



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1/2021

ROBERTA ROSAS **PETROCINIO**, Cap Med

**Adequação das instruções teóricas e práticas sobre ejeção e paraquedas:** uma  
necessidade para a redução do risco de fraturas vertebrais em pilotos de caça

Rio de Janeiro

2021

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1/2021

ROBERTA ROSAS **PETROCINIO**, Cap Med

**Adequação das instruções teóricas e práticas sobre ejeção e paraquedas:** uma necessidade para a redução do risco de fraturas vertebrais em pilotos de caça

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação em Gestão Pública com ênfase em Projetos e Processos.

Linha de Pesquisa: Medicina Aeroespacial.

Orientador: Maj Med Janiny Mancini  
Rodrigues Silva de Paiva Valente

Rio de Janeiro

2021

ROBERTA ROSAS **PETROCINIO**, Cap Med

**Adequação das instruções teóricas e práticas sobre ejeção e paraquedas:** uma necessidade para a redução do risco de fraturas vertebrais em pilotos de caça

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

Aprovado por:

---

**Janiny** Mancini Rodrigues Silva de Paiva Valente, Maj Med  
EAOAR

---

**Israel** Cordeiro Rocha, Maj Eng  
EAOAR

Rio de Janeiro  
2021

## RESUMO

Os assentos ejetáveis introduzidos na década de 40 melhoraram a sobrevivência dos pilotos, porém as fraturas vertebrais ainda são lesões potenciais após a ejeção de uma aeronave de alta performance. Vários fatores podem interferir na ocorrência de fraturas vertebrais numa ejeção. A posição no assento ejetável, a ejeção dentro do envelope e o treinamento da posição do corpo na saída e aterramento estão relacionados com ejeções bem sucedidas. Dessa forma, existe uma necessidade contínua de se incorporar as lições aprendidas através de adequados programas de estudos sobre ejeção, pois não importa o quão tecnologicamente sofisticado seja o assento, ele ainda precisa ser acionado após uma decisão de ejetar centrada no ser humano. Nesse contexto, esse ensaio defenderá a tese de que a adequação das instruções teórico-práticas, aumentando suas frequências e utilizando novas tecnologias, reduzirá o risco de lesões pós-ejeção, especialmente das fraturas vertebrais, em pilotos de caça da Força Aérea Brasileira. A fundamentação dessa tese ocorrerá na apresentação de dois argumentos: a massificação do conhecimento, através do aumento da frequência das instruções teóricas, e o aumento da habilidade motora com a introdução de ambientes virtuais de simulação. A adequação das instruções teóricas e práticas que será defendida nesse ensaio permitirá o aumento da consciência situacional e será um benefício para o aprimoramento da habilidade motora dos pilotos na execução dos procedimentos de emergência, contribuindo com a segurança de voo e melhor preparo com chegada do novo caça brasileiro, F-39E Gripen.

**Palavras-chave:** Assentos Ejetáveis. Fraturas Vertebrais. Aviação de Caça.

## 1 INTRODUÇÃO

Em 24 de maio de 2018, por volta das 07:40 h, uma aeronave F-5F do Primeiro Grupo de Aviação de Caça (1º GAVCA) apresentou uma pane nos seus motores e os pilotos ejetaram (BRASIL, 2018). A Médica de Esquadrão, que estava de serviço nesse dia, assistiu à ejeção que ocorrera há 4 milhas da cabeceira da pista aonde os aguardava para o pouso. Iniciou-se então uma longa jornada de acompanhamento médico e psicológico até o retorno pleno dos pilotos à atividade aérea. Tendo sofrido o piloto da nacele dianteira (1P) uma fratura da primeira vértebra lombar (L1) e o piloto da nacele traseira (2P) um traumatismo crânio-encefálico, a obstinação dessa “doc”<sup>1</sup> tornou-se estudar toda e qualquer possibilidade de redução do risco de lesões decorrentes da ejeção de uma aeronave de alta performance.

Durante a Segunda Guerra Mundial, as aeronaves aliadas eram caracterizadas por possuírem motor a pistão, raramente excedendo 400 mph. Suas asas apresentavam relativamente uma grande área de superfície permitindo controlabilidade em velocidades de voo razoavelmente baixas (de 70 a 80 mps). Devido a esses mínimos parâmetros de controle, possuíam o procedimento de saída de emergência limitado ao salto de paraquedas ou *bail-out*: o piloto soltava o cinto, colocava o arnês no ombro, abria o canopi, saltava da aeronave e, por fim, acionava manualmente o paraquedas do *kit* do seu assento (STURGEON, 1988).

Com o advento dos assentos ejetáveis na década de 40, milhares de vidas têm sido salvas ao longo dos anos. O avanço tecnológico permitiu o desenvolvimento de assentos tipo 0-0 (zero de altitude e zero de velocidade), além de um sistema automático de movimento do assento, a partir do seu acionamento, em uma sequência de duração de 3 segundos até que o piloto esteja em trajetória descendente com o paraquedas (NEWMAN, 2013).

As fraturas vertebrais são complicações potenciais da ejeção de aeronaves de alta performance, com uma taxa de ocorrência relatada em alguns estudos variando de, aproximadamente, 10% a quase 30%. Existem outros tipos de ferimentos, como as abrasões faciais, que foram associados à saída da aeronave,

---

<sup>1</sup> “doc” é um apelido comumente dado aos Médicos de Esquadrão pelos aviadores e tem origem na palavra *doctor*.

enquanto outras lesões, como as rupturas ligamentares do joelho, foram associadas ao contato com o solo após a ejeção (OSBORNE; COOK, 1997).

Segundo Newman (2013), existe uma necessidade contínua de se incorporar as lições aprendidas através de programas adequados de estudos sobre ejeção para os pilotos de aeronaves de alta performance, cuja segurança depende de uma compreensão crítica e completa de todas as questões envolvidas em ejetar de sua aeronave e confiança na capacidade do assento ejetável para salvar suas vidas em caso de emergência.

Quando treinamentos dependem apenas de palestras em salas de aula e da suspensão simples do arnês para a demonstração de procedimentos, os pilotos precisam imaginar a ejeção com seus desdobramentos e exibir ações sem visualizar suas consequências. Os simuladores permitem a inclusão de todos esses aspectos em uma experiência de realidade virtual única e dinâmica (HOGUE *et al*, 2008).

Nesse contexto, esse ensaio defende a tese de que a adequação das instruções teóricas e práticas, aumentando suas frequências e utilizando novas tecnologias, reduzirá o risco de lesões pós-ejeção, especialmente das fraturas vertebrais, em pilotos de caça da Força Aérea Brasileira (FAB).

Para fundamentar essa tese, serão abordados dois argumentos extremamente importantes relacionados à fixação do aprendizado. O primeiro será a massificação do conhecimento, através do aumento da frequência das instruções teóricas, e o segundo será o aumento da habilidade motora com a introdução de ambientes virtuais de simulação.

## **2 ADEQUAÇÃO DAS INSTRUÇÕES TEÓRICO-PRÁTICAS SOBRE EJEÇÃO**

Embora os assentos ejetáveis estejam se tornando cada vez mais eficientes, desde a sua introdução na década de 40, é imperativo garantir que a tripulação compreenda totalmente os limites de seus assentos, especialmente quando estão às margens da ejeção segura do envelope de voo<sup>2</sup>. O sucesso de uma ejeção é um resultado complicado da interação entre o envelope operacional do assento, a

---

<sup>2</sup> O envelope de voo é representado por uma curva passando pelos picos de um gráfico que representa a forma dos limites máximos e mínimos da performance de uma aeronave, especificamente velocidades, fatores "g", altitudes, etc. São os limites que estabelecem o voo seguro da aeronave.

dinâmica de voo prevalecente no momento da ejeção e as condições ambientais. No final, não importa o quão tecnologicamente sofisticado seja o assento, ele ainda precisa ser acionado após uma decisão de ejetar centrada no ser humano (NEWMAN, 2013).

Os pilotos de caça são expostos a acelerações no limite da tolerância humana quando submetidos a uma ejeção, o que pode ocasionar lesões vertebrais. Estudos anteriores tem enfatizado a alta taxa de sobrevivência desde a utilização dos assentos ejetáveis, porém apesar do desenvolvimento de gerações mais novas desses assentos, fraturas vertebrais ainda representam as principais lesões decorrentes das ejeções de aeronaves de caça (MANEN *et al*, 2014). Muitas dessas lesões incapacitam o piloto por muito tempo ou definitivamente. Este tempo de inatividade é crítico devido à dificuldade e custo de recuperação dos níveis de treinamento e confiança que o piloto possuía antes da ejeção.

Destarte, o maior desastre que pode ocorrer durante uma missão aérea não é a destruição de uma aeronave, por mais cara e sofisticada que seja, nem é a incapacidade de cumprir os objetivos. A verdadeira catástrofe é a perda de um piloto. Além da perda de uma vida humana, perde-se o extenso treinamento e valiosa experiência, comprometendo assim a moral e a eficiência de uma força aérea (MORENO VÁZQUEZ; DURÁN TEJEDA; GARCÍA ALCÓN, 1999).

## 2.1 Massificação do conhecimento teórico

As fraturas vertebrais que podem ocorrer nas ejeções são do tipo compressivas e são divididas de acordo com o momento da sua ocorrência: durante a ejeção (o mais frequente) ou no pouso com o paraquedas. Nas ejeções com comprometimento da coluna vertebral, a fratura da vértebra L1 é considerada a mais comum, enquanto o nível T11-L1 é a região mais comumente afetada (WERNER, 1999; CHUBB; DETRICK; SHANNON, 1965).

Segundo Osborne e Cook (1997), vários fatores podem interferir na probabilidade da ocorrência de fraturas vertebrais numa ejeção, como: o peso do piloto, o tipo do assento ejetável, altitude e velocidade da aeronave no momento da ejeção e a posição adotada pelo piloto ao acionar o gancho da ejeção. A posição no assento ejetável, a ejeção dentro do envelope e o treinamento da posição do corpo

na saída e aterramento estão relacionados com ejeções bem sucedidas (MORENO VÁZQUEZ; DURÁN TEJEDA; GARCÍA ALCÓN, 1999).

O tipo de emergência que precipita a necessidade de ejeção é um fator importante, uma vez que uma aeronave fora de controle tornará o ambiente da ejeção muito mais complicado. Isso por sua vez pode criar problemas de contato com estruturas da aeronave, como o canopi ou o peitoral da cabine. Uma vez fora da aeronave, o piloto ejetado é então confrontado com os desafios do *windblast* (impacto causado pelo vento relativo) e *limb flail* (lesões de membros causadas pela diferença de desaceleração em relação ao dorso ou assento), mais significativos quando a ejeção ocorre em altas velocidades, seguido pelo solavanco associado com a liberação do paraquedas principal (choque de abertura). Finalmente, o pouso precisa ser enfrentado e o potencial de lesão nesse caso é amplificado por problemas como aterrissar em terreno acidentado ou irregular, possivelmente resultando em lesões nos membros inferiores (NEWMAN, 2013).

Grandes intervalos de tempo entre as instruções (teóricas e sobretudo práticas) promovem o esquecimento e comprovadamente prejudicam a qualidade do julgamento e do processo de tomada de decisões frente às adversidades, sendo esses os fatores contribuintes mais relevantes segundo as investigações de acidentes aeronáuticos (BRASIL, 2016). Quanto à aviação de caça, pela singularidade do sistema de escape, a massificação do conhecimento aumentará a consciência situacional, uma vez que a memorização se dá pela repetição de informações, permitindo que adotem a melhor posição durante todo o processo, incluindo o impacto no terreno.

Desse modo, a reprodução das instruções sobre ejeção e paraquedas deverá ocorrer na frequência anual, obrigatoriamente para todos os pilotos de um determinado esquadrão, como as demais instruções de medicina aeroespacial, ou sempre que o Médico de Esquadrão ou o Oficial de Segurança de Voo (OSV) julgarem necessário, com a finalidade de elevar a memória e atenção dos pilotos para tais procedimentos reduzindo, assim, o risco de lesões pós-ejeção.

## **2.2 Introdução da realidade virtual nos treinamentos de ejeção**

Na FAB existe o treinamento para a saída da aeronave, no perfil Caça, do Estágio de Adaptação Fisiológica (EAF) do Instituto de Medicina Aeroespacial

(IMAE), em torre de ejeção, realizado pelos pilotos de caça e cadetes da Academia da Força Aérea. No entanto, esse treinamento contempla apenas o posicionamento do piloto no momento da puxada do gancho de ejeção e possui um intervalo de 5 anos devido ao limite fisiológico a ser respeitado para a reprodução desse treinamento.

Além do EAF do IMAE, em alguns esquadrões de caça, são realizados treinamentos com a suspensão do arnês em talha ou no teto (também conhecidos vulgarmente como “aranha”) para reprodução da sequência de liberação do *kit* de sobrevivência e do paraquedas em si. Tais treinamentos não estão regulamentados em Norma do Comando de Preparo (NOPREP).

Os pilotos que possuíam treinamentos prévios com paraquedas sofreram lesões menos graves ao pousarem num terreno irregular do que aqueles que não tiveram treinamento. Portanto, a prática em simulação de ejeção e treinamento de paraquedas são fundamentais para diminuir, tanto quanto possível, as lesões pós-ejeção. Treinamentos de paraquedas com saltos reais de aeronaves não são necessários visto que as lesões são produzidas exclusivamente no momento de tocar o solo quando não se adota a posição correta (MORENO VÁZQUEZ; DURÁN TEJEDA; GARCÍA ALCÓN, 1999).

A realidade virtual surgiu como uma tecnologia capaz de treinar usuários para realizar tarefas específicas. Como os sistemas virtuais são imersivos, eles podem atuar como ambientes de aprendizagem para o usuário, afetando a aprendizagem cognitiva e espacial. Devido à capacidade da realidade virtual de fornecer *feedback* audiovisual e tátil ao usuário, embora ainda seja flexível o suficiente para controlar a situação apresentada, a realidade virtual pode servir como uma ferramenta importante para o treinamento (GUPTA *et al*, 2008).

Os aeronavegantes podem estar em situações muito difíceis em uma ocorrência real uma vez que as emergências podem ocorrer independentemente da luz do dia, clima, altitude, restrições do terreno e etc. Esses fatores estão disponíveis e são controláveis em um ambiente virtual de simulação sendo possível que o aeronavegante fique suspenso pelo arnês de um paraquedas, totalmente equipado com capacete, viseira, máscara de oxigênio, equipamentos de comunicação, luvas de voo, LPU (salva-vidas), cordões de abertura, se aplicável, *kit* de assento e outro equipamento (HOGUE *et al*, 2008).

Por todos esses benefícios relacionados aos domínios da aprendizagem, especialmente o cognitivo e o psicomotor, a introdução de ambientes virtuais de simulação aumentará a habilidade motora necessária para os procedimentos de paraquedas na doutrina da Aviação de Caça, reduzindo o risco de lesões pós ejeção e, conseqüentemente, o tempo de inatividade pós acidente.

### 3 CONCLUSÃO

As ejeções continuam a ser algo temível porém necessário para a sobrevivência de qualquer piloto de caça. Acidentes aeronáuticos, como o do dia 24 de maio de 2018 do 1º GAVCA, estão sujeitos a ocorrer pois não existe risco zero na atividade aérea, apesar de todo automatismo e tecnologia de sistemas e equipamentos existentes. A rapidez de julgamento e agilidade dos pilotos frente às emergências somente serão possíveis com a revisão conceitual e adestramento regulares.

Por conseguinte, a massificação do conhecimento através do aumento da frequência das instruções sobre ejeção e paraquedas para todas as categorias de pilotos (instrutor, piloto de experiência, pilotos dos programas de formação e manutenção operacional e *mission commander*) permitirá o aumento da consciência situacional, fundamental para a tomada de decisão e posicionamento correto no momento da ejeção.

Considerando que lesões pós-ejeções podem ser advindas da fase de navegação do paraquedas até o aterramento no terreno e que a tecnologia do treinamento em ambiente virtual já é amplamente utilizada em outras forças aéreas, a inserção de tal treinamento na FAB será um benefício para o aprimoramento da habilidade motora dos pilotos na execução dos procedimentos de emergência, contribuindo com a segurança de voo, com a vantagem de replicar o mais próximo possível os eventos reais, porém com segurança evitando lesões desnecessárias.

Pelo exposto, conclui-se que a adequação das instruções teórico-práticas reduzirá o risco de lesões pós-ejeção, especialmente das fraturas vertebrais, em pilotos de caça da FAB, com a maior probabilidade de sobrevivência e reabilitação, em qualquer etapa do processo de escape de uma aeronave de alta performance, doravante para o melhor preparo com chegada do novo caça brasileiro, o F-39E Gripen.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Comitê Nacional de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Manual do Instrutor de Voo**, Brasília, DF, 15 set. 2016. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/cenipa/images/Anexos/MIV-rev-2016.pdf>. Acesso em 26 set. 2020.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira: asas que protegem o país. **Nota Oficial**. Brasília, 24 maio 2018. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/32161/NOTA%20OFICIAL%20-%20Acidente%20com%20avi%C3%A3o%20de%20ca%C3%A7a%20da%20FAB>. Acesso em: 21 fev. 2021.
- CHUBB, R.M.; DETRICK, W.R.; SHANNON, R.H. Compression Fractures of the Spine During USAF Ejections. **Aerospace Medicine**, v. 36, n. 10, p. 968-972, Oct.1965.
- GUPTA, S.; ANAND, D.; BROUGH, J.; SCHWARTZ, M.; KAVETSKY, R. **Training in Virtual Environments: A Safe, Cost Effective, and Engaging Approach to Training**. Maryland: CECD, 2008. Disponível em: [http://terpconnect.umd.edu/~skgupta/Publication/Training\\_in\\_VE08\\_Gupta.pdf](http://terpconnect.umd.edu/~skgupta/Publication/Training_in_VE08_Gupta.pdf). Acesso em: 11 out. 2020.
- HOGUE, J.R.; PELZ, C.A.; BRICKMAN, N.S.; LIANG, C.Y.; GRANT, J.K.; BACHELDER E.N.; GATES R.D. Visual and Instructional Enhanced Ejection and Bailout Virtual Reality Parachute Simulation Training. *In: Annual SAFE Symposium*, 46., 2008, Reno. **Symposium [...]**. Reno: PARASIM, 2008. Disponível em: <http://parasim.com/wp-content/uploads/2016/04/STI-P-716.pdf>. Acesso em: 11 out. 2020.
- MANEN, O.; CLÉMENT, J.; BISCONTE, S.; PERRIER, É. Spine Injuries Related to High-Performance Aircraft Ejections: a 9-year Retrospective Study. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, Virginia, v. 85, n. 1, p. 66-70, Jan. 2014.
- MORENO VÁZQUEZ, J.M.; DURÁN TEJEDA, M.R.; GARCÍA ALCON, J.L. Report of Ejections in the Spanish Air Force, 1979-1995: an Epidemiological and Comparative Study. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, Virginia, v. 70, n. 7, p. 686-691, July 1999.
- NEWMAN, D.G. Survival Outcomes in Low-Level Ejections from High Performance Aircraft. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, Virginia, v. 84, n. 10, p. 1061-1065, Oct. 2013.
- NOTA OFICIAL.  
OSBORNE, R.G.; COOK, A.A. Vertebral Fracture After Aircraft Ejection During Operation Desert Storm. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, Virginia, v. 68, n. 4, p. 337-34, Apr. 1997.

STURGEON, W.R. **Ejection Systems and The Human Factor: A Guide for Flight Surgeons and Aeromedical Trainers**. Ontario: Defence and Civil Institute of Environmental Medicine, 1988. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a197896.pdf>. Acesso em: 26 set. 2020.

WERNER, U. Ejection Associated Injuries within the German Air Force from 1981-1997. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, Virginia, v. 70, n. 12, p. 1230-1234, Dec.1999.