

Respostas autonômicas cardiovasculares em pilotos militares: um indicador de desempenho operacional?

Edson Koury do Nascimento  0000-0001-8573-0683

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Mestrado Profissional em Desempenho Humano Operacional, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Adriano Percival Calderaro Calvo  0000-0003-3307-4252

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Mestrado Profissional em Desempenho Humano Operacional, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Fábio Angioluci Diniz Campos  0000-0002-2626-793X

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Mestrado Profissional em Desempenho Humano Operacional, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Aylton José Figueira Júnior  0000-0002-6635-8019

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Mestrado e Doutorado em Promoção da Saúde e Doenças Crônicas da Universidade São Judas Tadeu, USJT, São Paulo, SP, Brasil

Gilberto Pivetta Pires  0000-0003-2074-486X

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Mestrado Profissional em Desempenho Humano Operacional, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

RESUMO

A aviação tem experimentado significativos avanços tecnológicos que resultaram em substancial aumento de potência e capacidades operacionais das aeronaves. Nesse contexto, as modernas aeronaves de caça, como o mais novo vetor adotado pela Força Aérea Brasileira (FAB), o F-39 Gripen, são capazes de realizar manobras com elevadas cargas acelerativas. Como resultado, os pilotos são expostos aos efeitos do ambiente de hipergravidade, tendo sua capacidade cardiovascular afetada, podendo chegar à perda de consciência induzida pela Força Gz (G-LOC). Este estudo investigou respostas autonômicas cardiovasculares, por meio da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), em pilotos durante voos acrobáticos reais com o objetivo de identificar e avaliar a viabilidade dessas respostas como um indicador de Desempenho Operacional. Foi empregada a aeronave de instrução T-27, do Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea, localizada na Academia da Força Aérea e utilizado o relógio frequencímetro Polar. A amostra consistiu em 29 militares do sexo masculino, divididos em três grupos, de acordo com o nível de experiência em horas de voo: Aeronavegantes; Pilotos Instrutores; e Pilotos do Esquadrão de Demonstração Aérea. Foram analisados índices da VFC em 11 blocos definidos, desde o pré-voo até o pós-voo e os resultados indicaram diferentes respostas do Sistema Nervoso Autônomo entre os grupos, durante o voo, na busca do equilíbrio hemodinâmico do tripulante. A análise das respostas de VFC de pilotos em voo demonstrou ser uma ferramenta viável, que possibilitará o desenvolvimento e aprimoramento de treinamentos, permitindo que essas respostas sejam utilizadas como um indicador de Desempenho Operacional pela FAB.

Palavras-chave: Aviação militar; variabilidade da frequência cardíaca; pilotos.

Cardiovascular autonomic responses in military pilots: an operational performance indicator?

ABSTRACT

Aviation has experienced significant technological advancements, resulting in substantial increases in power and operational capabilities of aircraft. In this context, modern fighter aircraft, such as the newest vector adopted by the Brazilian Air Force, the F-39 Gripen, are capable of performing maneuvers with high acceleration loads. As a result, pilots are exposed to the effects of the hypergravity environment, with their cardiovascular capacity is affected, leading to Gz-induced loss of consciousness (G-LOC). This study aimed to investigate the autonomic cardiovascular responses through Heart Rate Variability (HRV) in pilots during real aerobatic flights, with the objective of identifying and evaluating the feasibility of these responses as an indicator of Operational Performance. The T-27 Tucano training aircraft, from the First Air Training Squadron, located at the Brazilian Air Force Academy, was employed, along with the Polar heart rate monitor. The sample consisted of 29 male military personnel, divided into three groups according to their flight experience in hours: Aircrew ; Instructor Pilots; and Air Demonstration Squadron. HRV indices were analyzed across 11 in defined blocks, from pre-flight to post-flight, and the results indicated different autonomic nervous system (ANS) responses among the groups during the flight, in the pursuit of the crew's hemodynamic balance. The analysis of in-flight HRV responses in pilots proved to be a viable tool, which will allow for the development and enhancement of training programs, enabling these responses to be used as an indicator of Operational Performance by the Brazilian Air Force (FAB).

Keywords: Military aviation; heart rate variability; pilots.

Respuestas autonômicas cardiovasculares en pilotos militares: ¿un indicador de rendimiento operacional?

RESUMEN

La aviación ha experimentado significativos avances tecnológicos que han resultado en un aumento sustancial de la potencia y de las capacidades operativas de las aeronaves. En este contexto, los modernos aviones de combate, como el nuevo vector adoptado por la Fuerza Aérea Brasileña (FAB), el F-39 Gripen, son capaces de realizar maniobras con altas cargas acelerativas. Como resultado, los pilotos están expuestos a los efectos del ambiente de hipergravedad, lo que afecta su capacidad cardiovascular, pudiendo llegar a la pérdida de consciencia inducida por la fuerzaGz (G-LOC). Este estudio buscó investigar las respuestas autonômas cardiovasculares, a través de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC), en pilotos durante vuelos acrobáticos reales, con el objetivo de identificar y evaluar la viabilidad de estas respuestas como un indicador de Desempeño Operacional. Se empleó lá aeronave de instrucción T-27 Tucano, del Primer Escuadrón de Instrucción Aérea (1ºEIA), ubicada en la Academia de la Fuerza Aérea (AFA), y se utilizó el reloj frecuencímetro Polar. La muestra consistió en 29 militares masculinos, todos pertenecientes al Cuadro de Tripulantes (QT) del 1ºEIA, divididos

entres grupos, de acuerdo com el nivel de experiencia en horas de vuelo: Aeronavegantes (AERO); Pilotos Instructores (INSTR); y Pilotos del Escuadrón de Demostración Aérea (EDA). Se analizaron los índices de la VFC (RR, RMSSD, SDNN y SD1) en 11 bloques definidos, desde el pre-vuelo hasta el post-vuelo, y los resultados indicaron diferentes respuestas del Sistema Nervioso Autónomo (SNA) entre los grupos, durante el vuelo, en la búsqueda de equilibrio hemodinámico de los tripulantes. El análisis de las respuestas de la VFC de pilotos en vuelo demostró ser una herramienta viable, que permitirá el desarrollo y perfeccionamiento de entrenamientos más eficaces, posibilitando que estas respuestas sean utilizadas como un indicador de Desempeño Operacional por parte de la FAB.

Palabras clave: *Aviación militar; variabilidad de la frecuencia cardíaca; pilotos.*

1 INTRODUÇÃO

Desde o pioneiro voo do mais pesado que o ar, realizado por Alberto Santos Dumont em 23 de outubro de 1906, a aviação mundial tem testemunhado avanços tecnológicos significativos nos projetos de aeronaves. Esses avanços abrangem não apenas a potência e capacidade de transporte, mas também o desenvolvimento dos sistemas de controle, ampliando o alcance e a versatilidade de uso das aeronaves (Silva, 2016).

Durante a Segunda Guerra Mundial, os aviões passaram a ser utilizados efetivamente como armas, passando por um rápido desenvolvimento que se tornou um fator decisivo no teatro de operações militares (Silva Junior, 2006). Assim, a associação entre o humano e a máquina, marcou a próxima geração de avanços da tecnologia aeroespacial (Steinkraus *et al.*, 2012).

Nesse contexto, as modernas aeronaves de caça podem alcançar altas velocidades, associada a uma grande capacidade de manobra, sendo um fator estratégico para a manutenção da soberania nacional (Brasil, 2018).

Atendendo a Estratégia Nacional de Defesa (END), no dia 23 de outubro de 2020, a Força Aérea Brasileira (FAB) apresentou uma das aeronaves de caça mais modernas da atualidade, o F-39 Gripe NG. Além da grande capacidade tecnológica e de desempenho, esse vetor possui uma grande capacidade de manobra, sustentando manobras com altas cargas, na ordem de nove vezes a aceleração gravitacional terrestre (+9Gz), tanto para alteração de direção, chegando a mais de 14 Gz (Brasil, 2018; Brasil, 2020).

Em combates aéreos, essas capacidades se tornam fatores decisivos. A aeronave com melhor desempenho em sistemas e manobrabilidade geralmente obtém vantagem. No entanto, essa evolução tecnológica enfrenta o desafio do fator humano, que ainda limita a capacidade de emprego operacional (Newman e Callister, 2009; Moraes, 2022).

Os aviadores precisam enfrentar cargas estressoras significativas no ambiente aeroespacial, tanto no ponto de vista psicológico, devido à carga de trabalho, quanto do ponto de vista do esforço fisiológico, para suportar as altas acelerações durante os voos de combate. A hipergravidade nesse ambiente desencadeia várias respostas fisiológicas. A falta de preparo ou a falta de percepção dos sintomas físicos pode levar à falha dos mecanismos compensatórios e a perda de consciência induzida pela força Gz (G-LOC) (Hargens; Bhattacharya e Schneider, 2013).

Estudos têm sido conduzidos para compreender as respostas fisiológicas dos pilotos e os mecanismos adaptativos que aumentam a tolerância à carga Gz. Embora a medicina aeroespacial tenha avançado consideravelmente ao longo das décadas, ainda há necessidade de novas pesquisas para entender com precisão a influência das variáveis fisiológicas no desempenho do piloto, especialmente durante o voo (Newman e Callister, 2009; Silva, 2016).

A exposição a carga Gz superiores a +1Gz (equivalente à gravidade terrestre) provoca oscilações no volume sanguíneo do piloto, aumentando a concentração nos membros inferiores, reduzindo a pressão e perfusão cerebral. Como resposta compensatória, o Sistema Nervoso Autônomo (SNA) age rapidamente para ajustar a Pressão Arterial (PA), envolvendo a ação de quimiorreceptores e barorreceptores arteriais. Nesse contexto, a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) tem se destacado na pesquisa acadêmica, por ser uma técnica capaz de identificar a ação do SNA e as alterações nas respostas autonômicas cardiovasculares (Guyton e Hall, 2011; Silva, 2016).

A Força-Tarefa da *European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology* (1996) estabeleceram diretrizes para o teste e uso de equipamentos de medição e registro da VFC e demonstraram que esse parâmetro fisiológico pode ser utilizado para identificar e quantificar a regulação e adaptações autonômicas cardiovasculares, podendo ser utilizado como um marcador para identificar fatores de riscos. Nos últimos anos, diversos estudos analisaram e validaram o uso de monitores de frequência cardíaca portáteis em comparação ao eletrocardiograma convencional, para o registro da VFC, sendo que o Mendes *et al.*, (2021).

Atualmente diversos países estão desenvolvendo estudos sobre as respostas autonômicas cardiovasculares em pilotos. No entanto, os registros de dados realizados em ambientes operacionais reais, durante o voo são escassos e apresentam resultados inconclusivos. Essa limitação ocorre devido à dificuldade de acesso devido as medidas de segurança operacional da atividade militar, bem como à baixa disponibilidade de voluntários para o desenvolvimento dos estudos. Isso dificulta a validação de indicadores e possíveis marcadores fisiológicos de respostas autonômicas (Silva, 2016; Mendes, 2021; Chiang *et al.*, 2021).

Dessa forma, com a incorporação desses avanços tecnológicos e considerando que o Brasil não possui uma centrífuga humana, pelas Forças Armadas ou pelo meio civil, surge a necessidade do aprimorar a formação dos quadros técnico-científicos, que permitam a construção de ferramentas para treinamento, capacitação e monitoramento do desempenho operacional. Diante disso, esse estudo buscou analisar as respostas de VFC em pilotos durante voo acrobático, para identificar se as respostas autonômicas podem ser utilizadas como um Indicador de Desempenho Operacional.

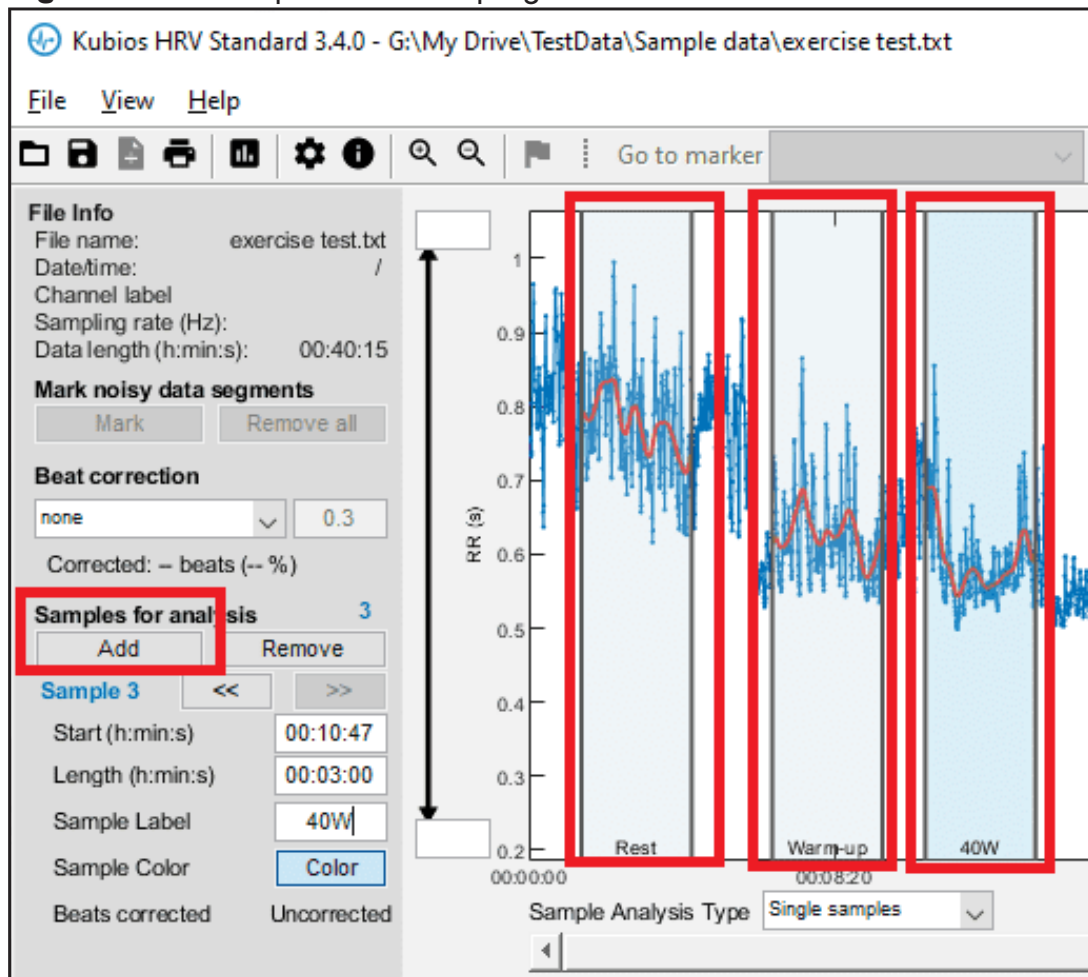
2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

O estudo foi desenvolvido com o emprego da aeronave de instrução T-27 Tucano, pertencente ao Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea (1ºEIA), localizado na Academia da Força Aérea (AFA), Pirassununga-SP. O desenho experimental e materiais utilizados foram autorizados pelos Chefes de Esquadrão de voo, de Divisão de Operações Aéreas e Comandante da AFA. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Força Aérea de São Paulo (CEP-HFASP) conforme protocolo nº 46959221.0.00008928.

Devido à confiabilidade e validade para a coleta de dados para registro da VFC em ação de voo, foi utilizado o Relógio Frequencímetro Polar®, modelo V800 (Vanderlei *et al.*, 2008; Silva, 2016; Mendes, 2021). Foram utilizadas Câmeras e suportes da marca GoPro®, fixadas na cabine da aeronave, para realização da gravação das etapas do voo, por fim, os dados de VFC foram extraídos do sistema da própria empresa do relógio frequencímetro Polar®. Após, os dados foram carregados no Software Kubios HRV® para separação e análise dos parâmetros autonômicos de acordo com o registro de vídeo do voo, conforme exemplificado na Figura 1.

Figura 1 - Análise por blocos no programa Kubios HRV Standard®.



Fonte: Os autores.

2.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A amostra inicial foi composta por militares voluntários do Quadro de Tripulantes (QT) do 1º EIA. Após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), os voluntários foram orientados a respeitar um intervalo mínimo de 48h sem realizar atividade física de moderada a grande intensidade, e abster-se do consumo de álcool, cafeína ou qualquer substância similar, além de seguir um protocolo de hidratação, que consistiu na ingestão de 500ml de água antes de dormir, 500ml de manhã ao acordar e 500ml antes da preparação para avaliação em voo (Sá, 2015; Silva, 2016; Rodriguez, 2019).

Inicialmente os voluntários passaram por uma avaliação antropométrica e nível de capacidade cardiorrespiratória, e os resultados foram tratados por meio de um programa computacional gerador de aleatorização (Randomization 1.0), estabelecendo grupos homogêneos cuja única diferença ficou com o nível de experiência em horas de voo acrobático.

Após, com o propósito de isolar os fatores intervenientes da VFC e destacar as respostas fisiológicas no ambiente de hipergravidade, os voluntários foram divididos em três grupos, de acordo com o nível de experiência em horas de voo acrobático (Eiken *et al.*, 2012).

2.3 CARACTERÍSTICAS DOS VOLUNTÁRIOS

A amostra foi composta por 29 militares, do sexo masculino, integrantes do QT do 1º EIA, sendo dividido em três grupos:

I. Grupo Aeronavegantes (AERO): n=8, idade média $31,00 \pm 5,23$ anos, massa corporal média $77,81 \pm 4,54$ kg, estatura média $176,44 \pm 6,09$ cm, índice de massa corporal (IMC) $25,04 \pm 1,78$ e experiência de $125,25 \pm 92,28$ horas;

II. Grupo Pilotos Instrutores (INSTR): n=13, idade média $32,01 \pm 2,57$ anos, massa corporal média $80,17 \pm 6,27$ kg, estatura média $175,58 \pm 5,25$ cm, IMC $25,75 \pm 1,58$ e experiência de $1.638,57 \pm 237,17$ horas; e

III. Grupo Pilotos do Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA): n=8, idade média $32,79 \pm 1,51$ anos, massa corporal $74,95 \pm 8,02$ kg, estatura média $174,38 \pm 7,13$ cm, IMC $24,59 \pm 1,29$ e experiência de $2.305,63 \pm 398,41$ horas.

Na sequência passaram por uma avaliação antropométrica e receberam orientações para realização da avaliação em voo.

2.4 DESENHO DA AVALIAÇÃO EM VOO

O desenho da avaliação em voo utilizou missões específicas da fase de Formatura, do estágio básico de instrução aérea, do Curso de Formação de Aviadores (CFOAv), ministrado pelo 1ºEIA, em virtude dos voos de instrução seguirem um rígido cronograma, com padronização de tempo, perfil e sequência de execução de exercícios (Brasil, 2022). Nessa fase são utilizadas duas aeronaves T-27, sendo que a tripulação de uma é composta

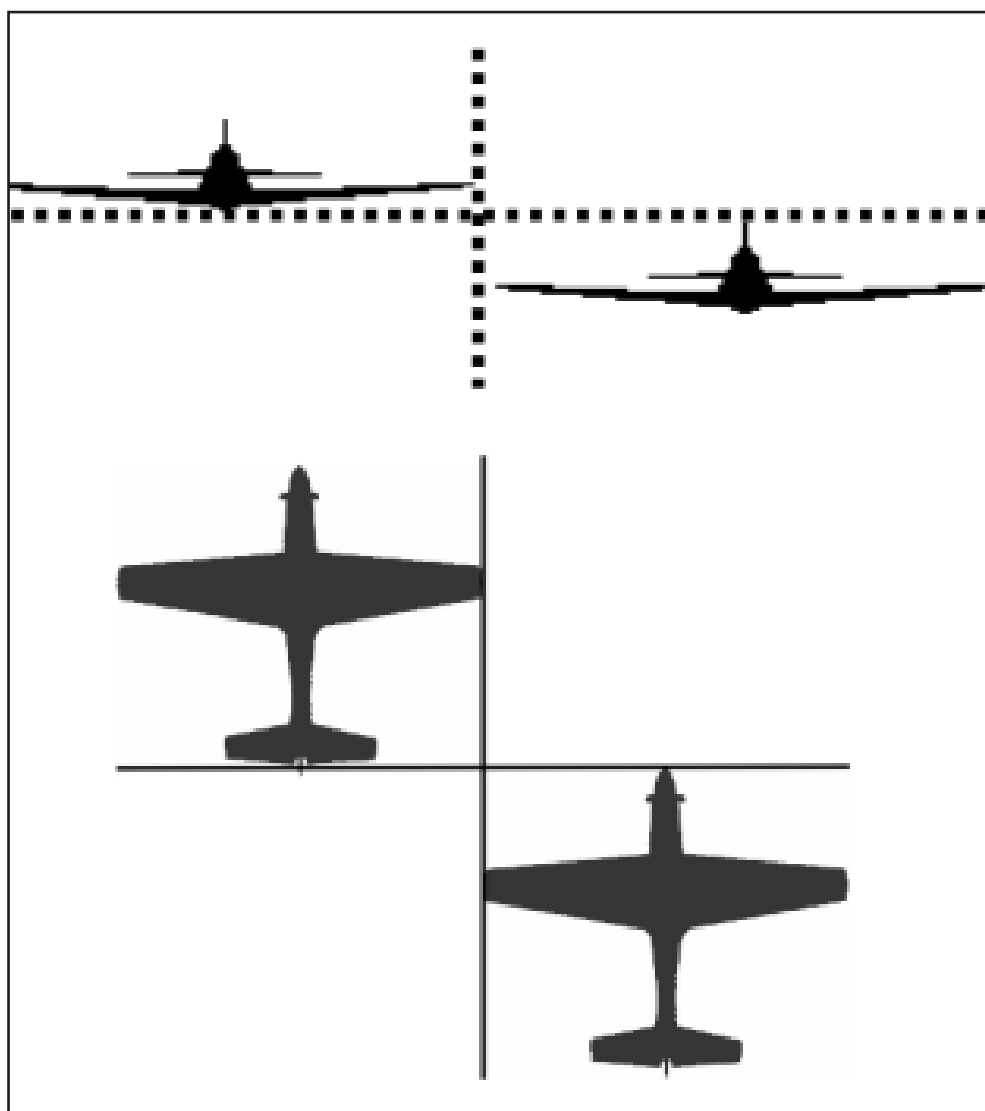


por um cadete e instrutor, que segue os comandos e as evoluções da aeronave da frente, que é a do Líder, composto por um piloto instrutor, responsável pela execução dos exercícios e acrobacias, conforme previsto no Manual de Procedimentos do 1º EIA (Brasil, 2021).

Diante disso, esse estudo utilizou a disponibilidade do assento do 2º piloto da aeronave do líder para realizar a avaliação em voo, em virtude da grande quantidade de voos com parâmetros iguais, não haver impacto na instrução de voo do cadete, não representar custos adicionais para realização da avaliação e por essa posição estar normalmente desocupada.

A figura 2 descreve a posição das duas aeronaves, para realização da fase de formatura, onde há a separação em nível, em longitude e lateralidade.

Figura 2 - Posição das aeronaves na fase Formatura 1º EIA.



Fonte: Brasil, 2021.

Para o registro em voo, foi fixada uma **câmera** da marca GoPro® na cabine 2º piloto, para sincronizar e estratificar os dados da VFC, de acordo como perfil de cada bloco de avaliação proposto, conforme descrito a seguir:

Bloco 1 — Pré-voos: Compreende a fase preparatória do dia da avaliação, iniciando na sala da Aeromedicina do 1ºEIA, com a instalação do equipamento Polar® no voluntário, realização da conferência final dos parâmetros de início da avaliação e solicitação ao voluntário para adotar a posição de decúbito dorsal para avaliação da Frequência Cardíaca (FC) de repouso;

Bloco 2 — Solo-1: Esse bloco foi caracterizado pela rolagem da aeronave no solo, desde o fechamento da capota da aeronave nos hangarete de estacionamento até o momento anterior ao início da decolagem;

Bloco 3 — Nivelado: Foi caracterizado pela atitude da aeronave em voo, porém sem a ação de forças acelerativas;

Bloco 4 — Sequência Acrobática nº1 (S.A.1): Foi caracterizada pelo início dos exercícios previstos para a missão, com a presença de forças acelerativas, que oscilaram, em média, de 0 Gz até +3,5Gz;

Bloco 5 — Recuperação 1(REC1): Foi caracterizada pelo momento imediatamente posterior a interrupção dos exercícios e início de recuperação de altitude e reposicionamento na área de instrução, não havendo forças acelerativas a considerar;

Bloco 6 — Sequência Acrobática nº2 (S.A.2): Bloco caracterizado pela execução de exercícios com a presença de forças acelerativas com oscilação média igual ao S.A.1;

Bloco 7 — Recuperação 2 (REC 2): Bloco semelhante ao REC1, sem a presença de forças acelerativas;

Bloco 8 — Sequência Acrobática nº3 (S.A.3): Bloco semelhante aos S.A.1 e S.A.2, com a presença de forças acelerativas;

Bloco 9 — Recuperação 3 (REC3): Bloco semelhante ao REC2, porém com a característica de finalizar a descida da área de instrução e início do regresso para pouso;

Bloco 10 — Solo-2: Bloco caracterizado do momento do pouso até o corte do motor, dentro do hangarete de estacionamento;

Bloco 11 — Pós-voos: Bloco semelhante ao Bloco 1, caracterizado pela aferição da FC de repouso após o término do voo.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A VFC foi analisada nos seguintes parâmetros: Média e desvio padrão da média dos intervalos R-R (RR), desvio padrão dos intervalos RR (SDNN), raiz quadrada das diferenças sucessivas entre os intervalos RR normais adjacentes ao quadrado (RMSSD) e variabilidade dos intervalos RR analisados em período curto (SD1) (Aubert, 2003; Sá, 2015; Silva, 2016).

A análise dos resultados foi realizada por meio do programa computacional da IBM *software* SPSS® *Statistics* Versão 25.0 do qual foram identificadas as médias (M) e Desvio Padrão (DP). Foi realizado o teste de normalidade por meio do teste de Shapiro Wilk, tendo em vista que as amostras foram com um número inferior a 30 indivíduos.

As variáveis foram comparadas através da análise intragrupos por meio da Análise de Variância na modalidade unidirecional (ANOVA *One-way*) e da análise intergrupos

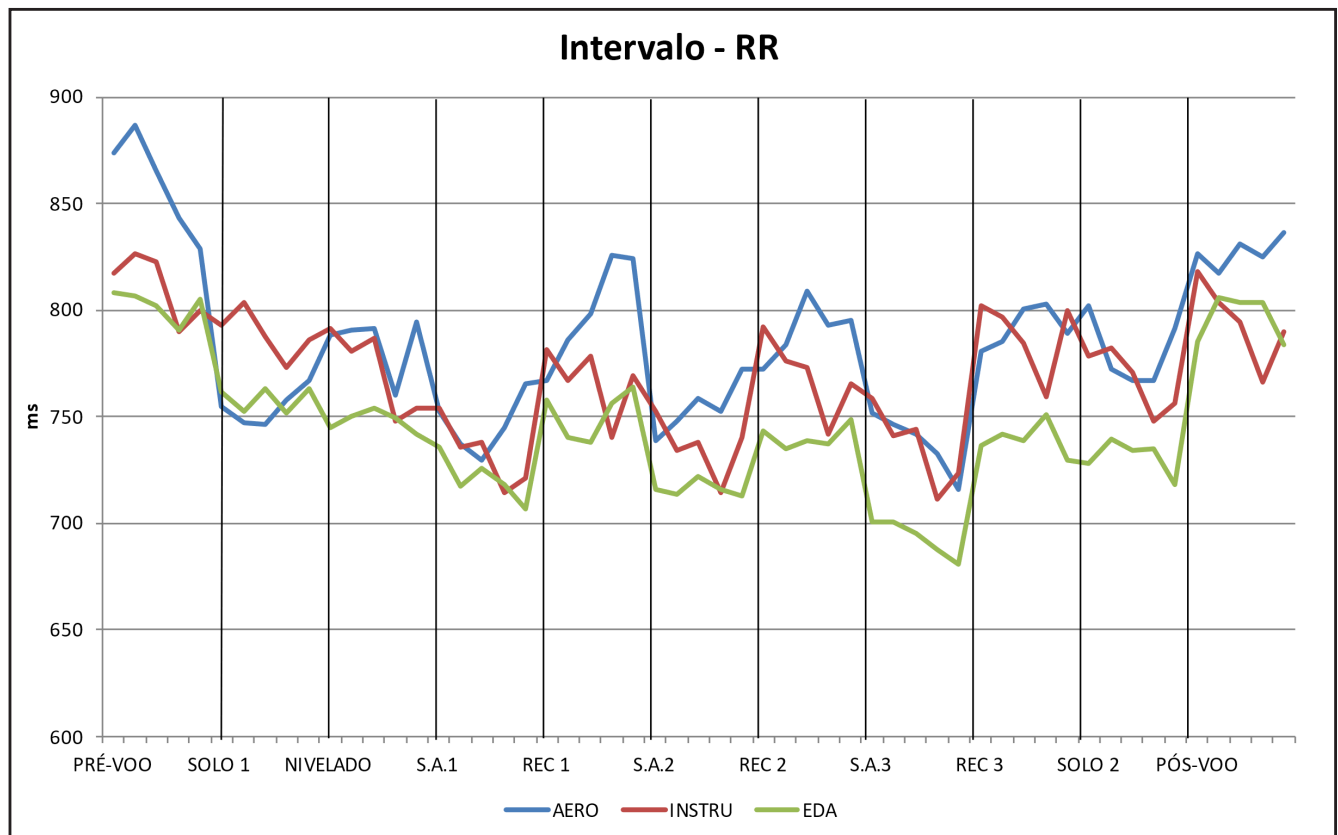
utilizando o Teste-T de *Student* para amostras independentes. Para a comparação dos efeitos da análise estatística, foi utilizado o ajuste de intervalo de confiança de Bonferroni. Para as comparações da mudança real das médias das variáveis analisadas foi fixado um nível crítico de significância menor de 5% ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS

Foram analisados 11 blocos de 5 minutos (com um período mínimo de 256 intervalos RR) de cada grupo avaliado os seguintes índices de VFC: No domínio do tempo (linear): o Intervalo R-R; o desvio padrão de todos os intervalos RR normais (SDNN); a raiz quadrada da soma das diferenças sucessivas entre intervalos RR normais adjacentes ao quadrado (RMSSD) e no domínio não-linear: o desvio padrão dos intervalos R-R instantâneos (SD1), medida de resposta autonômica de curto prazo.

Em face do tamanho da amostra disponível, os resultados não apresentaram diferença estatística (valor $p > 0,05$). Entretanto, para fornecer uma melhor compreensão e visualização da evolução dos parâmetros ocorridos durante todas as etapas avaliadas do estudo, as respostas foram representadas em um gráfico com um intervalo minuto a minuto, destacando as diferenças significantes.

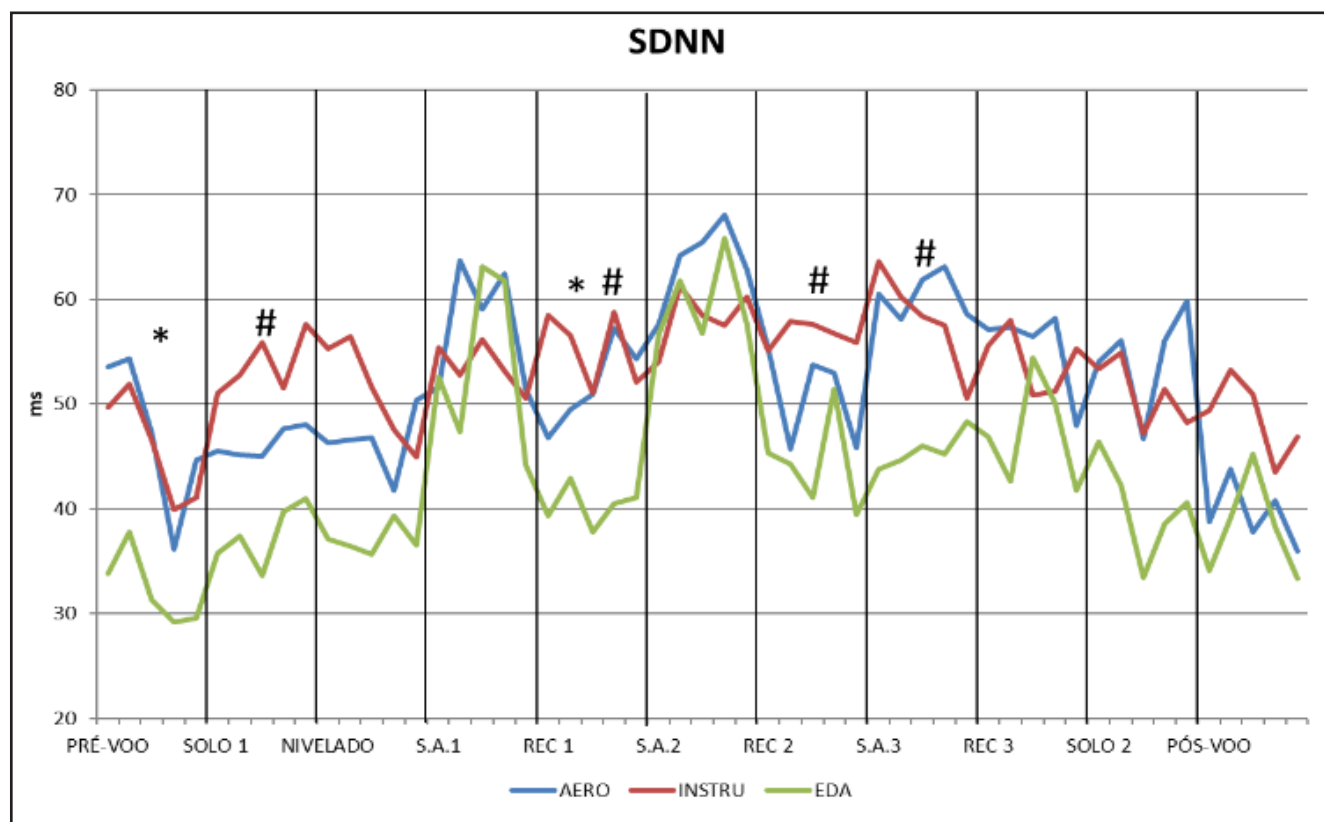
Gráfico 1 - Intervalos RR (em MS) por blocos entre os grupos.



Fonte: Os autores.

O Grupo EDA apresentou tendência de valores dos intervalos RR ligeiramente inferiores com relação aos outros dois grupos, com destaque para os blocos REC2, S.A.3, REC3 e SOLO2. Os Grupos EDA e INSTR apresentaram retorno dos valores RR ao padrão inicial (comparação dos blocos Pré-Voo com o Pós-Voo), já o Grupo AERO apresentou tendência de redução dos índices de RR, em relação aos valores iniciais. Até o final do bloco S.A.1 os grupos apresentaram valores estatisticamente iguais, no entanto em REC1 e REC2, o grupo AERO apresentou valores ligeiramente superiores. Na análise da variável de intervalos RR, observou-se que a partir do final de S.A.2, o grupo INSTR apresentou tendência de comportamento dos valores de RR em relação ao grupo AERO, até o final de SOLO2.

Gráfico 2 - Valores de SDNN, por blocos entre grupos. Respostas minuto a minuto dos valores de SDNN.



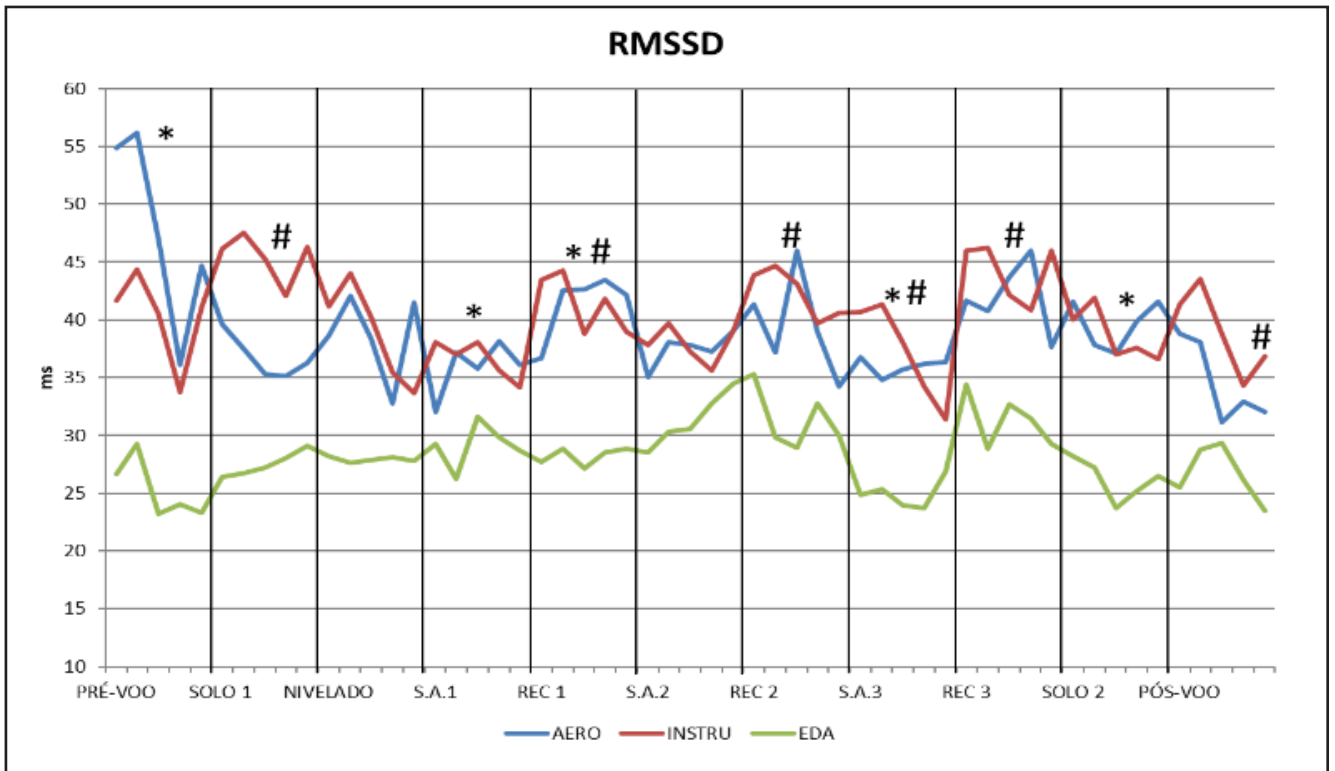
Legenda: * Diferença entre os grupos AERO e EDA; # Diferença entre os grupos INSTRU e EDA.

Fonte: Os autores.

Os grupos apresentaram valores médios iguais no bloco S.A.1, S.A.2, REC3, SOLO2 e Pós-voo. O Grupo EDA apresentou valores de SDNN inferiores aos outros dois grupos em quase todo o período de avaliação (exceção aos blocos S.A.1, S.A.2, REC2, REC3 e Pós-Voo). O Grupo INSTRU apresentou valores superiores a praticamente todos os blocos em comparação com o EDA, sendo similar apenas em S.A.1 e S.A.2, já em comparação

ao AERO, apresentou valores superiores em blocos sem exigência de carga Gz (séries acrobáticas) e valores inferiores durante os blocos S.A.1 e S.A.2. A partir de S.A.3 os grupos apresentaram tendência de redução dos valores, sendo que os grupos INSTR e AERO apresentaram valores similares até o momento do pouso. Em solo (Pós-voos), o grupo AERO apresentou valores inferiores ao parâmetro inicial, não havendo diferença para o grupo EDA nesse bloco, já o grupo INSTR apresentou a mesma tendência inicial de valores superiores ao AERO em fases sem carga Gz.

Gráfico 3 - Valores de RMSSD, por blocos entre grupos. Respostas minuto a minuto dos valores de RMSSD.



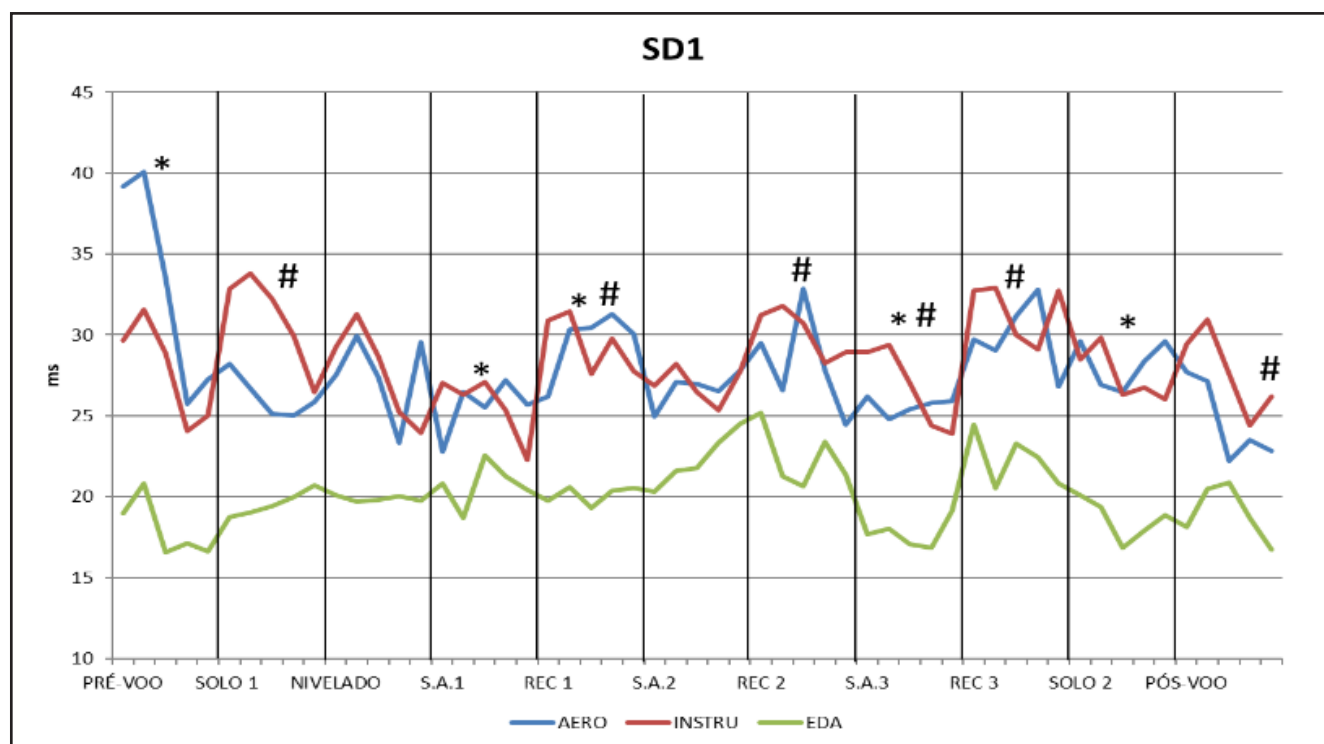
Legenda: * Diferença entre os grupos AERO e EDA; # Diferença entre os grupos INSTRU e EDA.

Fonte: Os autores.

O Grupo EDA apresentou valores inferiores para todos os blocos de avaliação, sendo os resultados mais próximos aos outros dois grupos apenas em NIVELADO e S.A.2, porém com valores menores quando comparado com os outros grupos. O Grupo AERO apresentou valor inicial (Pré-Voo) acima dos outros grupos, no bloco seguinte, apresentou valor ligeiramente inferior ao grupo INSTR, após, apresentou tendência de comportamento semelhante ao INSTR. O grupo AERO apresentou redução do valor inicial esse índice de VFC até o final da avaliação. Durante os blocos de maior exigência gravitacional (S.A1, S.A.2 e S.A.3) os grupos AERO e INSTR apresentaram tendências semelhantes de redução de valores, e conseqüente aumento nos momentos de recuperação.



Gráfico 4 - Valores de SD1, por blocos entre grupos. Respostas minuto a minuto dos valores de SD1.



Legenda: * Diferença entre os grupos AERO e EDA; # Diferença entre os grupos INSTRU e EDA.

Fonte: Os autores.

Conforme analisado no gráfico anterior, o comportamento dos índices foi similar entre os grupos intragrupo. O Grupo EDA apresentou valores inferiores para todos os blocos de avaliação, sendo os resultados mais próximos em NIVELADO e S.A.2. O grupo AERO apresentou tendência de redução do índice SD1, ao final da avaliação, no bloco Pós-voe, quando comparado ao início da avaliação em Pré-voe. Os grupos AERO e INSTRU apresentaram tendência de comportamento da redução e aumento de valores semelhantes, entre os blocos NIVELADO e Solo2, já o grupo EDA apresentou tendência de elevação de valores a partir do final de S.A.2, após, no bloco Solo2, retornou a valores próximos ao Solo1, sem alteração no valor final da avaliação (Pós-voe) quando comparado ao início da avaliação (Pré-Voe).

4 DISCUSSÃO

A exposição às forças acelerativas do ambiente aeroespacial, promove alterações fisiológicas nos pilotos, no sentido de manter o equilíbrio hemodinâmico e níveis de pressão arterial ao nível dos olhos em valores próximos ao de repouso, agindo como uma resposta de tolerância a carga Gz. Essas adaptações afetam as respostas do SNA e, para identificar essas adaptações, diversos estudos analisaram e validaram o registro da VFC, como um indicador capaz de avaliar o comportamento do SNA, que é um parâmetro de respostas fisiológicas (Convertino, 2001; Newman e Callister, 2009; Eiken *et al.*, 2012).

Nesse sentido, a utilização de monitores cardíacos portáteis ganhou relevância no meio acadêmico em virtude do baixo custo, versatilidade, por ser um procedimento não invasivo validado para realizar o registro da VFC, em virtude do seu alto grau de confiabilidade (Vanderlei, 2008; Eiken *et al.*, 2012; Freitas *et al.*, 2014). A *Task Force* (1996) estabeleceu parâmetros para realização do registro e avaliação da VFC, permitindo sua ampla utilização, respeitando o rigor científico. Diversos estudos utilizaram o monitor de frequencímetro da Polar®, para realizar o registro de respostas autonômicas em pilotos, em situações de estresse gravitacional, no qual comprovaram a eficácia na utilização desse método (Sá, 2015; Silva, 2016; Mendes *et al.*, 2021).

Para analisar as respostas autonômicas, esse estudo isolou os fatores que poderiam influenciar nos resultados, como o perfil antropométrico dos pilotos avaliados e o nível de ambientação à atividade aérea de instrução, sendo que o público foi composto por militares pertencentes ao QT do 1ºEIA da AFA. Além disso, foi isolado o fator experiência em horas de voo acrobático com a finalidade de analisar as diferenças nas respostas da VFC (Task Force, 1996; Newman e Callister, 2009).

Salientemos que a amostra analisada apresentou um perfil antropométrico similar aos outros estudos desenvolvidos com o foco no registro e análise da VFC em pilotos (Sá, 2015; Silva, 2016; Chiang *et al.*, 2021; Mendes *et al.*, 2021). A amostra foi dividida em três grupos, sendo o primeiro, Grupo AERO, com menor nível de experiência (M=125,25 horas), o segundo, Grupo INSTRU, com nível médio (M=1638,57 horas) e o terceiro, Grupo EDA, com maior nível de experiência (M=2305,63 horas). O primeiro grupo apresentou uma diferença maior em nível de experiência, quando comparado com os outros dois grupos, aproximando-se do nível de experiência alcançado pelo Cadete do CFOAv (Brasil, 2022).

Os resultados para os valores de intervalo RR corroboram com os achados de Convertino (2001), Newman e Callister (2009), Sá (2015) e Silva (2016) que tratam da influência da experiência em horas de voo acrobáticos no controle das respostas autonômicas. Em nosso estudo, evidenciou-se valores menores para todos os parâmetros analisados para o grupo EDA (pilotos com mais horas de voo) e valores maiores no grupo AERO (pilotos com menos horas de voo). A partir desses resultados foram calculadas as derivações, tanto pelos métodos lineares, como pelo geométrico, para analisar o comportamento dos ramos simpático e parassimpático do SNA (Task Force, 1996).

Houve redução nos valores de VFC apenas no grupo AERO, enquanto os outros dois grupos retornaram a valores pré-voo, possivelmente em virtude da influência do efeito de desidratação provocado pelo ambiente de voo real (estresse térmico, cognitivo e fisiológico – carga Gz) (Silva, 2016; Gradwell e Rainford, 2016).

As respostas de SNDD representam o comportamento dos ramos simpático e parassimpático, enquanto as respostas de RMSSD e SD1 representam a atuação do ramo parassimpático, na busca do equilíbrio do sistema cardiovascular (Task Force, 1996; Vanderlei, 2009). Diante do estresse gravitacional provocado pelas fases acrobáticas (S.A.1, S.A.2, S.A.3), é possível observar elevação nos resultados do indicador SDNN em todos os grupos e consequente redução de atividade nas fases de recuperação, conforme descrito nos gráficos minuto-a-minuto. Entretanto, o grupo EDA apresentou uma redução mais expressiva, quando comparado com os outros grupos, e na terceira série acrobática, não apresentou uma elevação da atividade

simpato-vagal, possivelmente em virtude da efetividade da ação de mecanismos compensatórios, onde a força acelerativa não foi suficiente para provocar uma elevação do sinal do SNA para reestabelecer o equilíbrio hemodinâmico (Newman e Callister, 2009; Sá, 2015).

Nas respostas de RMSSD e SD1, durante a fase Solo 1, o grupo AERO apresentou uma redução do indicador parassimpático, possivelmente por influência de fatores externos (eg. Fatores psicológicos, carga mental), enquanto o grupo INSTRU apresentou elevação e o grupo EDA se manteve sem alteração. Durante as fases de voo, os grupos AERO e INSTRU apresentaram comportamento semelhantes, entretanto o INSTRU apresentou uma amplitude maior na entrada das fases de recuperação, comportamento esperado, conforme identificaram Newman e Callister (2009) e Eiken *et al.* (2012). O grupo EDA, não apresentou alterações até o final de S.A.2, possivelmente pelo nível de exigência gravitacional desse tipo de voo não afetar esse grupo. Contudo, em REC.2 começou a oscilar, porém ainda estabilizado nos valores médios e em S.A.3 apresentou uma retirada vagal maior e consequente entrada em REC.3, com valores médios de REC.2, comportamento semelhante aos outros dois grupos, porém com valores menores, após, os valores retornaram a média dos valores iniciais.

Durante as exigências gravitacionais, uma resposta parassimpática menor é mais adequada para manutenção do equilíbrio hemodinâmico, entretanto, a manutenção dessa baixa resposta após cessado o fator estressor, está associado a riscos cardiovasculares (Task Force, 1996; Martinelli, 1996).

Não obstante, cabe ressaltar que uma das limitações desse estudo consistiu na limitação de voluntários aptos disponíveis, levando-se em consideração que o público autorizado a voar na aeronave T-27 ser reduzido. Esse fato foi agravado pelo cenário de pandemia em virtude da COVID-19, que abrangeu os momentos críticos de coleta de dados. Em virtude desse valor de “n” disponível, e em face da população específica do estudo, não foi possível realizar um cálculo amostral. Apesar disso, esse estudo demonstrou a capacidade objetiva e de baixo custo para realizar a avaliação fisiológica em tempo real dos pilotos em voo.

Por fim, estudos anteriores demonstraram a importância do acompanhamento em tempo real dos parâmetros fisiológicos dos pilotos, visando aumento de consciência situacional acerca do desempenho apresentado diante do desafio gravitacional, do emprego em voo real. Nesse contexto, o monitoramento da VFC de pilotos, por meio de relógio frequencímetro pode servir como um instrumento objetivo e eficaz para a medicina aeroespacial, tanto para o acompanhamento da saúde do piloto, quanto para permitir o desenvolvimento e evolução do desempenho operacional parâmetros ligados a tolerância as acelerações de carga Gz(Sá, 2015; Silva, 2016; Nascimento, Pires e Calvo, 2021).

5 CONCLUSÃO

Os fatores estressores do ambiente aeroespacial exigem respostas compensatórias do organismo do piloto para manter a homeostase e nesse contexto, a avaliação das respostas autonômicas ganhou importância como uma importante ferramenta para medir a ação do SNA na manutenção desse equilíbrio.



O presente estudo demonstrou a capacidade e validade na medição dos parâmetros de VFC de pilotos em voo, como um método de avaliação de baixo custo, grande versatilidade, pouco impacto na segurança operacional e elevado poder de precisão, que pode ser utilizado como um indicador de desempenho operacional.

Novos estudos devem ser desenvolvidos para buscar uma melhor compreensão da influência de parâmetros antropométricos e de capacidades físicas do piloto no nível de desempenho operacional em voo, além da caracterização de parâmetros esperados para alta performance em voo.

Por fim, a adoção da análise de respostas autonômicas cardiovasculares como um indicador de desempenho operacional de pilotos em voo, pode melhorar a prevenção de acidentes ou incidentes aeronáuticos, poupando meios materiais e até mesmo vidas. Dessa forma, a FAB poderá utilizar esse método como um instrumento para desenvolver e aprimorar treinamentos mais efetivos para o desempenho dos pilotos militares, sendo referência no contexto da aviação mundial para realização de novos estudos e no emprego de inovações tecnológicas.

Informações sobre os autores:

Edson Koury do Nascimento

<https://orcid.org/0000-0001-8573-0683>

<http://lattes.cnpq.br/2026644448094058>

koury.fab@gmail.com

Possui graduação em Curso de Formação de Oficiais Aviadores pela Academia da Força Aérea (2011), MBA em Gestão Pública, pela Anhaguera de Pirassununga (2016) e Mestrado em Desempenho Humano Operacional pela Universidade da Força Aérea (2023). Realizou os Cursos de Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional para PSAC, pela ANAC (2016), Curso de Gestão e Fiscalização de Contratos Administrativos, pelo Enap (2016) e Mestrado em Desempenho Humano Operacional pela Universidade da Força Aérea - UNIFA (2023). Atualmente é oficial aviador da força aérea brasileira, servindo no Primeiro Comando Aéreo Regional – I COMAR. Tem experiência em Gestão Pública, com ênfase na Administração pública e na área de Defesa, com ênfase em Defesa Aérea.

Adriano Percival Calderaro Calvo

<https://orcid.org/0000-0003-3307-4252>

<http://lattes.cnpq.br/4665929995935700>

percivalcalvo.fab@gmail.com

Possui graduação em Educação Física pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2005), mestrado em Ciências da Motricidade pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2007) e doutorado em Ciências pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2015). Concluiu estágio de Pós-Doutorado em



Ciências do Exercício e do Esporte pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Atualmente é docente permanente pós-graduação em Desempenho Humano Operacional da Universidade da Força Aérea (UNIFA). Tem experiência na área de Educação Física, atuando principalmente nos seguintes temas: biomecânica, muscular, militar, ambiente extremo e piloto.

Fábio Angioluci Diniz Campos

<https://orcid.org/0000-0002-2626-793X>

<http://lattes.cnpq.br/4078587765452385>

fabiocampos06@gmail.com

Possui Licenciatura Plena em Educação Física pela Universidade Estadual de Londrina (2003), Especialização em Fisiologia do Exercício pela Universidade Federal de São Paulo (2005) e mestrado em Educação Física pela Universidade de São Paulo (2011). Doutor em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Metodista de Piracicaba (2017). Professor Efetivo do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Ceres durante os anos de 2019 e 2020. Coordenador Esportivo do Programa Forças no Esporte no âmbito da Força Aérea Brasileira (2019-2022). Docente e orientador do Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional (PPGDHO) da Universidade da Força Aérea (UNIFA). Tem experiência na área de Educação Física com os temas aspectos pedagógicos do Treinamento Esportivo e na área de Biodinâmica do Movimento Humano (Desempenho Humano Operacional). Treinador de Voleibol Nível III da Confederação Brasileira de Voleibol.

Aylton José Figueira Júnior

<https://orcid.org/0000-0002-6635-8019>

<http://lattes.cnpq.br/1107427417348652>

aylton.junior@saojudas.br

Formado em Educação Física (1985-1988); Especialista em Ciências do Esporte pelo Laboratório de Aptidão Física de São Caetano do Sul - São Paulo - Brasil (CELAFISCS); Pós-Graduação em Ciências do Esporte na Faculdade de Educação Física de São Caetano do Sul (1989-1990); Pós-Graduação Fisiologia e Bioquímica do Exercício Instituto de Medicina Esportiva Manuel Fajardo - Havana - Cuba (1991). Coordenador do curso de Pós-graduação em Treinamento Esportivo da FMU; Docente dos Cursos de Graduação da UNINOVE e USJT; Membro da American College of Sports Medicine (ACSM desde 2003), Rede Mundial de Atividade Física e Ambiental (2011) e Sociedade Japonesa de Educação Física, Saúde e Ciências do Desporto.; Professor do Programa de Mestrado e Doutorado da Universidade São Judas Tadeu (USJT), desde 2009; Professor convidado do Programa de Mestrado em Fisiologia Clínica do Exercício- Universidad Mayor - Chile; Membro do CNPq



(ad hoc) e da FAPESP (Ad hoc). Assessor do Conselho do Estado de Educação do Estado de São Paulo (desde 2009); Vencedor do Prêmio Literatura Esportiva do Ano oferecida pelo Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte (2015); Medalha de Mérito da Educação Física delegada pelo Conselho Regional de Educação Física; Medalha da Comenda da Ordem da Educação Física do Estado de São Paulo; Autor de 12 livros e 26 capítulos nas áreas do esporte, treinamento e atividade física e saúde.

Gilberto Pivetta Pires

<https://orcid.org/0000-0003-2074-486X>

<http://lattes.cnpq.br/6427085515124125>

gilbertopivettapires@gmail.com

Possui graduação a nível de Licenciatura Plena em Educação Física pela Escola Superior de Educação Física e Desportos de Catanduva - ESEFIC (1997), Especialização em Atividades Aquáticas pela Universidade Norte do Paraná - UNOPAR (2000), Mestrado em Educação Física com Área de Conhecimento na Performance Humana, atuando na Linha de Pesquisa da Avaliação da Performance Humana pela Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP (2005), e Doutor em Educação Física com Área de Conhecimento na Escola, Esporte, Atividade Física e Saúde, atuando na Linha de Pesquisa do Fenômeno Esportivo pela Universidade São Judas Tadeu - USJT (2014). Trabalhou com Técnico Desportivo na modalidade de Natação no Clube de Tênis Catanduva (1995 a 2010), período o qual orientou atletas de destaque a nível nacional. Foi membro do Conselho Técnico da Federação Aquática Paulista (2006/2007); Membro do Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Roraima - UFRR. (2017/2019); Coordenador Local do Polo Campus Boa Vista do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu (Mestrado Profissional) em Educação Profissional e Tecnológica - ProfEPT (2018/2019); Coordenador do Centro de Pesquisas em Políticas Públicas do Esporte e Lazer da Rede CEDES em parceria com a Secretaria Especial do Esporte e Ministério da Cidadania (2015/2019) e Coordenador da Área de Educação Física do Programa de Iniciação da Docência - PIBID/IFRR em parceria com a Capes e o Ministério da Educação (2018/2019). Lecionou em cursos de Licenciatura e Bacharelado de instituições de nível superior no estado de São Paulo: Centro Universitário do Noroeste Paulista - UNORP (2005/2007); Universidade Paulista - UNIP (2006/2011); Centro Universitário FAFIBE - UNIFAFIBE (2008/ 2010) ; Faculdades Integradas Fundação Padre Albino - FIPA (2011); e de Roraima: Universidade Estadual de Roraima - UERR (2011) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima - IFRR Campus Boa Vista (2012/2019) Atualmente atua no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu (Mestrado Profissional) em Desempenho Humano Operacional - PPGDHO na Universidade da Força Aérea - Campo dos Afonsos - Rio de Janeiro. Tem experiência na área de Educação Física, com ênfase no Desempenho Humano, atuando principalmente nos seguintes temas: Natação, Medidas e Avaliações, Periodização e Treinamento de Força e Treinamento Desportivo.



Contribuições dos autores:

O autor Edson Koury do Nascimento, foi responsável pela formulação de metas e objetivos de pesquisa, condução do processo de pesquisa e investigação e preparação, criação e apresentação do trabalho publicado, especificamente na apresentação de dados e redação da versão final. O autor Prof. Dr. Adriano Percival Calderaro Calvo, foi responsável formulação de metas e objetivos de pesquisa participando da verificação da replicação/reprodutibilidade geral dos resultados da pesquisa. O autor Prof. Dr. Fábio Angioluci Diniz Campos, foi responsável pela verificação técnica do conteúdo, revisão ortográfico e coerência dos subitens incluídos no estudo. O autor Prof. PhD. Aylton José Figueira Junior, foi responsável pela verificação técnica do conteúdo, revisão ortográfico e coerência dos subitens incluídos no estudo. O autor Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires foi responsável pela formatação de metas e objetivos de pesquisa, contribuindo para o desenvolvimento da metodologia, gestão e coordenação do planejamento, supervisão e liderança para a execução da atividade de pesquisa e cerificação da replicação/reprodutibilidade geral dos resultados da pesquisa.

Como citar este artigo:

ABNT

NASCIMENTO, E. K., CALVO, A. P. C., CAMPOS, F. A. D., FIGUEIRA JUNIOR, A. J. F., PIRES, G. P. Respostas autonômicas cardiovasculares em pilotos militares: um indicador de desempenho operacional? **Revista da UNIFA**, Rio de Janeiro, v. 37, p. 1-21, 2024.

APA

NASCIMENTO, E. K., CALVO, A. P. C., CAMPOS, F. A. D., FIGUEIRA JUNIOR, A. J. F., PIRES, G. P. (2024, Dezembro) Respostas autonômicas cardiovasculares em pilotos militares: um indicador de desempenho operacional? **Revista da UNIFA**, 37 (1), P. 1-21.



REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira. Simpósio em Brasília (DF) apresenta **Capacidades do F-39 Gripen**. Brasília – DF, 2020.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Manual de Instrução de voo e Manual voo por instrumentos**. Pirassununga – SP, 1988.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Manual de Procedimentos do 1º EIA**, Pirassununga - SP, 2021.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional da AFA**, Pirassununga - SP, 2022.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Comando-Geral do Pessoal. **NCSA 54-3 Teste de Avaliação do Condicionamento Físico no Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro - RJ, 2019.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria N° 1.597/GC3, de 10 de outubro de 2018. Aprova a reedição da DCA 11-45 “Concepção Estratégica Força Aérea 100”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 180, 15 out. 2018.
- CHIANG, K., TU, M.; LIN, Y.; HSIN, Y. *et al.* A Cardiac Force Index Applied to the G Tolerance Test and Surveillance among Male Military Aircrew. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, 2021, 18, 8832.
- CONVERTINO, V. A. Mechanisms of blood pressure regulation that differ in men repeatedly exposed to high-G acceleration. **Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.**, v. 280, n. 4, p. 947-58, 2001.
- DAVIS, J. R. **Fundamentals of aerospace medicine**. 4th. ed. Philadelphia. PA, 19106, USA, 2008.
- EIKEN, O.; MEKJAVIC, I. e SUNDBLAD, P. G. tolerance vis-à-vis pressure-distension and pressure-flow relationships of leg arteries. **Eur. J. Appl. Physiol.** v. 112, p. 3619-27, 2012.
- EINKRAUS, L.W.; RAYMAN, R.B.; BUTLER, W.P.; MARSH, W.E. e COWL, C.T. Aeromedical decision making - It may be time for a paradigm change. **Aviat Space Environ Med** v. 83, p. 1006-1007, 2012.
- FREITAS, D. G. S. de; PINTO, A.; DAMASCENO, V. O.; FREITAS, V. H., *et al.* Efeitos do Treinamento sobre Variáveis Psicofisiológicas Pré-Temporada de Futebol. **Rev. Bras. Med. Esporte.** v. 20, n. 1, p. 26-31, 2014.
- GRADWELL, D. P. e RAINFORD, D. J. **Ernsting’s aviation and space medicine**, 4th ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, USA, p. 893, 2016.
- GUYTON, A. C. e HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 12^a. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.



HARGENS A. R.; BHATTACHARYA R. e SCHNEIDER S. M. Space physiology VI: exercise, artificial gravity, and countermeasure development for prolonged space flight. **Eur J Appl Physiol.** n. 113; p. 2183-92, 2013.

LALANDE, S. e BUICK, F. Physiologic +Gz tolerance responses over successive +Gz exposures in simulated air combat maneuvers. **Aviat Space Environ Med**, v. 80, n. 12, p. 1032–8, 2009.

MARTINELLI, F. S. **Respostas da frequência cardíaca e da pressão arterial sistêmica às manobras postural passiva e de valsava, em indivíduos sedentários e atletas corredores de longa distância.** 1996. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1996.

MENDES, E.; SÁ, G.; MASSAFERRI, R.; OLIVEIRA-SILVA, I.; MONTEIRO, W. e FARINATTI, P. Effects of Workload in Novice Military Transport Flights on Autonomic Modulation and Cognitive Performance: An Observational Cross-Sectional Study. **Journal of Physical Education**, v. 90, n. 4, p. 282-298, 2021.

MORAIS, R. R. M. 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, 2022.

NASCIMENTO, E. K.; PIRES, G. P. e CALVO, A. P. C. **Avaliação de resistência anaeróbia de pilotos militares:** Estudo Observacional. 44º Simpósio Internacional de Ciências do Esporte e 4º Simpósio de Atividade Física e Comportamento Sedentário. São Caetano do Sul-SP, CELAFISCS, 2021. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/simposiocelafiscs/411405-AVALIACAO-DE-RESISTENCIA-ANAEROBIA-DE-PILOTOS-MILITARES--ESTUDO-OBSERVACIONAL>>. Acesso em: 09/11/2022.

NEWMAN, D. G. e CALLISTER, R. Flying experience and cardiovascular response to rapid head-up tilt in fighter pilots. **Aviat Space Environ Med**, v. 80, n. 8, p. 723-6, 2009.

RODRIGUEZ, D. **Hidratação e treinamento de força:** Alterações no volume plasmático influenciam a hipotensão pós-exercício, trabalho cardíaco e complacência arterial. 137f. Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2019.

SÁ, G. B. **Efeitos fisiológicos da aviação de combate e do condicionamento cardiorrespiratório sobre o controle autonômico cardiovascular.** 2015. Dissertação (Mestrado Educação Física) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

SILVA, I. O. **Respostas autonômicas e cardiovasculares em voo e sua relação com a aptidão física.** 2016. Tese de (Doutorado em Educação Física) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, DF, 2016.



SILVA JÚNIOR, F. C. **Atividade física dos pilotos de caça da FAB: Análise da realidade e proposição de estratégias para implantação de programas de treinamento específicos.** Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências Aeroespaciais) - Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro-RJ, 2006.

TASK FORCE, COMMITTEE OF THE. Task Force of The European Society of Cardiology Ante The North American Society Of Pacing And Electrophysiology. **Heart Rate Variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use.** v. 93, n. 5, p. 1043–1065, mar. 1996.

VANDERLEI, L. C. M.; SILVA, R. A., PASTRE, C. M., AZEVEDO, *et al.* Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 41, n. 10, p. 854–859, 2008.

VANDERLEI, L. C. M.; PASTRE, C. M.; HOSHI, R. A.; CARVALHO, T. D. e GODOY, M. F. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Revista Brasileira Cirurgia Cardiovascular.** v. 24, n. 2, p. 205-207, 2009.

VALENTI, V. E. The recent use of heart rate variability for research. **Journal of Human Growth and Development.** v. 25, n. 2, p. 137-140, 2015.

