



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1º/2025

POSSIDONIO FRANCISCO DA SILVA JUNIOR, Cap Av

Combate a Incêndio em Voo com aeronave KC-390: evolução da doutrina de emprego

Rio de Janeiro

2025

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1º/2025

POSSIDONIO FRANCISCO DA SILVA JUNIOR, Cap Av

Combate a Incêndio em Voo com aeronave KC-390: evolução da doutrina de emprego

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola 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: Emprego da Força Aérea
Orientador: Ísis Beltrão Pereira, Cap Int

Rio de Janeiro

2025

POSSIDONIO FRANCISCO DA SILVA JUNIOR, Cap Av

Combate a Incêndio em Voo com aeronave KC-390: evolução da doutrina de emprego

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Escola
de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica.

Aprovado por:

Presidente, Thiago Godinho Vieira, Maj Av - EAOAR

Ísis Beltrão Pereira, Cap Int - EAOAR

Rio de Janeiro

2025

RESUMO

Os incêndios florestais representam uma ameaça crescente às pessoas, florestas e ecossistemas, agravada pelas mudanças climáticas, que aumentam sua frequência e intensidade. No Brasil, a proteção dos recursos naturais tornou-se estratégica, e, desde 2008, a Força Aérea atua de forma significativa no combate a incêndios, empregando o Sistema Modular Aerotransportado de Combate a Incêndio (do inglês, *Modular Airbine Fire Fighting System* - MAFFS). Sob esta ótica, visando ampliar sua capacidade operacional, a FAB adquiriu, em 2024, o *Containerized Aerial Fire Fighting System* (CAFFS), que permitirá um combate mais eficiente aos incêndios. No entanto, por se tratar de um sistema distinto do MAFFS, seu emprego exige ajustes na doutrina vigente. Dessa forma, defende-se a atualização da doutrina de emprego do CI Voo, de modo a integrar o CAFFS de forma eficaz às técnicas, táticas e procedimentos atualmente adotados. Tal medida irá proporcionar melhor emprego da sua capacidade de combate e viabilizar o emprego no período noturno. Uma vez que sua maior capacidade de volume de água e à possibilidade do emprego no período noturno, são particularidades que representam uma ruptura nos métodos de combate a incêndios em voo adotados atualmente, exigindo adaptações na doutrina para garantir uma implementação segura e eficaz do sistema. Com essa evolução estratégica, a FAB ampliará significativamente sua projeção de combate a incêndios florestais, fortalecendo sua capacidade de resposta a desastres ambientais, garantindo a preservação e a manutenção dos recursos naturais.

Palavras-chave: combate a incêndio em voo; KC-390; CAFFS; MAFFS.

1 INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais são uma preocupação crescente e uma ameaça constante aos seres humanos, às florestas e aos seus ecossistemas. Com as alterações climáticas há um aumento na suscetibilidade de incêndios florestais, com maior probabilidade de serem mais frequentes e alcançarem maiores dimensões (Zeferino; Rosa, 2019). Diante desse cenário, a temática ambiental tem progressiva importância estratégica para o Brasil, o que conduziu ao destaque para a proteção dos recursos naturais na Estratégia Nacional de Defesa (Brasil, 2020). Nesse contexto, os meios aéreos desempenham um papel preponderante no combate a incêndios florestais devido à rapidez com que alcançam os locais de ocorrência e à grande quantidade de água que podem transportar (Zeferino; Rosa, 2019). Buscando ampliar sua capacidade operacional, a FAB adquiriu um novo sistema de combate a incêndio em voo, o *Containerized Aerial Fire Fighting System* (CAFFS) que chega como uma complementação para missões de Combate a Incêndios em Voo (CI Voo).

O CAFFS é um sistema utilizado para combate a incêndios florestais operado em aeronaves de transporte. Seu funcionamento se baseia no lançamento aéreo de *containers* descartáveis e biodegradáveis preenchidos com água ou retardantes químicos, com o objetivo de criar barreiras de contenção ou atacar áreas específicas do incêndio. Cada *container* tem capacidade de armazenar aproximadamente 1.000 litros de água ou retardante. O sistema pode ser utilizado tanto durante o dia, quanto à noite e é lançado de altitudes que variam entre 500 e 1.500 pés, dependendo do terreno e das condições da missão.

É relevante ressaltar que a FAB já possui o Sistema Modular Aerotransportado de Combate a Incêndio (*Modular Airborne Fire Fighting System* - MAFFS) em operação desde 2008 (Baptista, 2010). Operado inicialmente na plataforma C-130 Hércules e, posteriormente, adaptado para o novo vetor KC-390, na versão MAFFS 2. O MAFFS 2 tem capacidade de lançar até 11.300 litros de água e não possui doutrina para emprego em períodos noturnos.

Nesse panorama, a chegada do CAFFS no CI Voo da FAB representa um avanço significativo no combate a incêndios florestais por meio aéreo. Dessa forma, defende-se a atualização da doutrina de emprego do CI Voo, de modo a integrar o CAFFS de forma eficaz às técnicas, táticas e procedimentos atualmente adotados. Tal medida irá proporcionar melhor emprego da sua capacidade de combate e viabilizar o emprego no período noturno. Uma vez que sua maior capacidade de volume de água e a possibilidade do emprego no período noturno, são particularidades que representam uma ruptura nos métodos de combate a incêndios em voo adotados atualmente, exigindo adaptações na doutrina para garantir uma implementação segura

e eficaz do sistema.

2 MAFFS 2 E CAFFS UNINDO FORÇAS

O sistema MAFFS 2, em operação na FAB há mais de 15 anos, é um equipamento de excelente desempenho, amplamente utilizado por países reconhecidos como autoridades no assunto, como os Estados Unidos e a Austrália. Durante esse período, sua aplicação demonstrou grande relevância no combate a incêndios florestais no Brasil, destacando-se especialmente na Operação Pantanal II, em 2024, quando lançou mais de 1 milhão de litros de água em um período de aproximadamente 3 meses (Agência Força Aérea, 2024).

Apesar das excelentes características do sistema atualmente em uso, ainda há lacunas que podem ser preenchidas com a implementação do *Containerized Aerial Fire Fighting System* (CAFFS). Quando operado a partir da plataforma KC-390, o CAFFS proporciona um aumento significativo na capacidade de lançamento, permitindo que até 19 mil litros de água sejam despejados em uma única surtida, um incremento de 68% em relação ao sistema atual.

Outrossim, o CAFFS apresenta uma oportunidade de solucionar problemas já relatados por Baptista (2010), que destaca a importância de considerar o combate a incêndios durante a noite em uma abordagem prospectiva, pois a supressão noturna das chamas, quando estas se encontram em um estado de menor atividade, tem demonstrado maior eficiência.

Contudo, a implementação do CAFFS sem a devida atualização da doutrina de emprego pode comprometer sua eficácia operacional e gerar riscos significativos. Embora o sistema ofereça um aumento expressivo na capacidade de lançamento de água e a possibilidade de combate noturno, sua integração sem regras de emprego claras pode resultar em uso inadequado dos recursos, reduzindo a eficiência na contenção dos incêndios. Além disso, a operação noturna exige procedimentos específicos para garantir a segurança da tripulação, a correta utilização dos equipamentos de visão noturna e a coordenação com equipes terrestres.

A ausência de uma doutrina revisada pode levar a falhas na execução das missões, afetando a sincronização dos lançamentos, a precisão da estratégia de supressão e até mesmo a proteção ambiental, tornando essencial que a implementação do CAFFS seja acompanhada por ajustes doutrinários que garantam sua aplicação segura e otimizada. Dessa forma, defende-se a atualização da doutrina de emprego do CI Voo, de modo a integrar o CAFFS de maneira eficaz às técnicas, táticas e procedimentos atualmente adotados.

2.1 ATINGINDO A CAPACIDADE MÁXIMA

Nos últimos 20 anos houve um crescimento acelerado nas pesquisas sobre incêndios florestais, com um aumento significativo na produção de estudos e investigações sobre o tema (Li *et al*, 2023). Isso demonstra uma crescente preocupação em compreender esse fenômeno, traçar estratégias de prevenção e, principalmente, desenvolver ou aprimorar processos para combater esse desastre de forma mais eficiente.

Apesar da atual discussão sobre o tema, desde 1926 já se observava uma preocupação em utilizar meios aéreos no combate a incêndios em voo. Contudo, a limitada disponibilidade da aviação na época dificultava esse processo (Baptista, 2010). Ainda segundo o autor, após a Segunda Guerra Mundial, a introdução de grandes bombardeiros trouxe avanços relevantes, aumentando a eficiência e eficácia na execução dessa missão.

O desenvolvimento industrial, impulsionado pela Segunda Guerra Mundial, teve um impacto direto na produção de aeronaves bombardeiras de grande porte, muitas das quais passaram por processos de conversão para serem utilizadas no combate a incêndios em voo. Um exemplo dessa transformação é o *Tanker* 910, um Douglas DC-10 modificado, capaz de lançar 12.000 galões de retardante, aproximadamente 45 mil litros, em um único lançamento. Inserido nesse cenário de evolução histórica e avanços tecnológicos, o CAFFS surge como uma solução inovadora para o combate a incêndios em voo. O sistema, ao aproveitar a grande capacidade de carga da aeronave KC-390, oferece uma vantagem significativa ao permitir o lançamento de volumes de água consideravelmente superiores aos métodos atualmente utilizados.

Entretanto, esse aumento na capacidade de emprego requer uma análise criteriosa para otimizar sua utilização, garantindo que os procedimentos táticos e operacionais sejam atualizados para explorar plenamente os benefícios do sistema. Estudos preliminares evidenciam que:

[...] embora as aeronaves sejam eficazes em muitas situações, sua capacidade de impactar positivamente a contenção está limitada por variáveis como o tamanho da área inicial e a rapidez com que podem ser implantadas. **Essa análise ajuda a compreender onde e quando os recursos aéreos podem ser mais eficazes no combate a incêndios florestais** (Plucinski *et al*, 2011, p. 219, grifo próprio).

Analogamente, para o CAFFS, aspectos como altitude de lançamento, condições atmosféricas ideais e coordenação eficiente com equipes terrestres devem ser avaliados para maximizar a sua eficiência, assegurando que sua implementação traga impactos positivos e duradouros na doutrina de combate a incêndios em voo.

Diante desse panorama, torna-se evidente que o CAFFS representa uma inovação e requer uma evolução doutrinária. Assim como ocorreu durante décadas de progresso industrial e militar, como ilustrado pelo uso de bombardeiros convertidos no passado, o CAFFS consegue alavancar a capacidade operacional da FAB ao otimizar a performance de vetores como o KC-390. Com um aumento de 68% no volume de água transportada em relação ao sistema em utilização, o CAFFS não apenas amplia significativamente a eficácia do CI Voo, mas também exige uma evolução das técnicas, táticas e procedimentos operacionais, garantindo que sua implementação seja realizada de forma estratégica e integrada.

O emprego de um volume de água significativamente superior no combate a incêndios em voo sem a devida atualização das técnicas, táticas e procedimentos pode comprometer a eficácia da operação e gerar riscos operacionais graves. A utilização de métodos desenvolvidos para capacidades menores e para sistemas distintos, pode resultar em lançamentos imprecisos, desperdício de recursos e impactos negativos na área atingida. Além disso, o aumento expressivo do volume de água exige ajustes na trajetória de voo, altitude e velocidade, garantindo que a dispersão seja eficiente e segura. Sem uma doutrina revisada, há risco de instabilidade da aeronave, dificuldades na coordenação com equipes terrestres e até mesmo comprometimento da missão. Assim, é imprescindível a atualização da doutrina de emprego do CI Voo, de modo a integrar o CAFFS de forma eficaz às técnicas, táticas e procedimentos atualmente adotados.

2.2 VINTE E QUATRO HORAS NO AR

Uma vez que os incêndios de grandes proporções não podem ser previstos e, dificilmente são controlados rapidamente, o combate ao fogo muitas vezes se prolonga, acarretando diversos encargos, conforme estudo:

[...] um incêndio que não é eliminado nas suas primeiras horas acaba por demandar uma operação prolongada que despende maior quantidade de recursos, além de deixar atrás de si muitos quilômetros quadrados de floresta devastada. O custo de uma operação prolongada jamais será inferior ao de um ataque massivo no início do incêndio (Baptista, 2010, p.45).

A atual restrição de operações de combate a incêndios durante o período diurno, limita a eficácia das respostas iniciais, prolongando a duração dos incêndios e aumentando os custos operacionais (Baptista, 2010). A impossibilidade atual de emprego noturno resulta em lacunas significativas, especialmente em momentos críticos em que um ataque massivo poderia conter o fogo nas primeiras horas. Nesse contexto, o uso do CAFFS, aliado à capacidade de operar

com óculos de visão noturna (*night vision goggles* - NVG), representa uma solução estratégica para mitigar essa limitação, de modo que a atualização doutrinária permita a sua integração segura e eficiente e maximize sua capacidade de resposta.

Desta forma, enquanto o sistema MAFFS 2 apresenta restrições técnicas que limitam sua operação a baixas altitudes, cerca de 150 pés, que impede seu emprego durante o período noturno (devido à alta exposição aos riscos de colisão), o CAFFS se destaca por permitir lançamentos de água em altitudes mais seguras, chegando até 1500 pés.

Ao permitir operações noturnas contínuas, o CAFFS amplia o tempo disponível para combater as chamas em condições mais favoráveis, como temperaturas mais baixas e maior umidade, reduzindo a intensidade de propagação e prevenindo danos devastadores. Aliado ao uso do NVG, o CAFFS é uma solução inovadora, capaz de dobrar o tempo disponível para o combate ao fogo. Dada a inexistência, até o momento, de meios na FAB para a realização de CI Voo noturno, sua implementação representa um avanço significativo, marcando uma verdadeira ruptura no paradigma operacional e estabelecendo um novo patamar de eficiência e eficácia no enfrentamento de incêndios florestais.

Por essa razão, essa nova capacidade de emprego noturno exige uma atualização das técnicas operacionais para garantir a máxima efetividade do sistema e a segurança de voo. Uma vez que, a operação em condições de visibilidade reduzida impõe novos desafios, tornando essencial a revisão dos procedimentos de navegação aérea, planejamento de missão, coordenação entre tripulações, fadiga e estresse mental (Sprajcer *et al*, 2022).

Do mesmo modo, o uso do NVG oferece uma vantagem significativa para operações noturnas, mas exige treinamento especializado para que os pilotos e tripulações possam operar com precisão em cenários de baixa luminosidade, evitando obstáculos e minimizando riscos de colisão.

A implementação do CAFFS no CI Voo noturno exige um cuidado especial com a segurança operacional, uma vez que o uso do NVG impacta diretamente a acuidade visual, percepção de profundidade e consciência situacional da tripulação. Coadunam com a ideia Parush *et al*. (2011) que explicam que a redução do campo de visão e a degradação da sensibilidade ao contraste ocasionadas pelo equipamento podem aumentar o risco de desorientação espacial. Além disso, a gestão de riscos em voos noturnos sobre ambientes de fumaça intensa deve considerar a limitação de percepção da tripulação. Por isso, a implementação do CAFFS não apenas introduz um novo recurso à FAB, mas também demanda evolução doutrinária e aprimoramento das técnicas, táticas e procedimentos de combate a incêndios em voo. Dessa forma, é imprescindível a atualização da doutrina de emprego do CI

Voo, pois a evolução da doutrina permitirá que o sistema seja utilizado em seu potencial máximo, consolidando uma abordagem moderna e segura no enfrentamento de desastres ambientais.

3 CONCLUSÃO

A intensificação dos incêndios florestais, agravada pelas alterações climáticas, tem colocado em evidência a urgência de ações estratégicas voltadas à preservação ambiental. No Brasil, essa preocupação foi incorporada à Estratégia Nacional de Defesa, destacando a necessidade de proteger os recursos naturais e minimizar os danos causados por esses desastres. Nesse contexto, o CI Voo tem se mostrado uma ferramenta essencial, permitindo respostas rápidas e eficientes para conter a propagação das chamas.

Sob esta ótica, o CAFFS representa um avanço significativo no combate a incêndios em voo, especialmente devido à sua grande capacidade de lançamento de água. Operando a partir da plataforma KC-390, o sistema permite despejar até 19 mil litros em uma única surtida, um aumento de 68% em relação ao sistema MAFFS 2 atualmente utilizado pela FAB. Esse incremento melhora consideravelmente a eficácia das operações, tornando possível uma resposta mais rápida e eficiente.

Outrossim, a inexistência de doutrina de emprego do CI Voo noturno restringe as operações, comprometendo a eficácia das respostas iniciais de combate, pois impossibilita a contenção precoce do fogo. Nesse cenário, a atualização da doutrina para o emprego do CAFFS surge como uma solução inovadora, oferecendo possibilidade de atuação noturna com o uso de NVG. Sua capacidade de operar em altitudes mais seguras amplia a eficiência do combate e dobra o tempo disponível para atuação aérea.

Dessa forma, defende-se a atualização da doutrina de emprego do CI Voo, de modo a integrar o CAFFS de forma eficaz às técnicas, táticas e procedimentos atualmente adotados. Tal medida irá proporcionar melhor emprego da sua capacidade de combate e viabilizar o emprego no período noturno. Somente desta forma, com a evolução da doutrina de emprego para integrar essa inovação, o novo sistema poderá ser implementado de forma segura e eficiente. Com essa evolução estratégica, a FAB ampliará significativamente sua projeção de combate a incêndios florestais, fortalecendo sua capacidade de resposta a desastres ambientais, garantindo a preservação e a manutenção dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA FORÇA AÉREA, **Força Aérea Brasileira**, 2024. Disponível em: <http://www.fab.mil.br/noticias/pantanalii>. Acesso em: 12 abr. 2025.

BAPTISTA, M. T. F. **Aspectos doutrinários do combate a incêndios florestais por meios aéreos que afetam o emprego da aeronave C-130 Hércules**. 2010. 134 f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais da Universidade da Força Aérea, como parte das exigências do curso de Mestrado Profissional em Ciências Aeroespaciais, 2010. Disponível em: https://redebia.direns.aer.mil.br/index.php?codigo_sophia=9895. Acesso em: 12 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/ciencia-tecnologia-e-inovacao/estrategia-nacional-de-defesa>. Acesso em: 12 abr. 2025.

LI, T.; CUI, L.; LIU, L.; CHEN, Y.; LIU, H.; SONG, X.; XU, Z. Advances in the study of global forest wildfires. **Journal of Soils and Sediments**, [s.l.] v. 23, p. 2654-2668, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-023-03533-8>. Acesso em: 12 abr. 2025.

PARUSH, A.; GAUTHIER, M. S.; ARSENEAU, L.; TANG, D. The Human Factors of Night Vision Goggles: Perceptual, Cognitive, and Physical Factors. **Reviews of Human Factors and Ergonomics**, [s.l.] v. 7, p. 238-279, set. 2011. Disponível em: [https://www.safetylit.org/citations/index.php?fuseaction=citations.viewdetails&citationIds\[\]=citjournalarticle_380048_38](https://www.safetylit.org/citations/index.php?fuseaction=citations.viewdetails&citationIds[]=citjournalarticle_380048_38). Acesso em: 12 abr. 2025.

PLUCINSKI, M. P.; McCARTHY, G. J.; HOLLIS, J. J.; GOULD, J. S. The effect of aerial suppression on the containment time of Australian wildfires estimated by fire management personnel. **International Journal of Wildland Fire**, [s.l.] v. 21, n. 3, p. 219-229, 2011. Disponível em: <https://findanexpert.unimelb.edu.au/scholarlywork/402888-the-effect-of-aerial-suppression-on-the-containment-time-of-australian-wildfires-estimated-by-fire-management-personnel>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SPRAJCKER, M.; ROBERTS, S.; AISBETT, B.; FERGUSON, S.; DEMASI, D.; SHRIANE, A.; THOMAS, M. J. W. Sleep, workload, and stress in aerial firefighting crews. **Aerospace Medicine and Human Performance**, [s.l.] v. 93, n. 10, p. 749-754, out. 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36243918/>. Acesso em: 12 abr. 2025.

ZEFERINO, J. A.; ROSA, R. J. **Modelo matemático para otimizar a localização de aeronaves para combate a incêndios florestais**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 1516-1527, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/qtcp4YZ6VDHGrtT9GgSVrbp/abstract/?lang=pt> Acesso em: 12 abr. 2025.