

**A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE NA RESISTÊNCIA A FORÇA-G SOFRIDA NO VOO: COM ÊNFASE NA MANOBRA ANTI-G E NA APLICAÇÃO DURANTE A FORMAÇÃO DO PILOTO MILITAR<sup>1</sup>**

***THE INFLUENCE OF HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING ON G-FORCE RESISTANCE DURING FLIGHT: WITH EMPHASIS ON THE ANTI-G MANEUVER AND ITS APPLICATION DURING MILITARY PILOT TRAINING***

**Lucas Veloso Pinto<sup>2</sup>**  
André Caliarí Oliveira<sup>3</sup>  
Saulo de Souza Baptista<sup>4</sup>

**RESUMO**

Este trabalho teve como principal objetivo tratar acerca do impacto do Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT) no desenvolvimento fisiológico necessário ao piloto da Força Aérea Brasileira para tolerar e resistir melhor à Força-G. O estudo, primeiramente, busca reafirmar a importância do condicionamento físico no desempenho operacional do piloto, elencando fatores de maior relevância para isto e, a partir disso, destacando a Força-G como um ponto crucial neste quesito. Após isso, o trabalho busca analisar os efeitos fisiológicos no corpo humano, quando o mesmo é exposto a diferentes variações de aceleração. Ao longo do estudo a Anti-G Straining Maneuver (AGSM), manobra utilizada para resistir a maiores cargas “G” positivas, é analisada e são pontuados os principais fatores que a tornam efetiva, bem como outros aspectos que provocam uma resistência natural à Força-G. A pesquisa conta com uma extensa revisão bibliográfica, onde são analisados diversos estudos e artigos científicos a fim de verificar uma relação entre a prática de um tipo de treinamento específico, o HIIT, e uma melhor realização da AGSM, assim como uma maior tolerância a cargas “G”. Através destas análises e estudos, é possível verificar que o HIIT possui elevado nível de contribuição para a hipertrofia muscular e para os sistemas neuromuscular e cardiovascular, fatores os quais, se direcionados e adaptados de forma específica, podem agir, pontualmente, nos fatores que causam resistência a Força-G e otimizam a AGSM. Por fim, o trabalho busca analisar como a aplicação de programas específicos de HIIT pode ajudar os pilotos a responder melhor às exigências físicas impostas pelo voo, em específico a Força-G, elevando a segurança e o desempenho operacional.

**Palavras-chave:** Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT); Resistência à Força-G; Força-G; Anti-G Straining Maneuver (AGSM); Manutenção da operacionalidade; Preparação física de pilotos.

---

<sup>1</sup> Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea (AFA).

<sup>2</sup> Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma *Ártemis*, 2025).

<sup>3</sup> 2º Tenente QOCON MDS, Graduado em Educação Física pela UNI Santana. Especialista em Treinamento Desportivo pela UNIFESP, Mestre em Educação pelo Centro Universitário Moura Lacerda. E-mail: caliarico@fab.mil.br.

<sup>4</sup> Capitão QOMed, Graduado em Medicina pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Especialista em Residência em Clínica Médica pelo Instituto de Previdência dos Servidores do Estado de Minas Gerais. E-mail: baptistassb@fab.mil.br

## ABSTRACT

The main objective of this study was to discuss the impact of High Intensity Interval Training (HIIT) on the physiological development needed by Brazilian Air Force pilots to better tolerate and resist the G-Force. The study first seeks to reaffirm the importance of physical conditioning in the pilot's operational performance, listing the most relevant factors for this and, from this, highlighting the G-Force as a crucial point in this regard. After this, the work seeks to analyze the physiological effects on the human body when it is exposed to different acceleration variations. Throughout the study, the Anti-G Straining Maneuver (AGSM), a maneuver used to resist greater positive "G" loads, is analyzed and the main factors that make it effective are pointed out, as well as other aspects that cause a natural resistance to the G-Force. The research relies on an extensive literature review, where various studies and scientific articles are analyzed in order to verify a relationship between the practice of a specific type of training, HIIT, and a better performance of AGSM, as well as a greater tolerance to "G" loads. Through these analyses and studies, it is possible to verify that HIIT has a high level of contribution to muscle hypertrophy and to the neuromuscular and cardiovascular systems, factors which, if targeted and adapted in a specific way, can act, punctually, on the factors that cause resistance to the G-Force and optimize AGSM. Finally, the work seeks to analyze how the application of specific HIIT programs can help pilots respond better to the physical demands imposed by flight, specifically the G-Force, increasing safety and operational performance.

**Keywords:** High Intensity Interval Training (HIIT); G-Force Resistance; G-Force; Anti-G Straining Maneuver (AGSM); Maintenance of operability; Physical preparation of pilots.

## 1 INTRODUÇÃO

Na Força Aérea Brasileira (FAB), o condicionamento físico é visto como fundamental, Ribas (2018) destaca que o piloto, “através da realização de um adequado treinamento físico e psicofisiológico, poderá vir a otimizar suas performances na atividade aérea”. Para os pilotos, em particular aqueles em formação, os níveis de desempenho dependem, principalmente, do preparo mental e físico, tendo em vista o estresse e o esforço corporal que a atividade aérea exige, como a exposição a altas cargas de Força-G durante o voo.

O Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT), que por vezes possui diferentes variações e nomenclaturas e que, segundo Tabata (2019), teve como pioneiro o treinador sueco Gösta Holmér, com o método Farlek, é amplamente investigado por diversos estudos (Weston et al., 2014; Cao et al., 2019; e Oliveira et al., 2023) e alcançou destaque como estratégia eficaz na preparação física, principalmente para indivíduos que necessitam desenvolver resistência física e cardiovascular. Isso é particularmente relevante para os pilotos, pois o desenvolvimento de tais fatores pode otimizar a tolerância às adversidades do ambiente aéreo, permitindo uma melhor manutenção da capacidade operacional.

A Força-G, ou aceleração gravitacional, afeta diretamente o desempenho dos pilotos, especialmente durante manobras rápidas e intensas. Na aviação de caça, os tripulantes são frequentemente submetidos a grandes variações de Força-G, o que aumenta o risco de desorientação espacial e incidentes. Porém, essa exposição pode ocorrer em todas as especialidades de aviação, como Transporte, Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR) e até mesmo na aviação de Asas Rotativas, variando em intensidade e momento. Tal fato também se evidencia durante a formação dos pilotos, visto que é utilizada a doutrina da aviação de caça para a realização das instruções. Para lidar com esses desafios ligados à atividade aérea, é essencial que o piloto busque um constante desenvolvimento físico, o que pode ser alcançado por meio do HIIT, que melhora a capacidade anaeróbica e a recuperação cardiovascular, ajudando a manter a segurança e o desempenho operacional (Kölegård et al., 2013).

O Estágio de Adaptação Fisiológica, coordenado e aplicado por militares do Instituto de Medicina Aeroespacial (IMAE) aos cadetes aviadores da Academia da Força Aérea (AFA), é composto por uma série de atividades com o intuito de lhes proporcionar uma maior consciência de

suas limitações e os possíveis efeitos que a exposição a aceleração gravitacional pode causar. No ano de 2024, os cadetes da Turma Ártemis realizaram o estágio no IMAE e, durante a instrução prática da AGSM, foi notado pelo autor, bem como por outros cadetes, que aqueles que possuíam um bom condicionamento físico e realizavam treinos que iam de acordo com o HIIT aparentemente obtinham resultados acima dos demais, tal fato alimentou mais a tese que serviu de inspiração para essa pesquisa.

Apesar dos benefícios do HIIT serem reconhecidos por diversas pesquisas (Silva, 2024 e Oliveira, 2023), a literatura ainda carece de estudos focados especificamente na aplicação desta modalidade de treinamento para pilotos em formação. O que justifica tal investigação é a necessidade de fornecer uma base científica sólida que possa orientar o desenvolvimento de programas de treinamento eficazes para esse grupo, otimizando sua resistência física e prevenindo-os dos efeitos adversos da Força-G.

Dado o exposto, a presente pesquisa busca investigar: **De que forma a prática do Treinamento Intervalado de Alta Intensidade, bem como a sua aplicação durante a formação do piloto militar, podem ajudar a aumentar a resistência à Força-G?** Essa indagação direciona o estudo, feito por meio de revisão bibliográfica, para a análise do impacto fisiológico do HIIT na melhoria da capacidade cardiovascular e muscular, além de sua influência na tolerância à aceleração gravitacional.

## 1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo realizar análises de artigos, livros e pesquisas sobre a importância do condicionamento físico para o militar aviador e sobre os efeitos da força gravitacional no corpo dos aeronavegantes e, em seguida, destrinchar o HIIT. Com base nestes estudos, pretende-se relacionar os temas de forma a verificar a capacidade deste treinamento suprir as demandas fisiológicas necessárias para aumentar a tolerância à Força G. Ao final do estudo, espera-se compreender a relação entre o HIIT e a adaptação do piloto militar à exposição a acelerações gravitacionais, bem como avaliar o potencial de benefício do mesmo para o desempenho operacional em voo.

### 1.1.1 Objetivo geral

Esta pesquisa irá examinar as exigências fisiológicas para o piloto militar exercer sua atividade fim, principalmente no que diz respeito a tolerância à Força G, e analisar a relação disto com possíveis benefícios que o HIIT pode oferecer, buscando compreender o impacto do mesmo neste contexto.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- a) identificar os efeitos da Força-G sobre o corpo humano;
- b) caracterizar o que é necessário para aumentar a tolerância e proporcionar uma resposta mais eficiente aos seus impactos;
- c) analisar os aspectos fisiológicos em que o HIIT pode proporcionar melhorias; e
- d) estabelecer qual é a relação entre os aspectos fisiológicos estimulados pelo HIIT e os necessários para uma maior resistência aos impactos da Força-G aos pilotos militares.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O condicionamento físico é algo de extrema relevância para os militares da FAB, tendo em vista que o Estatuto dos Militares (Lei 6880/80) diz que o militar deve “zelar pelo preparo próprio, moral, intelectual e físico[...]” (Brasil, 1980). Além disso, Paiva (2014, p. 22, grifo nosso) diz que “o piloto de combate da FAB necessitará estar **preparado fisicamente** para operar a máquina em sua **máxima capacidade com segurança**”, destacando uma importância ainda maior ao oficial aviador da Força Aérea.

Cassiano (2019) destaca o estresse, a fadiga e as exigências físicas do voo como fatores responsáveis por grande parte dos acidentes aeronáuticos. Por conta disso, é dado grande ênfase à suscetibilidade dos pilotos aos efeitos presentes no ambiente aeroespacial, como as alterações da pressão atmosférica gerando hipóxia, o comprometimento do sistema vestibular e do equilíbrio gerando desorientação espacial e, além desses, a tolerância a Força-G, que será o principal segmento abordado nesta pesquisa.

Através das análises de seu trabalho, Paiva(2014) conclui:

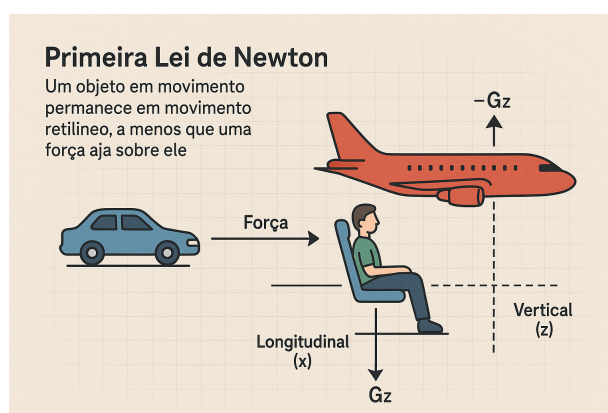
Sugere-se que um treinamento físico voltado para o aprimoramento das condições impostas pela Força G seja iniciado durante o período de formação, assim os exercícios físicos específicos voltados para esse fim tornar-se-iam uma constante na vida funcional dos pilotos, atendendo às exigências das missões de combate aéreo. (Paiva, 2014, p. 70).

Porém, para que possamos verificar qual tipo de treino seria mais eficaz e proporciona melhor tolerância a Força-G, é necessário maior entendimento deste conceito.

Em 1687, o cientista e matemático Sir Isaac Newton (1643 - 1727), através de seu livro “Princípios Matemáticos de Filosofia Natural”, uma das obras mais importantes da história da ciência moderna, define a gravidade, ou aceleração gravitacional, como a força “pela qual os corpos tendem para o centro da terra”(Newton *apud* Balola, 2011, p. 12), logo, sempre estamos sendo puxados para o chão e submetidos a 1G (sendo “G” a unidade de medida que representa a atuação da gravidade sob o corpo humano). Por ser uma aceleração, a Força-G sofre uma variação devido a mudanças de velocidade ou de direção, logo, quando um carro ou avião altera bruscamente sua velocidade ou direção, irá sujeitar-se a cargas diferentes de 1G. Além disso, para que um ocorra o repouso ou o movimento retilíneo uniforme, as forças precisam se anular, então a força gravitacional

se iguala ao peso e quando um corpo sofre 2G ou 3G quer dizer que o mesmo está submetido a duas ou três vezes o peso dele, respectivamente.

Em sua primeira lei, Newton relata que quando um corpo ou objeto está em movimento, em linha reta, este permanecerá nesta situação até que uma força aja sobre ele (Balola, 2011). Além disso, quando um veículo está em movimento, seja carro ou avião, podemos dizer que nosso corpo fica sujeito ao movimento e aceleração do mesmo. Aplicando-se os dois pensamentos, quando um veículo muda de direção, há uma decomposição do vetor  $G$  e os corpos presentes nestes nele também sentem esta alteração. Podemos dizer que, quando decomposta, a aceleração gravitacional possui três eixos de atuação, lateral ( $y$ ), longitudinal ( $x$ ) e vertical ( $z$ ), sendo este último o mais crítico. No eixo  $z$ , a atuação de uma outra aceleração no sentido contrário a gravidade (para cima) resultará na Força-G negativa ( $-Gz$ ), já quando é a favor, será chamada de Força-G positiva ( $+Gz$ ).



**Figura 1** Ilustração dos eixos de atuação da Força-G

Fonte: Elaboração própria (2025).

O corpo humano, quando submetido à aceleração de 1G, tem sua circulação sanguínea fluindo normalmente. A medida que o coração realiza o bombeamento, o sangue consegue chegar normalmente às extremidades do corpo e gera o funcionamento natural dos sistemas. Porém, quando sob atuação da carga  $G$ , o sangue, por ser um fluido, sofre alterações em seu fluxo. Pode-se dizer então, que o sangue se movimenta de acordo com a resultante entre os vetores de atuação. Por isso, segundo Paiva (2014), apesar dos limites de tolerância à Força-G serem relativamente semelhantes entre diferentes pessoas, certos fatores podem diminuir essa resistência, como o mau funcionamento do sistema circulatório. Caso o coração não consiga realizar a sístole (contração) e a diástole

(relaxamento) efetivamente, mudanças no fluxo podem gerar uma vasodilatação e potencializar os impactos no indivíduo.

Para lidar com tais situações, existem alguns artifícios, um deles é a Anti-G Straining Maneuver (AGSM), ou “Manobra Anti-G”.

O AGSM consiste em dois componentes: respiração forçada (também chamada de manobra de Valsalva) e tensão muscular inferior do corpo. No componente respiratório, os pilotos respiram preparatório para inflar o pulmão e expirar com força contra a glote para aumentar a pressão intra-torácica. Em seguida, eles fazem uma troca de ar rápida a cada três segundos para fornecer oxigenação. Simultaneamente, as tripulações executam um aperto interno dos músculos da parte inferior do corpo para evitar o acúmulo de sangue nas extremidades inferiores (Tu et al., 2020, tradução nossa).

A NSCA 54-5, “Norma de Sistema para Atos Normativos no Âmbito do Comando da Aeronáutica”, (Ministério da Defesa, 2023, p. 37) trata a respeito do Treinamento Físico Militar no Comando da Aeronáutica e diz que a “maior tolerância às cargas impostas durante o voo, a melhora da função cognitiva e executiva (concentração, capacidade de receber, interpretar e tomar decisões) e a recuperação rápida e prontidão para novos e repetidos esforços” podem ser alcançadas mediante ao aumento da resistência aeróbia. Além disso, a mesma NSCA também destaca que para “execuções mais eficazes da AGSM, que são fundamentais para maior tolerância ao G e menor risco de apresentar gray-out, blackout e G-LOC” o piloto necessita de maior força e resistência muscular, em específico na musculatura dos membros inferiores e do abdome, grupos musculares essenciais para a realização da AGSM (Kube, 2010, p. 25).

O HIIT, que recebe essa abreviação por conta de seu nome inglês “High Intensity Interval Training”, consiste em um tipo de treinamento que envolve alternar exercícios de alta intensidade, superando o limiar anaeróbico, com períodos de descanso, que podem ser ativos ou passivos, proporcionando um equilíbrio entre esforço intenso e recuperação (Cao et al., 2019 e Silva et al., 2024). Este programa de treino pode englobar exercícios como levantamento de peso olímpico, pliometria, powerlifting, ginástica, calistenia, remo interno, corrida e outros exercícios (Lichtensein e Jensen, 2016).

Neste contexto, diversos estudos (Weston et al., 2014; Cao et al., 2019; e Oliveira et al., 2023) apontam os benefícios significativos do HIIT para o corpo humano, especialmente nos sistemas respiratório, cardiovascular e na capacidade muscular, os quais são atributos cruciais para a tolerância humana à Força-G. Tendo em vista a importância de um treinamento específico para a

evolução física, esta pesquisa propõe uma análise sobre a possível aplicação do Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT), de forma especificamente voltada para obtenção de maior resistência natural à Força-G, elencando os aspectos em que o treinamento deveria focar para que o piloto tivesse um melhor desempenho. Além disso, também examina os pontos que o treinamento deve abordar para potencializar a execução da AGSM, resultando também em uma maior tolerância controlada à variações de aceleração mais altas.

### **3 METODOLOGIA**

Ao longo deste trabalho, através do método qualitativo, será conduzida uma revisão bibliográfica detalhada de artigos científicos, livros e revistas especializadas que discutem a importância dos aspectos fisiológicos, mentais e físicos envolvidos no condicionamento promovido pelo HIIT. Além disso, serão exploradas pesquisas que abordam a tolerância e a responsividade do corpo humano à Força-G, considerando tanto os efeitos imediatos quanto os de longo prazo. A investigação será pautada em uma análise dedutiva-indutiva, buscando compreender como esses fatores interagem para otimizar o desempenho e a adaptação física na formação dos pilotos militares.

### **4 DESENVOLVIMENTO**

#### **4.1 ANÁLISE E DISCUSSÕES**

##### **4.1.1 Papel da manutenção do condicionamento físico na operacionalidade**

Embora o tema já seja amplamente reconhecido e discutido, é pertinente retomar a relevância do condicionamento físico no contexto operacional do militar. Os militares, em especial os aviadores, são expostos a uma variedade de situações que exigem elevado grau de resistência — física, emocional e intelectual.

Para compreender a importância dessa aptidão, destaca-se o conceito de *Condicionamento Físico-Profissional (CFP)*, definido pela NSCA 54-3/2019 como:

Componente da aptidão física de um militar, desenvolvido por meio de treinamento específico, que lhe propicie um desempenho profissional sem perda de qualidade durante toda a jornada de trabalho (NSCA, 2019, p. 11).

Dentro dessa perspectiva, Paiva (2014) e Ribas (2018) ressaltam a importância do condicionamento físico para os aviadores, considerando os esforços da Força Aérea Brasileira (FAB) na busca constante pela excelência e pela máxima capacidade operacional. Como preconiza o Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PEMAER), a otimização do desempenho dos militares é essencial para a eficácia das operações.

Retomando o conceito de CFP, compreende-se que a perda de desempenho durante o cumprimento das atribuições compromete a operacionalidade do militar. No caso específico do aviador, essa preocupação se intensifica devido às condições adversas às quais ele é submetido em voo. O ambiente operacional da atividade aérea impõe uma série de riscos e ameaças à manutenção da performance, especialmente diante da incorporação de aeronaves de alta performance, notadamente na aviação de caça, e do aumento da complexidade das missões.

Nesse cenário, destaca-se a Força-G como um dos principais fatores de impacto sobre a capacidade operacional do piloto militar. Trata-se de uma variável fisiológica crítica, que demanda elevada preparação e constante manutenção de um alto nível de condicionamento físico.

#### **4.1.2 Análise dos efeitos fisiológicos da Força-G nos pilotos**

##### *4.1.2.1 Uso das Centrífugas para verificação dos efeitos*

O método considerado mais adequado e padronizado para compreender os efeitos da força gravitacional no organismo dos pilotos, é através do uso de centrífugas humanas. Esses equipamentos possuem uma cabine e realizam rotações ao redor de um eixo, gerando uma reação inercial à aceleração centrípeta, a qual é utilizada para simular a Força-G (Albuquerque, 2012). Segundo Rangel (2022), as centrífugas são consideradas o “padrão-ouro” na avaliação dos impactos fisiológicos da hipergravidade, por permitirem simulações controladas e próximas da realidade operacional.

Nesse contexto, os estudos realizados na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) por Rosa (2008) e Gomes (2008) merecem destaque. A partir da construção de uma

centrífuga movida por tração humana, idealizada por Albuquerque (2003), Rosa e Gomes conduziram experimentos com voluntários submetidos a ambientes simulados de hipergravidade. O objetivo era observar as reações fisiológicas do corpo humano sob diferentes intensidades de aceleração.

Com base nesses estudos, foi adotado o valor inicial de +5 Gz para os testes, por representar um ponto crítico a partir do qual já é possível identificar sintomas relevantes, como *gray-out*, *black-out* e *G-LOC*, esclarecidos ao longo do trabalho. Os testes consideraram indivíduos com distintos níveis de condicionamento físico, posicionados de forma supinada, e com pontos de medição distribuídos ao longo do corpo. A região do coração foi estabelecida como referência para cálculo da força resultante.

A equação utilizada para o cálculo da força gerada no corpo dos voluntários é a apresentada a seguir:

$$FG = (\sqrt{g^2 + \omega^4 \cdot r^2})/g \text{ (Rosa apud Albuquerque, 2012, p. 50)}$$

FG - Força-G gerada;

g - força G da Terra;

$\omega$  - velocidade angular; e

r - raio da centrífuga.

Os resultados evidenciaram que a aceleração não é uniforme ao longo do corpo humano. Quando a região torácica era submetida a +5 Gz, estimou-se que os pés recebiam cerca de +9 Gz. Essa diferença permite inferir as áreas mais vulneráveis aos efeitos da hipergravidade e o sentido preferencial do fluxo sanguíneo, favorecendo o deslocamento para as extremidades inferiores.

A partir da observação e análise dos riscos associados à hipergravidade, principalmente cardiovasculares, como investigado por Yang (2007), Rosa (2005) aprimorou o equipamento desenvolvido por Albuquerque. A nova configuração contou com instrumentos que permitiam uma melhor obtenção de dados, através de um sistema básico de comunicação e monitoramento por meio de sensores e, posteriormente, com câmeras que realizavam o monitoramento em tempo real (Nava, 2012). Tais avanços possibilitaram uma melhor compreensão e análise dos efeitos fisiológicos enfrentados pelos pilotos militares.

#### 4.1.2.2 Efeitos fisiológicos

A tolerância do corpo humano à força-G é influenciada por uma série de fatores, entre eles: a magnitude da aceleração, seu tempo de duração, o eixo corporal afetado (x, y ou z), a temperatura ambiente, além de condições individuais como fadiga, tempo decorrido desde a última ingestão alcoólica e preparo físico (Gomes, 2007 e Albuquerque, 2012). Dentre os eixos de aplicação, o mais crítico é o eixo Z, especialmente o eixo +Gz (positivo), que corresponde à aceleração no sentido cabeça-pés, comumente enfrentada pelos pilotos durante manobras acrobáticas e combativas.

De acordo com Albuquerque (2012), a exposição ao +Gz exerce impactos profundos sobre o sistema cardiovascular. Inicialmente, surgem sintomas visuais, seguidos, em níveis mais elevados, pela perda de consciência:

A exposição à aceleração + Gz aumentada tem um profundo efeito sobre o sistema cardiovascular, que se manifesta, em primeiro lugar, por sintomas visuais e, em seguida, em níveis suficientemente elevados de aceleração, por perda de consciência (Albuquerque, 2012, p. 25).

Fisiologicamente, a aceleração atua modificando o gradiente hidrostático do sangue, ocorre um aumento aparente do sangue, levando à redistribuição do fluxo sanguíneo para as extremidades inferiores. Isso ocorre devido à diferença de pressão entre as regiões acima e abaixo do nível do coração, o que reduz a perfusão cerebral e ocular. Como consequência, há queda da pressão arterial na região torácica, dilatação dos vasos sanguíneos, redução do débito cardíaco e, em casos mais intensos, hipoperfusão cerebral (Burton, 2001; Stevenson, 2014; Tu et al, 2020).

Essas alterações resultam em sintomas como perda gradual da visão (gray-out), perda total da visão (black-out) e perda de consciência (G-LOC). De acordo com Moraes (2022), esses eventos representam riscos significativos à segurança do voo e estão associados a diversos acidentes aeronáuticos, especialmente quando ocorrem de forma súbita e durante manobras de alta exigência.

### 4.1.3 Formas de prevenção e resistência aos efeitos da FG: manobra anti-G e condicionamento físico

#### 4.1.3.1 Anti-G Straining Maneuver (AGSM)

A *Anti-G Straining Maneuver* (Manobra Antiestresse G – AGSM), ou Manobra Anti-G, é uma técnica padronizada e treinada desde a formação dos pilotos de combate, sendo considerada fundamental para a manutenção da consciência durante exposições prolongadas à aceleração gravitacional. Sua eficácia decorre da atuação combinada de dois componentes principais: o **muscular** e o **respiratório**.

Durante a execução da manobra, o aviador realiza contrações musculares isométricas simultaneamente à manobra respiratória conhecida como *Valsalva modificada*. Isso eleva a pressão intra-abdominal e intratorácica, resultando no aumento momentâneo da pressão arterial nos grandes vasos, no coração e na região encefálica, favorecendo a perfusão sanguínea cerebral e retardando os sintomas de hipóxia cerebral decorrentes da força-G (Júnior, 2024).

A eficácia da AGSM, no entanto, está diretamente relacionada à **capacidade neuromuscular e ao condicionamento cardiovascular** do indivíduo. A hipertrofia muscular é determinante, porém a coordenação muscular mostra-se ainda mais eficaz na obtenção de resistência a força-G através da AGSM. Assim, sem força muscular adequada e controle respiratório eficiente, a manobra perde sua efetividade, colocando o piloto em risco de *gray-out*, *black-out* ou *G-LOC* mesmo em níveis moderados de aceleração (Whinnery, 1980; Kölegård 2013; Tu, 2020).

#### 4.1.3.2 Resistência aos efeitos fisiológicos da FG

Apesar da relevância da AGSM como estratégia imediata, sua atuação é momentânea. Por isso, a resistência fisiológica natural e adaptativa torna-se essencial, especialmente durante manobras de voo prolongadas e repetidas. Essa resistência depende, em grande parte, da **capacidade de recuperação autonômica e hemodinâmica**, em especial da função barorreflexa, responsável por estabilizar a pressão arterial em situações de estresse cardiovascular.

Nesse sentido, estudos como o de Stevenson (2014) demonstraram que a exposição progressiva a ambientes hiper gravitacionais em centrífugas humanas pode elevar temporariamente a tolerância à força-G. Entretanto, os benefícios dessa adaptação são sensíveis à frequência e à duração dos estímulos. Foi observado que, ao se reduzir os intervalos entre exposições para apenas dois minutos, os indivíduos perdiam a capacidade de manter a resistência adquirida, indicando que o

sistema cardiovascular ainda permanecia vulnerável quando submetido a cargas sucessivas sem tempo adequado de recuperação.

Complementando esse entendimento, Gomes (2007) destaca que aeronavegantes que apresentam **valores pressóricos no limite superior da normalidade** tendem a suportar melhor as exigências da hipergravidade. Esse perfil fisiológico, segundo o autor, é frequentemente alcançado por meio de um **condicionamento físico bem desenvolvido**, reforçando a importância de intervenções sistemáticas voltadas à aptidão cardiorrespiratória e ao preparo físico específico.

#### 4.1.4 Treinamento físico específico

##### 4.1.4.1 Necessidade de um Treinamento Específico

Como demonstrado nas seções anteriores, o condicionamento físico é reconhecido como fator decisivo para o aumento da tolerância à força gravitacional. Além de contribuir para a resistência fisiológica natural, ele também favorece a execução eficiente da *Anti-G Straining Maneuver* (AGSM), permitindo que o piloto mantenha maior pressão intratorácica por mais tempo e recupere-se mais rapidamente entre as manobras.

Contudo, o condicionamento geral, por si só, não é suficiente para promover um desempenho otimizado em ambientes de hipergravidade. Para suportar as exigências extremas da força-G e maximizar a eficácia da AGSM, é necessário adotar um **treinamento físico direcionado**, com foco em capacidades fisiológicas específicas.

Dentre essas capacidades, destacam-se:

- a) **hipertrofia muscular dos membros inferiores**, fundamental para a contração isométrica durante a AGSM;
- b) **aprimoramento neuromuscular**, que facilita respostas rápidas e coordenadas;
- c) **melhora da resistência cardiovascular**, considerada um requisito transversal a todos os métodos eficazes de tolerância à força-G.

Assim, torna-se evidente a necessidade de programas de treinamento planejados com base nessas demandas operacionais. Nesse contexto, destaca-se o Treinamento Intervalado de Alta Intensidade como uma alternativa promissora.

#### *4.1.4.2 High Intensity Interval Training (HIIT)*

O HIIT consiste na aplicação de estímulos físicos de alta intensidade, intercalados por períodos de recuperação ativa ou passiva. A ênfase recai não no volume total de treino, mas na **intensidade dos esforços e na manipulação estratégica das pausas**, o que gera adaptações fisiológicas rápidas e profundas.

Os intervalos podem ser configurados de diversas formas, de acordo com os objetivos específicos. Por exemplo:

- a) pausas ativas (com exercícios de menor intensidade) favorecem a manutenção do estímulo metabólico;
- b) pausas passivas (sem atividade) permitem maior recuperação e foco em picos de desempenho.

A versatilidade do HIIT permite sua aplicação tanto para ganho de resistência aeróbica quanto para o fortalecimento muscular localizado, desde que o protocolo seja corretamente elaborado. Tais características o tornam particularmente útil no ambiente militar, onde os treinamentos devem ser curtos, eficazes e compatíveis com a rotina operacional.

Na AFA, o HIIT é rotineiramente praticado por grande parte dos esportes e é usado como base nos programas de Treinamento Físico Profissional Militar (TFPM), realizados no período compreendido pelo Estágio de Adaptação, quando os cadets acabam de chegar na Academia, bem como em eventuais práticas e ao longo do ano pelos cadetes que não fazem parte de equipe esportiva específica. Sendo assim, percebe-se que há iniciativas internas voltadas à adaptação dessa metodologia às necessidades dos cadetes aviadores, com cronogramas específicos de exercícios afixados em áreas comuns, como exemplificado na Figura 2, presente na academia inferior do ginásio esportivo.



sintomas de dores nas regiões mais afetadas pelo voo, principalmente lombar, costas e pescoço”, “elevação da qualidade de vida do piloto” e “aumento da segurança de voo”.

#### 4.1.5 Benefícios fisiológicos do HIIT frente aos desafios impostos pela força-G

Os efeitos fisiológicos impostos pela força-G exigem do aviador um conjunto de capacidades específicas para garantir a manutenção da consciência, da performance motora e da segurança em voo. Diante disso, a adoção do *High-Intensity Interval Training* (HIIT) apresenta-se como uma estratégia eficaz para o desenvolvimento de atributos físicos diretamente relacionados à tolerância à aceleração gravitacional.

##### 4.1.5.1 Hipertrofia e força dos membros inferiores

Durante a execução da *Anti-G Straining Maneuver* (AGSM), os músculos dos membros inferiores — como quadríceps, glúteos e tríceps sural — são amplamente recrutados em contrações isométricas para manter a pressão sanguínea central. O HIIT, ao combinar esforços intensos com estímulos repetidos, estimula de forma significativa a **hipertrofia muscular e o aumento da força isométrica**, resultando em maior eficácia na manobra e menor fadiga muscular durante sua execução prolongada.

Carrington, Fisher e White (1999) destacam que o treinamento intervalado promove aumento da resposta pressora muscular, especialmente em exercícios que exigem força contínua, como é o caso das contrações sustentadas realizadas durante a AGSM. Esse tipo de fortalecimento contribui diretamente para a **resistência periférica vascular ativa**, reduzindo a queda de perfusão cerebral provocada pela hipergravidade.

##### 4.1.5.2 Melhora da capacidade cardiorrespiratória

A exposição à força-G reduz significativamente a eficiência da troca gasosa e da oxigenação tecidual, especialmente nas regiões superiores do corpo. O HIIT tem demonstrado ser altamente eficaz no aumento do **consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>máx)** e da **eficiência ventilatória**, promovendo adaptações rápidas e superiores quando comparado ao treinamento contínuo moderado (Mueller et al., 2021).

Além disso, estudos recentes (Silva, 2024) mostraram que sessões de HIIT de curta duração, mesmo com intensidade moderada, foram capazes de promover significativas melhorias na **aptidão cardiorrespiratória**, o que se traduz em maior resistência à hipóxia induzida pela força-G.

#### 4.1.5.3 Adaptação cardiovascular e recuperação autonômica

Outro ponto crítico relacionado à força-G é a sobrecarga cardiovascular e a necessidade de rápida recuperação entre manobras sucessivas. O HIIT atua diretamente sobre esses aspectos ao promover:

- a) **redução da pressão arterial central;**
- b) **melhora da variabilidade da frequência cardíaca;** e
- c) **aumento da elasticidade dos vasos sanguíneos,** favorecendo a hemodinâmica cerebral e periférica.

Segundo Oliveira (2023), esses efeitos resultam em uma recuperação cardiovascular mais eficiente e em maior **capacidade de suportar exposições repetidas à força-G**, como ocorre em missões operacionais com múltiplas manobras.

Com isso, consolida-se a ideia de que o HIIT, quando corretamente estruturado, não apenas contribui para a manutenção do condicionamento físico do aviador, mas atua de forma direta e eficaz sobre os sistemas fisiológicos mais exigidos durante o voo sob aceleração. Essa constatação sustenta a proposta de aplicação desse método como **componente essencial do treinamento militar especializado**, justificando sua adoção nos programas de instrução de voo e preparação operacional.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exposição à força gravitacional elevada representa um dos maiores desafios fisiológicos enfrentados pelos pilotos militares. Os efeitos da Força G sobre o corpo humano, amplamente documentados na literatura científica, impactam diretamente os sistemas cardiovascular, neuromuscular e respiratório, podendo culminar em sintomas como *gray-out*, *black-out* e *G-LOC*, eventos que comprometem gravemente a segurança das operações aéreas.

Para mitigar esses riscos, a doutrina de instrução militar aérea já incorpora estratégias como a *Anti-G Straining Maneuver* (AGSM), a qual se mostra eficaz, mas limitada em sua duração e dependente do preparo físico do piloto. O desempenho adequado dessa manobra exige força muscular específica, especialmente nos membros inferiores, e recuperação cardiovascular rápida, atributos que não são plenamente atendidos por programas genéricos de condicionamento físico.

Nesse contexto, esta pesquisa analisou a relevância do Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT) como ferramenta de desenvolvimento físico voltada às demandas do voo militar sob hipergravidade. Os resultados apontam que o HIIT promove adaptações expressivas em três frentes cruciais: **hipertrofia muscular localizada**, **resistência cardiorrespiratória** e **recuperação cardiovascular eficiente**. Essas capacidades estão diretamente relacionadas à tolerância à força-G e ao aumento da eficácia da AGSM.

Com base nas evidências analisadas, conclui-se que o HIIT configura-se como uma estratégia de treinamento de alto valor para a formação e o aperfeiçoamento dos pilotos militares. Sua implementação planejada e supervisionada pode representar um diferencial importante na preparação operacional, contribuindo para a segurança do voo e a excelência do desempenho em manobras críticas.

Por fim, sugere-se que estudos futuros explorem a aplicação prática de protocolos de HIIT personalizados no ambiente militar, considerando perfis fisiológicos individuais e exigências específicas de cada especialidade da aviação. Avaliações longitudinais com pilotos em instrução podem fornecer dados mais precisos sobre a eficiência do método no contexto real de formação e operação.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Marcelo Possamai. Desenvolvimento de uma centrífuga humana movida a exercício para treinamento de pilotos e pesquisas aeroespaciais. 2012. 133 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)** – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- BALOLA, Raquel. *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural: a Lei de Inércia*. 2010. 133 f. **Dissertação (Mestrado em Estudos Clássicos – Edição e Tradução de Textos Clássicos)** – Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: [https://www.academia.edu/download/32569607/Principios\\_Matematicos\\_da\\_Filosofia\\_Natural.pdf](https://www.academia.edu/download/32569607/Principios_Matematicos_da_Filosofia_Natural.pdf) Acesso em: 03 out. 2024.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **NSCA 54-3: Teste de Avaliação do Condicionamento Físico no Comando da Aeronáutica**. Brasília, DF: COMAER, 2019. (Aprovada pela Portaria COMGEP nº 32/3SC, de 25 nov. 2019. Modificada pela Portaria COMGEP nº 32/3SC3, de 18 maio 2020). Disponível em: <http://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/acervo/detalhe/5808>. Acesso em: 02 maio 2025.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Lei nº 6880, de 09 de dezembro de 1980**. Dispõe sobre o Estatuto dos Militares. Brasília, DF, 1980. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6880compilada.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6880compilada.htm). Acesso em: 03 out. 2024.
- BURTON, R. R.; MEYER, S. L.; WHINNERY, J. E. *Acceleration-induced loss of consciousness: a review of 1,000 episodes*. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 72, n. 1, p. 44–49, 2001. DOI: 10.1016/S0361-9230(01)00778-X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036192300100778X>. Acesso em: 2 maio 2025.
- CAO, M.; QUAN, M.; ZHUANG, J. *Effect of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on cardiorespiratory fitness in children and adolescents: A meta-analysis*. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 9, abr. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph16091533>. Acesso em: 06 ago. 2024.
- CARRINGTON, C. A.; FISHER, W.; WHITE, M. J. *The effects of athletic training and muscle contractile character on the pressor response to isometric exercise of the human triceps surae*. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 80, n. 4, p. 337–343, ago. 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s004210050601>. Acesso em: 06 ago. 2024.
- CASSIANO, S. K. F. *Fadiga na aviação civil: um desafio à investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos*. **Revista Conexão SIPAER**, v. 9, n. 3, p. 12–21, 2019. Disponível em: <http://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer/article/view/569>. Acesso em: 05 out. 2024.
- DE ALBUQUERQUE, C. J. W.; RAMOS, A. C. *Fadiga aérea: a relação entre estresse, fadiga e qualidade de vida do aeronauta*. **Revista da Universidade Ibirapuera**, v. 15, 2018. Disponível em: <https://www.ibirapuera.br/seer/index.php/rev/article/view/136/146>. Acesso em: 04 out. 2024.
- GOMES, Michele dos Santos et al. *An integrated sensors system for environment monitoring and body of evidence in a hypergravity simulation*. **International Journal of Advances in Engineering & Technology**, v. 6, n. 2, p. 1003–1011, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/257525944>. Acesso em: 02 maio 2025.

GOMES, Michele dos Santos. Desenvolvimento de uma gôndola para realização de experimentos em uma centrífuga. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – **Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/3196/1/000401160-Texto+Completo-0.pdf>. Acesso em: 02 maio 2025.

GUIMARÃES, A. O. B. A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO AERÓBIO E ANAERÓBIO NA PERFORMANCE DO PILOTO DE CAÇA. **Revista de Educação Física / Journal of Physical Education**, [S. l.], v. 75, n. 133, 2017. Disponível em: <https://revistadeeducacaofisica.emnuvens.com.br/revista/article/view/372>. Acesso em: 02 maio 2025.

JUNIOR, Paulo Pires. Anti-G straining maneuver: a narrative review. **Revista Agulhas Negras**, Resende, RJ, v. 8, n. esp., p. 26-36, 2024.

KANG, S. et al. *Measuring the cumulative effect of G force on aviator neck pain*. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 82, n. 11, p. 1042–1048, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.3357/asm.3065.2011>. Acesso em: 04 out. 2024.

KELEMEN, B.; BENCZENLEITNER, O.; TÓTH, L. The role of Northern European countries in the emergence of new training methods in distance running: A historical overview. **SPRINT - Sports Research International**, v. 2, n. 1, p. 2–10, 2025.

KÖLEGÅRD, R.; MEKJAVIC, I. B.; EIKEN, O. *Effects of physical fitness on relaxed G-tolerance and the exercise pressor response*. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 11, p. 2749–2759, ago. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2710-z>. Acesso em: 04 out. 2024.

KUBE, Luciene Conte. *Aptidão físico-profissional aeróbica, carga laboral e distribuição do estresse em cadetes do 4º ano do CFOAV da AFA em 2009*. 2010. 200 f. **Tese (Doutorado)** – Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: [https://redebria.direns.aer.mil.br/index.php?codigo\\_sophia=9896](https://redebria.direns.aer.mil.br/index.php?codigo_sophia=9896). Acesso em: 23 set. 2024.

LICHTENSTEIN, M. B.; JENSEN, T. T. *Exercise addiction in CrossFit: prevalence and psychometric properties of the Exercise Addiction Inventory*. **Addictive Behaviors Reports**, v. 3, p. 33–37, jun. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.abrep.2016.02.002>. Acesso em: 04 out. 2024.

MACHADO, A. F. et al. *Descrição das cargas de treinamento usando exercícios de corpo inteiro durante o treinamento intervalado de alta intensidade*. **Clínicas**, v. 73, p. e516, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.6061/clinics/2018/e516>. Acesso em: 08 ago. 2024.

MINISTÉRIO DA DEFESA. Comando da Aeronáutica. *Organização Geral. NSCA 54-5/2023 – Treinamento Físico Militar no Comando da Aeronáutica*. Brasília, DF: Boletim do Comando da Aeronáutica, n. 220, 2023. Disponível em: [http://www.cendoc.intraer/sisbca/consulta\\_bca/download.php?ano=2023&bca=bca\\_220\\_04-12-2023](http://www.cendoc.intraer/sisbca/consulta_bca/download.php?ano=2023&bca=bca_220_04-12-2023). Acesso em: 11 out. 2024.

MORAIS, Rafael Rodrigo Mancin de. Criação de um programa Anti G-LOC na FAB para a operação da aeronave F-39 Gripen. **Revista da UNIFA**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, p. 114–118, jul./dez. 2022. Disponível em: <https://revistadaunifa.fab.mil.br/index.php/reunifa/article/view/504/404>. Acesso em: 17 maio 2025.

MUELLER, S. et al. *Effect of high-intensity interval training, moderate continuous training, or guideline-based physical activity advice on peak oxygen consumption in patients with heart failure with preserved ejection fraction: a randomized clinical trial*. **JAMA: The Journal of the American Medical Association**, v. 325, n. 6, p. 542, fev. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1001/jama.2020.26812>. Acesso em: 06 ago. 2024.

NAVA, Marcelo José Anghinoni. *Desenvolvimento de uma centrífuga de alta rotação eletronicamente monitorada para pesquisa em biologia espacial*. 2012. 111 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)** - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/3041>. Acesso em: 05 jul. 2025.

OLIVEIRA, G. H. de et al. *Efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade sobre a pressão arterial central: uma revisão sistemática e metanálise*. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 120, n. 4, p. e20220398, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.36660/abc.20220398>. Acesso em: 22 set. 2024.

OLIVEIRA, H. R. de. *Efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade na função vascular de adultos jovens*. 2023. **Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde)** – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2023.

OKSA, J. et al. *Muscle fatigue caused by repeated aerial combat maneuvering exercises*. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 70, n. 6, p. 556–560, jun. 1999. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10373045/>. Acesso em: 04 out. 2024.

PAIVA, P. *O papel da atividade física na tolerância à força G dos aviadores de caça da Força Aérea Brasileira*. 2014. 84 f. **Dissertação (Mestrado)** – Programa de Pós-Graduação da UNIFA, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: [https://www2.fab.mil.br/unifa/ppgca/images/downloads/Patricia\\_de\\_Castro\\_de\\_Paiva\\_2014.pdf](https://www2.fab.mil.br/unifa/ppgca/images/downloads/Patricia_de_Castro_de_Paiva_2014.pdf). Acesso em: 03 out. 2024.

RANGEL, Marcus Vinícius dos Santos. *Modulação autonômica em pilotos militares de combate e transporte da Força Aérea Brasileira: um estudo caso-controle*. 2022. 63 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e do Esporte)** – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <http://www.btdt.uerj.br/handle/1/17480>. Acesso em: 02 maio 2025.

RIBAS, P. R.; RIBEIRO, L. C. S. *Aptidão física e o controle do comportamento psicofisiológico de pilotos de helicópteros do Exército Brasileiro pelo biofeedback*. **Revista de Educação Física / Journal of Physical Education**, v. 72, n. 127, 2018. Disponível em: <https://revistadeeducacaofisica.emnuvens.com.br/revista/article/view/524>. Acesso em: 22 set. 2024.

RICKARDS, Caroline A.; NEWMAN, David G. G-induced visual and cognitive disturbances in a survey of 65 operational fighter pilots. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 76, n. 5, p. 496–500, maio 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15892551/>. Acesso em: 03 maio 2025.

ROSA, Maurício Machado da. *Desenvolvimento de um sistema de comunicação e monitoramento de centrífugas*. 2005. 120 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)** – Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ROSA, Maurício Machado da; GOMES, Michele dos Santos; FALCÃO, Felipe P.; RUSSOMANO, Thais. Monitoramento de centrífugas para experimentos em hipergravidade. **Anais do Congresso**

- Brasileiro de Engenharia Biomédica*, v. 21, p. 1–5, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/257525939>. Acesso em: 02 maio 2025.
- SILVA, C. M. A. F. da et al. *High-intensity interval training in people with spinal cord injury: a systematic review*. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 30, p. e2022\_0193, 2024. Disponível em: [https://doi.org/10.1590/1517-8692202430012022\\_0193i](https://doi.org/10.1590/1517-8692202430012022_0193i). Acesso em: 07 ago. 2024.
- SILVA, L. G. da. *Impacto do HIIT na aptidão cardiorrespiratória: uma revisão sistemática de estudos recentes*. 2024. **Trabalho de Conclusão de Curso** – Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São Paulo, 2024.
- SILVEIRA, J. L. H. *Fatores humanos e aspectos de medicina aeroespacial: disciplina na modalidade a distância*. Palhoça: **UnisulVirtual**, 2011. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/21934/1/fulltext.pdf>. Acesso em: 04 out. 2024.
- STEVENSON, A. T. et al. *Pressão arterial, resistência vascular e tolerância +Gz durante exposições repetidas +Gz*. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 85, n. 5, p. 536–542, 2014. Disponível em: <https://www.doi.org/10.3357/ASEM.3816.2014>. Acesso em: 05 out. 2024.
- TABATA, I. *Tabata training: one of the most energetically effective high-intensity intermittent training methods*. **The Journal of Physiological Sciences: JPS**, v. 69, n. 4, p. 559–572, abr. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12576-019-00676-7>. Acesso em: 06 ago. 2024.
- TU, M.-Y. et al. *Combined effect of heart rate responses and the anti-G straining manoeuvre effectiveness on G tolerance in a human centrifuge*. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 21611, dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78687-3>. Acesso em: 04 out. 2024.
- WESTON, K. S.; WISLØFF, U.; COOMBES, J. S. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. **British journal of sports medicine**, v. 48, n. 16, p. 1227–1234, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092576>. Acesso em: 06 jul. 2025.
- WEWEGE, Michael A. et al. High-Intensity Interval Training for Patients With Cardiovascular Disease—Is It Safe? A Systematic Review. **Journal of the American Heart Association**, v. 7, n. 21, e009305, 2018. Disponível em: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/JAHA.118.009305>. Acesso em: 04 maio 2025.
- WHINNERY, James E. Proficiency in M-I or L-I straining maneuvers enhances G-tolerance. **Aerospace Safety**, Washington, DC, v. 36, n. 5, p. 8–10, maio 1980. Disponível em: [https://www.safety.af.mil/Portals/71/documents/Magazines/FSM/1980s/198005%20-%20Aerospace Safety.pdf](https://www.safety.af.mil/Portals/71/documents/Magazines/FSM/1980s/198005%20-%20Aerospace%20Safety.pdf). Acesso em: 05 jul. 2025.
- YANG, Y.; BAKER, M.; GRAF, S.; LARSON, J.; CAIOZZO, V. J. Hypergravity resistance exercise: the use of artificial gravity as potential countermeasure to microgravity. **Journal of Applied Physiology**, v. 103, n. 5, p. 1879–1887, nov. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00772.2007>. Acesso em: 07 jul. 2025.