



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1/2023

KARLOS ANDRÉ CÂMARA **RAMALHO**, Cap Esp Met

**Treinamento em Meteorologia Aeronáutica:** importância da interpretação adequada de informações meteorológicas para a segurança de voo.

Rio de Janeiro

2023

# ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA

## CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1/2023

KARLOS ANDRÉ CÂMARA **RAMALHO**, Cap Esp Met

**Treinamento em Meteorologia Aeronáutica:** importância da interpretação adequada de informações meteorológicas para a segurança de voo.

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: Emprego da Força Aérea  
Força Aérea

Orientador: Herhic **Rabelo** Alves Pereira,  
TC Av

Rio de Janeiro

2023

KARLOS ANDRÉ CÂMARA **RAMALHO**, Cap Esp Met

**Treinamento em Meteorologia Aeronáutica:** importância da interpretação adequada de informações meteorológicas para a segurança de voo.

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

Aprovado por:

---

Herhich **Rabelo** Alves Pereira  
EAOAR

---

Dr André da Costa Gonçalves  
EAOAR

Rio de Janeiro

Abril de 2023

## RESUMO

A interpretação adequada das informações meteorológicas é fundamental para a segurança das operações aéreas, especialmente em Voos de Baixas Altitudes (VBA). No entanto, muitas vezes os usuários dessas informações, como os operadores de VBA, enfrentam dificuldades nesse sentido, o que pode aumentar o risco de acidentes. Além disso, parte significativa dos Produtos de Meteorologia Aeronáutica (PMA) oferecidos pelo Centro Integrado de Meteorologia Aeronáutica (CIMAER) encontram-se obsoletos e pouco utilizados. Para resolver esse problema, este ensaio defende a implantação de um treinamento periódico em meteorologia a ser realizado pelo CIMAER, com o objetivo de elevar a proficiência dos usuários de VBA na interpretação de Informações Meteorológicas (IM) e identificar as necessidades operacionais desses usuários. O aumento de proficiência na interpretação de IM vai otimizar o uso de PMA por meio da elevação no número de produtos utilizados e pela escolha dos mais apropriados às suas realidades operacionais. Por outro lado, a identificação da necessidade desses usuários permitirá ao CIMAER desenvolver produtos mais atualizados e conectados com a realidade desses usuários. Conclui-se que o treinamento contribuirá para o aumento da segurança de voo, por meio da elevação da consciência situacional das tripulações, e para a elevação da satisfação dos clientes do Centro por intermédio de desenvolvimento de produtos mais conectados às suas realidades. Por fim, o treinamento proposto por este trabalho, inicialmente para usuários de VBA, pode ser uma etapa inicial para um programa mais amplo de segurança de voo que envolva outras categorias de voo e outras organizações civis e militares.

**Palavras-chave:** Meteorologia Aeronáutica. Segurança de voo. Aviação militar. Treinamento em Meteorologia. Aviação geral.

## 1 INTRODUÇÃO

O Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), por meio do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), possui vários projetos para se adequar às demandas da aviação moderna. Um desses empreendimentos é a implantação do CIMAER, que tem como objetivo melhorar o atendimento aos usuários e aumentar a capacidade do SISCEAB em processar informações meteorológicas.

Para que haja uma efetiva melhoria na qualidade do Serviço de Meteorologia Aeronáutica (MA) prestado pelo SISCEAB por meio do CIMAER, é necessária uma maior integração do Centro com a comunidade aeronáutica, em especial com seus principais clientes: a Aviação Comercial (AVC), a Aviação Geral (AVG) e a Aviação Militar (AVM).

Entre eles, a AVG concentra cerca de 80% dos acidentes aeronáuticos (GULTEPE et al., 2019), dos quais 35% (FULTZ; ASHLEY, 2016) estão associados às Condições Meteorológicas Adversas (CMA). A quantidade significativa de acidentes associados às CMA na AVG ocorre em função da natureza de suas operações: voos em baixa altitude com aeronaves de porte e desempenho menores que as demais categorias da aviação (LI; BAKER, 2007). Os riscos do VBA estendem-se também à AVM, uma vez que uma parte significativa de suas operações ocorre em baixas altitudes.

A redução dos riscos do VBA, seja na AVG ou na AVM, associados às CMA passa por uma melhoria na capacidade de interpretação de IM pelas tripulações, dado que estudos recentes (LANICCI et al., 2012 apud BLICKENSDEFER et al., 2017) apontam que uma das causas da quantidade significativa de acidentes associados às CMA em VBA é a baixa proficiência na interpretação de IM.

Tendo em vista a dificuldade quanto à interpretação de IM pelas tripulações, a maior vulnerabilidade dos VBA às CMA e a necessidade de maior integração do CIMAER com os seus usuários com vistas a identificar suas necessidades, propõe-se a criação de um treinamento periódico em MA, a ser realizado pelo CIMAER, com o fim de elevar a proficiência das tripulações que operam VBA quanto à interpretação de IM e para identificar as necessidades dessas tripulações quanto ao desenvolvimento ou adequação de seus produtos com propósito de aumentar a capacidade do CIMAER em desenvolver alinhados com as necessidades desses usuários.

A melhora na proficiência das tripulações de VBA na interpretação adequada de informações meteorológicas elevará o nível de utilização do PMA e a capacidade de identificação de CMA. Identificar as necessidades operacionais dessas tripulações permitirá que o CIMAER desenvolva produtos alinhados com as suas necessidades, o que poderia, em tese, aumentar o consumo dos produtos do Centro.

Em última análise, o desenvolvimento dessas habilidades resultaria em uma maior segurança de voo para as tripulações de VBA, em consonância com as atividades finalísticas da Força Aérea Brasileira (FAB), que incluem o apoio à aviação civil e militar como uma de suas atividades estratégicas (BRASIL, 2018).

## **2 DESENVOLVIMENTO**

O treinamento proposto por este trabalho abrangerá o desenvolvimento de duas habilidades: o aumento da proficiência das tripulações que operam VBA em MA e a identificação das necessidades específicas desses usuários pelo CIMAER quanto ao desenvolvimento de seus produtos.

### **2.1 Importância da interpretação adequada das IM em VBA para a segurança de voo**

As agências de segurança de voo americanas têm alertado sobre a importância da interpretação adequada de IM para a segurança de voo. De acordo com a *National Transportation Safety Board* (NTSB), a incompreensão das informações meteorológicas pelos pilotos pode ser tão perigosa quanto a falta delas (NTSB, 2014 apud BLICKENSDEFER et al., 2017). Esse problema é especialmente crítico para VBA, que apresentam alta correlação com acidentes fatais em cenários com CMA (FAA, 2010 apud BLICKENSDEFER et al., 2017).

A limitação na interpretação de informações meteorológicas ocorre devido ao uso inadequado ou inapropriado de PMA pelas tripulações de VBA. Os PMA fornecem informações sobre as condições meteorológicas adversas presentes ou previstas. No entanto, a saída de um produto, com a mesma condição meteorológica adversa, pode levar a interpretações diferentes sobre o ambiente operacional, dependendo da experiência prévia em meteorologia da tripulação.

Nesse contexto, a *National Transportation Safety Board* (NTSB) destaca a importância do treinamento em meteorologia aeronáutica para as tripulações de VBA, devido à sua vulnerabilidade às condições meteorológicas adversas. A NTSB recomenda que o treinamento em meteorologia aeronáutica inclua o desenvolvimento de duas habilidades: o uso de PMA e a aplicação dos Fundamentos de Meteorologia Aeronáutica (FMA). A atualização no uso de PMA aumentaria a habilidade na identificação de CMA, enquanto a aplicação dos FMA permitiria o uso crítico de PMA, escolhendo e aplicando o PMA adequadamente ao cenário operacional desejado. Portanto, a interpretação adequada das informações meteorológicas consistiria basicamente em avaliar corretamente as condições meteorológicas adversas dos PMA por meio da aplicação dos fundamentos de meteorologia aeronáutica.

Para ilustrar a importância da interpretação adequada das IM para a segurança de voo, pretende-se analisar as condições meteorológicas presentes nos dois últimos acidentes aeronáuticos de conhecimento público da AVM brasileira.

O primeiro acidente a ser analisado ocorreu com um helicóptero HM-1 Pantera K2 do Exército Brasileiro (EB) em 13 de agosto de 2021, por volta das 11:00h, próximo a Manaus, cerca de 5 minutos após a decolagem. A aeronave voou em direção a uma nuvem com grande potencial de chuva, descargas atmosféricas e rajadas de vento.

Considerando que a aeronave voou em direção a uma CMA facilmente identificável em PMA (radar meteorológico), significativa para qualquer categoria da aviação e crítica para a aviação de asas rotativas, conclui-se que houve subestimação do risco potencial gerado por aquela CMA e, portanto, um caso de interpretação inadequada de informações meteorológicas.

O segundo acidente ocorreu recentemente, em 4 de novembro de 2022, com um T25 da Academia da Força Aérea (AFA). A aeronave, procedente de Curitiba, caiu cerca de 50km de Florianópolis no topo de uma elevação.

Ao contrário do primeiro caso, no qual o cenário de mau tempo era claro por meio da detecção de uma CMA facilmente identificável em radar meteorológico, no caso do acidente com o T25 predominava bom tempo na região Sul e o cenário de mau tempo era local e de percepção mais difícil, uma vez que exigia a leitura de mais de um PMA e a aplicação de FMA. Em uma análise preliminar, as imagens de radar meteorológico e de satélite mais utilizadas (canal infravermelho) não apresentavam CMA.

Quando se observa que a região é montanhosa, onde as condições meteorológicas podem mudar rapidamente e afetar significativamente a segurança da operação, e que o vento está moderado a forte, transportando umidade do oceano (brisa marítima) em direção à elevação, a percepção sobre o cenário se modifica. Nessas circunstâncias, os FMA sugerem que há potencial para formação de nebulosidade e chuva a barlavento da elevação, bem como turbulência a sotavento.

Feita essa observação, é necessário ter um olhar mais atento por meio da consulta a outros PMA, a fim de detectar uma possível CMA não verificada nos meios anteriores. De fato, ao se considerar imagens de satélite de outro canal (visível), percebe-se uma camada de nebulosidade baixa no topo da elevação, que não foi observada nos demais canais de imagem de satélite e radar meteorológico. Essa nebulosidade tem potencial para restringir as condições meteorológicas de voo de visual para instrumento. O cenário muda completamente, pois agora temos uma aeronave de pequeno porte, com pouca tecnologia embarcada, voando sobre uma montanha obscurecida, com potencial para ocorrência de chuva e turbulência.

Observa-se que a análise cuidadosa do cenário operacional envolveu várias etapas: a obtenção de dados de vento, a consideração do relevo e a aplicação do modelo conceitual de FMA, além da análise de imagens de satélite do canal visível.

Esse caso ilustra como a interpretação adequada das IM não se limita à leitura de um único PMA, mas requer a avaliação crítica dos dados em função das necessidades operacionais de cada tripulação. A interpretação adequada de IM pressupõe a aplicação criteriosa de PMA, utilizando a metodologia FMA para minimizar os riscos e aumentar a segurança de voo.

Os casos analisados demonstram a importância do uso de FMA para selecionar PMA adequados às necessidades operacionais das tripulações. Eles evidenciam a necessidade de realizar o treinamento para desenvolver essas habilidades e promover a segurança de voo para usuários do SISCEAB que operam em VBA. Por outro lado, também alertam para os perigos do uso indiscriminado de PMA, que pode comprometer a segurança das operações aéreas.

## **2.2 Identificação das necessidades operacionais dos usuários de VBA para a adequação e desenvolvimento de PMA do SISCEAB**

A identificação das necessidades operacionais dos usuários de VBA é essencial para a adequação e desenvolvimento de PMA do SISCEAB, garantindo que os produtos estejam alinhados com as necessidades das tripulações que operam VBA.

Paralelamente ao objetivo principal do treinamento, que é o aumento da proficiência das tripulações que operam VBA, o CIMAER levantará as necessidades específicas desses usuários por meio de mecanismos de pesquisa sistemáticos conduzidos pela seção de qualidade do Centro. Além disso, as percepções mais subjetivas obtidas pela interação dos profissionais do CIMAER com esses usuários também serão consideradas, sem prejudicar a objetividade dos resultados das pesquisas.

Esse levantamento é necessário, considerando que a MA se beneficiou do avanço da ciência meteorológica e da tecnologia da informação, o que possibilitou uma maior automação e a criação de uma ampla variedade de produtos meteorológicos para a aviação (BLICKENSDEFER et al., 2021). No entanto, ao considerar o SISCEAB, muitos dos produtos meteorológicos recomendados pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) não estão atualizados em relação às tecnologias atuais, o que leva a uma baixa utilização. Por essa razão, é imprescindível modernizar os PMA oferecidos pelo SISCEAB para atender às necessidades dos clientes e garantir uma maior segurança operacional.

Assegurar a satisfação dos clientes e elevar a segurança operacional é um dos objetivos do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) do CIMAER, que se encontra em implementação. Nesse sentido, O SISCEAB, por meio do DECEA, está em processo de implantação de um novo paradigma de transmissão de dados: o conceito *System Wide Information Management (SWIM)*. Essa plataforma permitirá a troca de informações em tempo real entre diferentes provedores de serviços de navegação aérea, possibilitando uma maior eficiência e segurança operacional no gerenciamento do tráfego aéreo (ICAO, 2015).

Com isso, é importante que o CIMAER esteja preparado para atender a essa demanda, desenvolvendo produtos meteorológicos que estejam alinhados com as necessidades dos clientes e que permitam uma operação mais segura e eficiente das aeronaves. Assim, a implementação do SWIM no SISCEAB representa uma oportunidade para o CIMAER modernizar seus PMA e aumentar a satisfação dos clientes, ao mesmo tempo em que contribui para a segurança operacional da aviação.

Nessa perspectiva, o treinamento proposto por este trabalho será fundamental para a identificação dessas necessidades, fundamentais para o desenvolvimento de novos produtos e para a adequação dos já existentes, agora alinhados às necessidades dos operadores de VBA, o que, pelo menos em tese, contribuirá para o aumento no consumo dos produtos oferecidos pelo CIMAER.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este ensaio argumentou sobre a necessidade de um treinamento em MA para as tripulações de voos de baixa altitude (da AVG e AVM), a fim de melhorar sua proficiência na interpretação das informações meteorológicas e identificar suas necessidades operacionais. Isso pode ajudar a otimizar o uso dos produtos de meteorologia aeronáutica disponíveis e melhorar a segurança de voo.

O treinamento para VBA é justificado pela correlação entre acidentes fatais nessa categoria de voo e problemas de interpretação de informações meteorológicas pelas tripulações, conforme evidenciado por estudos internacionais. Esses estudos mostram que a falta de habilidade na interpretação das informações meteorológicas pode aumentar o risco de acidentes aéreos em voos de baixa altitude, o que destaca a importância de um treinamento adequado para as tripulações de VBA.

Complementando o argumento apresentado, é indispensável identificar as necessidades dos operadores de VBA em relação aos produtos de meteorologia aeronáutica, a fim de garantir a efetividade do SISCEAB em sua missão de prover serviços de MA. A identificação dessas necessidades permitirá que o SISCEAB desenvolva produtos mais atualizados e conectados com a realidade dos usuários, o que pode melhorar a eficácia do sistema em atender às demandas operacionais das tripulações de VBA.

Por fim, é importante destacar que o treinamento proposto para as tripulações de VBA pode servir como um modelo para um programa mais amplo de segurança de voo relacionado à meteorologia aeronáutica. Esse programa poderia ser estendido a outras categorias de voo e organizações militares e civis, a fim de preencher uma lacuna na capacitação em meteorologia aeronáutica. Dessa forma, poderíamos aumentar a consciência situacional das tripulações e reduzir o risco de acidentes aéreos causados por fatores meteorológicos em todos os tipos de voo.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2018 – 2027: PCA 11-47. Brasília, DF, 2018.
- BLICKENSDEFER, B. et al. Assessing general aviation pilots' understanding of aviation weather products. **The international journal of aerospace psychology**, Taylor & Francis, v. 27, n. 3-4, p. 79–91, 2017
- BLICKENSDEFER, B. et al. General aviation pilots' capability to interpret aviation weather displays. **Journal of Air Transportation**, v. 29, n. 4, p. 153-159, 2021.
- GULTEPE, I. et al. A review of high impact weather for aviation meteorology. **Pure and applied geophysics**, Springer, v. 176, p. 1869–1921, 2019.
- FAA, Federal Aviation Administration, **Weather-related aviation accident study 2003–2007**, 2010. Disponível em: <http://www.asias.faa.gov/i/2003-2007weatherrelatedaviationaccidentstudy.pdf>  
Acesso em: 23 de fevereiro de 2023
- FAA, Federal Aviation Administration, **Most wanted list of transportation safety improvements: General aviation: Identify and communicate hazardous Weather 2014–2015**, 2014. Disponível em:  
[https://www.nts.gov/safety/mwl/Pages/mwl7\\_2014.aspx](https://www.nts.gov/safety/mwl/Pages/mwl7_2014.aspx)  
Acesso em: 23 de fevereiro de 2023
- FULTZ, A. J.; ASHLEY, W. S. Fatal weather-related general aviation accidents in the United States. **Physical Geography, Taylor and Francis**, v. 37, n. 5, p. 291–312, 2016.
- ICAO. International Civil Aviation Organization, **Manual on System Wide Information Management (SWIM) Concept**, (Doc 10039)", Montreal, 2015.
- LANICCI, J, et al. *General aviation weather encounter case studies*. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION OKLAHOMA CITY OK CIVIL AEROSPACE MEDICAL INST, 2012.
- LI, G.; BAKER, S. P. Crash risk in general aviation. *Jama, American Medical Association*, v. 297, n. 14, p. 1596–1598, 2007.