# AVALIAÇÃO DE ARQUITETURA DE VANT AUTÔNOMO: SEPARAÇÃO ENTRE CONTROLE E MISSÃO

**Ricardo Alexandre Veiga Gimenes**
Universidade de São Paulo – Escola Politécnica da USP
Grupo de Análise de Segurança – GAS
Av. Prof Luciano Gualberto, Trav3. Engenharia Elétrica, Sala C2-32
+55-11-30915734. ricardo.gimenes@rams.com.br

**Jorge Rady de Almeida Júnior**
Universidade de São Paulo – Escola Politécnica da USP
Grupo de Análise de Segurança – GAS
Av. Prof Luciano Gualberto, Trav3. Engenharia Elétrica, Sala C2-34
+55-11-30910683. jorgerady@usp.br

## RESUMO

Em estudos de desenvolvimento de VANT, Veículo Autônomo Não Tripulado, nota-se um comportamento padrão em projetos dessa natureza: uma integração entre controle e missão do VANT no mesmo hardware e mesmo software. Um revés dessa escolha implica em dificuldades para um VANT ser certificado pelos órgãos reguladores, pois o controle que impacta na segurança crítica necessita ser isolado da aplicação. O termo "isolado" ainda carece de melhor definição entre o universo da robótica com a realidade aeronáutica para a integração do VANT no espaço aéreo. Por essas razões, este artigo faz uma avaliação de arquitetura de VANT, fator importante para a uma integração entre Órgãos Reguladores e Desenvolvedores.

**Palavras Chave**: VANT, Segurança Crítica, Espaço Aéreo, Certificação, Órgão Regulador.

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) para uso civil, se comparado à aviação civil tradicional, ainda está em sua fase inicial (STRONG, 2008; GIMENES, 2014). No campo científico relacionado ao VANT, é necessário entender que o desenvolvimento tecnológico é apenas parte do problema a ser resolvido. Soluções envolvendo sistemas de inteligência artificial entre outras áreas do conhecimento têm sido pesquisadas com o objetivo de desenvolver métodos de tomada de decisão capazes de evitar colisões entre aeronaves (inclusive tripuladas) no espaço aéreo em situações em que o ser humano não é capaz de reagir em tempo suficiente. Mesmo com a tecnologia à disposição da ciência, quando há a necessidade de se utilizar uma aeronave não tripulada em um espaço aéreo compartilhado com outras aeronaves tripuladas, surgem novas questões de cunho jurídico e social (GIMENES; ALMEIDA, 2011), dependendo assim de estudos científicos para a ponderação dessa integração.

Do ponto de vista de tecnologia e conceitos de voo, aviões comerciais tais como as aeronaves Boeing 787 e Airbus A380 podem ser consideradas como uma classe de VANT, uma vez que seu controle de voo, pouso e decolagem são feitos com significativo grau de automação (AUSTIN, 2010).

Consequentemente, é importante ressaltar que o VANT é, antes de se considerar a automação, uma aeronave. Esse fator é muitas vezes subjugado por equipes de desenvolvimento de VANT, entretanto essa informação simplifica o entendimento das condições necessárias e suficientes para a sua operação.

Aspectos de segurança crítica entre controle e aplicação do VANT ainda encontram-se pouco explorados pelo campo de desenvolvimento da robótica que tem desenvolvido VANT. Segurança Crítica é definida por Almeida (2003) como a probabilidade, em um período de tempo, de que um sistema não atinja um estado considerado inseguro ou perigoso. Neste contexto, há um cenário de incerteza tanto no Brasil quanto no exterior, pois a pressão empresarial para se utilizar VANT para aplicações comerciais tem demandado uma força tarefa internacional na qual o Brasil tem participado ativamente.

## 2. DEFINIÇÃO DE VANT

O VANT, apesar de ter um nome bastante indicativo de seu significado, não possui uma definição única por parte da comunidade científica. Nessa comunidade não há a definição de uma fronteira entre Aeromodelo e VANT. No Brasil, um VANT que trabalhe no campo de visão, em área não populosa, sem fins lucrativos para uso apenas de recreação se enquadra na legislação de Aeromodelos (ANAC, 2011a). Uma diferença jurídica se estabelece a partir do momento que esse aeromodelo é utilizado para uso comercial ou alguma aplicação que não seja recreação, sendo então classificado como VANT.

Atualmente, o VANT definido pelos órgãos reguladores (ICAO, 2011), consiste de três partes:

- VANT, sendo a aeronave propriamente dita, que deve possuir capacidade de voar de modo automático, caso não receba comandos da base remota;
- Enlace de Comunicação: responsável por transmitir os comandos da base para a aeronave, assim como a telemetria da aeronave para a base;
- Base de Solo com o piloto humano remoto: responsável por comandar o VANT.

Para o DECEA, o VANT é uma categoria de aeronave reconhecida e como tal, tem de ser pilotado (DECEA, 2010). O DECEA define que o controle desse tipo de aeronave pode ser exercido diretamente por um piloto localizado em uma estação remota de pilotagem (aeronave remotamente pilotada) ou indiretamente através de programação (aeronave autônoma).

Apesar das definições apresentadas, existem diferentes definições apresentadas na comunidade científica, na qual a definição de VANT é normalmente baseada na altitude em que o VANT consegue voar, no seu tamanho e também na carga útil que pode transportar.

## 3. SISTEMA DE PILOTAGEM: CONTROLE SEPARADO DA MISSÃO

Em vista também da avaliação das aeronaves tripuladas modernas, surge o questionamento de se existir uma zona mista na fronteira entre as aeronaves tripuladas atuais, tais como Boeing 777 ou Airbus A380 e os VANT em desenvolvimento, sejam projetos civis ou militares (tal como o projeto americano Global Hawk). As aeronaves modernas são equipadas com sistemas automáticos de auxílio ao voo, tais como sistemas de controle de propulsão e piloto automático. Por exemplo, a aeronave militar US F-117 não possui capacidade de voar somente com o controle realizado pelo piloto, que assume o dever da navegação, mas não da capacidade de voar (do ponto de vista de sustentação no ar) (AVANZINI; MINISCI, 2010). A aeronave F-117 apresenta significativa instabilidade aerodinâmica. Portanto, o sistema automático de sensores e controle dos atuadores distribuídos pela superfície da aeronave garante o ajuste e controle em tempo real de sustentação de voo.

No meio científico, há diferença significativa entre esses dois cenários de aeronaves, mas, ao mesmo tempo, eles estão próximos o suficiente para que haja a possibilidade de considerar o uso futuro de VANT para o transporte de passageiros.

Mesmo em um pouso totalmente automático, há a supervisão humana externa, além dos pilotos que estão observando todos os movimentos e decisões da aeronave, podendo, assim, arremeter em caso de dúvida ou de uma situação inesperada. Independente do tipo de automação existente nas aeronaves atuais, o controle delas está sob a tutela dos pilotos que são os responsáveis pelo voo. Utilizar a automação existente nas aeronaves atuais tripuladas é uma vantagem para o desenvolvimento de um VANT, mas ainda permanece a principal diferença: a automação também deve assumir a responsabilidade pela tomada de decisões em todas as etapas de um voo.

Um piloto tem por responsabilidade voar, navegar e comunicar e, para realizar essas tarefas ele é treinado, avaliado e, consequentemente, habilitado (certificado) para tomar decisões precisas e seguras e comunicá-las às autoridades de gestão do trafego aéreo, no aguardo de autorização ou instruções para pô-las em prática. Um piloto humano navega e comunica e, o voo propriamente dito, fica a cargo, em grande parte, da automação existente nas modernas aeronaves. O questionamento, então, refere-se a quem voa, navega e comunica, já que, em uma visão simplista, pode ser tanto um piloto humano quanto um sistema autônomo ou, ainda, uma combinação de ambos.

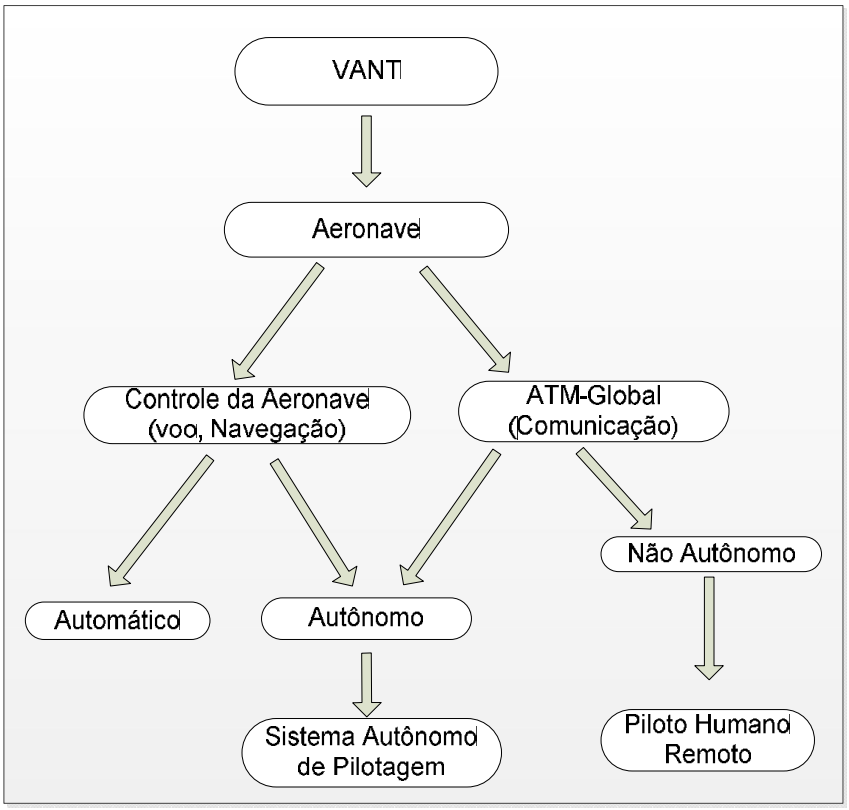
Entende-se por VANT, neste artigo, uma aeronave que pode não depender de haver uma tripulação para que essa mesma aeronave seja capaz de realizar um voo completo (incluindo todas as etapas de um voo) de forma autônoma controlada por um Sistema Autônomo de Pilotagem (SAP) a bordo da aeronave. Além disso, ela deve ser capaz de interagir com o Controle de Tráfego Aéreo para que possa voar em um espaço aéreo não segregado.

A motivação de utilizar esta definição foi baseada em dois fatores:

- Um VANT controlado por um SAP é entendido como o pior caso do ponto de vista de segurança crítica; e
- Todo VANT precisa ter um estado seguro de voo autônomo, caso haja a perda de do enlace de comunicação.

Esse é o ponto central para se considerar uma nova taxonomia para os VANT apresentada na figura 1.

**Figura 1 – Taxonomia para VANT (Gimenes, 2015)**




O Anexo I da Organização da Aviação Civil Internacional – OACI (ICAO, 2001a) define Aeronave como qualquer máquina que consiga produzir uma sustentação na atmosfera devido às reações do ar, exceto as reações do ar contra a superfície da Terra. Avião é um subtipo de aeronave definido como uma aeronave mais pesada que o ar com propulsão motorizada, cuja sustentação em voo se deve principalmente a partir de reações aerodinâmicas exercidas sobre superfícies que permanecem fixas em determinadas condições de voo.

Quando há um piloto em solo comandando remotamente a aeronave, há o desafio de se garantir a comunicação entre a estação de controle e a aeronave. Os aspectos de segurança crítica relacionados com esta comunicação geram requisitos de desenvolvimento. Estes requisitos, por exemplo, devem ser considerados em casos de emergência, tal como em uma situação de perda de comunicação com o piloto, a aeronave deve ser capaz de assumir uma ação de emergência sem um piloto.

A demanda por VANT provocada pela indústria tem gerado cobranças perante as instituições governamentais (por exemplo, a ANAC no Brasil e FAA nos EUA) e instituições internacionais (como, por exemplo, a OACI e a Eurocontrol) para que estas desenvolvam uma regulamentação para a operação de VANT, relacionada, sobretudo, aos riscos que este novo conceito de aeronave pode representar à sociedade (DALAMAGKIDIS; VALAVANIS; PIEGL, 2012, p. 132).

A regulamentação tem como aliada a evolução tecnológica na aviação civil, que tem oferecido novos recursos, tais como a comunicação digital por CPDLC (*Controller–Pilot Data Link Communications*) que poderá ser utilizada nos futuros VANT. Mas tem-se observado que as questões tecnológicas não são as únicas limitações.

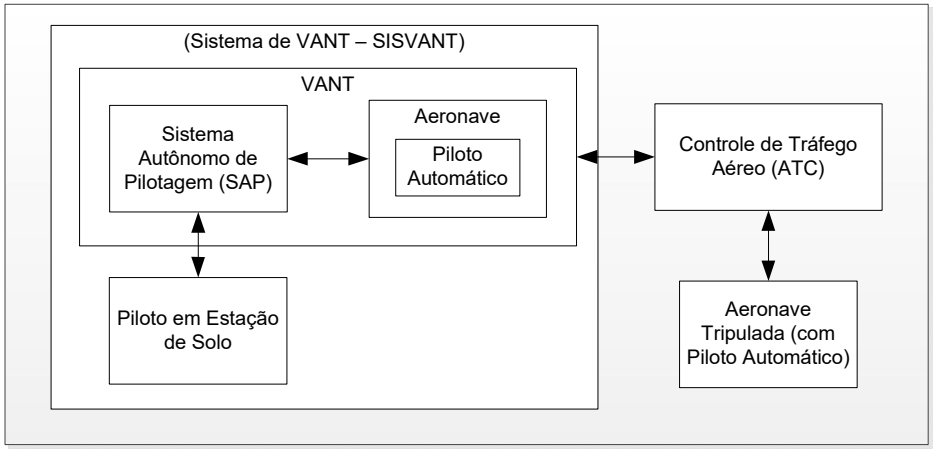
Os desafios da integração do VANT no espaço aéreo, segregado ou não, estão relacionados à regulamentação ainda muito rígida em função

da carência de provas científicas de que este novo conceito de aeronave pode voar de modo seguro.

### 3.1. Taxonomia para VANT

Esta seção apresenta uma taxonomia que separa os elementos de navegação, controle e comunicação relacionados ao ato de voar da aeronave em si apresentado na figura 1.
Em geral, no domínio da pesquisa acadêmica, tem-se observado um forte investimento em soluções para gerar novos controles de VANT, assim como novos tipos de aeronaves que sejam fisicamente mais adequadas às particularidades desses VANT.
A taxonomia foca em apresentar a separação entre o Sistema de Pilotagem (que pode ser autônomo) e a aeronave, assim, consequentemente, separando Controle da Missão. Esta separação é viável, pois, na aviação civil, o processo de certificação de aeronaves é consagrado, independente do piloto a bordo (seja autônomo ou humano) (GIMENES, 2012).
O sistema de pilotagem é definido a partir de uma proposição de critérios que visam a padronização e validação (certificação) dos elementos necessários para a operação segura do VANT em função do risco que a aeronave autônoma apresenta.
A realização de experimentos práticos com candidatos ao sistema de pilotagem ainda é algo que requer autorização especial de voos experimentais, mesmo em espaço aéreo segregado.
A figura 2 apresenta uma visão do Sistema de Gerenciamento do Espaço Aéreo considerando a presença de um VANT (GIMENES, 2014), uma aeronave tripulada e o Sistema de Tráfego Aéreo (ATC – *Air Traffic Control*). O VANT é composto pelo sistema de pilotagem embarcado em uma aeronave (constituindo o VANT). Caso ele seja Não Autônomo, há o elemento Piloto Humano Remoto em Estação de Solo, configuração que é definida pelo DECEA como SISVANT (figura 2) (DECEA, 2010). Uma aeronave tripulada depende de um piloto que a comanda que, por sua vez, conta com um piloto automático.

**Figura 2 – Perspectiva do ATC na presença de VANT e Aeronaves Tripuladas (Gimenes, 2015)**




Para separar o conceito de Sistema Autônomo de Pilotagem do VANT (aeronave que depende de um "piloto" autônomo, mas que, assim como a aeronave tripulada, possui um piloto automático), dois conceitos são introduzidos: sistema automático e sistema autônomo.
Portanto, considerando que o VANT utilizado neste artigo seja o VANT Autônomo, ele é constituído de:

1) Aeronave (com os sistemas aviônicos incluídos, inclusive o Piloto Automático);
2) O Sistema Autônomo de Pilotagem (SAP); e
3) Procedimentos de Voo de acordo com as regulamentações do ATM Global.

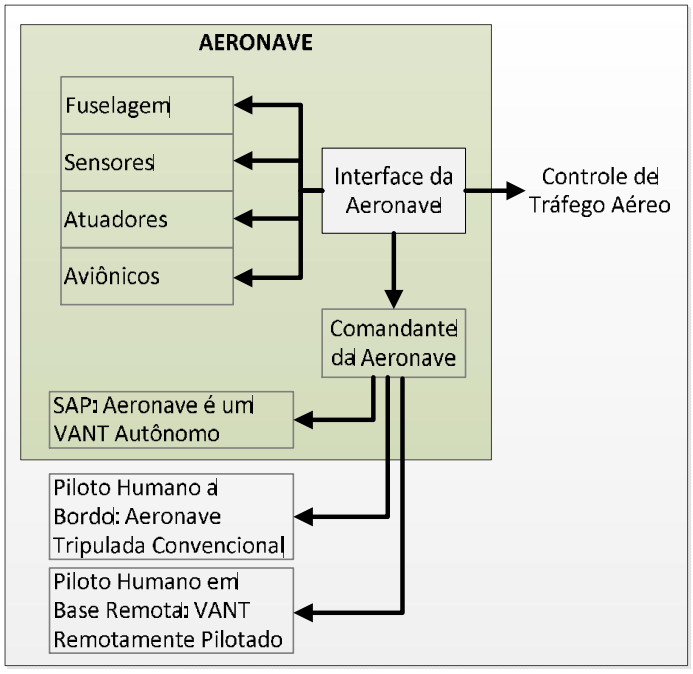
Dependendo da filosofia adotada, o modelo de VANT pode considerar a que Piloto Automático é contemplado pelo SAP, sendo que o SAP executa todas as funções do piloto automático. No que tange ao controle automático, o sistema de piloto automático de bordo tem definições e regulamentos

estabelecidos pelos sistemas aviônicos, indústrias e agências reguladoras. No entanto, as circunstâncias são diferentes para controle autônomo, que ainda não tem um consenso. Portanto, uma descrição do SAP como um possível substituto para pilotos humanos deve ser incluída como parte do novo conceito VANT. O SAP deve executar os procedimentos de navegação e comunicação durante o voo, deixando a tarefa de manter o cruzeiro para os equipamentos automáticos que já estão disponíveis em aeronaves modernas.

No que diz respeito à atividade Voo, em conformidade com os regulamentos da aviação, uma aeronave que executa um voo no espaço aéreo não segregado não deve interferir no gerenciamento de espaço aéreo de forma diferente às demais aeronaves. Uma aeronave autonomamente operada deve ser capaz de interagir com as autoridades aeronáuticas e com as outras aeronaves que compartilham o mesmo espaço aéreo. Para este efeito, deve-se utilizar tecnologias como o enlace de comunicação digital (*Digital Datalink*). Assim, a entrada de uma aeronave autônoma em um espaço aéreo controlado e não segregado deve ocorrer de forma transparente aos Controladores de Tráfego Aéreo, da mesma forma que uma aeronave tripulada o faria.

O VANT pode ser definido independentemente da missão ou a carga útil da aeronave, pois, na visão deste artigo, deve ser considerado como uma aeronave. A figura 3 apresenta essa visão de VANT como aeronave. Assim como uma aeronave tripulada, os elementos de voo e de interface são conceitos bem definidos pela aviação civil e, portanto, deve-se considerar o uso desses mesmos elementos, independentemente do Comandante da Aeronave. Para se distinguir entre uma Aeronave Tripulada Convencional, um VANT Autônomo e um VANT Remotamente Pilotado, a diferença está no fato de haver ou não um SAP embarcado, um Piloto a bordo ou um Piloto em Base Remota. Essas aeronaves já possuem os requisitos básicos para voo e, assim, o foco de desenvolvimento volta-se para a necessidade de se implementar critérios e requisitos de segurança para o elemento SAP embarcado no VANT, que tem a missão de substituir o piloto humano.

**Figura 3 –VANT Visto como Aeronave (Gimenes, 2015)**



A circular OACI (ICAO, 2008) considera que toda aeronave não tripulada deve ter um piloto humano que a controla remotamente. Essa restrição tem de prever a exceção não definida na circular OACI de perda de comunicação entre o piloto remoto e a aeronave. Nesse momento de perda de comunicação, a aeronave se torna autônoma e os procedimentos de emergência não podem considerar que somente ela está no espaço aéreo e que é a única aeronave sem controle remoto, de forma que todas as outras aeronaves sejam desviadas.

Em um cenário crítico de segurança a ser avaliado nesta taxonomia é considerar que, havendo mais de uma aeronave remotamente controlada, todas elas, no pior caso, estarão sem comunicação com seus respectivos pilotos remotos. Deve-se considerar que uma aeronave com perda do controle remoto deve ser capaz de voar, navegar e comunicar com o controlador de voo. Apenas simplificar o procedimento de voo autônomo, para, por exemplo, uma rota de pouso automático, pode gerar a situação de perigo onde mais de uma aeronave em tal situação realizaria a manobra pré-definida de emergência sem levar em conta outras aeronaves tentando fazer a mesma manobra. Duas ou mais aeronaves em manobra automática de pouso podem seguir procedimento de manobra automática (sem critério de contexto) e colidirem entre si.

### 3.2. Discussão sobre Controle e Missão

Superar desafios do VANT para se atingir um alto nível de confiabilidade e segurança crítica requer que os sistemas de controle de pilotagem em aeronaves não tripuladas estejam devidamente preparados para situações de falhas, tal como pilotos humanos estão. Há uma taxa de falhas que serão inseguras e causarão acidentes, mas os sistemas de controle devem, de forma resumida, emular procedimentos de pilotos humanos:

1. Rapidez e precisão diagnosticar condições perigosas;
2. Reestruturar a aeronave em conformidade com um procedimento de emergência definido;
3. Adaptar-se às entradas de controle para acomodar a resposta de controle degradadas da aeronave;
4. Restringir as trajetórias dentro da capacidade do sistema degradado;
5. Decidir sobre um curso de ação:
   a. pousar logo que possível - área de pouso adequada mais próxima (por exemplo, o campo aberto);
   b. Continuar a missão em modo degradado.

Em função das demandas supracitadas, uma arquitetura de controle tolerante a falhas adequada deve:

1. Não degradar o desempenho da aeronave antes da presença de uma falha.
2. Otimizar a utilização da aeronave após a presença de uma falha.
3. Fornecer um meio para acomodar os modos de falha conhecidos e desconhecidos.
4. Empregar o conhecimento prévio dos modos de falha para minimizar o tempo de resposta após a ocorrência de uma falha;
5. Desenvolver suporte para processos de controle de níveis superiores.

Tolerância a Falhas é um termo que é usado para definir a capacidade de qualquer sistema de suportar uma única falha ou múltiplas falhas que resulta em sistema sem perda de funcionalidade ou uma situação de perda de funcionalidade conhecida ou em um reduzido nível de redundância, mantendo o nível de segurança exigido. Isso não define, entretanto, no entanto, um método particular que é usado para essa finalidade.

Quando a aplicação compartilha a mesma arquitetura do sistema de controle, há o risco do hardware e software da aplicação interferir na segurança crítica do controle, podendo causar situações potencialmente inseguras. Dessa forma, a demanda de separar o sistema de pilotagem das aplicações que o VANT se propõe a realizar permite, para os órgãos certificadores, formas mais práticas de avaliar a segurança crítica, a confiabilidade e a disponibilidade do sistema de controle do VANT.

Ao mesclar a aplicação com o controle do SAP, do ponto de vista de certificação, há a necessidade de certificar também o hardware e o software da aplicação, tornando o processo de validação de segurança do VANT muitas vezes inviável. Os equipamentos da aplicação, do ponto de vista da segurança, não necessitam ser tolerantes a falha. Uma vez que a arquitetura

esteja separada entre controle e aplicação, a avaliação de segurança crítica do Controle (SAP, no caso autônomo), permite que possíveis entradas impróprias da aplicação ao controle sejam avaliadas, sem a necessidade de avaliar também a segurança crítica da aplicação.

Portanto, é desejável que uma arquitetura segura de VANT com controle e aplicação devidamente separados, possua:

- uma arquitetura tolerante a falhas integrada que incorpore a detecção e identificação de falhas, os controles de voo configuráveis, planejamento de caminho de voo configurável e adaptação da missão para otimizar a utilidade da aeronave;
- um componente de reestruturação do sistema ativo que maximiza o desempenho da aeronave na presença de uma falha sem degradar o desempenho do sistema nominal;
- um conjunto de controle de voo configurável adaptável com propriedades de estabilidade garantida que empregam controle ativo para aumentar o controle do sistema degradado;
- um planejamento de caminho de voo configurável que gera trajetórias dentro da capacidade do sistema degradado;
- um processo de identificação de sistema on-line projetado para melhorar o planejamento do caminho de voo e suporte aos processos de tomada de decisão de nível superiores;
- um componente de adaptação de missão que impõe restrições sobre as expectativas de desempenho de circuito fechado da aeronave.

O objetivo dessas recomendações de arquitetura de controle é de se garantir que a arquitetura da aplicação não se sobreponha sobre as atividades de segurança crítica que o VANT necessita priorizar, antes de realizar sua missão. Essas atividades são resumidas em Voar, Navegar e Comunicar antes de qualquer tarefa da missão.

## 4. CONCLUSÕES

Na certificação de aeronaves, o processo de verificação de segurança crítica é feito a partir da premissa de que o sistema crítico de controle da aeronave esteja separado do sistema que gerencia a aplicação da aeronave. A separação não necessariamente implica em ser fisicamente separado, mas que a aplicação não interfira nos sistemas de controle de forma a influenciar a segurança crítica da aeronave.

Dessa forma, o estudo apresentado neste artigo explana a importância da arquitetura do controle estar isolado da arquitetura da aplicação. Uma forma de separação importante no domínio de avaliação de segurança crítica do VANT é definir, tal como foi apresentado, sua taxonomia de forma a se evitar que a avaliação do sistema de pilotagem seja indevidamente confundida com a aplicação responsável pela missão do VANT. Isso evita que os mesmos critérios de avaliação de segurança crítica do controle de pilotagem sejam usados para avaliar o hardware e software da aplicação, essa, muitas vezes sem a necessidade de ser tolerante a falhas. De forma recíproca, com a separação de arquitetura entre controle e missão, minimiza-se o risco de se avaliar o controle de pilotagem, utilizando critérios menos rigorosos para avaliar os equipamentos da aplicação.

## 5. REFERÊNCIAS


ALMEIDA JR, J.R. de. Segurança em sistemas críticos e em sistemas de Informação: um estudo comparativo. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2003. 191 p.

ANAC. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil No. 01. Definições, Regras de Redação e Unidades de Medida para Uso nos RBAC. Diário Oficial da União. 2011a. 22 p.

AUSTIN, Reg. Unmanned Aircraft Systems. Primeira Edição. Ed. Wiley. 2010. 332 p.

AVANZINI, G., MINISCI, E.A. Evolutionary Design of a Full-envelope Flight Control System for an Unstable Fighter Aircraft. In: 2010 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), pp. 1–8. 2010.

DALAMAGKIDIS, K.; VALAVANIS. , K.; PIEGL, L. On integrating unmanned aircraft systems into the national airspace system. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012.

DECEA. Veículos Aéreos Não Tripulados. AIC N 21/10. 2010. Disponível em: <http://goo.gl/uiAsna>. Acesso em: 18 Abr. 2015. 7 p.

FURTADO, V. H. et al. "Aspectos de Segurança na Integração de Veículos Aéreos Não Tripulados (Vant) No Espaço Aéreo Brasileiro". Aerial Transportation Symposium, 2008, Rio de Janeiro. *Annals of the VII SITRAER*. Rio de Janeiro: E-Papers, 2008. v. 1 and 2. p. 92-99.

GIMENES, R.V.G. Método de Avaliação de Segurança Crítica para a Integração de Veículos aéreos não Tripulados no Espaço Aéreo Controlado e não Segregado. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2015.

GIMENES, R.V.G. et al. Guidelines for the Integration of Autonomous UAS into the Global ATM. Journal of Intelligent & Robotic Systems. 74, 465–478. 2014. DOI 10.1007/s10846-013-9945-0.

GIMENES, R.V.G.; ALMEIDA JR, J. R. . Human Factors Associated with UAV in a Non-Segregated Air Navigation System. In: 15th Air Traffic Research Society, 2011, Sydney. Proceedings of 15th Air Traffic Research Society, 2011. v. 1. p. 1-14.

GIMENES, Ricardo Alexandre Veiga et al. Proposta de Taxonomia para VANTs. In: XI SITRAER - Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Transporte Aéreo, 2012, Brasília. Anais do XI SITRAER - Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Transporte Aéreo, 2012. v. 1. p. 23-28.
ICAO. Annex 1 to the Convention on International Civil Aviation – Personnel Licensing - International Civil Aviation Organization. Ninth Edition. 2001a.
ICAO. Unmanned Aircraft Systems (UAS) Circular. UAS 328, Cir.328 AN/190. 2011. ISBN: 978-92-9231-751-5.
STRONG, M., UAS Market Assessment, EUROCONTROL UAS ATM Integration Workshop, EUROCONTROL, Europe. 2008.
GIMENES, Ricardo Alexandre Veiga et al. Proposta de Taxonomia para VANTs. In: XI SITRAER - Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Transporte Aéreo, 2012, Brasília. Anais do XI SITRAER - Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Transporte Aéreo, 2012. v. 1. p. 23-28.
ICAO. Annex 1 to the Convention on International Civil Aviation – Personnel Licensing - International Civil Aviation Organization. Ninth Edition. 2001a.
ICAO. Unmanned Aircraft Systems (UAS) Circular. UAS 328, Cir.328 AN/190. 2011. ISBN: 978-92-9231-751-5.
STRONG, M., UAS Market Assessment, EUROCONTROL UAS ATM Integration Workshop, EUROCONTROL, Europe. 2008