para a morte celular; já no meio intracelular, ocorre a formação dos emaranhados neurofibrilares. Estes emaranhados são oriundos da hiperfosforilação da proteína tau, que resultam na deformação das paredes do microtúbulo, por isso a formação de novos, sendo que ambos os processos extra e intracelular contribuem para a morte

neuronal (ALZHEIMER'S ASSOCIATION, 2012). Nos estágios iniciais da DA, esses danos costumam ocorrer no hipocampo, localizado nos lobos temporais, sendo considerado como a estrutura responsável pela memória recente e aprendizado. A morte neuronal desencadeia a perda de memória, podendo chegar até mesmo na perda da capacidade de conversar ou mesmo de reagir ao ambiente. De maneira geral, a DA acarreta em atrofia encefálica, bem como alargamento de sulcos e giros (NIA, 2017).

De forma geral, os sinais e sintomas da doença consistem em perda de memória que compromete a vida cotidiana; dificuldades no planejamento ou solução de problemas; dificuldade em completar tarefas familiares em casa, no trabalho ou no lazer; confusão com o tempo ou lugar; problemas na compreensão de imagens e relações espaciais; problemas com fala ou escrita; perda de objetos e incapacidade de refazer passos; julgamento diminuído ou pobre; afastamento do trabalho ou atividades sociais, e mudanças de humor e personalidade (ALZHEIMER'S ASSOCIATION, 2019), e cada indivíduo pode passar por este processo de formas diferentes. No estágio inicial, o paciente ainda possui certa autonomia para realizar suas atividades de vida diária, mas pode apresentar lapsos de memória, como esquecer palavras familiares ou a localização de objetos do cotidiano. No estágio moderado, geralmente o mais longo, já se requer um maior nível de cuidado, sendo possível notar conversas confusas, casos de frustração ou raiva ou ações inesperadas como recusar-se a tomar banho. Neste estágio o dano às células nervosas já pode tornar difícil expressar pensamentos ou realizar tarefas da rotina. No último estágio ocorre a perda da capacidade de responder ao ambiente ou mesmo controlar seus movimentos, incluindo também mudanças de personalidade e um grau ainda mais elevado de dependência (NIA, 2017).

Antes da instalação da DA, pode existir um *continuum* de declínio cognitivo conhecido como Comprometimento Cognitivo Leve (*Mild Cognitive Impairment*, MCI em inglês), onde costumam aparecer os primeiros sintomas da doença relacionados principalmente à memória (ALZHEIMER'S ASSOCIATION, acesso 2018) e é o momento crucial cuja intervenção possibilita a reversão da enfermidade, impedindo seu desenvolvimento. Assim como a DA, o MCI não é normal para a idade, ou seja, a perda de memória ou o declínio cognitivo associados à idade devem ser descartados e, ainda, não existem marcadores definidos que mostrem claramente as separações

entre a cognição dita normal, MCI e DA, tornando difícil o diagnóstico (ALBERT et al., 2011).

Além do risco de evoluir para a DA, indivíduos com MCI também apresentam maior declínio físico ao longo de 1 ano, independentemente da idade, do nível educação ou do número de medicamentos ingeridos (TAYLOR et al., 2018). Ainda que a etiologia da DA seja desconhecida, alguns fatores de risco do desenvolvimento da doença têm sido elucidados (ALZHEIMER'S ASSOCIATION, 2016; ALZHEIMERMED, 2018), entre eles existem aqueles não modificáveis, ligados intrinsecamente ao desenvolvimento do indivíduo biológico, e outros fatores ligados ao estilo de vida e ao ambiente, considerados modificáveis.

2.2 FATORES DE RISCO RELACIONADOS A DEMÊNCIA

O principal fator de risco para o aparecimento da DA é a idade, já que o processo natural do envelhecimento pode comprometer o funcionamento das células e desencadear os processos deletérios dos neurônios. A maior parte de indivíduos com DA apresentam idade superior a 65 anos (ALZHEIMER'S ASSOCIATION, 2016) e, com o envelhecimento da população mundial, a predição é de um aumento no número de casos da doença. Além disso, existem apontamentos de que certos genes aumentam o surgimento da doença, mas que sua expressão representa menos de 1% dos casos (ALZHEIMER'S ASSOCIATION, 2016).

Dentro dos fatores de risco não modificáveis, alguns estudos apontam ligação com o sexo biológico, sugerindo maior prevalência entre as mulheres por conta da secreção de hormônios específicos, contudo, considerando que a expectativa de vida das mulheres é superior, tal hipótese deve ser mais aprofundada (ALZHEIMERMED, acesso 2018; ALZHEIMER'S SOCIETY, 2017). Outros achados apontam também para grupos étnicos como um fator de risco (ALZHEIMER'S SOCIETY, 2017).

Quanto aos fatores de risco modificáveis, segundo a *Alzheimer's Society* (2017), o tabagismo, o consumo de bebidas alcoólicas em excesso e uma dieta desequilibrada representam grandes riscos para o desenvolvimento da DA, além das doenças cardiovasculares e metabólicas - que são também consequência de um estilo de vida pouco saudável -, quadros de depressão, fortes impactos sofridos na cabeça e inatividade física. A inatividade física é o terceiro maior fator potencial no desenvolvimento da DA mundialmente, está associada a diversos outros fatores de

risco, e o aumento dos seus níveis ao longo da vida pode surtir um forte efeito sobre a prevalência da DA, sendo que uma redução de 25% de inatividade física poderia prevenir aproximadamente um milhão de casos da doença globalmente (BARNES; YAFFE, 2011).

2.3 COMPROMETIMENTO COGNITIVO LEVE E ATIVIDADE FÍSICA

Atualmente não há cura para a doença ou maneiras de frear a morte neuronal, mas existem tratamentos farmacológicos e não-farmacológicos que auxiliam a estabilizar e/ou impedir o avanço da DA. Uma destas intervenções não farmacológicas consiste na realização de atividades físicas regulares para retardar o declínio funcional decorrente da doença, prevenindo e controlando também uma série de doenças crônico-degenerativas que podem tornar mais grave o estado de saúde do indivíduo (FINZI et al., 2011).

Uma série de estudos tem apontado os benefícios de exercícios físicos na DA, que vão desde a atenuação de distúrbios neuropsiquiátricos até a manutenção das capacidades cognitivas e funcionais dos indivíduos (STEIN; PEDROSO, 2017). Dos exercícios físicos aplicados, os de caráter aeróbico têm sido considerados como os mais promissores em relação a cognição de idosos (KRAMER; ERICKSON, 2007). Segundo Coelho et al., (2009), por mais que não seja seguro afirmar tais efeitos sobre indivíduos com DA, os resultados das pesquisas têm sido positivos.

Da mesma forma que maiores níveis de atividade física ajudam a proteger do declínio físico, os fatores que geram o declínio físico são sujeitos aos efeitos de intervenções como o exercício (TAYLOR et al., 2018), já que em idosos saudáveis, o exercício físico parece ter impacto positivo sobre biomarcadores inflamatórios, oxidativos e neurotróficos (STIGGER, 2018) e sobre a memória (LOPRINZI, 2018), colaborando para uma melhora das funções executivas do dia a dia. Além da memória, foi demonstrada uma melhora após um protocolo específico de dança em idosos em outras funções cognitivas como concentração, consciência e velocidade de processamento (ZHU et al., 2018).

Segundo a Alzheimer's Association (2017), a principal forma de reversão da MCI é justamente a prática regular de atividades físicas junto do acompanhamento cardio-neurovascular e de estímulos mentais e sociais. Ao se falar sobre exercício físico, é importante alertar para as diferenças entre o que consiste em exercício físico

e atividade física. Em Caspersen (1985), a atividade física consiste em qualquer movimento musculoesquelético resultante em dispêndio energético, enquanto que o exercício físico se diferencia pela estruturação e planejamento de atividades físicas dentro de um contexto com o objetivo de aprimorar ou manter as aptidões físicas, ou seja, consiste na periodização da prescrição de atividades físicas. Compreende-se, deste modo, a necessidade de estabelecer e cumprir metas a curto, médio e longo prazo dentro do espectro de prevenção e controle da DA, e então surge a necessidade do trabalho do profissional de Educação Física enquanto agente promotor da saúde para participar da construção de uma operação multidisciplinar com todos os outros profissionais envolvidos.

2.4 COMPROMETIMENTO COGNITIVO LEVE, ATIVIDADE FÍSICA E ELETROENCEFALOGRAMA

Um biomarcador, ou marcador biológico, consiste em uma subcategoria de marcadores *in vivo* que podem ser medidos com precisão e reprodutibilidade, podendo ser definido como substância, estrutura ou processo aferível e que influencie ou preveja a incidência de processos ou respostas do organismo (STRIMBU e TAVEL, 2010). Algumas ferramentas possuem fraquezas, por exemplo: os equipamentos de magnetoencefalografia (MEG) são grandes, fixos e caros, exigindo grande manutenção técnica e recursos de treinamento; a ressonância magnética funcional possui excelente resolução espacial, contudo, não tem a mesma resolução temporal do EEG, ou ainda, a tomografia por emissão de pósitrons, que é uma técnica de imagem nuclear invasiva baseada na radiação gama de um decaimento que é inserido no corpo do indivíduo, além de invasiva, não possui a alta resolução de tempo das gravações do EEG (EEG POCKET GUIDE, 2017). Neste sentido, o eletroencefalograma (ou eletroencefalografia, EEG) consiste em um biomarcador utilizado para verificar, entre outros, alterações corticais induzidas pelo exercício físico em indivíduos com CCL (MORAES, 2009; GUTMANN et al., 2015).

O EEG é uma medida que mostra a atividade encefálica a partir do registro de descargas elétricas, oriundas de processos bioquímicos em nível celular quando um grupo de neurônios se ativa coordenadamente em uma determinada disposição (KLIMESCH, 1999; SILVA, 2013). As regiões de contato entre os neurônios são denominadas sinapses, e é por elas onde se dá a passagem ou o bloqueio de

informações, ou seja, servem como portões de atividade excitatória ou inibitória. Para que estes processos ocorram, é necessária a liberação de neurotransmissores que causam uma mudança de potencial elétrico na membrana celular, isto é, qualquer atividade sináptica gera um pequeno campo elétrico. Quando ocorrem largas atividades ao mesmo tempo, na mesma região e no mesmo ritmo, é possível registrá-las através do EEG (EEG Pocket Guide, 2017).

Distorções pelas diferentes condutividades elétricas do fluido cérebro-espinhal, crânio e pele podem ocorrer (SILVA, 2013), assim como fatores técnico-metodológicos, idade do indivíduo, excitabilidade ou demandas cognitivas durante o desempenho de determinada tarefa durante a aquisição dos registros (KLIMESCH, 1999). Dentro das suas limitações, o EEG tem uma alta resolução de tempo e pode detectar mudanças fisiológicas implícitas nos processos cognitivos, melhor que outras técnicas de imagem cerebral como ressonância magnética ou tomografia por emissão de pósitrons; seus sensores são capazes de captar pequenos sinais da superfície do couro cabeludo, à medida em que técnicas como a ressonância magnética apenas medem indiretamente a atividade neural e exigem uma compreensão muito mais profunda da relação entre o que é medido e como ele se relaciona com o processamento cognitivo, e seus equipamentos são portáteis e leves, permitindo coletas de dados mais flexíveis em diferentes ambientes (COHEN, 2011). Desta forma, o EEG é uma das ferramentas de imagem cerebral não invasivas de maior destaque nos estudos neurocientíficos, sendo uma das razões possibilitar a coleta de informações relevantes sobre processos cerebrais dinâmicos responsáveis por funções cognitivas específicas (COHEN, 2017; SILVA, 2013).

As ondas registradas no EEG podem ser divididas de acordo com suas frequências. Pesquisas apontam que cada intervalo de frequência está relacionado a algum tipo de atividade cortical:

- A banda *delta* (δ), que oscila entre 1-4 Hz, é a onda cerebral mais lenta e de maior amplitude, ocorrendo durante o sono profundo ou em graves doenças cerebrais;
- A banda *theta* (θ), 4-8 Hz, relacionada a dificuldade de operações mentais, se intensifica à medida que o desafio aumenta e pode ser registrada através de todo o córtex, indicando que é gerada por uma grande rede envolvendo várias partes do encéfalo. Está associada a diminuição do estado de alerta, sonolência, déficit cognitivo e demência;

- A banda *alpha* (α), 8-12 Hz, se relaciona a funções sensoriais, motoras e de memória de forma inversamente proporcional, uma vez que sua intensidade é reduzida durante atividades mentais ou corporais com os olhos abertos, podendo-se afirmar que a supressão de alfa indica ativação mental e engajamento com o ambiente;
- A banda *beta* (β), 12-25 Hz, que tem sua frequência gerada tanto da região posterior quanto da região frontal, está ligada a pensamentos ativos, ansiedade e concentração, notadas mais fortemente na região central durante planejamento ou execução de movimentos, principalmente de coordenação fina, ou mesmo enquanto se observa os movimentos corporais de outra pessoa, além de substituir a onda α durante o comprometimento cognitivo, e, por fim,
- A banda *gamma* (γ), acima de 25 Hz, que ainda representa uma incógnita à medida que alguns pesquisadores afirmam que seu comportamento é semelhante à banda Theta enquanto outros dizem que é um subproduto de outros processos neurais como movimento dos olhos (EEG Pocket Guide, 2017; AL-QAZZAZ et al, 2014).

Todos os indivíduos que desenvolvem a DA passam pela fase do CCL, mas nem todos aqueles em estágio de CCL desenvolvem a doença (BAKER, 2008). Existem alterações nos padrões de ondas tanto nos indivíduos com DA quanto com CCL em relação àqueles com envelhecimento típico, sendo possível especular que tais diferenças identificadas possam ser eficazes para distinguir aqueles com maior propensão a desenvolver a DA (BAKER, 2008). Ainda, mudanças topográficas do EEG podem refletir sinais precoces de atrofia cortical ou de sua reorganização compensatória, como por exemplo o aumento do ritmo *theta* associado à atrofia amígdalo-hipocampal (AHC) e déficits de memória (FAUZAN; AMRAN, 2014).

A previsão da conversão em DA em um estágio inicial possibilitaria um tratamento anterior e mais efetivo sobre a doença. Biomarcadores como EEG podem ser instrumentos relativamente baratos e não invasivos para prever tal conversão, uma ferramenta importante no processo de triagem e orientação para indivíduos com possível progressão a DA e suas famílias (POIL et al., 2013; BAKER, 2008).

Em um estudo, enquanto os padrões do EEG do grupo inativo se assemelhavam aos de indivíduos que apresentaram declínio cognitivo, atividades

físicas ainda que eventuais foram associadas a melhor desempenho cognitivo, sugerindo que o perfil ativo tem efeito protetivo sobre deteriorações relacionadas ao envelhecimento (SANCHEZ-LOPEZ et al., 2018). Indivíduos mais ativos, ainda, apresentam melhor funcionamento neurocognitivo e maior expressão de Alfa, independentemente da idade (LARDON e POLICH, 1996). Essa modulação do pico de frequência de alfa após o exercício pode estar ligada aos mecanismos excitatórios do encéfalo, indicando que o aumento no pico de frequência de alfa representa um mecanismo neurofisiológico potencial de aprimoramentos implícitos na performance de tarefas cognitivas seguido de exercício físico agudo (GUTMANN et al., 2015).

Além de potencial biomarcador para detectar demência e classificar sua gravidade, vários estudos defendem a inserção do eletroencefalograma no diagnóstico da DA por ser um método não-invasivo e acessível (TRUEBA-SÁIZ et al., 2013), mas ainda não é uma prática aceita na rotina clínica (AL-QAZAZ, 2014).

De acordo com o último Relatório Mundial de Alzheimer (WORLD ALZHEIMER REPORT, 2015), são poucos os estudos realizados na América Latina voltados à investigação da doença. Portanto, há a necessidade de mais estudos que esclareçam o papel do exercício físico sobre a atividade cortical no processo do CCL.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ESTRATÉGIA DE BUSCA

O desenho metodológico deste estudo consistiu em uma busca e análise de artigos que verificaram os efeitos do exercício físico na atividade cortical através do eletroencefalograma em indivíduos com CCL. A busca bibliográfica incluiu as seguintes bases de dados: *Pubmed*, *Web of Science*, *PsycINFO* e *Scielo*, incluindo artigos de 1990 a 2019. revisada de acordo com as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA).

Foram utilizadas as seguintes palavras-chave e operadores booleanos: “*Physical exercise*” OR “*Physical activity*” OR “*Physical therapy*” OR “*Exercise*” OR “*Training*” AND “*Electroencefalogram*” OR “*Electroencephalography*” OR “*EEG*” AND “*Mild cognitive impairment*” OR “*Cognitive dysfunction*” OR “*MCI*”.

Após a busca, os artigos foram analisados pelas etapas: 1) análise do título; 2) análise do resumo; 3) análise do artigo na íntegra; 4) leitura completa dos artigos.

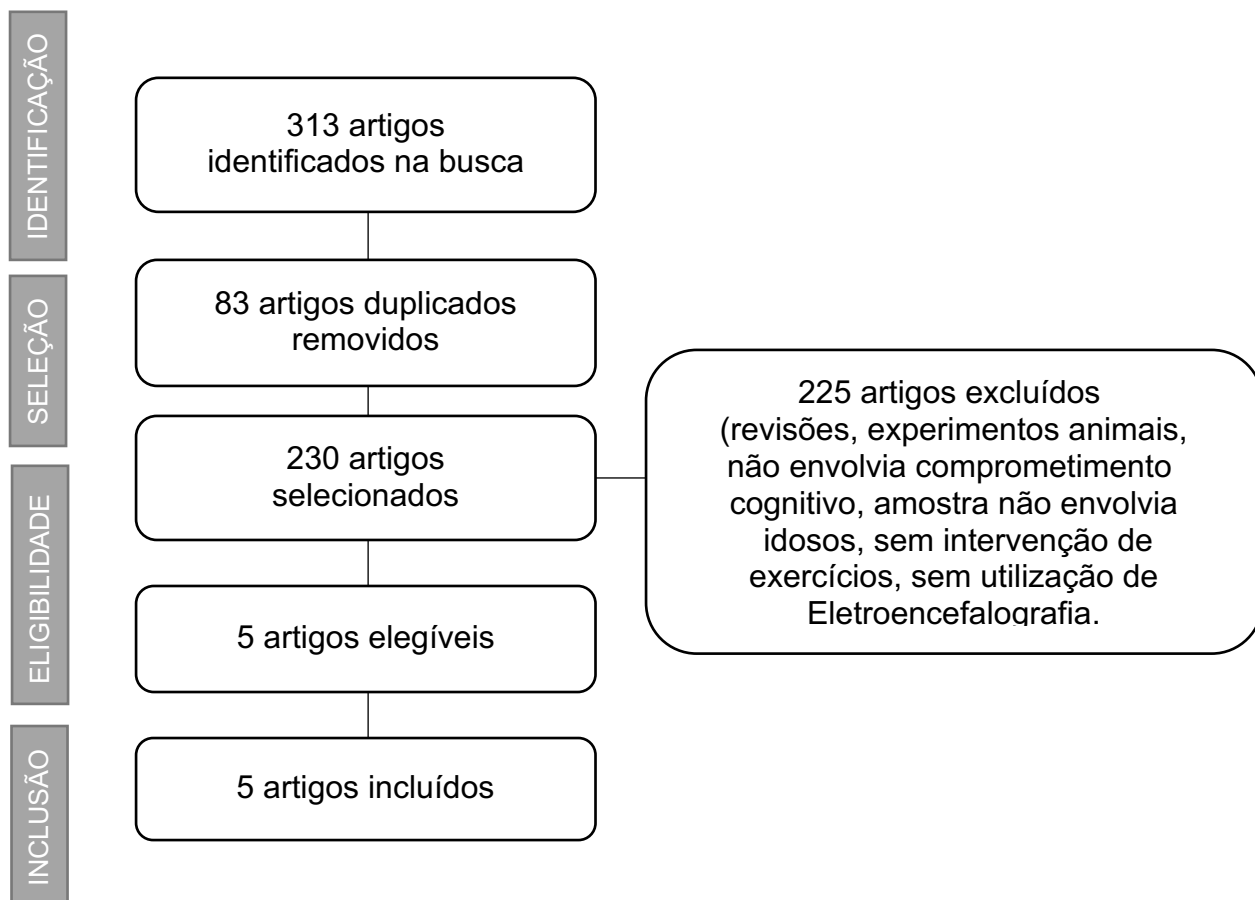
3.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Para seleção dos artigos, foram adotados como critérios de inclusão: 1) estudos realizados com humanos; 2) amostra constituída por indivíduos de ambos os sexos, 3) estudos que incluam exercício físico; 4) utilização do EEG; 5) artigos publicados no idioma inglês e/ou português.

3.3 SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Todo o processo de seleção dos artigos foi realizado por 2 avaliadores (PET, AMS), em todas as etapas para seleção dos artigos – desde a busca até análise de título, resumo e artigo. Quando houve discordância em relação à inserção de algum artigo no estudo foi realizada uma discussão entre os avaliadores para uma tomada de decisão. A busca foi realizada em março de 2019.

3.3.1 FLUXOGRAMA



4 RESULTADOS

No quadro a seguir consta a relação dos artigos incluídos e suas informações mais relevantes: nome dos autores e ano de publicação, descrição das amostras, descrição do protocolo e do tipo de intervenção, metodologia do uso do EEG, testes cognitivos e conclusões gerais.

Nos estudos, a atividade cortical elétrica registrada através do EEG foi relacionada com uma série de testes de habilidades cognitivas voltadas para verificar os efeitos dos protocolos sobre as funções cognitivas dos indivíduos com CCL e por isso tais testes e resultados também foram incluídos nos dados a serem discutidos.

Autor (ano)	Amostra	Tipo de exercício; variáveis de treino	Intensidade; Tempo/Sessão; Freq/sem; Duração; Sobrecarga	EEG (registro e resultados)	Cognição (resultados)	Conclusão
Styliadis et al., (2015)	70 idosos (70 anos em média) com CCL, atendendo aos critérios de Petersen, divididos de acordo com idade, anos de educação, relação homem-mulher e estado cognitivo em 5 grupos: 3 experimentais submetidos a um programa de treinamento físico e/ou cognitivo e 2 grupos controle, um ativo e um passivo	Treinamento misto (Long Lasting Memories Intervention - LLM): Treinamento físico e cognitivo combinados numa sequência contrabalanceada pseudo-aleatória Treinamento Cognitivo (TC): Emprega estímulos sonoros, visando processamento auditivo e memória de trabalho Treinamento Físico (TF): Exercício físico através de jogos – 20min aeróbico, 8-10 exercícios resistidos, 10min de flexibilidade e um conjunto de exercícios de equilíbrio	LLM: NR; até 10 horas por semana (TC+TF); 8 semanas TC: xx; 60min; 3-5 vezes; 8 semanas TF: NR; 60min; 3-5 vezes; 8 semanas; NR	57 eletrodos do couro cabeludo com taxa de amostragem de 500Hz. Sinais registrados com 5 minutos de repouso de olhos fechados antes e depois da intervenção. Eletrodos ativos do couro cabeludo foram colocados em uma touca de acordo com o sistema 10-20. Redução da atividade cortical nas bandas de delta, theta, beta 1 e beta 2.	Melhora no Mini Exame do Estado Mental (MEEM).	A redução dos ritmos de delta e theta está relacionada a melhora no teste cognitivo (MEEM) e a atividade física leve impulsiona a melhora no treinamento combinado (LLM)
Klados et al., (2016)	50 idosos (68 anos em média) com CCL, atendendo aos critérios de Petersen, divididos de acordo com idade, anos de educação, relação homem-mulher, níveis de depressão e estado cognitivo em grupo experimental (LLM) e controle ativo	Treinamento misto (Long Lasting Memories Intervention - LLM): Treinamento físico e cognitivo combinados numa sequência contrabalanceada pseudo-aleatória Treinamento Cognitivo (TC): Emprega estímulos sonoros, visando processamento auditivo e memória de trabalho Treinamento Físico (TF): Exercício físico através de jogos – 20min aeróbico, 8-10 exercícios resistidos, 10min de flexibilidade e um conjunto de exercícios de equilíbrio	LLM: NR; até 10 horas por semana (TC+TF); 8 semanas TC: xx; 60min; 3-5 vezes; 8 semanas TF: NR; 60min; 3-5 vezes; 8 semanas; NR	57 eletrodos ativos posicionados no couro cabeludo de acordo com o sistema internacional 10/10, com sinais ampliados a 500Hz. Alterações significativas no ritmo de beta	Alterações no MEEM.	A banda beta reflete um mecanismo implícito de neuroplasticidade em indivíduos com CCL, indicando que a atividade física impulsiona a melhora no treino combinado (LLM).

Hong et al., (2017)	22 sujeitos com CCL, atendendo aos critérios de Petersen, e 25 voluntários saudáveis foram aleatoriamente distribuídos em 4 grupos: CCL experimental e controle e saudável experimental e controle	Exercícios resistidos com banda elástica: 10min aquecimento, 40min exercícios com 15 repetições máximas e 10min de volta a calma	65%, 15RM; 60min; 2 vezes; 12 semanas; Banda elástica substituída após adaptação.	8 eletrodos posicionados no couro cabeludo de acordo com o sistema internacional 10/20 e frequência de amostragem de 256 Hz. Redução de poder de theta nos grupos experimentais e aumento de de alpha no experimental com CCL.	Melhora no teste de dígitos	O montante mínimo de exercícios resistidos estudados ajudou os idosos a melhorar sua aptidão física, aproximando seus padrões de EEG aos dos indivíduos saudáveis
Tsai et al., (2018/)	66 idosos (entre 60 80 anos) com CCL amnésica, atendendo aos critérios de Petersen, aleatoriamente distribuídos em 3 grupos: exercício aeróbico, exercício resistido e controle	Exercício aeróbico agudo: 5min aquecimento, 30min de exercício e 5min de volta a calma. Exercício resistido agudo: 5min aquecimento, 30min d exercícios e 5min de volta a calma. 2 séries de 10 repetições em velocidade moderada, com 90s de descanso entre séries e 2min de intervalo entre um exercício e outro. Bíceps rosca, tríceps, supino, leg press, cadeira extensora e peck deck	Aeróbico: 65-75% FCr; 40min; xx; xx Resistido: 75% 1RM; 40min; xx; xx; NR	18 eletrodos dispostos em uma touca de acordo com o sistema internacional 10-20, com uma taxa de frequência de 500 Hz. Redução na latência e aumento na amplitude do P3	Melhora na tarefa de Flank	Exercícios agudos podem promover efeitos neuroprotetores que atenuam os riscos de comprometimento cognitivo e desacelerar a demência em indivíduos com CCL amnésica
Amjad et al., (2019)	44 idosos com CCL diagnosticados no próprio hospital, aleatoriamente distribuídos em dois grupos: experimental e controle	Jogos virtuais que exigem movimentos corporais para responder a estímulos visuais dentro dos domínios de lógica, memória, matemática, reflexos e físico. 5min aquecimento, 25-30min de intervenção e 5min volta a calma	NR; 40min; 5 vezes; 6 semanas; NR	14 eletrodos dispostos de acordo com o sistema internacional 10-20, com amostragem em 128 Hz. Lentidão EEG: Alterações agudas em delta e theta e alterações crônicas em delta, theta e beta 2 Complexidade EEG: Melhora da complexidade após treino agudo e após treino crônico.	Melhora no mini exame do estado mental (MEEM), Montreal Cognitive Assessment e testes de trilha A e B.	Jogos cognitivos do kinect ajudaram os indivíduos com CCL a melhorar suas habilidades cognitivas e parâmetros eletrofisiológicos vitais sem efeitos colaterais aparentes

5 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito do exercício físico na atividade cortical, mensurada por meio de eletroencefalograma, em indivíduos com CCL. Todos os artigos incluídos apresentaram dados estatisticamente significativos quanto às relações entre a aplicação dos protocolos envolvendo exercício físico e os registros de atividade cortical em indivíduos com comprometimento cognitivo leve. Dentre os cinco estudos, quatro apresentaram resultados positivos de intervenções crônicas - entre seis e doze semanas (STYLIADIS et al., 2015; KLADOS et al., 2016; HONG et al., 2017; AMJAD et al., 2019) e dois apresentaram resultados positivos de intervenções agudas (TSAI et al., 2018; AMJAD et al., 2019), indo ao encontro com a literatura que defende o exercício físico como ferramenta não-farmacológica eficaz na preservação da integridade encefálica.

Em relação às amostras, quatro dos cinco estudos descreveram que o diagnóstico do CCL atendia aos critérios de Petersen, enquanto que em Amjad et al. (2019), os indivíduos haviam sido diagnosticados no hospital onde o estudo foi realizado, sem indicar os critérios utilizados. Estes critérios são relevantes pois ajudam no processo de julgamento clínico do médico que fará a determinação final do diagnóstico (PETERSEN, 2004), já que ainda não existem biomarcadores efetivos que indiquem objetivamente a existência do declínio cognitivo ou da DA propriamente dita, ainda que testes cognitivos e outras medidas sejam úteis no direcionamento e exclusão de possibilidades.

Quanto às intervenções, os protocolos de exercício variaram bastante, em relação ao tipo de exercício, bem como a frequência, intensidade e volume. Partindo dos protocolos, três estudos utilizaram plataformas digitais para realização de exercícios através de *exergames* (STYLIADIS et al., 2015; KLADOS et al., 2016 através do Nintendo Wii e acessórios e AMJAD et al., 2019 através do Kinect do Xbox 360), combinando paralelamente treinamentos cognitivos ou através de categorias de estímulos cognitivos específicos, de três a cinco vezes na semana (STYLIADIS et al., 2015; KLADOS et al., 2016) por 8 semanas ou cinco vezes na semana (AMJAD et al., 2019) por 6 semanas. Hong et al., (2017) realizaram um protocolo de exercício, utilizando exercícios resistidos com banda elástica duas vezes por semana ao longo de 12 semanas e Tsai et al., (2018) utilizaram exercícios resistidos e aeróbicos

agudos. Apenas nestes dois últimos foram descritas as intensidades: em Hong et al., (2017) foram 15 repetições máximas com 65% de carga, havendo sobrecarga com a troca de bandas elásticas após adaptação, e em Tsai et al., (2018) o exercício aeróbico em bicicleta ergométrica foi com intensidade entre 65% e 75% da frequência cardíaca de reserva individual e o treino resistido foi de 10 repetições com 75% da carga de uma repetição máxima em cinco exercícios diferentes. Quanto a duração, Tsai et al., (2018) e Amjad et al., (2019) aplicaram treinos com duração de aproximadamente 40 minutos (incluindo aquecimento e volta à calma as mesmas proporções), enquanto que Hong et al., (2017) realizaram os treinos em sessões de 60 minutos incluindo aquecimento e volta à calma. Styliadis et al., (2015) e Klados et al., (2016), por sua vez, utilizaram protocolos baseados em um programa chamado *Long Lasting Memories*, com treinos cognitivos e físicos aplicados separadamente, cada um com 60 minutos de duração, ou seja, o volume final de treinamento deste protocolo combinado acabou sendo de 120 minutos.

Neste sentido, por mais destoantes que os trabalhos possam parecer entre si, seus resultados convergem. No geral, foram encontradas reduções nas ondas *delta*, *theta* e *beta*, aumento nos padrões de *alpha* e alterações positivas na complexidade do EEG, bem como na latência e na amplitude do P3, uma variação da ferramenta. Altos padrões das ondas *delta* e *theta* costumam estar associados a queda no metabolismo de glicose e esta última, por sua vez, a isquemia cerebral, logo a redução de atividade nas áreas responsáveis por tais ondas pode implicar em reorganização dos circuitos neuronais sobreviventes. As alterações na complexidade do EEG podem ser traduzidas em uma maior estabilização dos padrões das ondas elétricas, à medida que a latência do P3 pode se referir ao tempo de reação ou à velocidade de processamento de informações e a amplitude, por sua vez, à atenção ou à capacidade de manter o foco - sugerindo novamente indícios de reconfiguração neuronal.

O *American College of Medicine and Sports for the Elderly* (2009) recomenda que os programas para idosos sem demência devem incluir exercícios aeróbicos, fortalecimento muscular e exercícios de flexibilidade e equilíbrio, principalmente quando há o risco de queda ou comprometimento de mobilidade, como é o caso de indivíduos com demência. Para indivíduos com CCL, ou mesmo demência, já existe na literatura uma série de contribuições no sentido dos efeitos benéficos do exercício físico agindo sobre componentes da capacidade física, funções cognitivas e sintomas neuropsiquiátricos, e conseqüentemente na manutenção da independência para

atividades de vida diária (TORTOSA-MARTÍNEZ et al., 2018). A prática de exercício físico pode trazer benefícios em cada estágio da doença, e é visto que as intervenções multimodais e atividades em grupo que são as que promoveram resultados mais positivos (BLANKEVOORT et al., 2010).

No estudo de Styliadis et al., (2015), com base no projeto *Long Lasting Memories* (LLM), foi usado um protocolo de caráter multimodal envolvendo exercícios resistidos, aeróbicos, de equilíbrio e flexibilidade na parte do treinamento físico, paralelo ao treino cognitivo que englobava processamento auditivo e memória de trabalho, cuja amostra foi dividida em cinco grupos: LLM completo, treino físico, treino cognitivo, controle ativo com atividades cognitivas controladas e controle passivo. Foi apontado, assim como em Gheysen et al., (2018) em sua meta-análise, que a atividade física pode exercer um papel crucial na transferência dos efeitos do treino combinado, onde o exercício aeróbico aparece como mecanismo central na melhoria das habilidades cognitivas, efeito acentuado pelo estímulo cognitivo, mesmo a curto prazo. Da mesma forma, Kramer e Colcombe (2018) trazem que o treinamento físico pode produzir benefícios na capacidade cognitiva, principalmente aumentando o desempenho nos processos de controle executivo, sendo a magnitude dos efeitos modulada pela duração total da intervenção - treinamentos de força combinados com aeróbicos podem ser mais efetivos no aprimoramento das capacidades cognitivas do que apenas o treinamento cardiovascular, indicando que a combinação de dois ou mais tipos de treinamento colocam demandas maiores nas capacidades de processos cognitivos.

Hong et al., (2017) aplicaram um protocolo de exercícios resistidos em que foram utilizadas bandas elásticas, realizando 15 repetições máximas a 65% durante 60min (10min aquecimento, 40min exercícios com 15 repetições máximas e 10min de volta a calma), 2 vezes por semana num período de 12 semanas, com substituição da banda elástica por uma mais resistente após a adaptação. Os autores encontraram reduções nas densidades theta tanto para o grupo CCL, quanto para o grupo saudável, melhora de aptidão física e melhora cognitiva através do melhor desempenho no teste de dígitos. Em relação ao exercício resistido, Tsai et al., (2018), incluíram no seu estudo um grupo de exercício resistido, realizando 10 repetições com 75% de uma repetição máxima em 5 exercícios diferentes durante 40 minutos, e outro, de exercício aeróbio, pedalando numa bicicleta ergométrica a 65-75% da frequência cardíaca de reserva por 40 minutos. Após a intervenção aguda, ambos os grupos

apresentaram melhora no tempo de reação tanto no exercício aeróbico quanto no resistido. No estudo supracitado, foi adotada uma medida derivada do eletroencefalograma, denominada P300 ou P3, cujas informações mais relevantes consistem na latência - a velocidade de processamento de informação, sendo que quanto mais longa a latência, mais lento o processamento -, e na amplitude - associada à atenção à tarefa, sendo que quanto maior a amplitude, maior a atenção no teste (Polich, 1996). Paralelamente, para registrar a atividade elétrica cortical, foi realizado o teste de tarefa de Flanker que consiste em estímulos visuais com flechas que aparecem na mesma direção (congruente) ou em direção oposta (incongruente) à flecha central, que deve ser marcada. Neste sentido, a latência no P3 apareceu antes no teste congruente do que no incongruente, bem como antes na região frontal do que na região parietal, enquanto que a amplitude foi maior depois do exercício do que antes em todos os eletrodos, a não ser pelo localizado na região parietal do grupo resistido (que não teve diferença significativa). Além do P3, neste último estudo, o fator de crescimento semelhante à insulina-1 (IGF-1), tido como um dos supostos mecanismos a plasticidade cerebral e melhora cognitiva, foi coletado e foi encontrada uma correlação entre latência do P3 e níveis de IGF-1 em eletrodo posicionado no hemisfério direito da região temporal ($r = -0,30$), reforçando o papel do exercício físico na liberação deste fator neurotrófico e na manutenção da plasticidade cerebral.

Amjad et al., (2019) verificaram melhora na função cognitiva global, através do Mini Exame do Estado Mental e Montreal Cognitive Assessment, após um período de 6 semanas de intervenção, bem como melhora nas funções executivas através dos Testes de Trilhas. Foi observado um efeito de redução em *delta* e *theta*, assim como na complexidade (ou entropia aproximada) do EEG, tanto em olhos fechados quanto abertos, de forma aguda. Cronicamente, houve ainda redução em *delta*, *theta* e *beta* 2 tanto de olhos fechados quanto abertos e ainda uma melhora significativa na complexidade do EEG de olhos fechados, mas não de olhos abertos. Esta complexidade é uma ferramenta estatística que quantifica a imprevisibilidade de flutuações em uma série temporal e pode ter aplicação potencial em uma ampla variedade de fatores fisiológicos e clínicos (PINCUS; GOLDBERGER, 1994), ou seja, quanto maior o índice de complexidade, maior a imprevisibilidade. Neste sentido, Abásolo et al., (2005) apontaram em seu estudo que indivíduos com DA apresentavam menor imprevisibilidade, provavelmente devido a diminuição das interconexões entre as diferentes partes do encéfalo, então pode-se apontar que o aumento da

complexidade em Amjad et al., (2019) é um indício de resposta da atividade cortical ao exercício.

Exercícios podem causar alterações nas atividades cerebrais, e alterações eletrofisiológicas podem indicar alterações de diversos sistemas (MORAES et al., 2007). Vidoni et al., (2015) mostraram em estudo com exercício aeróbico que a adaptação fisiológica ao exercício foi um melhor preditor de benefício cognitivo do que a dose (duração total do estímulo), sugerindo que a intensidade é mais determinante que a duração no exercício aeróbico e que a melhora da capacidade cardiorrespiratória é uma intervenção interessante que traz benefícios cognitivos e de atenção visuoespacial. Da mesma forma, elevados níveis de aptidão aeróbica podem estar associados ao aumento do volume do hipocampo em idosos, o que pode levar a melhor desempenho da memória (ERICKSON et al., 2009), assim como efeitos sobre a função cognitiva, função motora e atenção auditiva, velocidade de processamento e atenção visual (ANGEVAREN et al., 2008). Quanto aos exercícios resistidos, Busse et al., (2008) apontaram uma correlação positiva entre exercício resistido e melhora da performance cognitiva em indivíduos com comprometimento de memória, assim como em Nagamatsu et al., (2012), cujos participantes do grupo de exercício resistido apresentaram melhora na atenção seletiva, habilidades de resolução de problemas e funções executivas. Liu-Ambrose et al., (2012) encontraram melhoras na atenção seletiva em um grupo que realizava exercícios resistidos duas vezes por semana, enquanto que o grupo que praticava apenas uma vez não apresentou mudanças significativas.

Neste trabalho foi possível observar que em todos os protocolos de exercícios físicos aplicados em indivíduos com comprometimento cognitivo leve, houve alterações na atividade cortical que podem ser consideradas positivas de acordo com os resultados dos testes cognitivos e as relações traçadas. Nas intervenções crônicas, que levaram entre seis e doze semanas, tanto exercícios multimodais quanto exercícios resistidos tiveram relação com redução das ondas *delta* e *theta* e melhora em teste de cognição global e redução da onda *theta* e melhora em teste de função executiva e de memória imediata, respectivamente. Da mesma forma, nas intervenções agudas, tanto exercícios multimodais quanto exercícios resistidos e aeróbicos foram relacionados a redução de *theta* e aumento de complexidade, assim como aumento na amplitude e redução na latência do P3 juntamente a melhora no tempo de reação através do teste de Flanker, respectivamente. De maneira geral, as

intensidades foram pouco objetivamente descritas, mas apontam para exercícios no máximo moderados pelo menos duas vezes por semana para já oferecerem alterações com efeito neuroprotetor. O princípio de sobrecarga foi também pouco explorado, aparecendo apenas em Hong et al., (2016), quando as bandas elásticas eram substituídas por outras mais resistentes após a adaptação.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que o exercício físico desempenha papel fundamental na plasticidade neural através das alterações pós-intervenção, sejam agudas ou crônicas, em indivíduos com comprometimento cognitivo leve. O estímulo pode ser, inclusive, bastante variado através de exercícios resistidos, aeróbicos ou multimodais, e mesmo uma baixa frequência pode trazer resultados benéficos. O motivo para tais afirmações se dá através das alterações dos padrões elétricos observados pelo EEG, associados aos resultados positivos de testes de habilidades cognitivas.

Contudo, a falta de descrições mais claras quanto aos protocolos de exercício, aplicação dos testes e princípios de treinamento pode ter comprometido alguns aspectos de reprodutibilidade. Ainda, grandes diferenças de volume de treinamento puderam ser observadas, tornando difícil a comparação entre os resultados.

Sugere-se, então, que políticas públicas voltadas a idosos com comprometimento cognitivo leve sejam fomentadas de forma a prevenir o desenvolvimento da doença de Alzheimer, utilizando como base o incentivo ao corpo em movimento onde quer que esteja. As recomendações mínimas da *American College of Medicine and Sports for the Elderly* de exercício físico já são suficientes para apresentar alterações neuroprotetoras e os cinco artigos estudados não apenas confirmam como também mostram que diferentes tipos de estímulos trazem benefícios importantes para esta população.

REFERÊNCIAS

ALBERT, M. S., DEKOSKY, S. T., DICKSON, D., DUBOIS, B., FELDMAN, H. H., FOX, N. C., PHELPS, C. H. The diagnosis of mild cognitive impairment due to Alzheimer's disease: Recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. **Alzheimer's & Dementia**, v. 7, n. 3, p. 270–279, 2011. doi:10.1016/j.jalz.2011.03.008

ALZHEIMER'S ASSOCIATION. 10 Early Signs and Symptoms of Alzheimer's. Disponível em <https://www.alz.org/alzheimers-dementia/10_signs>. Acesso em: jun 2019.

_____. BASICS OS ALZHEIMER'S DISEASE. 2016. Disponível em: <https://www.alz.org/national/documents/brochure_basicsofalz_low.pdf>. Acesso em: 2018.

_____. MILD COGNITIVE IMPAIRMENT (MCI). Disponível em https://www.alz.org/alzheimers-dementia/what-is-dementia/related_conditions/mild-cognitive-impairment. Acesso em: 2018.

_____. Mild cognitive impairment (MCI). 2017. Disponível em: <<https://www.alz.org/media/Documents/alzheimers-dementia-mild-cognitive-impairment-ts.pdf>>. Acesso em: jun 2019.

ALZHEIMER'S DISEASE INTERNATIONAL. World Alzheimer Report 2015 Alzheimer's Disease International (ADI), London. August 2015. Copyright © Alzheimer's Disease International.

AI-QAZZAZ, N. K. et al., Review Article: Role of EEG as Biomarker in the Early Detection and Classification of Dementia. **The Scientific World Journal**. Volume 2014, Article ID 906038, 16 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/906038>

AMJAD, I., TOOR, H., NIAZI, I. K., PERVAIZ, S., JOCHUMSEN, M., SHAFIQUE, M., AHMED, T. Xbox 360 Kinect Cognitive Games Improve Slowness, Complexity of EEG, and Cognitive Functions in Subjects with Mild Cognitive Impairment: A Randomized Control Trial. **Games for Health Journal**. 2019 doi:10.1089/g4h.2018.0029

BAKER, M., AKROFI, K., SCHIFFER, R., O'BOYLE, M. W. EEG Patterns in Mild Cognitive Impairment (MCI) Patients. **The Open Neuroimaging Journal**, v. 2, p. 52-55, 2008.

BARNES, D. E., & YAFFE, K. The projected effect of risk factor reduction on Alzheimer's disease prevalence. **The Lancet Neurology**, v. 10, n. 9), p. 819–828, 2011 doi:10.1016/s1474-4422(11)70072-2

BUSSE AL, JACOB-FILHO W, MAGALDI RM, et al. Effects of Resistance Training Exercise on Cognitive Performance in Elderly Individuals with Memory Impairment: Results of a Controlled Trial. **Einstein**, v. 6, p. 402-407, 2008.

CASPERSEN, C J. et al. Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. **Public Health Reports**. v. 100, n. 2, p. 126-131, 1985. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1424733/pdf/pubhealthrep00100-0016.pdf>.

COHEN, M. X. Where Does EEG Come from and What Does It Mean? **Trends in Neurosciences**, v. 40, n. 4, p. 208–218, 2017. doi:10.1016/j.tins.2017.02.004

_____. It's about Time. **Frontiers in Human Neuroscience**, v.5, 2011. doi:10.3389/fnhum.2011.00002

COLCOMBE SJ, KRAMER AF, ERICKSON KI, et al. Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. **Proc Natl Acad Sci**, v. 101, p. 3316-3321, 2004.

CRABBE, J. B., & DISHMAN, R. K. Brain electrocortical activity during and after exercise: A quantitative synthesis. **Psychophysiology**, v. 41, n. 4, p. 563–574, 2004 doi:10.1111/j.1469-8986.2004.00176.x

EEG Pocket Guide. iMotions, 2017

FARINATTI, P. T. V. Teorias biológicas do envelhecimento: do genético ao estocástico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.8, n. 4, jul./ago, 2002.

FAUZAN, N., & AMRAN, N. H. Brain Dynamics of Mild Cognitive Impairment (MCI) from EEG Features. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 165, p. 284–290, 2015 doi:10.1016/j.sbspro.2014.12.633.

FINZI, F de R, LIMA S R, BORGES L J. ATIVIDADE FÍSICA E DOENÇA DE ALZHEIMER: Análise da Produção Científica. **Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte**, 2011. Disponível em: <http://congressos.cbce.org.br/index.php/conbrace2011/2011/paper/viewFile/3613/1310>.

GUTMANN, B., MIERAU, A., HÜLSDÜNKER, T., HILDEBRAND, C., PRZYKLENK, A., HOLLMANN, W., & STRÜDER, H. K. Effects of Physical Exercise on Individual Resting State EEG Alpha Peak Frequency. **Neural Plasticity**, p.1–6, 2015. doi:10.1155/2015/717312.

HONG, S.-G., KIM, J.-H., & JUN, T.-W. Effects of 12-Week Resistance Exercise on Electroencephalogram Patterns and Cognitive Function in the Elderly with Mild Cognitive Impairment. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 1, 2017 doi:10.1097/jsm.0000000000000476

KLADOS, M. A., STYLIADIS, C., FRANTZIDIS, C. A., PARASKEVOPOULOS, E., BAMIDIS, P. D. Beta-Band Functional Connectivity is Reorganized in Mild Cognitive Impairment after Combined Computerized Physical and Cognitive Training. **Frontiers in Neuroscience**, v. 10, 2016. doi:10.3389/fnins.2016.00055

KLIMESCH, W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. **Brain Research Reviews**, v. 29, p. 169-195, 1999.

KOEPSSELL, T. D., MONSELL, S. E. Reversion from mild cognitive impairment to normal or near-normal cognition: Risk factors and prognosis. **Neurology**, v. 79, n. 15, p. 1591–1598, 2012. doi:10.1212/wnl.0b013e31826e26b7

KRAMER, A. F., COLCOMBE, S. Fitness Effects on the Cognitive Function of Older Adults: A Meta-Analytic Study—Revisited. **Perspectives on Psychological Science**, v. 13, n. 2, p. 213–217, 2018. doi:10.1177/1745691617707316

KRAMER, A. F., ERICKSON, K. I. Effects of physical activity on cognition, well-being, and brain: Human interventions **Alzheimer's & Dementia**, v. 3, n. S45–S51, 2007.

LARDON, M. T., POLISCH, J. EEG changes from long term physical exercise. **Biological Psychology**, v. 44, p. 19-30, 1996.

LIU-AMBROSE T, DONALDSON MG, AHAMED Y, et al. Otago Home-Based Strength and Balance Retraining Improves Executive Functioning in Older Fallers: A Randomized Controlled Trial. **J Am Geriatr Soc**. v. 56, p. 1821-1830, 2008.

LOPES, L.C., ARAÚJO, L.M.Q., CHAVES, M.L.F., IMAMURA, M., OKAMOTO, I.H., RAMOS, A.M., SATOMI, E., STEIN, A.T., CENDOROGLIO, M.S., SOUZ A, M.C., APOLINÁRIO, D., ANDRADA, N.C., **Doença de Alzheimer: Prevenção e Tratamento. Diretrizes clínicas na saúde suplementar**. Associação Médica Brasileira e Agencia Nacional de Saúde Suplementar. Janeiro, 2011.

LOPRINZI, P. D., BLOUGH, J., RYU, S., KANG, M. Experimental effects of exercise on memory function among mild cognitive impairment: systematic review and meta-analysis. **The Physician and Sportsmedicine**. 2018
doi:10.1080/00913847.2018.1527647

MORAES, H. S. de. **O efeito agudo do exercício físico no humor, na cognição e no EEG de jovens, idosos depressivos e idosos saudáveis**. (Dissertação de Mestrado) Rio de Janeiro: UFRJ/Instituto de Psiquiatria, 2009.

NATIONAL INSTITUTE ON AGING. What is Alzheimer's Disease? 2017. Disponível em: <<https://www.nia.nih.gov/health/what-alzheimers-disease>>. Acesso em: 2018.

PEDROSO, R. V., CANCELA, J. M., AYÁN, C., STEIN, A. M., FUZARO, G., COSTA, J. L. R., FRAGA, F. J., SANTOS-GALDURÓZ, R. F. Effects of Physical Exercise on the P300 of Elderly with Alzheimer's Disease. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 15, n. 6, p. 403–410, 2018. doi:10.1123/jpah.2017-0179

POIL, S-S., HAAN, W. de, FLIER, W. M. van der, MANSVELDER, H. D., SCHELTENS, P., LINKENKAER-HANSEN, K. Integrative EEG biomarkers predict progression to Alzheimer's disease at the MCI stage. *Front. Aging Neurosci.*, v. 03, October 2013. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2013.00058>

PRICHEP, L. S., JOHN, E. R., FERRIS, S. H., RAUSCH, L., FANG, Z., CANCRO, R., REISBERG, B. Prediction of longitudinal cognitive decline in normal elderly with subjective complaints using electrophysiological imaging. **Neurobiology of Aging**, v. 27, n. 3, p. 471–481, 2006. doi:10.1016/j.neurobiolaging.2005.07.02

SACHDEV, P. S., LIPNICKI, D. M., CRAWFORD, J., REPPERMUND, S., KOCHAN, N. A., TROLLOR, J. N., WEN, W., DRAPER, B., SLAVIN, M. J., KANG, K., LUX, O., MATHER, K. A., BRODATY, H. Factors Predicting Reversion from Mild Cognitive Impairment to Normal Cognitive Functioning: A Population-Based Study. **PLoS ONE**, v. 8, n. 3, 2013. doi:10.1371/journal.pone.0059649

SANCHEZ-LOPEZ J, SILVA-PEREYRA J, FERNA NDEZ T, ALATORRE-CRUZ GC, CASTRO-CHAVIRA SA, GONZALEZ-LOPEZ M, et al. High levels of incidental physical activity are positively associated with cognition and EEG activity in aging. **PLoS ONE**. v. 13, n. 1, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191561>

SAYEG, N. Epidemiologia. AlzheimerMed. Disponível em: <<http://www.alzheimermed.com.br/conceitos/epidemiologia>>. Acesso em: 2018.

SHIMADA, H., MAKIZAKO, H., DOI, T., LEE, S., LEE, S. Conversion and Reversion Rates in Japanese Older People with Mild Cognitive Impairment. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 18, n. 9, p. 808.e1–808.e6, 2017. doi:10.1016/j.jamda.2017.05.017

SILVA, F. L da. EEG and MEG: Relevance to Neuroscience. **Neuron**, v. 80, n. 5, p. 1112–1128, 2013. doi:10.1016/j.neuron.2013.10.017

STEIN, A.M. EFEITO DO TREINAMENTO AERÓBIO NOS NÍVEIS DO FATOR DE CRESCIMENTO SEMELHANTE À INSULINA-1 E FUNÇÕES COGNITIVAS NA DOENÇA DE ALZHEIMER. Rio Claro, 2017, 160f.

STIGGER, F., MARCOLINO, M. A. Z., PORTELA, K. M., & PLENTZ, R. D. M. Effects of Exercise on Inflammatory, Oxidative and Neurotrophic Biomarkers on Cognitively Impaired Individuals Diagnosed with Dementia or Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis. **The Journals of Gerontology: Series A**. 2018. doi:10.1093/gerona/gly173

STRIMBU, K., & TAVEL, J. A. What are biomarkers? **Current Opinion in HIV and AIDS**, v. 5, n. 6, p. 463–466, 2010. doi:10.1097/coh.0b013e32833ed177

STYLIADIS, C., KARTSIDIS, P., PARASKEVOPOULOS, E., IOANNIDES, A. A., & BAMIDIS, P. D. Neuroplastic Effects of Combined Computerized Physical and Cognitive Training in Elderly Individuals at Risk for Dementia: An eLORETA Controlled Study on Resting States. **Neural Plasticity**, v. 2015, p. 1–12, 2015. doi:10.1155/2015/172192

TAYLOR, M. E., BORIPUNTAKUL, S., TOSON, B., CLOSE, J. C. T., LORD, S. R., KOCHAN, N. A., ... DELBAERE, K. The role of cognitive function and physical activity in physical decline in older adults across the cognitive spectrum. **Aging & Mental Health**, p. 1–9, 2018. doi:10.1080/13607863.2018.1474446

TSAI, C.-L., UKROPEC, J., UKROPCOVÁ, B., & PAI, M.-C. An acute bout of aerobic or strength exercise specifically modifies circulating exercise levels and neurocognitive functions in elderly individuals with mild cognitive impairment. **Neuroimage: Clinical**, v. 17, p. 272–284, 2018. doi:10.1016/j.nicl.2017.10.028

VIDONI, E. D., JOHNSON, D. K., MORRIS, J. K., SCIVER, A. V., GREER, C. S., BILLINGER, S. A., DONNELLY, J. E., BURNS, J. M. Dose-Response of Aerobic Exercise on Cognition: A Community-Based, Pilot Randomized Controlled Trial. V. July 9, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131647>

VITAL, T.M.; COELHO, F.G.M.; ANDRADE, L.P.; NASCIMENTO, C.M.C.; COSTA, J.L.R. Doença de Alzheimer. In: COELHO, F.G.M.; GOBBI, S.; COSTA, J.L.R.; GOBBI, L.T.B. **Exercício físico no envelhecimento saudável e patológico: da teoria à prática**. Curitiba (PR): Editora CRV, 2013, p. 185-200.

ZHU, Y., WU, H., QI, M., WANG, S., ZHANG, Q., ZHOU, L., WANG, S., WANG, W., WU, T., XIAO, M., YANG, S., CHEN, H., ZHANG, L., ZHANG, K. C., MA, J., WANG, T.. Effects of a specially designed aerobic dance routine on mild cognitive impairment. **Clinical Interventions in Aging**, v. 13, p. 1691–1700, 2018. doi:10.2147/cia.s163067.