



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2023

ADRIANO JOAQUIM DOS SANTOS, Cap Inf

**Implantação de tecnologias de monitoramento fisiológico para a Infantaria da
Aeronáutica**

Rio de Janeiro
2023

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2023

ADRIANO JOAQUIM DOS SANTOS, Cap Inf

**Implantação de tecnologias de monitoramento fisiológico para a Infantaria da
Aeronáutica**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Preparo da Força Aérea
Orientador: Danilo Bichir, Cap Inf

Rio de Janeiro

2023

ADRIANO JOAQUIM DOS SANTOS, Cap Inf

**Implantação de tecnologias de monitoramento fisiológico para a Infantaria da
Aeronáutica**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da
Aeronáutica.

Aprovado por:

Prof. Dr. André da Costa Gonçalves
EAOAR

Danilo Bichir, Cap Inf
EAOAR

Rio de Janeiro

2023

RESUMO

Devido aos avanços tecnológicos e à necessidade de técnicas operacionais cada vez mais eficazes, o campo militar está sofrendo alterações substanciais, particularmente no período da guerra moderna, que é definida por problemas complexos e em constante evolução. Neste contexto, o desenvolvimento da tecnologia de monitorização fisiológica emergiu como um componente vital das operações militares, permitindo uma investigação aprofundada dos aspectos ligados ao desgaste fisiológico dos militares. Entretanto, atualmente, nenhuma tecnologia é utilizada para esse fim na Infantaria da Aeronáutica (InfAer), representando uma lacuna nesse campo. Este ensaio defende que a implantação de tecnologias de monitorização fisiológica na InfAer representa uma excelente oportunidade para melhorar as suas capacidades operacionais. O primeiro argumento destaca que o monitoramento fisiológico, por meio de equipamentos tecnológicos modernos, otimizará a preparação física e mental dos militares para o cumprimento de suas missões operacionais, pois permitirá um planejamento de treinamento mais personalizado e adequado às exigências específicas de cada combatente. Além disso, o segundo argumento enfatiza que o uso dessas tecnologias será uma importante ferramenta de apoio à tomada de decisão em combate, através do fornecimento de dados sobre a saúde e o bem-estar dos militares, em tempo real, incrementando a segurança operacional. A implantação dessas tecnologias deve ser priorizada, pois não só aprimora o desempenho e o processo de tomada de decisão, mas também reduz os riscos associados às operações militares da InfAer. Além disso, a adoção dessas tecnologias pelos aviadores representa uma vantagem efetiva, contribuindo para o cumprimento da atividade-fim da FAB.

Palavras-chave: Dispositivos Tecnológicos. Monitoramento Fisiológico. Infantaria da Aeronáutica. Otimização de Desempenho. Tomada de Decisão.

1 INTRODUÇÃO

O campo militar tem sido impactado por enormes alterações causadas por avanços tecnológicos e pela necessidade de técnicas operacionais cada vez mais eficazes no atual período da guerra moderna, que é definido por problemas complexos e dinâmicos. Nesse contexto, o desenvolvimento de tecnologias de monitorização fisiológica emergiu como um componente fundamental das operações militares, permitindo uma extensa investigação de fatores relacionados com o desgaste fisiológico dos combatentes.

A crescente implementação dessas tecnologias mostra-se imprescindível para a maximização do desempenho dos militares, oferecendo dados vitais para a formulação de estratégias operacionais mais eficazes. Segundo Friedl (2012), espera-se que os militares mantenham o mais alto nível possível de prontidão física, pois devem estar prontos para serem empregados e desempenhar suas tarefas em qualquer lugar do mundo a qualquer momento.

Não obstante, é fundamental reconhecer que atualmente não há nenhum dispositivo tecnológico de monitorização fisiológica em uso pela Infantaria da Aeronáutica (InfAer), representando uma necessidade legítima avaliar como a aplicação desses dispositivos tecnológicos pode remodelar esse cenário.

Este trabalho defende que a implantação de tecnologias de monitoramento fisiológico na InfAer representará uma condição fundamental para melhorar as suas capacidades operacionais. O primeiro argumento destaca que o monitoramento fisiológico utilizando equipamentos de tecnologia avançada otimizará a preparação física e mental do pessoal militar para o cumprimento da sua missão institucional. Além disso, argumenta-se que o uso dessas tecnologias servirá como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão em combate, incrementando a segurança operacional e, conseqüentemente, a eficácia das operações da InfAer.

Dessa forma, este ensaio busca aprimorar a compreensão dessas perspectivas, enfatizando a importância desses argumentos na busca pela melhoria das capacidades operacionais da InfAer e pelo fortalecimento da segurança nas operações militares.

2 DESENVOLVIMENTO

O ambiente aeroespacial de atuação da InfAer requer um conjunto de tropas terrestres, estruturado, equipado e adestrado para realizar Ações de Força Aérea (Aç FAe) caracterizadas pelo emprego de força, na superfície ou a partir dela, capaz de operar em terrenos inacessíveis aos meios de transporte, atuando sobre quaisquer condições meteorológicas. As áreas de atuação da InfAer agrupam-se da seguinte forma: Segurança e Defesa (SEGDEF), Defesa Aeroespacial (D Aepe), Operações Especiais (OpEsp) e Busca e Salvamento (SAR). As Aç FAe que possuem relacionamento com as capacidades da InfAer são as seguintes: Ação Direta, Autodefesa de Superfície, Busca e Salvamento, Busca e Salvamento em Combate, Contraterrorismo, Defesa Antiaérea, Guiamento Aéreo Avançado, Polícia da Aeronáutica, Reconhecimento Especial e Segurança das Instalações (Brasil, 2020).

A fim de manter um preparo adequado para desempenhar sua missão institucional, que tem o objetivo de produzir efeitos específicos a serem executados no nível tático em proveito do Poder Aeroespacial, as tropas de InfAer devem dispor de recursos diversos com o objetivo de maximizar suas capacidades operacionais, e a utilização de dispositivos de monitorização fisiológica apontam para uma excelente oportunidade de alcançar esse objetivo.

2.1 Otimização de desempenho

A utilização de dispositivos tecnológicos de monitoramento fisiológico em contextos militares é um grande avanço nas operações de campo. Esses dispositivos são capazes de coletar uma ampla gama de variáveis de desgaste fisiológico, bem como numerosos estressores, fornecendo informações críticas para monitorar a saúde e o *status* de desempenho do pessoal militar.

Numerosas lições foram aprendidas com estudos contemporâneos de fatores humanos/ergonomia e médicos, demonstrando que o desempenho humano em tarefas complexas e exigentes é afetado por uma variedade de fatores neurofisiológicos e ambientais, que podem ser facilmente medidos e analisados usando tecnologias avançadas de sistemas de monitoramento, incluindo rede de sensores e técnicas de Inteligência Artificial (Pogsakornsathien *et al.*, 2019).

Segundo Burrell, Love e Stergiopoulos (2016), um conjunto de sensores fisiológicos utilizado durante os treinamentos poderia melhorar as avaliações individualizadas e a revisão pós-ação, ajudando os soldados a compreender melhor o seu próprio desempenho e os comandantes a apreciar melhor os pontos fortes e fracos relativos aos soldados sob o seu comando. Os sensores fisiológicos vestíveis também poderiam ser usados para avaliar os efeitos de, por exemplo, novos equipamentos no desempenho do soldado sob condições operacionais simuladas.

O Instituto de Pesquisa de Medicina Ambiental do Exército dos EUA, por mais de duas décadas de esforços de pesquisa e tecnologia na área de sensores fisiológicos vestíveis, desenvolveu o Monitor do Estado Fisiológico em Tempo Real, que tem como objetivo fornecer informações práticas sobre a segurança e o desempenho dos militares para líderes de pequenas unidades. Dentre suas aplicações práticas, pode-se citar: avaliação do esforço térmico e gerenciamento de carga de trabalho; avaliações de estado de alerta e estado neurocognitivo; gerenciamento e prevenção da fadiga física, detecção precoce e mitigação pré-clínica de lesões musculoesqueléticas; e monitoramento da hidratação e gerenciamento de combustível metabólico (Friedl *et al.*, 2016).

O monitoramento fisiológico tem muitas aplicações potenciais para as forças armadas, onde a saúde e o *status* de desempenho de soldados individuais podem ser fornecidos em tempo real ao indivíduo, aos líderes e ao pessoal médico. Esse cenário avançou a ciência das aplicações de tecnologia de monitoramento fisiológico vestível para proteção e melhoria do desempenho dos soldados (Veenstra e Hoyt, 2020).

Existem vantagens significativas na incorporação dessa tecnologia nas operações da InfAer. Primeiramente, esses dispositivos fornecem informações em tempo real sobre o desgaste físico e emocional do pessoal militar, permitindo aos comandantes analisar a prontidão e o bem-estar das suas tropas. Isso é especialmente importante em circunstâncias de emprego prolongado (por exemplo, OpEsp ou SAR) pois o cansaço e o estresse podem prejudicar o desempenho e a segurança. Além disso, essa informação é útil para o planejamento da missão, uma vez que permite uma adaptabilidade tática com base da condição física dos combatentes.

É importante ressaltar que atualmente não existe tecnologia empregada para esse fim na InfAer. A utilização desses dispositivos cobriria uma lacuna operacional

na monitorização e gestão do desgaste fisiológico nas tropas militares, melhorando assim a prontidão e o desempenho durante treinamentos e missões.

As tropas militares da InfAer podem melhorar sua eficácia utilizando dispositivos tecnológicos de monitoramento fisiológico. Essas tecnologias permitem o desenvolvimento de programas de treinamento mais personalizados e eficazes, fornecendo dados precisos e em tempo real sobre a saúde e o desempenho dos combatentes. Isso não só melhora a aptidão física e mental do pessoal militar, mas também pode resultar numa redução considerável de lesões e cansaço excessivo, contribuindo para a segurança e o sucesso da missão.

Portanto, incorporar equipamentos tecnológicos de monitoramento fisiológico nas operações militares da InfAer constitui um passo que pode trazer benefícios imediatos em termos de eficiência e segurança. Além disso, a implantação dessa tecnologia tem implicações a longo prazo, contribuindo para a melhoria da otimização do desempenho e, como resultado, aumentando a preparação do pessoal para enfrentar as dificuldades crescentes do ambiente militar moderno.

2.2 Ferramenta de apoio à decisão em combate

Segundo Alex (2000), os líderes militares sempre enfrentaram um ambiente complexo de conhecimento imperfeito, incerteza e ambiguidade no campo de batalha, sendo que a principal incerteza nesse ambiente é gerada pelo inimigo. O processo de tomada de decisão em um ambiente tático é dividido em quatro etapas: (1) análise da missão, (2) desenvolvimento do curso de ação, (3) análise e comparação do curso de ação e (4) decisão. O resultado mais crítico desse processo é a identificação das decisões que o comandante deve tomar durante o combate.

A utilização de dispositivos tecnológicos de monitorização fisiológica em contextos militares provoca uma revolução na forma como as decisões de combate são tomadas. Estas tecnologias oferecem a capacidade única de fornecer informações em tempo real sobre a saúde e o desempenho do pessoal militar, resultando numa poderosa ferramenta de apoio à decisão. Por exemplo, um comandante pode alocar preferencialmente unidades específicas para diversas tarefas que sejam mais ou menos exigentes física e/ou cognitivamente, comumente denominadas decisões de gestão de força (Wohl, 1981).

As missões de OpEsp da InfAer são realizadas em ambientes longínquos, sob controle do inimigo, caracterizadas por longos deslocamentos (infiltração/exfiltração) e transporte de grande carga de equipamentos operacionais, objetivando a consecução de objetivos estratégicos relevantes, exigindo altas demandas físicas, fisiológicas e psicológicas. Segundo Friedl *et al.* (2016), o uso de sensores fisiológicos vestíveis representa uma vantagem estratégica em combate, visto que o pessoal militar realiza frequentemente operações em ambientes extremos nos quais a capacidade de monitorizar o estado fisiológico pode aperfeiçoar o processo de tomada de decisões táticas.

Conforme Brunyé *et al.* (2021), através do monitoramento fisiológico, é possível verificar também o impacto da carga cognitiva dos militares, visto que o combate gera altos níveis de estresse mental, constituindo uma ferramenta útil para a tomada de decisão. Nesse cenário, para a realização de missões de Busca e Salvamento em Combate (CSAR) pela InfAer, que consiste em buscar, localizar, identificar e salvar militares ou civis de interesse que se encontrem em território hostil, são exigidos elevados níveis de preparo físico e cognitivo, pois além do resgate dos feridos, faz-se necessária a realização de atendimento pré-hospitalar em combate.

Em termos de segurança operacional, a incorporação de equipamentos de monitorização fisiológica tem o potencial de representar uma mudança significativa na dinâmica das operações militares. Os comandantes podem detectar indicadores precoces de cansaço excessivo, desidratação ou estresse mental em seus soldados usando sistemas de monitoramento fisiológico. Isso não só permite uma intervenção imediata para prevenir lesões ou cansaço, mas também influencia as decisões de continuidade da missão. Se as situações se tornarem excessivamente perigosas devido à saúde dos soldados, os comandantes podem optar por adiar a missão ou explorar formas alternativas, priorizando a segurança dos seus homens.

A longo prazo, isso poderá resultar em forças mais preparadas e resilientes, capazes de satisfazer as crescentes exigências do ambiente militar atual. Como resultado, a integração dessas tecnologias representa uma mudança fundamental na forma como as operações militares são conduzidas, com benefícios que se estendem muito além do campo de batalha imediato.

3 CONCLUSÃO

Conforme foi apresentado, a InfAer desempenha missões em proveito do Poder Aeroespacial em ambientes complexos, com altas demandas operacionais, que se relacionam com o contexto atual da guerra moderna. Assim, exige-se a implantação de medidas operacionais que devem aprimorar o preparo de suas tropas para o emprego real.

Em primeiro lugar, verificou-se que os dispositivos tecnológicos de monitorização fisiológica são capazes de coletar uma ampla gama de variáveis de desgaste fisiológico, bem como numerosos estressores, fornecendo informações imprescindíveis para monitorar a saúde e o desempenho do pessoal militar, contribuindo para a melhoria da otimização do desempenho. Em segundo lugar, constatou-se que a implantação desses dispositivos constitui uma excelente ferramenta de apoio ao processo de tomada de decisão em combate, pois ao se detectar indicadores precoces de cansaço excessivo, desidratação ou estresse mental da tropa, é possível uma intervenção imediata para prevenir lesões ou cansaço, influenciando, dessa forma, as decisões de continuidade da missão.

Com base nesses argumentos, torna-se evidente que a incorporação de dispositivos de monitoramento fisiológico se revela não apenas benéfica, mas também indispensável para o cenário militar da InfAer. Portanto, sugere-se que a implantação dessas tecnologias deve ser priorizada a fim de melhorar as capacidades operacionais da InfAer, incrementando a segurança operacional.

Além disso, há uma clara extrapolação dos resultados deste estudo para uma implantação mais ampla, sugerindo que essas tecnologias também sejam adotadas para uso dos aviadores da FAB, visto que o aprimoramento do desempenho e o processo de tomada de decisão são preocupações fundamentais durante o combate, e a aplicação desses dispositivos pode contribuir substancialmente para esses objetivos em diferentes contextos militares, abrindo portas para uma abordagem mais holística na busca pela excelência das operações militares.

REFERÊNCIAS

- ALEX, Carl A. **Process and procedure**: The tactical decision-making process and decision point tactics. 2000. Tese (Doutorado em Arte Militar e Ciência) - U. S. Army Command and General Staff College, Kansas, 2000.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria Nº 1.225/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a edição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira – Volume 2. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, nº 205, p. 14.971 de 12 dez. 2020.
- BRUNYÉ, Tad T. *et al.* Toward predicting human performance outcomes from wearable technologies: a computational modeling approach. **Frontiers in Physiology**, v. 12, p. 738973. set. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.738973>. Acesso em 02. out.2023.
- BURRELL, Craig; LOVE, Ryan J.; STERGIOPOULOS, Stergios. Integrated Physiological Monitoring. Scientific Report DRDC-RDDC-2016-R207. **Defence Research and Development Canadá**, Toronto, Canadá, out. 2016.
- FRIEDL, Karl E. Body composition and military performance - many things to many people. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, p. S87-S100, jul.2012. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31825ced6c. Disponível em: https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/2012/07002/body_composition_and_military_performance_many.12.aspx. Acesso em 02 out.2023.
- FRIEDL, Karl E. *et al.* Real time physiological status monitoring (Rt-Psm): accomplishments, requirements, and research roadmap. **US Army research Institute of environmental medicine**. Technical Note Tn16-02, Biophysics and Biomedical Modeling Division. Natick, United States, 2016. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA630142>. Acesso em 02 out. 2023.
- PONGSAKORNSATHIEN, Nichakorn *et al.* Sensor networks for aerospace human-machine systems. **Sensors**, Basel, Switzerland, v. 19, n. 16, p. 3465, ago. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s19163465>. Acesso em: 02 out. 2023.
- VEENSTRA, Bertil J.; HOYT, Reed W. Enhancing Warfighter Effectiveness with Wearable Biosensors and Physiological Models. Technical Report. STO-TR-HFM-260. **TREATY, NORTH ATLANTIC**. Fort Belvoir, US, jan. 2020. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/trecms/AD1183661>. Acesso em: 02 out. 2023.
- WOHL, Joseph G. Force management decision requirements for air force tactical command and control. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, v. 11, n. 9, p. 618-639, set. 1981. DOI: 10.1109/TSMC.1981.4308760. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4308760/authors#authors>. Acesso em 02 out.2023.