



COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

RODRIGO ALONSO FORTES – Maj Av

**O EQUILÍBRIO CORPORAL DOS PILOTOS COMO CRITÉRIO DE SELEÇÃO NAS
MISSÕES DE COMBATE**

Rio de Janeiro
2021

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

RODRIGO ALONSO FORTES – Maj Av

**O EQUILÍBRIO CORPORAL DOS PILOTOS COMO CRITÉRIO DE SELEÇÃO NAS
MISSÕES DE COMBATE**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso Avançado de
Comando e Estado-Maior da Escola de
Comando e Estado-Maior da Aeronáutica.
Linha de Pesquisa: Operações Militares.
Orientador: Rafael Batista Xavier.

Rio de Janeiro
2021

RESUMO

Os pilotos, quando em atividade aérea, são submetidos a situações diferentes das que ocorrem em seu habitat natural. Os seus órgãos sensores, principalmente o vestibular, podem se equivocar e sofrer desorientações espaciais. Diante disso, esse trabalho teve como objetivo verificar a existência de estudos nacionais e internacionais que investigaram as condições do equilíbrio de pilotos, verificando se existem diferenças significativas entre eles e a possibilidade de utilizar essas informações como critério de seleção dos pilotos para o cumprimento das missões. Foram encontrados sete estudos que investigaram o sistema vestibular dos pilotos. Os resultados apresentaram diferenças significativas entre o sistema vestibular de pilotos e indivíduos não pilotos, porém essa diferença não foi significativa entre os pilotos investigados. Os estudos encontrados ocorreram em sua maioria com pilotos de caça, não ocorrendo com pilotos de outras aeronaves. Devido aos perfis de voo serem bastante diferentes (caça, helicóptero, transporte, etc), não foi possível confirmar a hipótese de que existem diferenças relevantes entre os sistemas vestibulares dos pilotos e que isso poderia favorecer a Força Aérea durante o planejamento de uma operação conjunta, gerenciando os riscos e aumentando o êxito das missões. Contudo, verificou-se que os chineses conseguiram estabelecer valores de referência para a seleção médica e avaliação fisiológica dos pilotos de caça da Força Aérea Chinesa.

Palavras-chave: sistema vestibular; pilotos; equilíbrio; voo.

ABSTRACT

Pilots, when in aerial activity, are subjected to situations different from those that occur in their natural habitat. Its sensory organs, especially the vestibular, can make mistakes and suffer spatial disorientation. Therefore, this work aimed to verify the existence of national and international studies that investigated the conditions of the balance of pilots, verifying whether there are significant differences between them and the possibility of using this information as a criterion for selecting pilots to fulfill the missions. Seven studies were found that investigated the pilots' vestibular system. The results showed significant differences between the vestibular system of pilots and non-pilot individuals, but this difference was not significant among the investigated pilots. The studies found occurred mostly with fighter pilots, not with pilots of other aircraft. Due to the very different flight profiles (fighter, helicopter, transport, etc), it was not possible to confirm the hypothesis that there are relevant differences between the pilots' vestibular systems and that this could favor the Air Force during the planning of a joint operation, managing risks and increasing mission success. However, it was found that the Chinese managed to establish reference values for the medical selection and physiological evaluation of the Chinese Air Force fighter pilots.

Key words: vestibular system; pilots; balance; flight.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

cVEMP - VEMP cervical

EM - Estado Maior

EMG - Eletronistagmografia

GVS - Estimulação Vestibular Galvânica

NOE - Navegação entre obstáculos

OE - Objetivos específicos

oVEMP - VEMP ocular

OVN - Óculos de visão noturna

PPC - Planejamento para Operações Conjuntas

RVE - Reflexo vestibulo-espinhal

RVO - Reflexo vestibulo-ocular

SCM - Músculo esternocleidomastóideo

SNC - Sistema Nervoso Central

VEMP - Potencial Evocado Miogênico Vestibular

vHIT - Vídeo teste de impulso cefálico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. Tema e Problema	6
1.2. Hipótese	7
1.3. Objetivos (Geral e Específicos)	7
1.4. Justificativa do Estudo.....	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	9
3. METODOLOGIA	16
4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	17
5. CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

1.1. Tema e Problema

O equilíbrio corporal, conceituado como a capacidade de manter-se ereto ou realizar movimentos corporais sem oscilações ou quedas (HORAK & MACPHERSON, 1996), é determinado pela integração funcional das informações provenientes das estruturas sensoriais do sistema vestibular periférico e central, proprioceptivo e visual (DIETERICH, 2004).

O ser humano, em seu “habitat natural”, dispõe desses três sistemas de informação que lhe permitem manter o equilíbrio. Quando submetido às condições diferentes daquelas do meio para o qual foi criado, como por exemplo em condições de voo, os órgãos sensores de que dispõe podem se equivocar e surgir desorientações espaciais, uma vez que as condições submetidas pela máquina superam suas condições de adaptação.

Essa situação anormal por vezes acaba levando a uma reação fisiológica conhecida como cinetose ou mal do movimento, que é caracterizada por náuseas, vômitos, palidez, sudorese fria e prostração. É uma crise neurovegetativa muito complexa e ligada ao movimento da aeronave.

Em um voo de navegação entre obstáculos (NOE), realizado por uma aeronave de asas rotativas (helicóptero), o objetivo primário é manter a posição oculta em relação ao inimigo. Para tanto, os pilotos voam a aproximadamente 30 ft em relação ao solo e a velocidades de até 120 kt, situação em que essas reações fisiológicas são facilmente perceptivas, podendo ser agravadas caso o voo ocorra no período noturno utilizando óculos de visão noturna (OVN).

Nessa missão, na qual os riscos inerentes ao perfil do voo são maiores do que em outras situações, o sucesso da missão estará associado ao preparo dos pilotos e, principalmente, às condições físicas dos mesmos.

Durante o processo de planejamento para Operações Conjuntas (PPC), o Comandante estabelece os Objetivos Operacionais e o Estado Maior (EM) realiza uma análise dos riscos inerentes à missão. Nesse momento, a correta seleção dos pilotos poderá servir como uma medida de controle dos riscos operacionais.

Diante do contexto exposto, surgiu a seguinte questão-problema: De que maneira o conhecimento dos parâmetros de equilíbrio corporal dos pilotos pode mitigar os riscos inerentes em uma missão de combate?

1.2. Hipótese

Conforme definição da MD30-M-01¹, os riscos podem ter uma ou mais causas. As causas podem ser requisitos, restrições ou condições potenciais, que podem ter sérias consequências para o cumprimento dos objetivos estabelecidos e, em última instância, levar à insegurança.

A mesma legislação define ainda que os riscos podem ser divididos em duas categorias para efeito de nível de decisão: risco para a campanha ou operação – visa o nível operacional; riscos para as Forças Componentes – visa o nível tático de emprego.

A correta escolha dos pilotos para cumprir determinadas missões de combate servirá como uma medida de controle do risco no nível tático.

A hipótese deste estudo é que existem diferenças relevantes entre os sistemas vestibulares dos pilotos, fazendo com que alguns apresentem uma melhor adaptação a determinados tipos de voo. Fatores estes que podem favorecer a Força Aérea Brasileira, durante o planejamento de uma Operação Conjunta, facilitando nas tomadas de decisões e no gerenciamento do risco, aumentando dessa forma o êxito nas missões.

1.3. Objetivos (Geral e Específicos)

A fim de responder a questão-problema, será realizado um levantamento bibliográfico dos estudos nacionais e internacionais que investigaram as condições do equilíbrio corporal de pilotos, objetivando verificar se existe alguma variação considerável de equilíbrio entre eles e em que medida essas informações podem ser utilizadas como critério de escolha dos pilotos para cumprimento das missões.

Para alcançar esse objetivo, será necessário atingir os seguintes objetivos específicos (OE):

OE-1: Investigar quais estudos pesquisaram o sistema vestibular de pilotos.

OE-2: Analisar os resultados apresentados nos estudos.

OE-3: Investigar se os estudos estabelecem valores de referência para os exames vestibulares de pilotos.

¹ BRASIL. Ministério da Defesa. **Doutrina de Operações Conjuntas – Volume 2.** MD30-M-01. Brasília: 2020.

1.4. Justificativa do Estudo

Os militares, especialmente os pilotos, são profissionais que devem manter-se em condições para desenvolver suas atividades sempre que necessário. Para isso, mantêm constante preparação física e mental que lhes proporcionam a prontidão exigida pela função. Dentre as obrigações a que estão sujeitos, consta a realização periódica de diversos exames e acompanhamento médico quando necessário. Na FAB, existe uma legislação, a ICA 160-6², que estabelece os parâmetros mínimos desejados para que os pilotos possam cumprir a atividade aérea e define as normas e rotinas para a execução das inspeções de saúde.

Essa mesma legislação prevê a realização do Exame Otoneurológico somente quando houver alguma manifestação clínica ligada ao labirinto do militar.

Entende-se que a Força Aérea deve se manter atenta à saúde e ao bem-estar do elemento fundamental da sua formação: o Homem. Os militares ligados a atividade aérea, em especial, por desempenharem suas atividades em ambiente diferente do habitat natural do ser humano, estão ainda mais propensos às desorganizações de diversas naturezas, dentre elas as ligadas à alteração do sistema vestibular.

O estado de saúde dos pilotos, incluindo o equilíbrio corporal, é fator relevante para se cumprir alguns tipos de missões e atingir o êxito nos resultados. Além disso, perante os riscos apresentados para o cumprimento dos objetivos, a seleção do piloto mais capacitado/adaptado poderá minimizar parte dos riscos previstos durante o planejamento e tornar a missão viável.

Conhecer as características dos pilotos, especificamente em relação ao seu equilíbrio corporal, facilitará o escalante³ da Unidade Aérea na hora de selecionar o piloto e aumentará a chance de sucesso.

Considerando a relevância do equilíbrio corporal para os pilotos, e o fato da FAB realizar o gerenciamento do risco operacional, principalmente quando em planejamento de Missões Conjuntas, justifica-se a realização deste estudo, que buscará aprofundar o conhecimento nesta área, visando o emprego de missões em combate.

² BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Saúde. **Instruções Técnicas das Inspeções de Saúde na Aeronáutica**. ICA 160-6. Rio de Janeiro: 2016.

³ Militar responsável pela confecção das escalas de voo de uma Unidade Aérea.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O homem possui a habilidade de manter a sua postura em relação ao seu ambiente natural, em repouso ou em movimento. Ele foi projetado para manter a orientação espacial no solo. Por outro lado, o ambiente de voo é bastante hostil e desconhecido para o corpo humano, e pode criar ilusões e conflitos sensoriais que tornam a orientação espacial difícil, podendo ser impossível em alguns casos (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2007).

Segundo Silveira (2011), o organismo humano precisa definir sua posição em relação ao ambiente. Para isso, ele dispõe de um sistema que permite que as partes de seu corpo possam se orientar em relação ao espaço que o cerca. Esse sistema é gerenciado pelo cérebro, que recebe, analisa e interpreta as informações dos sistemas sensoriais periféricos: a visão, o sistema vestibular e o sistema proprioceptivo.

O Sistema Nervoso Central (SNC) processa os sinais advindos dos articuladores e labirintos, combinando-os com as outras informações sensoriais, promovendo a estimulação da orientação cefálica. A partir disso, o Sistema Nervoso Central transmite uma resposta aos músculos extraoculares e à medula espinhal para preparar dois reflexos fundamentais para o equilíbrio corporal: o reflexo vestibulo-ocular (RVO) e reflexo vestibulo-espinhal (RVE) (HAIN et al., 2002).

O RVO é o reflexo responsável por controlar os movimentos dos olhos quando a cabeça faz movimentos angulares de alta frequência. O objetivo é garantir que a imagem visual fique estável mesmo durante o movimento cervical. O RVE, por sua vez, é o reflexo ativado com o objetivo de estabilizar o corpo quando a cabeça faz movimentos naturais (GONÇALVES et al., 2014).

Os desempenhos do RVO e do RVE são supervisionados pelo SNC, e sempre que necessário, são readequados num processo adaptativo. Essa capacidade de adaptação é tão notável que após a retirada de metade do sistema vestibular periférico, por meio de uma secção unilateral do nervo vestibular, é difícil se observar evidências clínicas de disfunção vestibular (HAIN et al., 2002).

Conforme estes autores, a associação entre a visão, a propriocepção, a audição, a sensibilidade tátil e as estratégias cognitivas representam um conjunto multimodal e altamente estruturado de mecanismos centrais que agem sobre o movimento iminente, permitindo ao sistema vestibular basear-se neste conjunto sensorial e acionar as demandas para que o equilíbrio corporal aconteça (HAIN et al.,

2002).

As informações oriundas dos sistemas periféricos devem ser concordantes entre si para que haja um processamento correto no sistema nervoso central, caso contrário, ocorrerá uma desorientação espacial, podendo ser classificada de três formas: incapacitante, na qual apesar de o indivíduo perceber que está desorientado, devido a gravidade da situação, não consegue usar os recursos complementares para se orientar; corrigível, quando o indivíduo consegue perceber a desorientação e é capaz de usar os recursos complementares a tempo de corrigir a situação; e finalmente, a imperceptível, na qual não há a sensação de desorientação em um nível consciente, impossibilitando que o indivíduo tome as ações corretivas (SILVEIRA, 2011).

Segundo Rodrigues (2016), são diversas as causas para que aconteça uma situação de desorientação espacial, sendo que a maioria dessas situações são respostas fisiológicas a estímulos causados por um ambiente não comum para o ser humano. Dessa forma, independente de as ocorrências não estarem obrigatoriamente associadas com a patologia do piloto, verificou-se que os pilotos que não estavam integralmente saudáveis do ponto de vista físico e psicológico, eram os mais suscetíveis a essa situação.

Fatores fisiológicos podem provocar mudanças e reduções nas habilidades cognitivas básicas, além de reduzir o raciocínio do piloto, resultando em uma maior taxa de erros durante o voo (NOVAK; MRAZOVA, 2015).

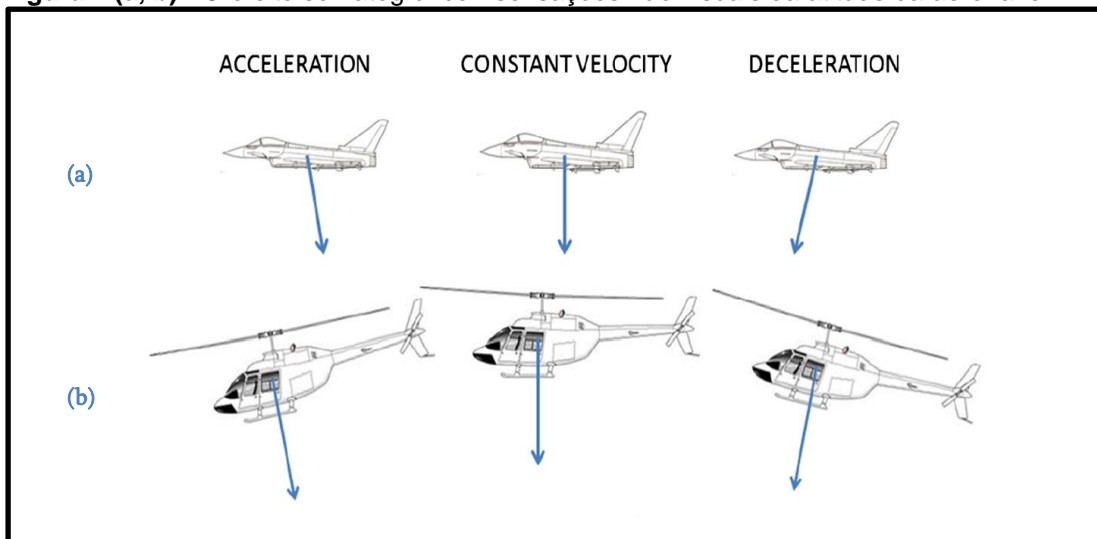
Conforme reportado por Stott (2013), ao voar em baixas alturas, o piloto precisa avaliar a sua altura através da proporção dos objetos que estão no seu campo de visão. Essa situação torna-se mais difícil quando as referências topográficas estão ausentes. Ressalta ainda que o voo em terreno montanhoso pode apresentar dificuldades para se definir a altura e a distância lateral em virtude de não existir um horizonte definido.

Em uma aeronave de asa fixa, a força resultante é derivada da soma de duas forças, a força de sustentação gerada pelas asas e a força associada ao empuxo, que promove a aceleração ou desaceleração na linha de voo. Para os tripulantes a bordo da aeronave, a força resultante estabelece uma sensação de vertical diferente da verdadeira, não estando mais alinhada com ela. Como resultado, um avião ao acelerar, tende a parecer mais inclinado para cima e, ao desacelerar, a sensação é que o nariz está mais para baixo do que realmente ele está (Figura 1a).

No helicóptero, a força gerada pelo rotor principal é a única fonte de força, tanto para subir a aeronave quanto para prover uma aceleração ou desaceleração para a frente. A aceleração à frente só pode ser alcançada colocando o helicóptero em uma atitude de nariz para baixo. No entanto, a força do rotor principal permanece predominantemente perpendicular à aeronave. Dessa forma, um helicóptero parece estar em uma atitude nivelada, independente dele estar acelerando, em velocidade constante ou desacelerando (Figura 1b) (STOTT,2013).

Esses exemplos são conhecidos como efeitos somatográfico.

Figura 1 (a, b) - O efeito somatográfico - sensações não visuais da atitude da aeronave



Fonte: STOTT (2013).

O mesmo autor ainda destaca o efeito somatográfico como um grande causador de desorientação em pilotos de helicóptero:

O efeito somatográfico inadvertido pode ocorrer em todas as aeronaves, mas é um problema mais comum em helicópteros. Um helicóptero não tem fonte de força na direção longitudinal da fuselagem. A fim de acelerar na linha de voo, um helicóptero tem que inclinar o nariz para baixo para que uma componente da força de sustentação gerada pelo rotor atue em direção à frente. A ilusória sensação de subida que acompanha a aceleração para frente quase compensa a atitude real de nariz baixo necessária para alcançar aquela aceleração e, em consequência, a aeronave continua em um voo nivelado (STOTT, 2013, tradução nossa).

Essa situação faz com que os pilotos acreditem que estão em uma situação diferente da real. Com ausência de referências visuais, o cérebro irá interpretar de forma incorreta as sensações do organismo, principalmente as do labirinto.

Os pilotos de helicópteros operam em ambientes bem diferentes daqueles que voam aeronaves de asa fixa, por isso é comum que as ilusões experimentadas pelos pilotos de helicóptero sejam diferentes (MATTHEWS; PREVIC; BUNTING, 2002). Em seu estudo, os autores reportaram que apenas 11% dos pilotos pesquisados, de diversos tipos de aeronaves, relataram problemas de desorientação espacial quando utilizando óculos de visão noturna (OVN), sendo que supostamente os pilotos de helicóptero eram os que mais voavam com os OVN, e que 72% desses pilotos reportaram problemas de desorientação.

Estatísticas da Força Aérea dos Estados Unidos sobre fatores que contribuem para incidentes durante os voos apontam para algumas condições nas quais os pilotos estão altamente suscetíveis a perda da orientação espacial. Todo esse conhecimento e experiência devem ser observados e ressaltados durante o planejamento das missões e nos *briefings* para que os pilotos possam estar atentos. Condições meteorológicas degradadas, voos noturnos sem lua sobre a água e uso de óculos de visão noturna são todos fatores de risco conhecidos (SMALL et al., 2005).

Para estudar e cuidar do complexo mecanismo que envolve o sistema vestibular periférico e central, existe a Otoneurologia que é a especialidade responsável por avaliar e tratar do equilíbrio corporal e da audição, além de suas relações com o SNC (GANANÇA e CAOVILLA, 2000).

É vasta a oferta de exames que avaliam o sistema vestibular. Nishino (2013) classifica a bateria de testes para identificar alterações no sistema vestibular como testes vestibulares sem registro e testes vestibulares com registro. Dentre os primeiros, cita-se o estudo do equilíbrio estático-dinâmico, a função cerebelar e a avaliação dos pares cranianos, e dentre os testes com registro estão as provas oculomotoras. As provas oculomotoras fazem o registro do nistagmo, que na Otoneurologia, é o movimento ocular de maior interesse.

O nistagmo é definido como um movimento dos olhos que acontece involuntariamente e de forma rítmica, sendo constituído por uma componente lenta e uma componente rápida, que agem em direções opostas. Ainda, o nistagmo é apontado como um dos elementos do RVO (NISCHINO, 2013).

A mesma autora ressalta que a componente lenta se origina na porção periférica do sistema vestibular, enquanto a componente rápida tem sua origem na porção central deste sistema, mais especificamente na formação reticular, cuja função é a correção do desvio do olhar central. Portanto, a ação da componente lenta é para

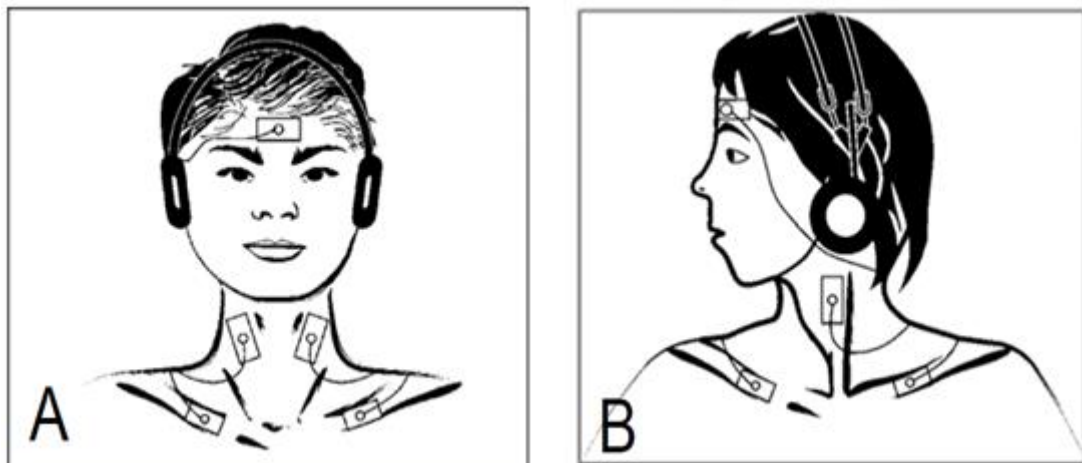
promover a fixação do olhar durante o movimento cefálico, enquanto a componente rápida promove a compensação do espaço percorrido neste movimento (NISHINO, 2013).

Além das provas oculomotoras, que permitem a captação do nistagmo e estudo do RVO, outros exames são amplamente utilizados para avaliar o sistema vestibular na atualidade, destacando-se o Potencial Evocado Miogênico Vestibular (VEMP) (FELIPE et al., 2012; PEREIRA et al., 2015) e o vídeo teste de impulso cefálico (vHIT) (WUYTS, 2008).

Conforme Cal et al. (2014), diferentemente de outros testes, o Potencial Evocado Miogênico Vestibular, advindo do inglês *Vestibular Evoked Myogenic Potentials*), é um teste que avalia a função dos órgãos otolíticos, e que pode fornecer informações sobre a função do sáculo e da porção inferior do nervo vestibular, e do utrículo e porção superior do nervo vestibular. Inicialmente, o VEMP era registrado apenas no músculo esternocleidomastoideo ipsilateral ao estímulo, conhecido como VEMP cervical ou cVEMP. Mais recentemente, foi descrito o registro nos músculos extraoculares contralaterais, conhecido como VEMP ocular ou oVEMP.

O Potencial Evocado Miogênico Vestibular (VEMP) é um potencial de curta latência, captado em diferentes músculos do corpo a partir de estímulos sonoros de forte intensidade, vibração ou estimulação elétrica (OLIVEIRA, 2015). Essa autora recomendou que a captação do cVEMP seja realizada com o paciente sentado, com a cabeça virada para o lado contrário ao da estimulação auditiva (Figura 2), garantindo que haja a contração tônica do músculo esternocleidomastoideo.

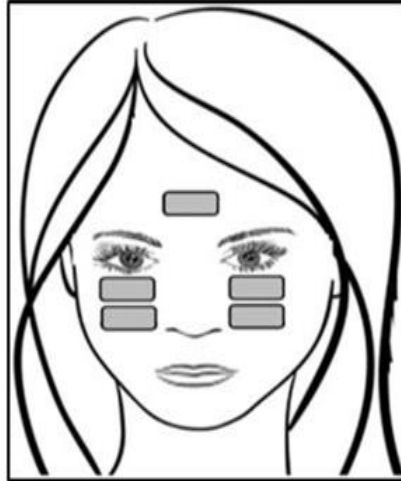
Figura 2 - posição dos eletrodos (A) e da posição cefálica (B) para a captação do cVEMP



Fonte: Ribeiro et al. (2005)

Já para a captação do oVEMP (Figura 3), o paciente deve permanecer sentado olhando para cima, garantindo que haja a contração da musculatura orbicular dos olhos.

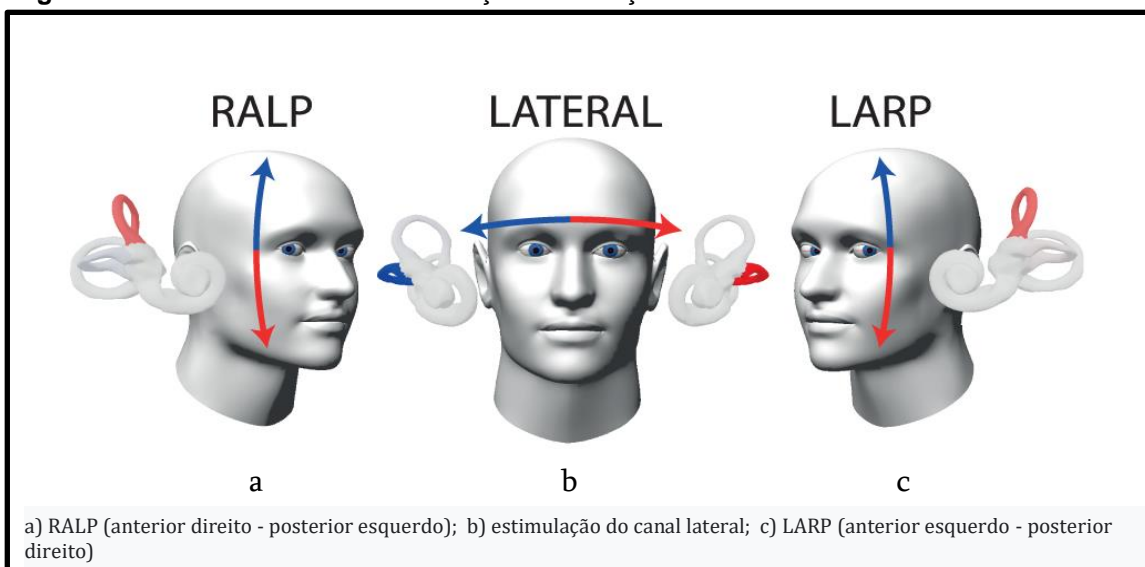
Figura 3 - posição dos eletrodos para captação do oVEMP



Fonte: <https://dizziness-and-balance.com/testing/VEMP/ovemp.html>

O vídeo teste de impulso cefálico (vHIT, do inglês *vídeo-head impulse test*) por sua vez, consiste no monitoramento dos movimentos dos olhos conforme o paciente fixa o olhar em um alvo estacionário enquanto a cabeça é girada manualmente e de forma inesperada nos planos horizontal ou vertical (Figura 4), usando pequena amplitude com alta velocidade e alta aceleração de movimentos (WUYTS, 2008).

Figura 4 - Procedimento de movimentação da cabeça associado ao movimento dos olhos



Fonte: MACDOUGALL et al., (2013)

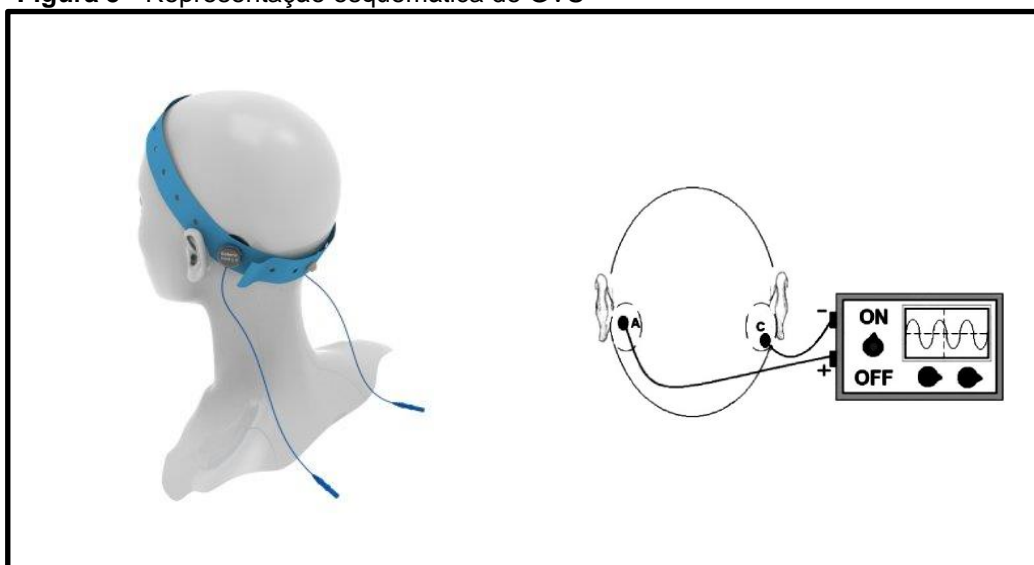
O vHIT permite ao examinador refinar o diagnóstico clínico e determinar se o nervo vestibular inteiro está afetado ou apenas um ramo dele. Combinado com o Potencial Evocado Miogênico Vestibular (VEMP) para otólitos, permite que a função de todos os órgãos dos sentidos vestibular possam ser testados (MACDOUGAL et al., 2013).

Outro método utilizado é a Estimulação Vestibular Galvânica (GVS), que consiste de uma estimulação não invasiva utilizada para afetar o sistema vestibular, visando uma alteração no equilíbrio. As evidências mostram que os efeitos sobre humanos são irrelevantes, consistindo em leves sensações de vibrações retroauriculares transitórias. Essa característica torna o GVS único, quando comparado com outros estímulos modulatórios vestibulares, como por exemplo, o calórico (Rizzo-Sierra, C.V., Gonzalez-Castaño, A., Leon-Sarmiento, F.E, 2014).

Ainda segundo os autores, o GVS polariza os nervos vestibulares, separando as cargas elétricas negativas e positivas em duas regiões distintas destas estruturas. Isso provoca uma ativação dos canais semicirculares, órgãos otólitos e nervos vestibulares adjacentes, modulando as respostas oculocinéticas, a postura, a relação de equilíbrio e a orientação espacial.

Conforme Rizzo-Sierra, Gonzalez-Castaño e Leon-Sarmiento (2014), a configuração mais utilizada é a bipolar bilateral. Nela, os eletrodos, ânodo e cátodo, são colocados atrás das orelhas (Figura 5).

Figura 5 - Representação esquemática de GVS



Fonte: Rizzo-Sierra, Gonzalez-Castaño e Leon-Sarmiento (2014) e <https://soterixmedical.com/research/vestibular>

Estes mesmos autores afirmaram que os pilotos, especialmente os de helicóptero, estão, por razões laborais, expostos a condições hostis ao corpo humano, favorecendo a ocorrência de malefícios sobre o sistema vestibular. Por este motivo, os autores julgaram urgente o estudo do sistema vestibular deste público.

Infere-se, portanto, que o estado de saúde do piloto é condição primordial para garantir o sucesso da missão, mitigando os riscos inerentes, preservando tanto a sua vida, como a vida da tripulação, assim como a manutenção das aeronaves e os demais patrimônios públicos brasileiros.

3. METODOLOGIA

Com base nos procedimentos técnicos utilizados, conforme a definição de Gil (2017), esse estudo tem características de um levantamento bibliográfico, no qual buscou-se estudos que abordaram como tema o sistema do equilíbrio corporal em pilotos. Os dados encontrados foram analisados de forma descritiva, a fim de compreender as conclusões apresentadas por estes estudos.

A primeira etapa deste trabalho foi a busca por estudos nas bases de dados *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE/PubMed)* e *Scientific Electronic Library Online (Scielo)*, e se deu no período compreendido entre fevereiro e maio de 2021. Buscou-se material nacional e internacional por meio da combinação dos seguintes descritores em inglês (DeCS), sem restrição de período, idioma ou nacionalidade, utilizando o operador booleano “AND”:

1. Vestibular AND Helicopter
2. Pilot AND Vestibular
3. Balance AND Vestibular AND Pilot
4. Balance AND Pilot AND Vestibular
5. Air Force AND Pilot AND Balance
6. Air Force AND Pilot AND Vestibular

Para inclusão do material, adotou-se os seguintes critérios:

- a) Texto completo;
- b) Acesso livre; e

c) Estudar o equilíbrio corporal de pilotos.

Após a análise dos estudos previamente selecionados, foram excluídos os que não apresentavam relação ao tema estudado e os que estavam repetidos em mais de uma base de dados. Foram incluídos sete estudos que atenderam aos critérios de inclusão.

A análise visou entender a relevância dos testes realizados, os valores obtidos e as possíveis diferenças apresentadas em relação aos diversos tipos de pilotos.

Os estudos foram apresentados inicialmente de forma descritiva, resumida e em ordem cronológica, a fim de alcançar o objetivo específico 1. Foi mencionado o objetivo, o público alvo, o foco dos exames realizados e a sua conclusão.

Posteriormente, realizou-se uma análise dos resultados buscando atingir o objetivo específico 2. E finalmente, foi apresentado se os estudos estabeleceram valores de referência para os exames vestibulares de pilotos, respondendo ao objetivo específico 3 deste trabalho.

Por fim, considerou-se que a restrição de estudos publicados e os públicos investigados (apenas pilotos de caça) representaram as principais limitações desse trabalho.

4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados apresentados abaixo referem-se ao objetivo específico 1 (OE-1). Visando facilitar a compreensão e a análise dos resultados, elaborou-se um quadro (Quadro 1) onde constam: autor e ano do estudo, país de origem, público pesquisado e o foco de análise do exame realizado nos estudos que pesquisaram o sistema vestibular de pilotos.

Quadro 1 - Estudos que investigaram o sistema vestibular de pilotos

(continua)

Estudo	Autor (es) / Ano	País	Público	Foco
1	Schwarz e Henn 1989	Suíça	Pilotos alunos	Nistagmo vestibular

Quadro 1 - Estudos que investigaram o sistema vestibular de pilotos

(continuação)

Estudo	Autor (es) / Ano	País	Público	Foco
2	Ahn 2003	Coreia do sul	Não especificado	Reflexo vestibulo-ocular
3	LEE, KIM e PARK 2004	Coreia do Sul	a) Pilotos alunos b) Não especificado	Reflexo vestibulo-ocular
4	XIE et al. 2011	China	Pilotos de Caça	Função utricular
5	XIE, BI e WANG 2014	China	Pilotos de Caça	Função sacular
6	Yang et al. 2015	China	Não especificado	Reflexo vestibulo-ocular
7	Zuma e Maia et al. 2015	Brasil	Pilotos de Caça	Reflexo vestibulo-ocular

Fonte: O Autor.

SCHWARZ e HENN (1989) estudaram a habituação vestibular em pilotos alunos. Eles mediram a dinâmica do nistagmo vestibular em 42 pilotos alunos militares com idades compreendidas entre 19 e 21 anos e compararam com 40 indivíduos não pilotos que também cumpriam os requisitos para o serviço militar obrigatório suíço. Foi observado que, após a estimulação, os pilotos alunos apresentaram um tempo de resposta do nistagmo mais curto quando comparado com os não pilotos, enquanto o ganho tendeu a ser maior. Essas mudanças apresentadas na dinâmica das respostas foram atribuídas à habituação.

Adicionalmente a isso, os pilotos alunos foram testados com estimulação vestibular visual conflitante. A resposta do nistagmo foi atrasada e atenuada quando comparada à estimulação no escuro. Nessas condições, aproximadamente 33 % dos

pilotos alunos tiveram enjoo, porém não foi encontrada relação entre a ocorrência de cinetose e o valor da constante de tempo e de ganho do nistagmo vestibular.

Por fim, os resultados mostraram não existir um valor único de referência para o nistagmo vestibular. Essa informação se torna relevante ao estipular os valores de referência para classificar os valores como “normais” ou “anormais” em testes vestibulares.

Um estudo (AHN, 2003) verificou as respostas vestibulares de curto prazo geradas através de rotações repetitivas, utilizando uma cadeira giratória. Os testes de reflexo vestibulo-ocular (RVO) foram realizados em 30 pilotos da Força Aérea da República da Coreia do Sul (ROKAF) e 30 indivíduos não pilotos em seis diferentes frequências de rotação (0,01, 0,02, 0,04, 0,08, 0,16 e 0,32 Hz). Em um outro teste, realizado separadamente, foram realizados testes RVO em uma única frequência (0,16 Hz) antes e depois de quatro testes sucessivos de velocidade. Os testes foram realizados em 25 pilotos e 25 indivíduos não pilotos, todos participantes do primeiro teste.

Os resultados mostraram ganhos normais de RVO dos pilotos, nas seis frequências listadas acima, em comparação com os não pilotos. Em contrapartida, os ganhos apresentados no teste a 16Hz mostrou pouca mudança para os pilotos, enquanto aumentou significativamente para os indivíduos não piloto.

Dessa forma, o trabalho conclui-se que o ganho de RVO pode ser uma medida importante e útil para diferenciar a função vestibular de pilotos e não pilotos. Contudo, o ganho de RVO pós-giratório pode ser suprimido para os pilotos.

Um terceiro estudo realizado também na Coreia do Sul (LEE; KIM; PARK, 2004) avaliou as alterações na função vestibular através da utilização do teste de aceleração harmônica lenta (SHA) e verificou a incidência e o momento em que ocorreu alguma alteração de função vestibular.

A amostra foi dividida em 6 grupos: controle (formado por soldados na Força Aérea da República da Coreia do Sul (ROKAF), pilotos alunos antes do treinamento de voo, pilotos alunos depois do treinamento de voo e mais 3 grupos de pilotos ativos divididos de acordo com suas horas totais de voo (de 200 a 300 horas, 300 a 1.000 horas e 1.000 a 2.000 horas). Todos os indivíduos eram do sexo masculino e seus históricos médicos e exames físicos comprovaram que suas funções visuais, vestibulares e neurológicas eram normais.

Durante o teste, realizados no escuro absoluto, os indivíduos permaneciam sentados em uma cadeira giratória com a cabeça apoiado e inclinada à frente, em um ângulo aproximado de 30°, visando obter a máxima estimulação dos canais semicirculares horizontais. Eles foram orientados a manterem os olhos abertos e permanecerem atentos, respondendo a perguntas contínuas e a cálculos aritméticos. Foram investigados o ganho, a fase e a simetria dos movimentos oculares horizontais ocorridos pelo teste de aceleração harmônica sinusoidal.

Os resultados mostraram um ganho significativamente maior quando comparados todos os 3 grupos de pilotos ativos com o grupo controle. Também apresentou um ganho do grupo de pilotos alunos após treinamento de voo quando comparado com o grupo de pilotos alunos antes do treinamento. Contudo, não houve diferenças significativas de ganho entre os 3 grupos de pilotos ativos ou entre os pilotos alunos antes do treinamento de voo com o grupo controle.

Cabe ressaltar que não foi possível estabelecer uma associação confiável entre as alterações da função do reflexo vestibulo-ocular (RVO) com outros fatores com o peso, altura e idade dos pilotos.

Um estudo chinês (XIE et al., 2011) teve como objetivo investigar os valores dos potenciais evocados miogênicos vestibulares oculares (oVEMP), através de estímulo acústico por via aérea, em pilotos de caça da Força Aérea Chinesa, visando estabelecer dados normativos para os oVEMPs para os pilotos da Força Aérea daquele país.

A amostra foi composta por 62 pilotos alunos de ambos os sexos, 30 masculinos e 32 femininos, com idades entre 19 e 24 anos (média de 20,5 anos), e 31 pilotos de caça da ativa, todos do sexo masculino com idade entre 25 e 41 anos (média de 31 anos). Todos os participantes estavam mental e fisicamente preparados, de acordo com os padrões de aptidão médica requeridos para os tripulantes da Força Aérea Chinesa. Nenhum deles possuía histórico de doenças do ouvido interno ou tontura.

Quanto ao procedimento, foram realizados estímulos acústicos do tipo *tone burst* de 97 dB nHL com polaridade rarefeita apresentada por meio de fones de inserção. Os oVEMPs bilaterais foram registrados simultaneamente usando estimulação acústica binaural.

Nenhuma diferença significativa foi verificada entre os pilotos de caça da ativa e os pilotos alunos do sexo masculino em termos dos parâmetros típicos do oVEMP. A única diferença significativa foi a amplitude de nI-pl (pico inicial negativo-pico inicial

positivo) encontrada entre os pilotos alunos do sexo feminino e masculino da mesma idade: $6,96 \pm 3,85 \mu\text{V}$ para pilotos alunos masculinos e $5,47 \pm 3,10 \mu\text{V}$ para pilotos alunos do sexo feminino.

Esses resultados preliminares de oVEMP de pilotos de caça e pilotos alunos foram estabelecidos como valores de referência. Dada a influência de questões relacionadas à fibra e força muscular, os autores deste estudo sugeriram que seja analisada a razão de assimetria entre as amplitudes e não a amplitude bruta. Ainda, os autores indicaram que valores de referência devem ser estabelecidos considerando cada gênero, sendo que cada instituição deve adotar os seus próprios valores normativos.

Outro estudo chinês (XIE; BI; WANG, 2014) objetivou investigar os parâmetros do cVEMP em pilotos de caça, visando estabelecer os valores de referência do VEMP para os pilotos de caça da Força Aérea Chinesa.

O estudo foi realizado com 126 pilotos de caça da Força Aérea Chinesa, todos do sexo masculino, com idades entre 25 e 44 anos, possuindo em média 1122,8 horas de voo (desvio padrão $\pm 550,9$ horas). Todos os voluntários estavam aptos física e mentalmente de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Força Aérea. Além disso, nenhum deles apresentava histórico de doenças do ouvido interno ou tontura e todos possuíam audição normal.

Os pilotos foram testados na posição sentada e os sinais de Eletro-otolitografia (EMG) foram amplificados e filtrados na banda de 30 e 3000 Hz. Para o cVEMP foram realizados estímulos acústicos do tipo *tone burst* de 100 dB nHL com polaridade rarefeita apresentada por meio de fones de inserção. Também foi solicitado aos pilotos que mantivessem suas cabeças elevadas, durante todo o período de registro, a fim de ativar o músculo esternocleidomastóideo (SCM) bilateral.

O estudo estabeleceu os valores de referência do cVEMP e estipulou dados sólidos para o teste cVEMP na seleção médica e para a avaliação fisiológica dos pilotos de caça da Força Aérea Chinesa. Além disso, indicou que a combinação do cVEMP com o valor calórico poderia fornecer uma avaliação mais abrangente para os pilotos militares.

Também na China, Yang et al. (2015) realizaram um estudo com o objetivo de investigar se as respostas posturais causadas pela estimulação vestibular galvânica (GVS) seriam diferentes entre pilotos e não pilotos.

O estudo contou com a participação de 12 pilotos (grupo 1), com idades entre 24 e 26 anos, que possuíam entre 320 e 400 horas de voo, e 12 alunos de pós-graduação (grupo 2), com idades entre 23 e 25 anos, representando a população de não pilotos. Nenhum dos participantes apresentavam histórico de déficits posturais ou vestibulares.

Para o teste de limiar GVS, os indivíduos foram orientados a ficarem descalços, com os olhos fechados, com a cabeça voltada para frente, mãos penduradas na lateral do corpo em com os pés a 30°. Foram ainda orientados a ficar relaxados e não se oporem ativamente à oscilação corporal induzida pelo GVS. O limiar foi determinado pelo experimentador com base na oscilação corporal visível definitiva. Para cada indivíduo, os limiares GVS foram definidos pelo ângulo nos dois lados, direito e esquerdo.

Também foi realizado o teste de oscilação corporal espontânea induzida por GVS. Nesse, os indivíduos foram orientados a ficar em pé sobre uma placa *footscan* 0,5 m com uma postura relaxada conforme a teste anterior.

Os resultados revelaram que os limiares GVS e a oscilação corporal espontânea foram semelhantes entre os dois grupos estudados, indicando que não houve diferenças na sensibilidade dos sistemas vestibulares dos pilotos e dos indivíduos não pilotos ao GVS. No entanto, verificou-se uma diferença significativa na magnitude do desvio corporal induzido por GVS entre os dois grupos, sendo menor para os pilotos, concluindo que os pilotos que apresentam menos desvio são menos suscetíveis a ilusões vestibulares.

Zuma e Maia et al. (2015) verificaram a ocorrência de alterações de alta frequência na função dos canais semicirculares em pilotos de caça da ativa da Força Aérea Brasileira. Para o estudo, foram definidos 3 grupos: o primeiro, composto por 20 soldados sem experiência em voo (grupo controle). O segundo, por 8 pilotos que possuíam entre 1000 e 2000 horas de voo. Por fim, o terceiro grupo, com 6 pilotos que possuíam entre 2001 e 3000 horas de voo. Os exames físicos e históricos médicos definiram que todos os militares possuíam visão, teste neurológicos e função vestibular normais.

Todos os grupos foram submetidos a um Vídeo Head Impulse Testing (vHIT). Os indivíduos foram instruídos a sentar em frente a um ponto de *laser*, projetado em uma tela a 1,5 m de distância. Com a sala mal iluminada, foram orientados a olhar para o alvo. Para testar cada canal semicircular, foram causados manualmente

aproximadamente 20 impulsos de cabeça para cada lado, com direções e tempos aleatórios. Já os impulsos verticais da cabeça foram provocados enquanto os indivíduos estavam sentados de frente para o alvo, porém com a cabeça girada aproximadamente 35° para a esquerda (para teste no plano dos canais semicirculares anterior direito e posterior esquerdo) ou para a direita (para teste no plano dos canais semicirculares anterior esquerdo e posterior direito).

Após a análise verificou-se que não houve alterações significativas nos valores de ganho entre os dois grupos de pilotos (grupo 2 e 3), sugerindo que o reflexo vestibulo-ocular (RVO) funciona bem nas altas frequências contidas nos movimentos naturais de cabeça. Foi relatado que a função vestibular dos pilotos era diferente dos indivíduos normais (grupo controle). Essa diferença foi associada a adaptação do reflexo vestibulo-ocular e pela habituação.

Analisando os resultados apresentados anteriormente, OE-2, verificou-se que os exames realizados nas pesquisas apresentaram diferenças significativas nos resultados quando foram comparados pilotos e não pilotos. Essa mesma significância ocorreu quando comparados pilotos alunos que já haviam iniciado a atividade aérea com aqueles que ainda não haviam iniciado ou que não eram pilotos. Por outro lado, essas diferenças foram insignificantes quando a comparação ocorreu entre militares que estavam exercendo a atividade aérea, independentemente da quantidade de horas voadas. Essas pequenas variações apresentadas nos resultados dos militares envolvidos com a atividade aérea foram atribuídas a habituação.

Uma informação relevante apresentada por SCHWARZ e HENN (1989) foi que as respostas de nistagmo foram atrasadas ou atenuadas quando realizadas em ambiente noturno. Nessa situação, 33 % dos pilotos alunos apresentaram episódios de cinetose. No voo noturno, os pilotos apresentam uma maior chance de cometer equívocos, surgindo então desorientações espaciais.

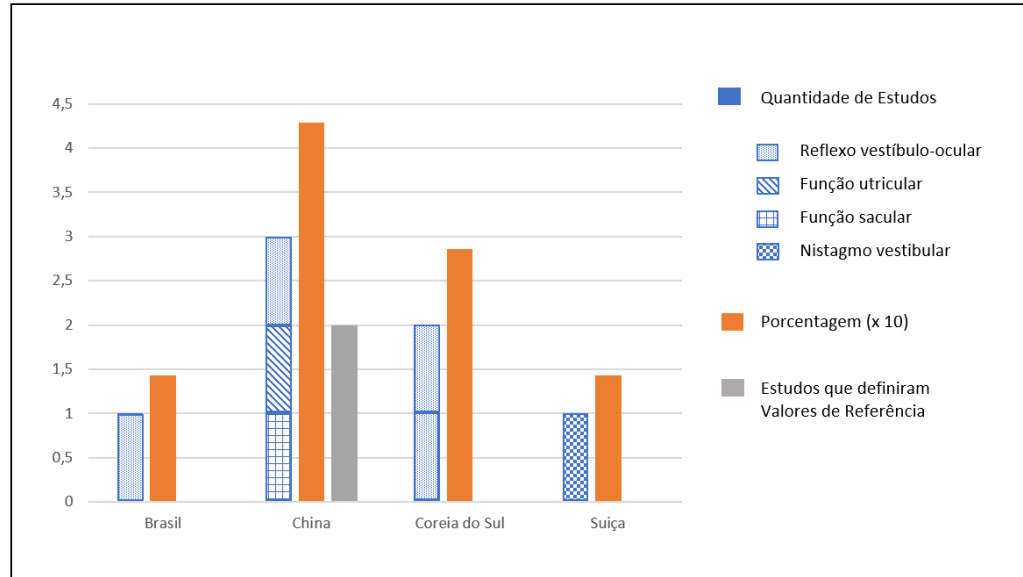
Além disso, mereceu destaque o estudo XIE et al. (2011), que apresentou uma diferença significativa entre as amplitudes de nl-pl encontrada entre os pilotos alunos do sexo masculino e feminino. O estudo sugeriu que essa diferença é devida à variação estrutural no volume muscular entre os homens e mulheres e que oVEMP seja analisado pela sua assimetria, e não na sua forma bruta.

Quanto ao objetivo específico 3 (OE-3), dentre os estudos encontrados, apenas dois (XIE et al., 2011) e (XIE; BI; WANG, 2014), propuseram definir os valores de referência. Foram estabelecidos e fornecidos os parâmetros VEMP, ocular e cervical

respectivamente, para serem utilizados pela Força Aérea Chinesa durante a seleção médica e avaliação fisiológica de seus pilotos de caça.

Quando analisada a distribuição dos exames e os países de origem (gráfico 1), verificou-se o predomínio de exames que focaram o reflexo vestibulo-ocular e ganhou destaque a China pela quantidade de estudos produzidos.

Gráfico 1 - Distribuição de exames e países de origem dos estudos encontrados



Fonte: O Autor.

Observou-se que 42% (3/7) das pesquisas encontradas foram realizadas na China. Este dado possivelmente encontra uma justificativa no fato de a China ser um país que está em constante crescimento e desenvolvimento, inclusive no campo militar, em busca da hegemonia mundial. Por outro lado, o Brasil, apesar de sua magnitude aérea, apresentou uma limitada participação no cenário da pesquisa do tema aqui abordado.

5. CONCLUSÃO

Apesar de ser um assunto de extrema relevância para o desempenho e segurança da atividade aérea, atualmente existem poucas pesquisas voltadas para o estudo do sistema vestibular de pilotos.

No geral, os resultados apresentados através dos estudos mostraram, em sua maioria, diferenças pouco relevantes entre os sistemas vestibulares dos pilotos. Todavia, os estudos encontrados que utilizaram pilotos da ativa, foram realizados com

pilotos de caça, não sendo encontrados estudos com pilotos de transporte, asas rotativas, etc. Devido às características específicas de cada tipo de voo, acredita-se que as condições fisiológicas possam se apresentar de maneiras distintas, podendo ser diferentes nesses distintos tipos de voo, o que ocasionaria em resultados diferentes.

Por fim, ratifica-se que existem poucos estudos que estudaram o sistema vestibular de pilotos, e que não foi possível confirmar ou refutar a hipótese de que existem diferenças relevantes entre os sistemas vestibulares de pilotos. Sugere-se que sejam realizados novos estudos diversificando o público de pilotos, principalmente pesquisando o sistema vestibular de pilotos de helicóptero, visando estabelecer para esse público valores de referência que possam ser utilizados como critério de escolha para cumprir determinadas missões de combate.

Ainda, considera-se válida a investigação quanto ao resultado que indicou a maior tendência de os pilotos apresentarem episódios de cinetose quando estavam operando no escuro, o que poderia ser passível de treinamento, além da diferença encontrada entre os valores de oVEMP de pilotos de sexo masculino e feminino, esclarecendo ser esta diferença de natureza orgânica ou não.

REFERÊNCIAS

- AHN, S.C. Short-term vestibular responses to repeated rotations in pilots. **Aviation, space, and environmental medicine**, Washington, 2003.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Saúde. Portaria DIRSA nº 39/SECSYTEC, de 31 de março de 2016. Aprova a primeira modificação da Instrução que trata das Inspeções de Saúde na Aeronáutica (ICA 160-6). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 057, 05 abr. 2016.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Portaria normativa nº 84/GM-MD, de 15 de setembro de 2020. Aprova a Doutrina de Operações Conjuntas (MD30-M-01) Volumes 1 e 2. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 178, 15 set. 2020.
- CAL, R. *et al.* Potenciais Evocados Miogênicos Vestibulares (VEMP). In: MAIA, F.C.Z.; ALBERNAZ, P.L.M.; CARMONA, S. **Otoneurologia Atual**, Rio de Janeiro: Revinter, 2014.
- DIETERICH, M. Easy, inexpensive, and effective: vestibular exercises for balance control. **Ann Intern Med**, Philadelphia, 2004.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Spatial Disorientation - Visual Illusions**, Oklahoma, 2007. Disponível em: https://www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/spatiald_visillus.pdf. Acesso em: 26 abr. 2021.
- FELIPE, L.; KINGMA, H.; GONÇALVES, D.U. Potencial evocado miogênico vestibular. **Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia**, São Paulo, v.16, n.1, p.103-107, 2012.
- GANANÇA, M.M.; CAOVIALLA, H.H. Como lidar com as tonturas e Sintomas Associados. In: GANANÇA, M.M. *et al.* **Estratégias Terapêuticas em Otoneurologia**. São Paulo: Editora Atheneu, 2000.
- GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GONÇALVES, D.U. *et al.* Vertigem na Infância. In: MEZZALIRA, R.; BITAR, R.S.M.; ALBERTINO, S. **Otoneurologia Clínica**, Rio de Janeiro: Revinter, 2014.
- HAIN, T.C.; RAMASWAMY, T.S.; HILLMAN, M.A. Anatomia e Fisiologia do Sistema Vestibular normal. In: HERDMAN, S.J. **Reabilitação Vestibular**. Barueri: Manole, 2002.
- HORAK, F.B; MACPHERSON, J.M. Postural orientation and equilibrium, In: ROWELL, L.B; SHERPHERD, J.T. (Ed.) **Handbook of physiology**: a critical, comprehensive presentation of physiological knowledge e concepts. New York: Oxford, 1996.

LEE, M.Y; KIM, M.S; PARK, B.R. Adaptation of the horizontal vestibuloocular reflex in pilots. **The Laryngoscope**, St. Louis, v. 114, n. 5, p. 897–902, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/00005537-200405000-00021>. Acesso em: 02 jun. 2021.

MACDOUGALL, H. G. *et al.* The Video Head Impulse Test (vHIT) Detects Vertical Semicircular Canal Dysfunction. **PLOS ONE**, [s. l.], 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061488>. Acesso em: 02 jun. 2021.

MATTHEWS, R.S.J; PREVIC, F.H; BUNTING, A. USAF Spatial Disorientation Survey. **RTO-MP-086: HFM Symposium on “Spatial Disorientation in Military Vehicles: Causes, Consequences and Cures”**, Coruña, 2002.

NISCHINO, L.K. Semiologia do exame vestibular. In: LOPES-FILHO, O. (Ed). **Novo Tratado de Fonoaudiologia**. São Paulo, 2013.

NOVAK, A; MRAZOVA, M. Research of physiological factors affecting pilot performance in flight simulation training device. **Communications - Scientific Letters of the University of Zilina**, Slovakia, 2015.

OLIVEIRA, A.C. Potenciais Evocados Cervical e Evocado na Avaliação Vestibular. In: In: BOÉCHAT, E.M. *et al.* **Tratado de Audiologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.

PEREIRA, A.B. *et al.* Cervical vestibular evoked myogenic potentials in children. **Braz J Otorhinolaryngol**, São Paulo, 2015.

RIBEIRO, S. ALMEIDA, R.R. CAOVILO, H.H. GANAÇA, M.M. Dos potenciais evocados miogênicos vestibulares nas orelhas comprometida e assintomática na Doença de Ménière unilateral. **Rev Bras Otorrinolaringol**, São Paulo, 2005. Disponível em: file:///C:/Users/mvrom/Downloads/Vestibular_evoked_myogenic_potentials_in_affected_.pdf. Acesso em: 15 jun. 2021.

RIZZO-SIERRA, C.V.; GONZALEZ-CASTAÑO, A; LEON-SARMIENTO, F.E. Galvanic vestibular stimulation: A novel modulatory countermeasure for vestibular-associated movement disorders. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0004-282X20130182>. Acesso em: 01 jun. 2021.

RODRIGUES, A.M. **Desorientação Espacial de Causa Vestibular na Aviação**. 2006. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Faculdade de Medicina, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.

SCHWARZ, U; HENN, V. Vestibular habituation in student pilots. **Aviation Space and Environmental Medicine**, Washington, 1989.

SILVEIRA, J.L.H. **Fatores Humanos e Aspectos de Medicina Aeroespacial**. Palhoça: Unisulvirtual, 2011.

SMALL, Ronald L. *et al.* A pilot spatial orientation aiding system. **Collection of Technical Papers - AIAA 5th ATIO and the AIAA 16th Lighter-than-Air Systems Technology Conference and Balloon Systems Conference**, Virginia, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.2514/6.2005-7431>. Acesso em: 26 abr. 2021.

STOTT, J.R.R. Orientation and disorientation in aviation. **Extreme Physiology and Medicine**, London, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/2046-7648-2-2>. Acesso em: 13 abr. 2021.

WUYTS, Floris. Principle of the head impulse (thrust) test or Halmagyi head thrust test (HHTT). **B-Ent**, Antwerp, 2008.

XIE, S.J; BI, H; WANG, J. Normal values of vestibular evoked myogenic potentials in Chinese healthy male military pilots. **Otolaryngol. Online. J.**, [s. l.], 2014.

XIE, S.J. *et al.* Ocular vestibular-evoked myogenic potentials in healthy pilots and student pilots. **Aviation Space and Environmental Medicine**, Washington, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.3357/ASEM.2977.2011>. Acesso em: 1 jun. 2021.

YANG, Yang *et al.* Comparison of postural responses to galvanic vestibular stimulation between pilots and the general populace. **BioMed Research International**, [s. l.], 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2015/567690>. Acesso em: 01 jun. 2021.

ZUMA E MAIA, F.C. *et al.* Assessment of the vestibuloocular reflex in fighter pilots with the video head impulse test. **Acta Oto-Laryngologica**, [s. l.], 2015.