



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

**THALES VILAS BÔAS ARAÚJO, Cap Av**

**Perspectivas de uso de Inteligência Artificial em apoio ao uso de Inteligência  
de Imagens no Ciclo de Inteligência**

Rio de Janeiro

2023

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

**THALES VILAS BÔAS ARAÚJO, Cap Av**

**Perspectivas de uso de Inteligência Artificial em ao uso de Inteligência de  
Imagens no Ciclo de Inteligência**

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  
Orientador: Pedro Nolasco Duarte, Maj Av

Rio de Janeiro

2023

**THALES VILAS BÔAS ARAÚJO, Cap Av**

**Perspectivas de uso de Inteligência Artificial em ao uso de Inteligência de  
Imagens no Ciclo de Inteligência**

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

Aprovado por:

---

**Wellington** Azevedo dos Santos, Maj Inf  
EAOAR

---

Pedro **Nolasco** Duarte, Maj Av  
EAOAR

Rio de Janeiro

2023

## RESUMO

A atividade de reconhecimento aéreo foi uma das precursoras no uso da dimensão aérea no contexto militar. A inteligência obtida de imagens (IMINT) de missões de reconhecimento aéreo é utilizada como input do ciclo de inteligência, que é a produção de insumos para tomada de decisão. O processamento de imagens foi uma das primeiras aplicações de destaque no uso de Inteligência Artificial (IA), atingindo níveis de precisão maiores que a do ser humano. Mais recentemente, foi desenvolvida uma IA capaz de gerar conteúdo personalizado, denominada IA generativa. Este trabalho defende a utilização de IA como forma de otimizar o ciclo de inteligência associado à IMINT. O uso de algoritmos de IA acelera o procedimento de extração de informações de imagens, reduzindo o tempo de análise e aumentando a janela de operação, fase em que há pouca diferença entre o cenário para o qual a missão foi planejada e o cenário no momento da execução da missão. Com a IA generativa é possível realizar um treinamento virtual para aumentar a precisão na análise de imagens, contribuindo para otimização de planejamentos futuros através da revisão de métricas de desempenho, o que permite direcionar de maneira mais racional os meios disponíveis e aumentar a consciência situacional a respeito dos riscos de dano colateral. Desta forma, verifica-se que a utilização de IA em apoio ao uso de IMINT otimiza ciclo de inteligência.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial. Inteligência de imagens. Ciclo de Inteligência. Treinamento Virtual. Processamento de Imagens.

## 1 INTRODUÇÃO

O primeiro uso militar do domínio aéreo ocorreu na França ao final do século XVIII com uso de balões para direcionar e verificar fogos de artilharia, missão que viria a ser conhecida como Reconhecimento Aéreo. A utilização de aeronaves na 1ª Guerra Mundial iniciou-se com a mesma finalidade e foi tão relevante que o conceito de negar o uso dos céus para o inimigo e a aviação de caça foram desenvolvidos com o intuito de impedir voos de reconhecimento.

O rápido avanço da engenharia em meados do século XX permitiu a incorporação câmeras às aeronaves de reconhecimento, dando início à coleta de inteligência por imagens (IMINT - *Imagery Intelligence*) e adicionou este tipo de fonte de dados ao ciclo de inteligência - um processo de produção de conhecimento destinado a assessorar a tomada de decisão nos diferentes níveis de condução de operações militares.

O processo de extração de informações de imagens foi um dos primeiros campos de destaque da aplicação de algoritmos de Inteligência Artificial (IA). Um exemplo da aplicação desse tipo de algoritmo é a identificação de aeronaves estacionadas em uma base aérea. Estudos constataram que IA's podem atingir níveis de precisão melhores do que o de seres humanos na extração de características de determinadas classes de imagens.

Recentemente surgiu uma nova abordagem de IA capaz de gerar imagens que contenham características solicitadas pelo usuário, denominada IA generativa. Exemplos de imagens que podem ser criadas com IA generativa para um contexto militar são uma aeronave de transporte parcialmente danificada após uma explosão e um hangar destruído após um ataque aéreo.

Essas características de precisão, agilidade e personalização dos algoritmos de IA estão diretamente relacionadas com os princípios do ciclo de inteligência de oportunidade, que prevê a rapidez na produção do conhecimento, e de precisão, que dita a importância da confiabilidade do conhecimento produzido para o tomador de decisão.

Desta forma, este trabalho defende que a implantação de IA como ferramenta de apoio à atividade de análise de imagens otimiza o uso de IMINT junto ao ciclo de inteligência.

O uso de IA abrevia o tempo do ciclo de inteligência por reduzir o tempo necessário para extrair informações de imagens, diminuindo o tempo utilizado para tomada de decisão e planejamento de missões e promovendo uma redução nos riscos envolvidos nestas missões, visto que quanto menor o tempo entre a obtenção de informações de planejamento e a execução, menor a probabilidade de que ocorram alterações significativas no cenário.

Já a utilização de IA Generativa permite a confecção de um treinamento destinado a aumentar a precisão do processo de análise. Isto é alcançado utilizando IA Generativa para sintetizar imagens próximas àquelas esperadas em um teatro operacional. O aumento na precisão da análise permite a reavaliação das métricas de efetividade da ação avaliada, a ponderação dos riscos de dano colateral envolvidos e a adequação da quantidade de meios necessários para missões futuras.

## **2 O USO DE IA EM APOIO AO USO DE IMINT NO CICLO DE INTELIGÊNCIA**

A utilização de IA na Força Aérea Brasileira é vislumbrada como um possível método de otimização de tarefas, como pode ser verificado na Diretriz do Comandante da Aeronáutica em “atenção especial e esforços deverão ser envidados [...] e ao desenvolvimento de inteligência artificial eficaz e ética, para que contribuam diretamente no cumprimento da missão da Força Aérea” (DAMASCENO, 2023).

Atualmente, o uso de IA tem se destacado em dois contextos de utilização, que são a geração de conteúdo com características desejadas (GOODFELLOW *et al.*, 2014) e a extração de informações a partir de dados de maneira mais rápida (REDMON *et al.*, 2016) e, por vezes, mais precisa do que humanos (HE *et al.*, 2015).

O ciclo de inteligência é a produção de informações a partir de dados com a finalidade de assessorar a tomada de decisões, devendo ser um processo preciso e oportuno (BRASIL, 2020). Uma das fontes de informações utilizadas para esse ciclo são imagens (*Imagery Intelligence* - IMINT) conforme observado na Operação Yanomami em 2023. Nessa ocasião, aeronaves de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento foram empregadas para coletar imagens destinadas a identificação de pistas, garimpo e acampamentos clandestinos em áreas de preservação na Amazônia (BRASIL, 2023).

Desta forma, justifica-se a utilização de IA em apoio ao ciclo de inteligência com IMINT devido à correlação deste com os benefícios providos pelo uso de IA.

## **2.1 Uso de IA para redução do tempo do ciclo de inteligência**

O desenvolvimento de IA é tal que possibilita identificar elementos e características presentes em uma imagem com precisão maior do que a de seres humanos (HE *et al.*, 2015) e em menor tempo (REDMON *et al.*, 2016).

O emprego desse tipo de IA no contexto militar permite reduzir o tempo de análise de imagens para produção de informações no ciclo de inteligência e reduzir também o tempo total de planejamento das missões subsequentes que utilizam IMINT como insumo.

Tal redução no tempo de planejamento contribui para o sucesso de missões aéreas (MEILINGER, 1997). Expandindo para o contexto em questão, quanto menor o tempo necessário para realizar o ciclo de inteligência e a posterior tomada de decisão, menor a probabilidade de uma alteração significativa no cenário entre os momentos de planejamento e execução e maior a probabilidade de sucesso.

A importância de um ciclo de planejamento e análise rápido e oportuno ficou evidente na ocasião da Crise dos Mísseis de Cuba de 1962. Nessa ocasião, uma aeronave U-2 da Força Aérea dos EUA realizando missões de reconhecimento sobre a ilha captou imagens nas quais foi identificada a presença de mísseis balísticos soviéticos capazes de atingir o território continental dos Estados Unidos. O alerta antecipado de tal condição permitiu aos norte-americanos realizar um bloqueio naval na ilha, impedindo a continuidade do plano soviético e abrindo caminho para negociações que culminaram com a retirada dos mísseis (MORTON, 2016).

Entretanto, a demora no procedimento de análise, tomada de decisão e planejamento pode ter resultados graves, como exemplificado na derrubada de uma aeronave F-117 durante a Guerra do Kosovo em 1999. Diversos fatores, entre eles a mobilidade da artilharia antiaérea, a demora no processo de reconhecimento de elementos no cenário e posterior envio das informações para aeronaves na linha de frente, contribuíram para a perda da aeronave, o que pode ter impactos em aspectos psicossociais da tropa, como a perda do moral, tendo em vista que o alto valor agregado da aeronave abatida, até aspectos político-tecnológicos, devido à possível

perda de detalhes de uma tecnologia sensível como a tecnologia *stealth* (LAMBETH, 2001).

Logo, verifica-se que o uso de IA como ferramenta de extração de informações a partir de imagens contribui além da simples redução de tempo necessário para realizar a atividade, mas também com a otimização do uso de IMINT no contexto do ciclo de inteligência, resultando ganhos operacionais como a ampliação da janela de oportunidade para ação, como visto na Crise dos Mísseis de Cuba, e a redução do risco e incerteza inerentes à missão, exemplificado na ocasião da derrubada da aeronave F-117 na Guerra do Kosovo.

## **2.2 Uso de IA generativa para conceber treinamento de Inteligência de Imagens**

A IA generativa pode ser utilizada no âmbito aeronáutico para sintetizar virtualmente imagens que seriam difíceis de obter através de métodos regulares, desde imagens de satélite de aeronaves específicas (CHEN *et al.*, 2022) até imagens de falhas estruturais em motores (HUANG *et al.*, 2022). Tal ferramenta é útil, por exemplo, para criar imagens que reflitam condições de um alvo após um ataque aéreo para treinamento de analistas, o que seria difícil de replicar com equipamentos e condições reais.

Neste sentido, treinamentos de atividades que dificilmente são replicáveis no mundo real, como suporte a vida e primeiros socorros em campo de batalha, podem ser realizados exclusivamente em ambiente virtual, proporcionando redução da quantidade de erros e do tempo necessário para realizar a atividade (STANNEY *et al.*, 2022). Por analogia, um treinamento para análise de dano causado após um ataque utilizando imagens obtidas com uma IA generativa tem a capacidade de gerar resultados semelhantes.

Avaliar com mais exatidão o dano resultante de uma missão, tomando a ação de ataque como exemplo, viabiliza o aprimoramento das métricas de efetividade da ação em questão em detrimento daquelas obtidas a partir do emprego em tempo de paz. Isso possibilita que as missões subsequentes sejam realizadas empregando uma quantidade de meios mais próxima da estritamente necessária para alcançar o efeito desejado, evitando empregar mais meios do que o necessário, o que reduziria a quantidade de missões que podem ser realizadas simultaneamente, ou que a

quantidade seja menor que a necessária, de forma que o emprego dos meios não atinja o efeito desejado.

A atualização de métricas de efetividade das ações também permite maior consciência situacional quanto ao risco de danos colaterais no momento de planejamento. Considerando o exemplo de emprego de armamento em uma região em que o alvo está próximo a áreas protegidas, caso a precisão do emprego esteja menor do que a esperada, deve-se reavaliar as técnicas e táticas de emprego de forma a diminuir a probabilidade de dano colateral, ou até mesmo reavaliar a necessidade da missão a luz do risco.

Diante do exposto, a utilização de IA generativa otimiza o ciclo de inteligência por possibilitar a confecção de treinamentos que seriam inviáveis de outra forma, aumentando a precisão do processo de análise. Isso gera o impacto operacional de reavaliação de métricas de desempenho de missões cujos resultados são avaliados por IMINT, permitindo que o planejamento das missões subsequentes seja executado com maior racionalidade no tocante à quantidade de meios e aumentando a consciência situacional quanto ao risco de dano colateral.

### **3 CONCLUSÃO**

A utilização de IA como ferramenta de auxílio ao cumprimento das tarefas constitucionais é uma das diretrizes do atual Comandante da Força. Esse tipo de algoritmo pode ser utilizado no âmbito do processamento de imagens como ferramenta de extração de informação. Outro tipo de algoritmo, denominado IA generativa, permite a criação de imagens a partir das características desejadas.

Em síntese, a utilização de IA como auxílio na análise de IMINT permite a redução no tempo de processamento e habilita a tomada de decisões em tempo reduzido, otimizando o ciclo de inteligência. Esta redução no tempo de planejamento aumenta a janela de oportunidade, conforme ocorrido na Crise dos Mísseis de Cuba, e também reduz os riscos e incertezas de mudança do cenário frente ao planejamento, exemplificado na derrubada da aeronave F-117 no Kosovo.

Em paralelo, IA's generativas permitem a confecção de um treinamento virtual para analistas de imagens que contenha condições mais próximas das esperadas em operações reais. Tal treinamento otimiza o uso de IMINT junto ao ciclo de inteligência por aumentar a precisão do analista de imagens, resultando na

capacidade de reexaminar métricas de desempenho de missões avaliadas por IMINT, que por sua vez viabiliza uma aplicação otimizada dos meios através do direcionamento destes para missões de modo a aumentar a probabilidade de alcançar o efeito desejado e também amplia a consciência acerca dos riscos de dano colateral da ação.

Desta forma, é possível otimizar o uso de IMINT junto ao ciclo de inteligência com o uso de IA em apoio à análise de imagens e com uso de IA generativa em apoio ao treinamento para tal atividade.

Por fim, vislumbra-se que a utilização de IA como forma de geração sintética de conteúdo pode ser expandida do contexto de imagens para a geração de cenários completos em apoio ao Planejamento Baseado em Capacidades (PBC), conceito de planejamento militar que faz parte das diretrizes do Comandante. A criação desses cenários permite a avaliação e treinamento não somente de atividades correlatas à atividade de IMINT no ciclo de inteligência, mas também das demais Tarefas da Força, permitindo uma verificação mais objetiva das Capacidades e conseqüentemente um emprego otimizado dos recursos orçamentários.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Agência Força Aérea**. Comando Conjunto intensifica ações de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento, 2023. Disponível em: <https://www.fab.gov.br/noticias/mostra/40571>. Acesso em: 23 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. Portaria Normativa nº 84/GM-MD, de 15 de setembro de 2020. Aprova a Doutrina de Operações Conjuntas - MD30-M-01/Volumes 1 e 2 (2ª Edição/2020). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, v. 1-2, n. 178, 15 set. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md30-m-01-vol-1-2a-edicao-2020-dou-178-de-15-set.pdf>. Acesso em 27 set. 2023.

CHEN, Junyu *et al.* Synthetic aircraft RS image modeling based on improved conditional GAN joint embedding network. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 320, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03880-x>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-03880-x>. Acesso em: 19 set. 2023.

DAMASCENO, Marcelo Kanitz. **Diretriz do Comandante da Aeronáutica**. Brasília. 2023. Disponível em: [https://issuu.com/portalfab/docs/diretrizes\\_do\\_comandante\\_-\\_2023\\_ten\\_brig\\_damasceno](https://issuu.com/portalfab/docs/diretrizes_do_comandante_-_2023_ten_brig_damasceno). Acesso em: 22 set. 2023.

GOODFELLOW, Ian *et al.* Generative adversarial nets. **Advances in neural information processing systems**, v. 27, 2014. DOI:

<https://doi.org/10.48550/arXiv.1406.2661>. Disponível em:  
<https://arxiv.org/abs/1406.2661>. Acesso em: 19 set. 2023.

HE, Kaiming *et al.* Delving deep into rectifiers: Surpassing human-level performance on imagenet classification. In: **Proceedings of the IEEE international conference on computer vision**. 2015. p. 1026-1034. DOI:  
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1502.01852>. Disponível em:  
<https://arxiv.org/abs/1502.01852>. Acesso em: 20 set. 2023.

HUANG, Rui *et al.* Prior-guided GAN-based interactive airplane engine damage image augmentation method. **Chinese Journal of Aeronautics**, v. 35, n. 10, p. 222-232, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2021.11.021>. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1000936121004283>. Acesso em: 21 set. 2023.

LAMBETH, Benjamin S. **NATO's air war for Kosovo: A strategic and operational assessment**. Rand Corporation, 2001. DOI: <https://doi.org/10.7249/MR1365>. Disponível em: [https://www.rand.org/pubs/monograph\\_reports/MR1365.html](https://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1365.html). Acesso em 25 set. 2023.

MEILINGER, Phillip . **The paths of heaven: the evolution of airpower theory**. School of Advanced Airpower Studies, Air University, 1997. DOI:  
<https://doi.org/10.2307/120212>. Disponível em:  
[https://media.defense.gov/2017/Apr/07/2001728508/-1/-1/0/B\\_0029\\_MEILINGER\\_PATHS\\_OF\\_HEAVEN.PDF](https://media.defense.gov/2017/Apr/07/2001728508/-1/-1/0/B_0029_MEILINGER_PATHS_OF_HEAVEN.PDF). Acesso em 26. set. 2023.

MORTON, Tyler. **From Kites through Cold War: The Evolution of United States Air Force Manned Airborne ISR**. 2016. Tese de Doutorado. School of Advanced Air and Space Studies. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1030466.pdf>. Acesso em 25 set. 2023.

REDMON, Joseph *et al.* You only look once: Unified, real-time object detection. In: **Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition**. 2016. p. 779-788. DOI: <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>. Disponível em: [https://www.cv-foundation.org/openaccess/content\\_cvpr\\_2016/papers/Redmon\\_You\\_Only\\_Look\\_CVPR\\_2016\\_paper.pdf](https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_cvpr_2016/papers/Redmon_You_Only_Look_CVPR_2016_paper.pdf). Acesso em: 25 set. 2023.

STANNEY, Kay M. *et al.* Performance gains from adaptive eXtended Reality training fueled by artificial intelligence. **The Journal of Defense Modeling and Simulation**, v. 19, n. 2, p. 195-218, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1177/15485129211064809>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/15485129211064809>. Acesso em 27. set. 2023.