



2º Simpósio Internacional de Confiabilidade e Gestão de Segurança Operacional

09 a 11 de novembro de 2010



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

Segurança Operacional de Aeronaves Não Tripuladas



"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Objetivos



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



Caracterizar tendências e procedimentos seguidos pelas autoridades aeronáuticas em relação a análises de segurança de ANT



Identificar e descrever processos, ferramentas e documentos envolvidos com análises de segurança de ANT.

Tópicos



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

1. Cenário Regulatório Atual
2. Análises de Segurança
 - ELOS & TLS
3. Considerações Finais



"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Referências de Certificação



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



ANAC

Agência Nacional de Aviação Civil - Brasil

REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL

RBAC nº 23

EMENDA nº 59

Título: REQUISITOS DE AERONAVEGABILIDADE:
AVIÕES CATEGORIA NORMAL, UTILIDADE,
ACROBÁTICA E TRANSPORTE REGIONAL.



ANAC

Agência Nacional de Aviação Civil - Brasil

REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL

RBAC nº 25

EMENDA nº 128

Título: REQUISITOS DE AERONAVEGABILIDADE:
AVIÕES CATEGORIA TRANSPORTE



ANAC

Agência Nacional de Aviação Civil - Brasil

REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL

RBAC nº 29

EMENDA nº 51

Título: REQUISITOS DE AERONAVEGABILIDADE:
AERONAVES DE ASAS ROTATIVAS
CATEGORIA TRANSPORTE.

Severidade



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**



"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Seções XX.1309



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

- Demonstração que existe uma **relação inversa** entre a probabilidade de uma condição de falha e suas consequências



Seções XX.1309 (cont.)



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

- Definem que falhas catastróficas devem ser **extremamente improváveis** e que falhas hazardous devem ser improváveis



Seções XX.1309 (cont.)



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

- ACs propõem objetivos de safety e os definem de forma **qualitativa** e **quantitativa** para falhas catastróficas e hazardous

**U.S. Department of Transportation
Federal Aviation
Administration**

Advisory Circular

Subject: **SYSTEM SAFETY ANALYSIS AND ASSESSMENT FOR PART 23 AIRPLANES** Date: 1/16/09 AC No: 23.1309-1D
Initiated by: ACE-100

This advisory circular (AC) sets forth an acceptable means of showing compliance with Title 14 of the Code of Federal Regulations (14 CFR) § 23.1309(a) and (b) (Amendment 23-49) for equipment, systems, and installations in 14 CFR part 23 airplanes.

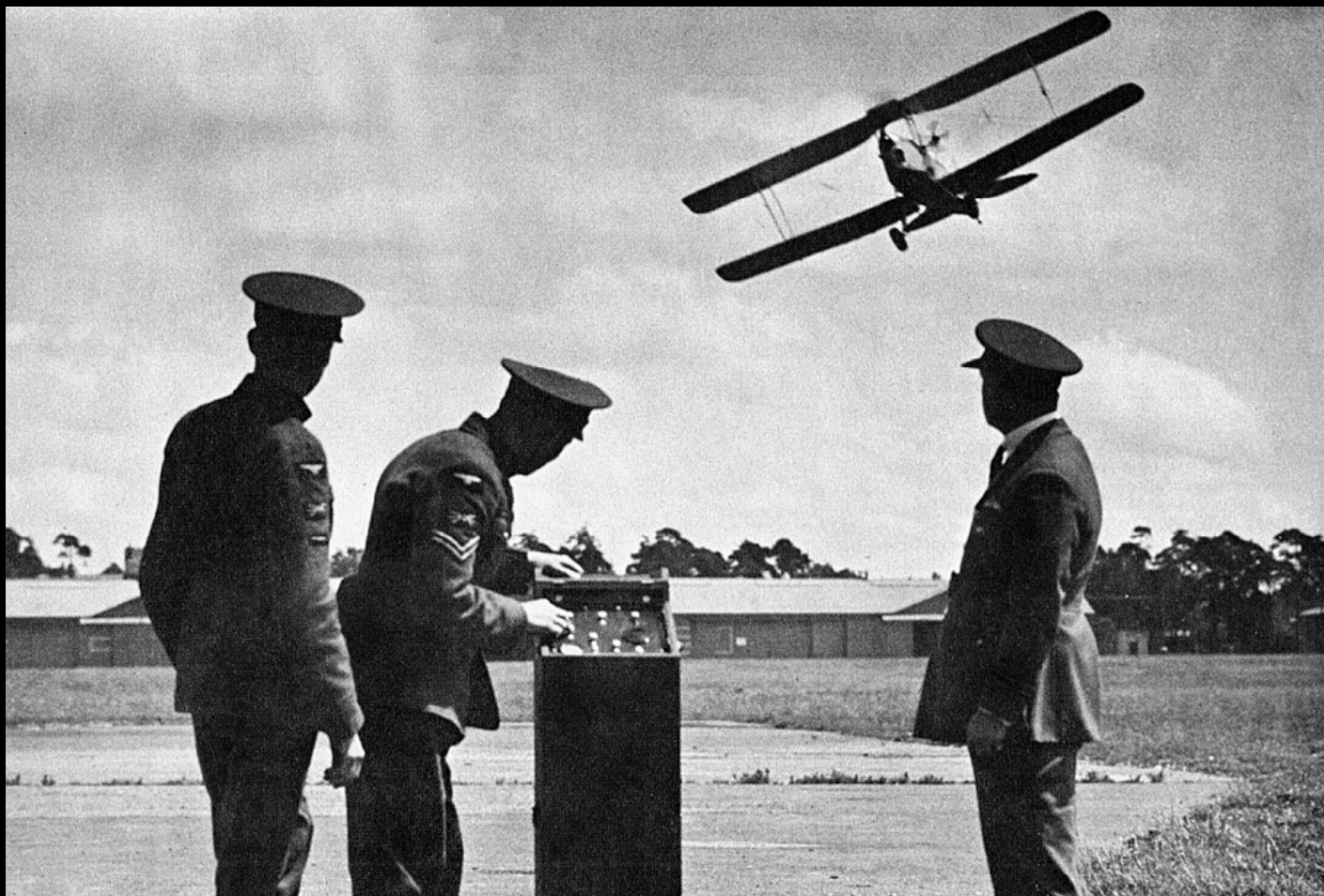
This AC is not mandatory and does not constitute a regulation. It is issued for guidance purposes and to outline a method of compliance with the rules. An applicant may elect to follow an alternative method, provided the FAA finds it to be an acceptable means of complying with the applicable requirements of 14 CFR. However, if the applicant uses the means described in the AC, they must follow it in all important respects.

s/ James E. Jackson
Acting Manager, Small Airplane Directorate
Aircraft Certification Service

Queen Bee



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Kettering Bug



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**



"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Cenário Atual da Indústria



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**



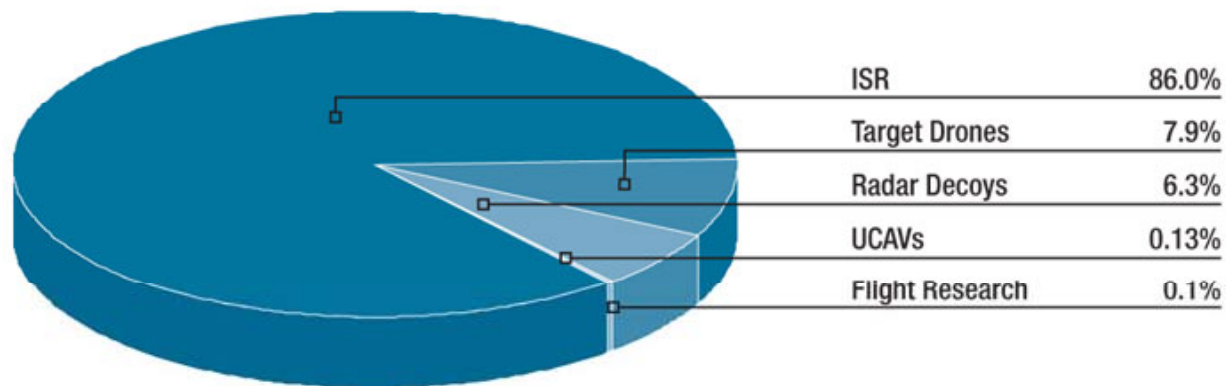
"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Mercado de ANTs

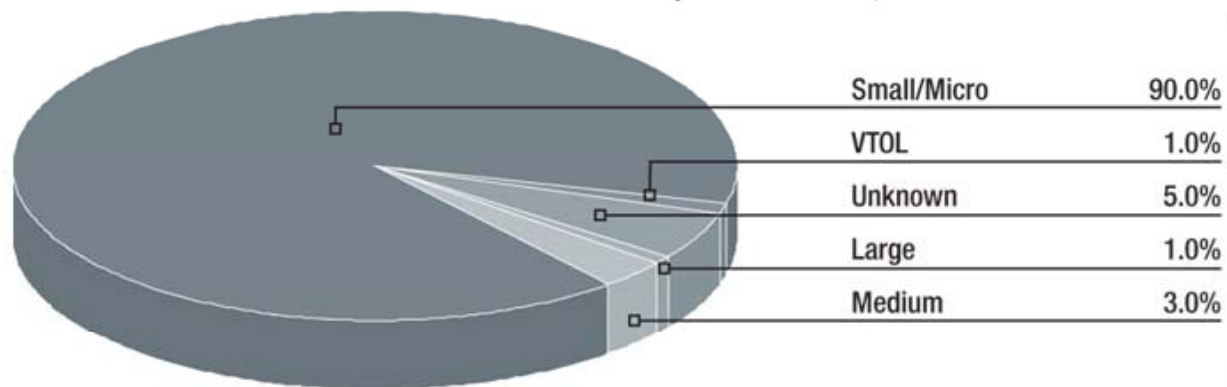


Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Total UAV production: 6,314 aircraft



ISR production: 5,400 aircraft



Source: Composite Market Reports

Fonte: High-Performance Composites May2009

"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Regulamentos e Regras



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**



"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

Padrões Internacionais



"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Article 8 of the *Convention*

7 Dec 1944



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Doc 7300/9



**Convention on
International Civil Aviation**

**Convention relative à
l'aviation civile internationale**

**Convenio sobre
Aviación Civil Internacional**

**Конвенция о международной
гражданской авиации**



“No aircraft capable of being flown without a pilot shall be flown without a pilot over the territory of a contracting State without special authorization by that State and in accordance with the terms of such authorization....”

“As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial”.

Unmanned Aircraft Systems (UAS) Circular 328



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



- **SPP and SMS**
- **Legal Matters**
 - Specific articles and their applicability to UAS
- **Operations (RPAS)**
- **Aircraft and Systems**
- **Licensing and Training**
 - Personnel licensing and training for pilots and other members of the remote crew for air traffic controllers



U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION
FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION

**ORDER
8130.34**

National Policy

3/27/2008

SUBJ: Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems

This order establishes procedures for issuing a special airworthiness certificate in the experimental category for the purposes of research and development, market survey, or crew training to unmanned aircraft systems. The procedures in this order apply to Federal Aviation Administration (FAA) manufacturing aviation safety inspectors (ASI) and to FAA airworthiness ASIs.

Safety checklist:

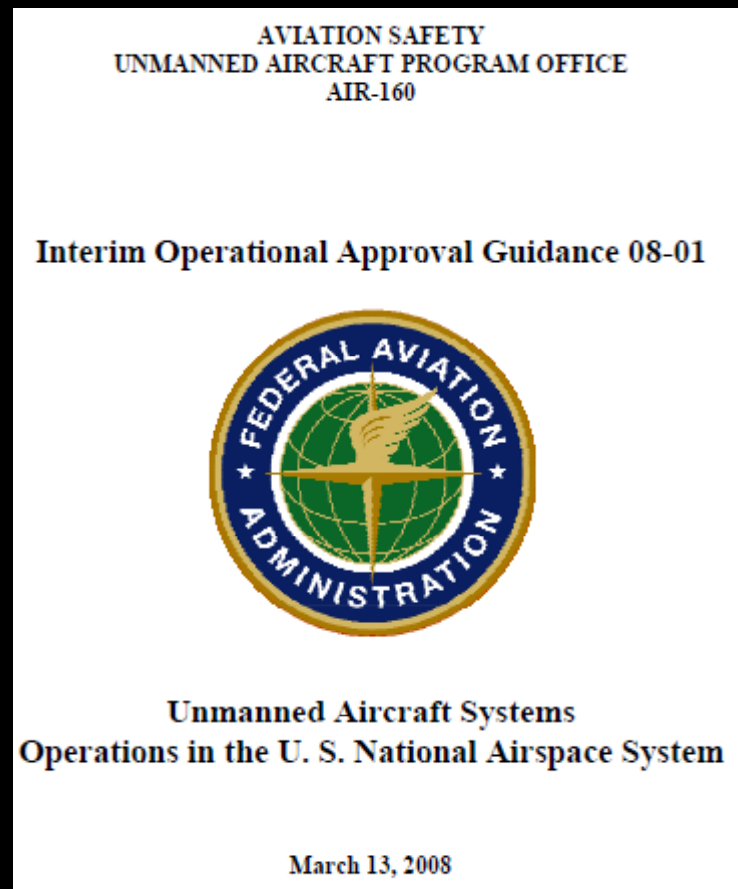
- Containment
- Lost Link
- Flight Termination



Interim Operational Approval Guidance Document 08-01



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



- Guidance to determine if UAS may be allowed to conduct flight operations in the U. S. (NAS).
- Guidance for the Unmanned Aircraft Program Office (UAPO) and Air Traffic Organization (ATO) to evaluate each application for a Certificate of Waiver or Authorization (COA) and special airworthiness certificates (normally issued in an experimental category).

CASA



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



Civil Aviation Safety Regulations

Part 101

Unmanned aircraft and
rockets

UAV operations should be as safe as manned aircraft insofar as they should not present or create a hazard to persons or property in the air or on the ground greater than that created by manned aircraft of equivalent class or category



"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

EASA



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



European Aviation Safety Agency

Policy

Policy Statement
Airworthiness certification of Unmanned Aircraft
Systems (UAS)

Doc # **E.Y013-01**

This policy specifically addresses procedures for the issuance of a type certificate or restricted type certificate. Operational regulations pertaining to UAS are not addressed within this policy.

25/08/2009



A-NPA 16/2005
Policy for UAV
certification

"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Directorate of Airspace Policy

CAP 722



Unmanned Aircraft System Operations in UK Airspace – Guidance

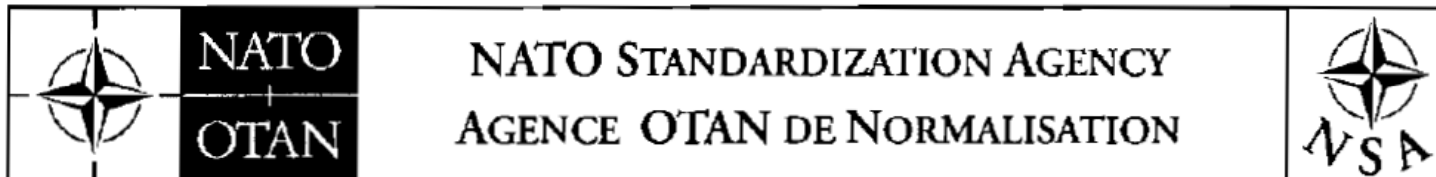


"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

NATO



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



3 September 2009

NSA/0976(2009)-JAIS/4671

See CNAD AC/141 STANAG distribution

**STANAG 4671 (EDITION 1) – UNMANNED AERIAL VEHICLES SYSTEMS
AIRWORTHINESS REQUIREMENTS (USAR)**



"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

BRASIL

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO
SUBDEPARTAMENTO DE OPERAÇÕES
AV GENERAL JUSTO, 160 – 2º AND. - CASTELO
20021-130-RIO DE JANEIRO – RJ

TEL: (5521) 21016320

AFTN: SBRJGYC

AIC
N
21/10
23 SEP 2010

FAX: (21) 21016198

VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS

1 DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

1.1 FINALIDADE

A presente Circular de Informações Aeronáuticas (AIC) tem por finalidade apresentar as informações necessárias para o uso de veículos aéreos não tripulados no espaço aéreo brasileiro.



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

Análise de Segurança de ANTs



"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Abordagem



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

1. Identificação de Hazards Críticos
 - a. Avaliação e categorização dos efeitos adversos decorrentes das possíveis falhas funcionais
 - b. Estimativa dos riscos dos efeitos adversos
2. Identificação das estratégias de controle e mitigação dos riscos
 - a. Análises das implicações resultantes das restrições/requisitos para a operação



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

Hazards Críticos

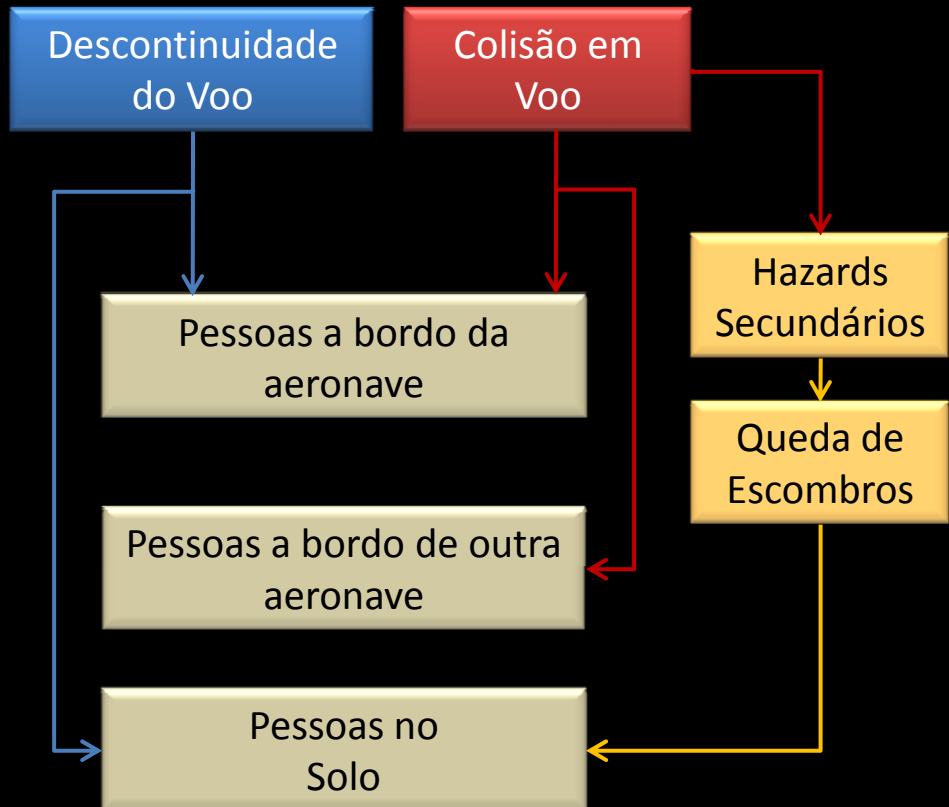


"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Hazards Primários das Aeronaves Tripuladas



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



Taxa Geral de Acidentes



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Taxas de Acidentes	Acidentes / Hora de Voo
Acidentes	5.60×10^{-05}
Acidentes que resultaram em fatalidades	1.90×10^{-05}
Acidentes que resultaram em fatalidades no solo	1.48×10^{-07}



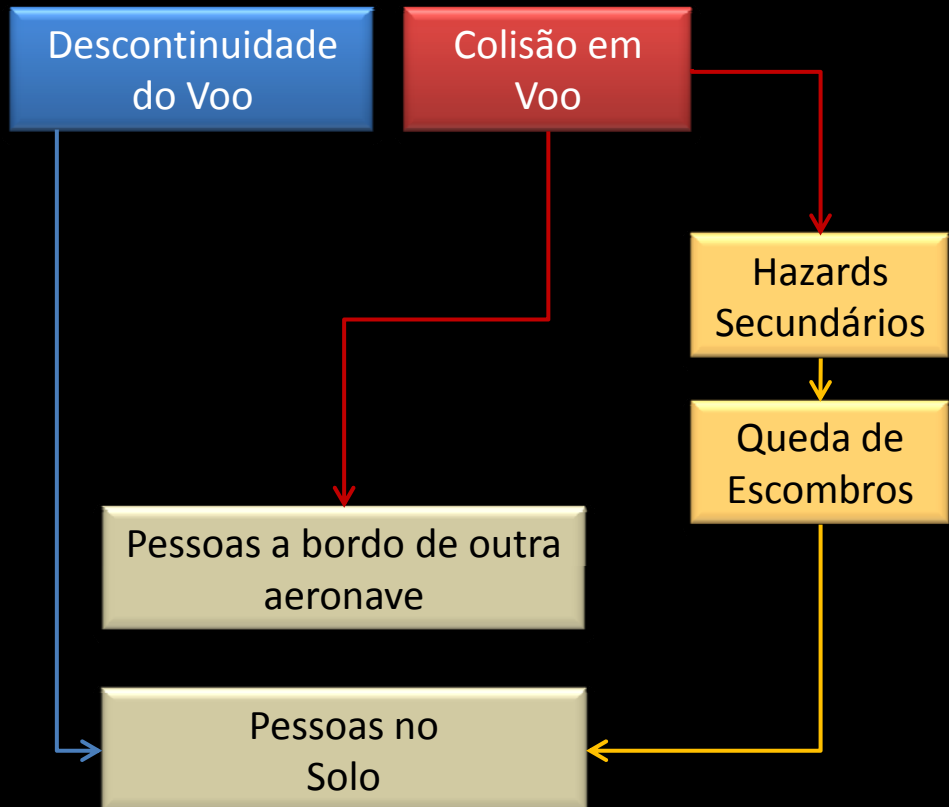
Fonte: NTSB 1984-2004 Reece Clothier, Rodney Walker (QUT 2006)

"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Hazards Primários das Atividades de ANTs



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



Taxas de Fatalidades e Acidentes Causados por Colisão em Voo



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Taxa de Acidentes	Número de Acidentes por hora de voo
Acidentes em voo	4.10×10^{-07}
Acidentes Fatais	2.32×10^{-07}
Acidentes em voo que resultaram em pelo menos uma fatalidade no solo	4.40×10^{-09}
Taxa de Fatalidades	Número de fatalidades por hora de voo
Taxa a bordo	8.08×10^{-09}
Taxa no solo	2.22×10^{-09}

Fonte: Reece Clothier, Rodney Walker (QUT 2006)

"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Padrão de Colisões em Voo



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**



"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Histórico de Colisões em Voo da Aviação Geral



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Ano	Eventos MAC	Horas de Operação (milhões)	Taxa por 10 ⁶ Horas de Voo
1991	18	27.2	0.66
1992	11	24.8	0.44
1993	13	22.8	0.57
1994	11	22.2	0.5
1995	14	24.9	0.56
1996	18	24.9	0.72
1997	13	25.5	0.51
1998	14	26.8	0.52
1999	15	29.5	0.51
2000	19	30.8	0.62
2001	5	25.9	0.19
2002	7	25.9	0.27
Média	13.17	25.93	0.51

Fonte: Aircraft Owners and Pilots Association (AOPA) Air Safety Foundation

"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Taxas de Fatalidades no Solo por Regulamento



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Tipo	Fatalidades no solo por milhão de horas de voo		
	Análise NTSB ⁽¹⁾	Weibel ⁽²⁾ (10,17)	Marinha EUA ⁽³⁾ (6,15)
Aviação Geral	0.084	0.5	0.466
Táxi Aéreo e Commuter	0.0997	N/A	0.7 Aviação Comercial
Regular	0.0313	0.5	
Todos	0.076	N/A	1.0 ⁽⁴⁾

(1) Base de dados do NTSB (1984 – 2004)

(2) Baseado nos dados das empresas aéreas regulares e da aviação geral extraídos da base de dados do NTSB (1983 – 2003)

(3) Base de dados do NTSB (1982 – 1998)

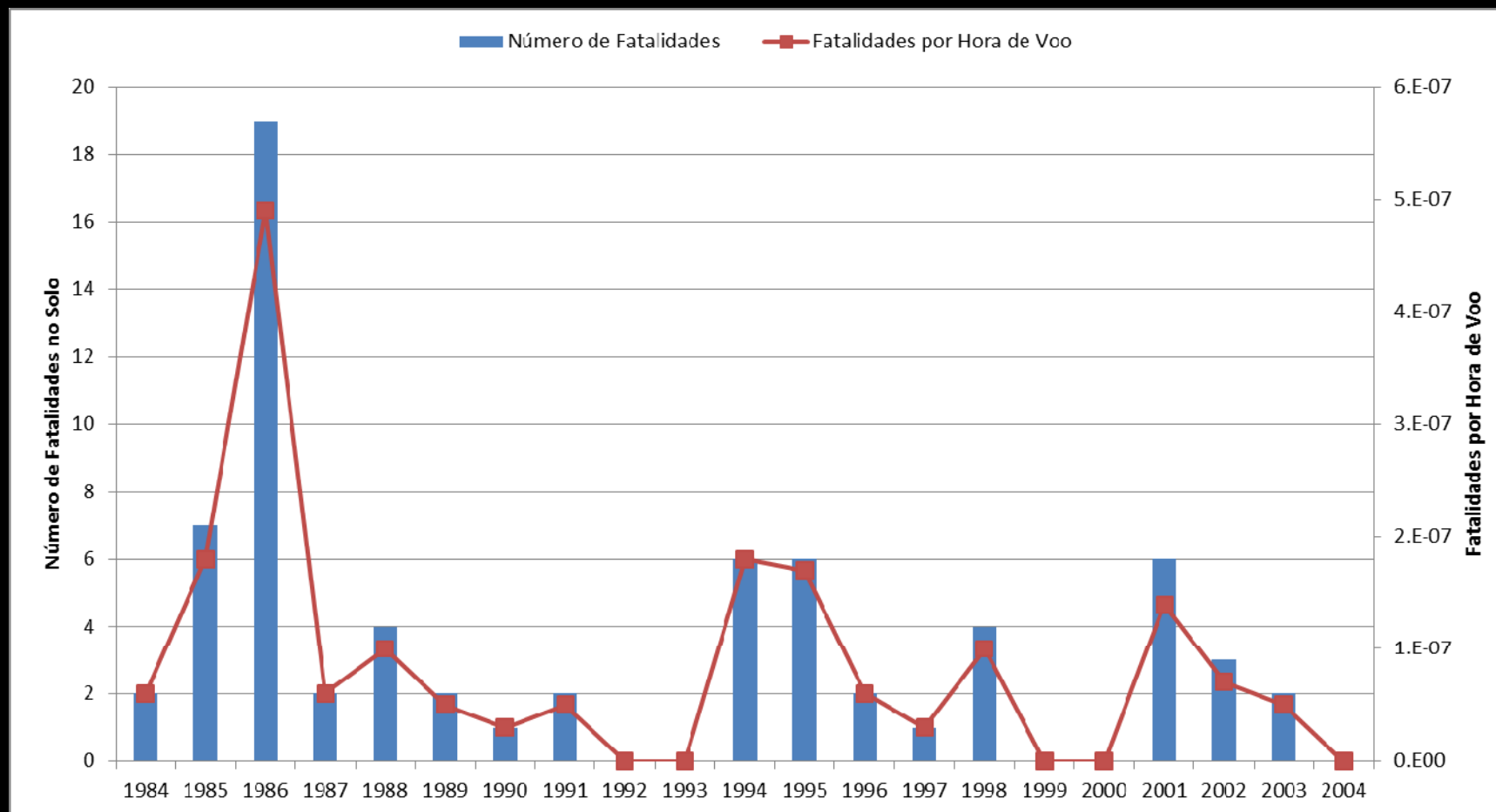
(4) Objetivo comum de safety

Fonte: Reece Clothier, Rodney Walker (QUT 2006)

Fatalidades Involuntárias no Solo



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



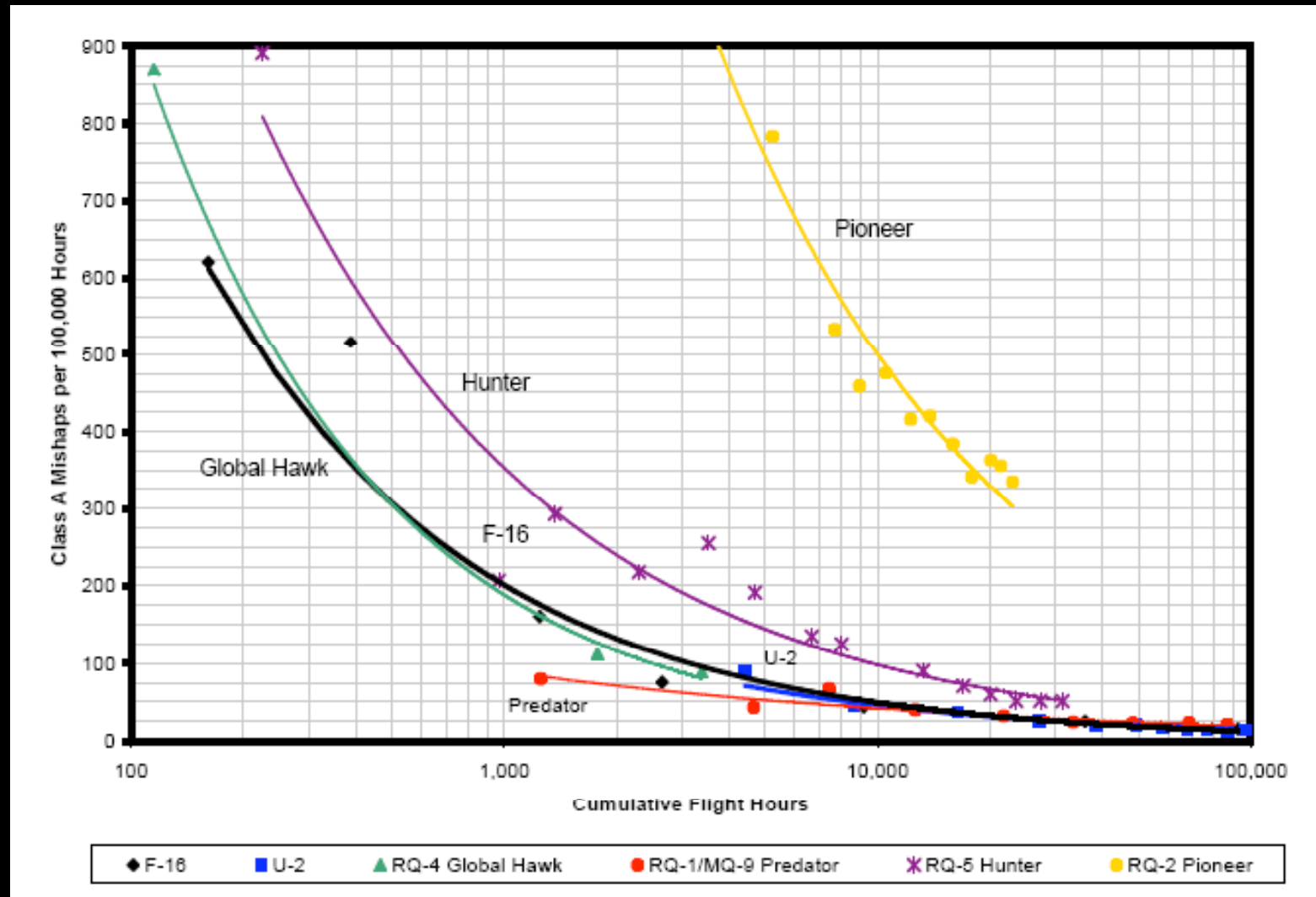
Fonte: Reece Clothier, Rodney Walker (QUT 2006)

"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

US Military Aircraft and UAV Mishap Rates, 1986-2001



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Fonte: US Secretary of Defense



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

ELOS & TLS

"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

ELOS – Nível Equivalente de Segurança



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

- Atualmente não existe nenhum padrão universalmente aceito descrevendo os requisitos de Equivalent Level of Safety (ELOS) para ANT.
- Expectativas de casualidades são comumente utilizadas como medidas de risco e desta forma podem ser consideradas como uma métrica para descrever os requisitos de ELOS.
- Existe uma tendência das autoridades usarem os requisitos XX.1309 para definição níveis de criticalidade das condições de falhas
- QUT propôs outro critério de expectativa de 7.6×10^{-08} por hora de voo que foi calculado com base em uma revisão dos registros de acidentes do NTSB com fatalidades involuntárias no solo a partir de aviões convencionais.

Classificação de ANTs



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



Micro

Mini



Short Range



Tactical



High Altitude

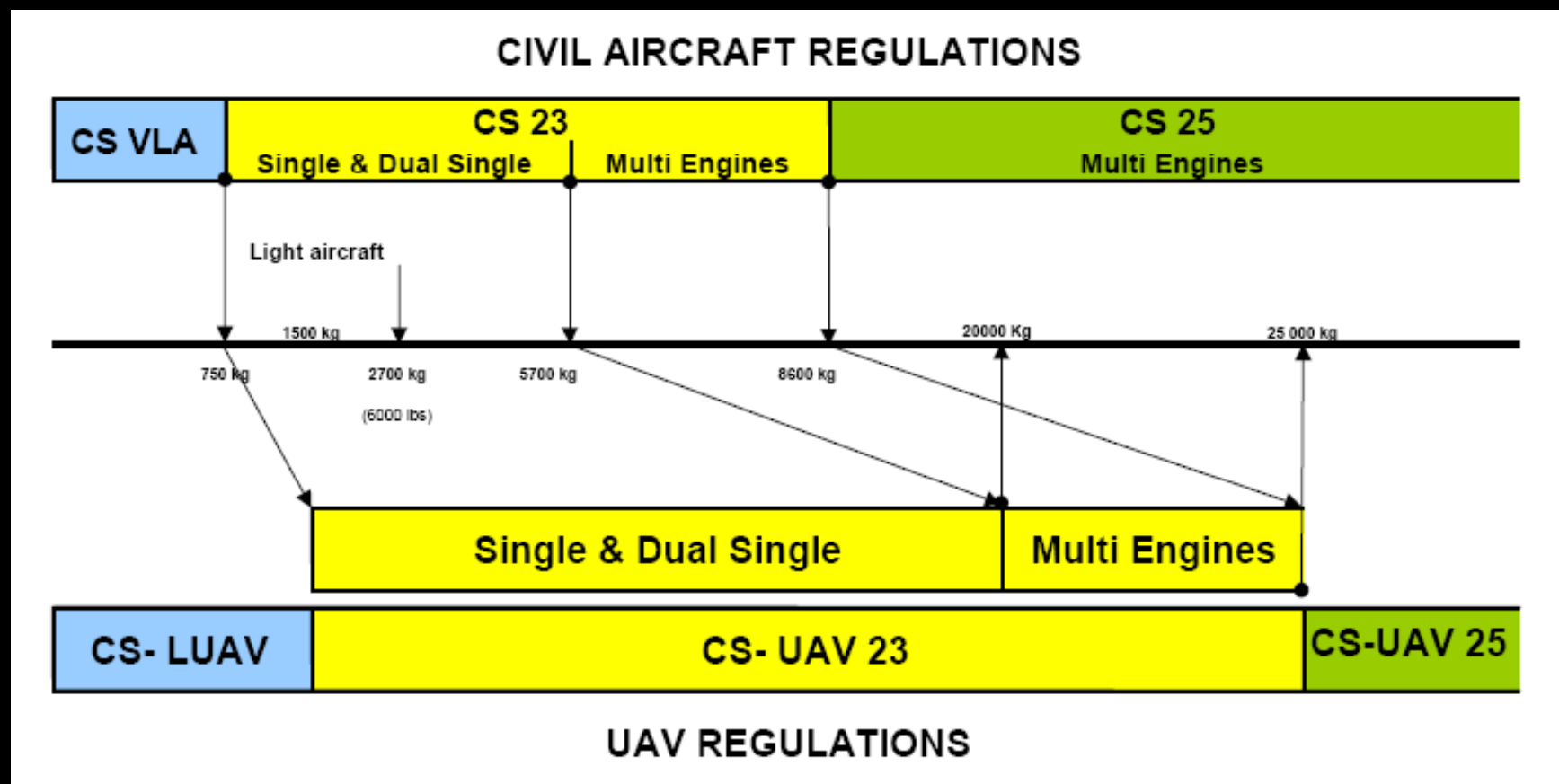
Fonte: MIT, R. Weibel & R. John Hansman

"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Peso do ANT x Regulamentos



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



Energia Cinética



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

$$A_c = k \times E^{2/3} \quad A_c = \text{lethal area} \quad E = \text{energy}$$

$$M \times g = \frac{1}{2} \times \rho_0 \times Cl \times S_{ref} \times V^2$$

Cl: lift coef

Sref: reference Wing surface

$$V^2 = \frac{k_1 \times M}{S_{ref}} \quad \text{at a given Cl}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \times M \times \frac{k_1 \times M}{S_{ref}}$$

$$E = \frac{k_2 \times MTOW^2}{S_{ref}}$$

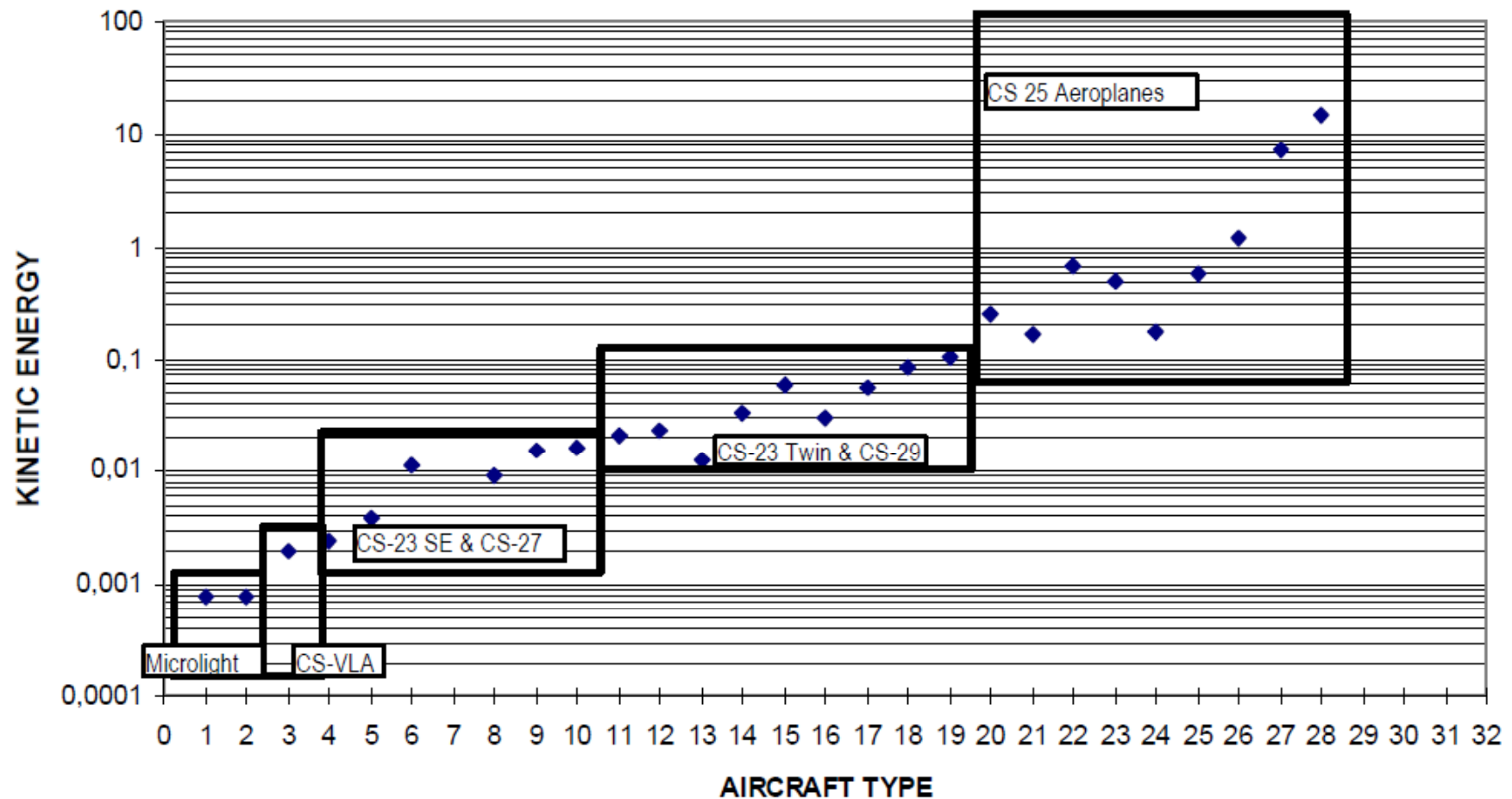
$$A_c = k \times \left(\frac{MTOW^2}{S_{ref}} \right)^{2/3}$$



Descida não premeditada



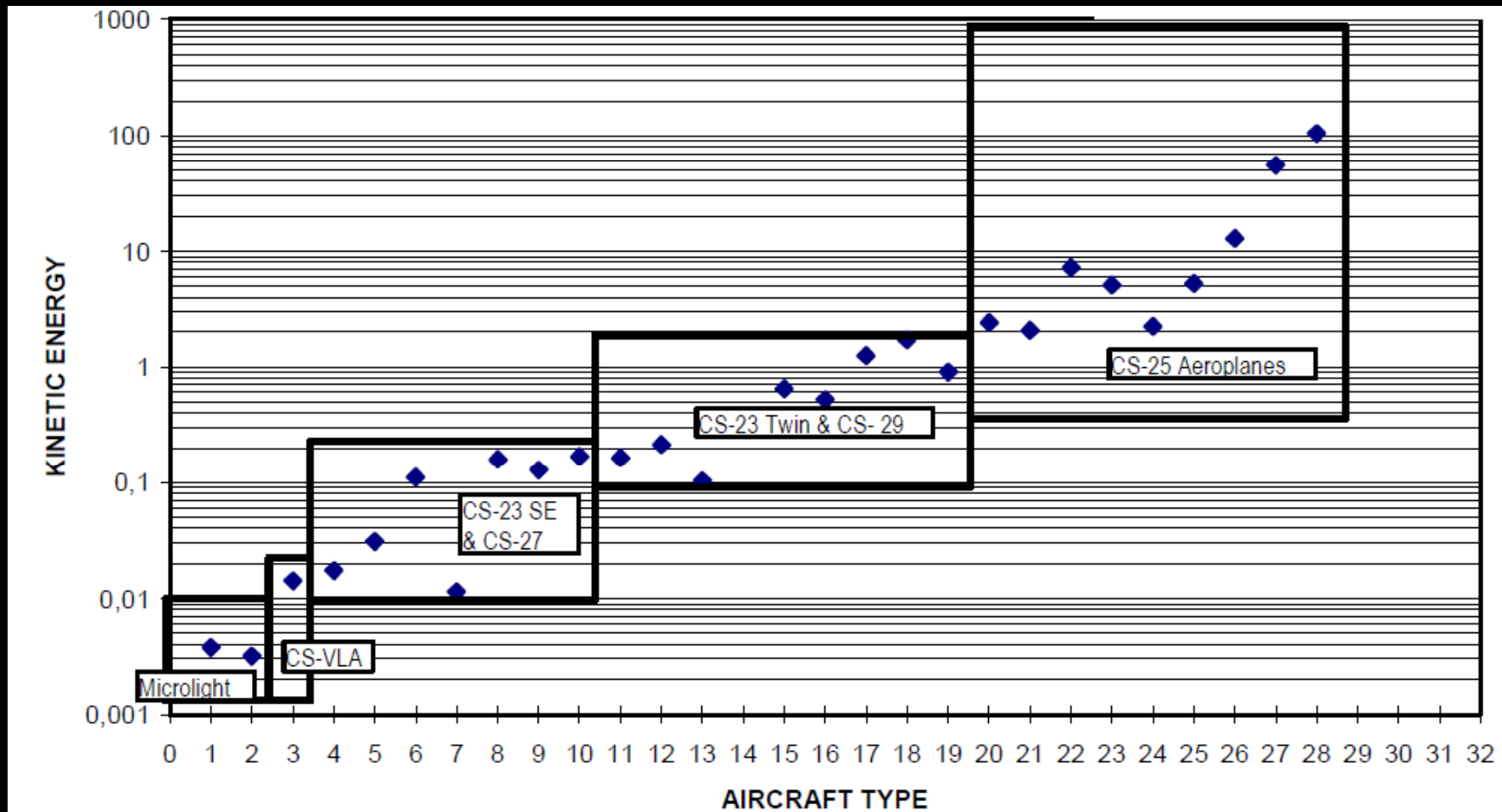
Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



Perda de Controle



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".



**Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica**

TLS

Nível de Segurança Pretendido

"As informações contidas neste material são de autoria da DCA-BR, sendo vedada a sua reprodução total ou parcial".

Abordagem para a definição dos objetivos de safety de um ANT



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Performance da Segurança da Atividade da Aviação com Tripulantes

Análises Históricas de
Hazards



Definição de Hazards
Comuns

ELOS - Mecanismo de Comparação entre ANTs e Aeronaves
Tripuladas



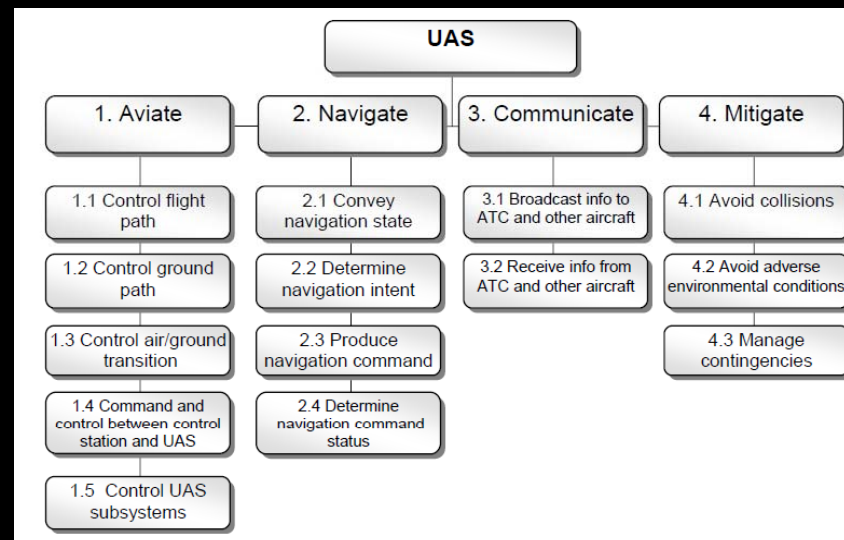
Definição dos Objetivos de Segurança de Alto Nível para Diferentes
Categorias de ANTs

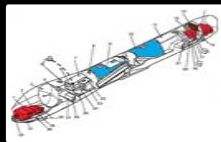
Definição do Nível de Segurança Pretendido (TLS)



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

- **Análise da Segurança Operacional (OSA)**
 - 1º Estágio - Definição do ambiente operacional (OED)
 - Lista detalhada das funções
 - Hardware e software
 - Fatores humanos e ambientais que influenciam safety
 - 2º Estágio – Safety Analysis (SSA)





Concept Development

- UAS Functions
- UAS Architectures
- UAS Requirements



Preliminary Design

- Sys Functions
- Sys Architectures
- Sys Requirements



Detailed Design

- Detailed Functions
- Detailed Architectures
- Detailed Requirements



Design Validation & Verification

- Tests
- Analyses

UAS FHA

- Functions
- Hazards
- Effects
- Classifications

System FHA

- Functions
- Hazards
- Effects
- Classifications

2º Estágio OSA

UAS FTAs

- Qualitative
- System Budgets
- Intersystem Dependencies

PSSAs

System FTAs

- Qualitative
- Subsystem Budgets

SSAs

System FMEAS/FMES

System FTAs

- Quantitative
- Failure Rates

Particular Risk Analysis

Common Mode Analysis

Zonal Safety Analysis

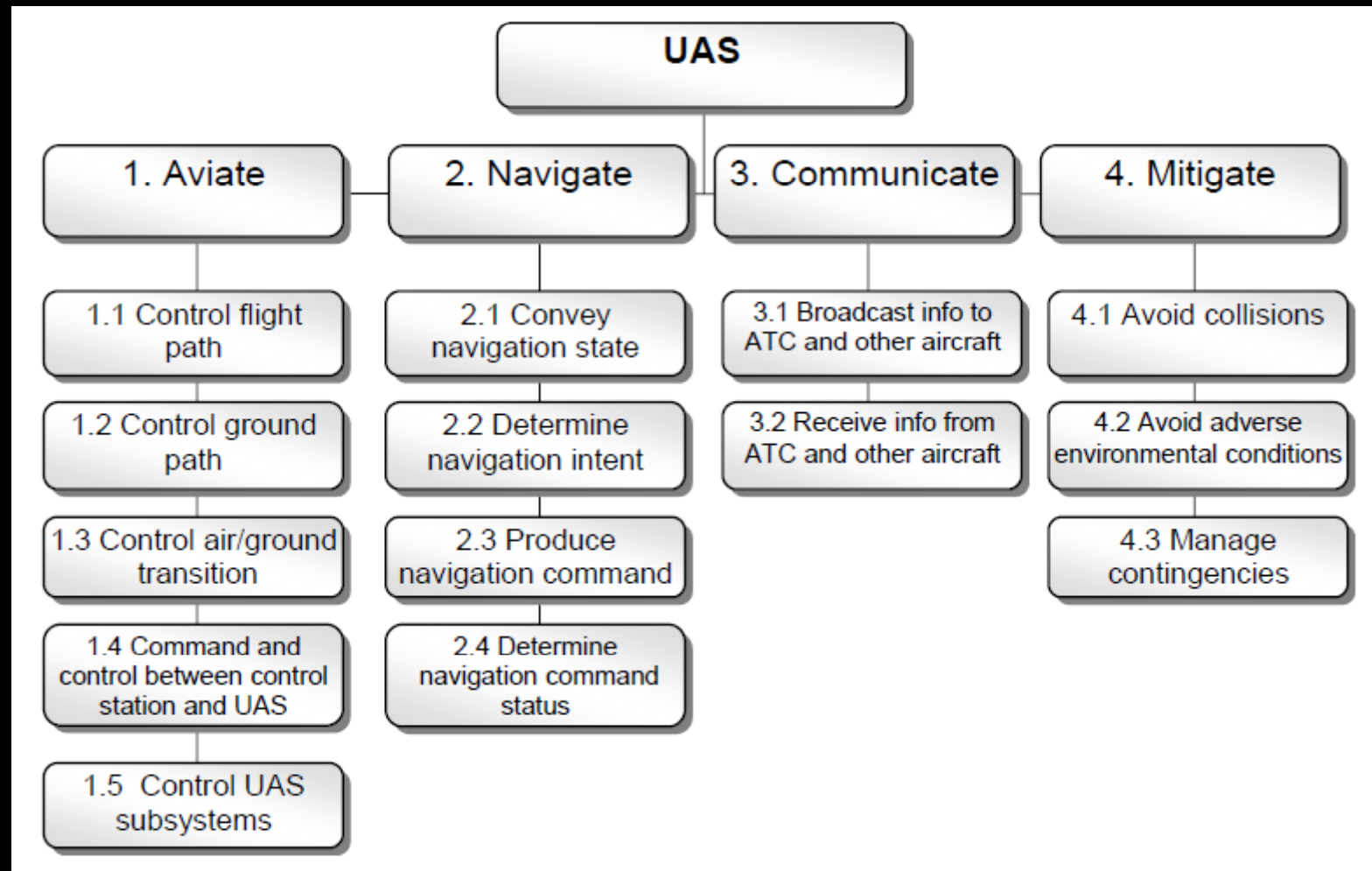
CCAs

Fonte: SAE ARP 4761

Top-level of the Functional Decomposition



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



UAS Failure Conditions Severity

	Catastrophic	Hazardous	Major	Minor	No Effect
Effect on UAS	Normally with uncontrolled loss of aircraft	Large reduction in functional capabilities or safety margins	Significant reduction in functional capabilities or safety margins	Slight reduction in functional capabilities or safety margins	No effect on operational capabilities or safety
Effect on UAS Flight Crew	Fatal injury or incapacitation	Physical distress or excessive workload impairs ability to perform tasks	Physical discomfort or a significant increase in workload	Slight increase in workload or use of emergency procedures	No effect on flight crew
Effects External to UAS	Potential for one or more fatalities and/or severe injuries	Physical distress, possibly including injuries	Potential for physical discomfort	No effect	No effect

Exemplo de FHA: Detect Air Traffic



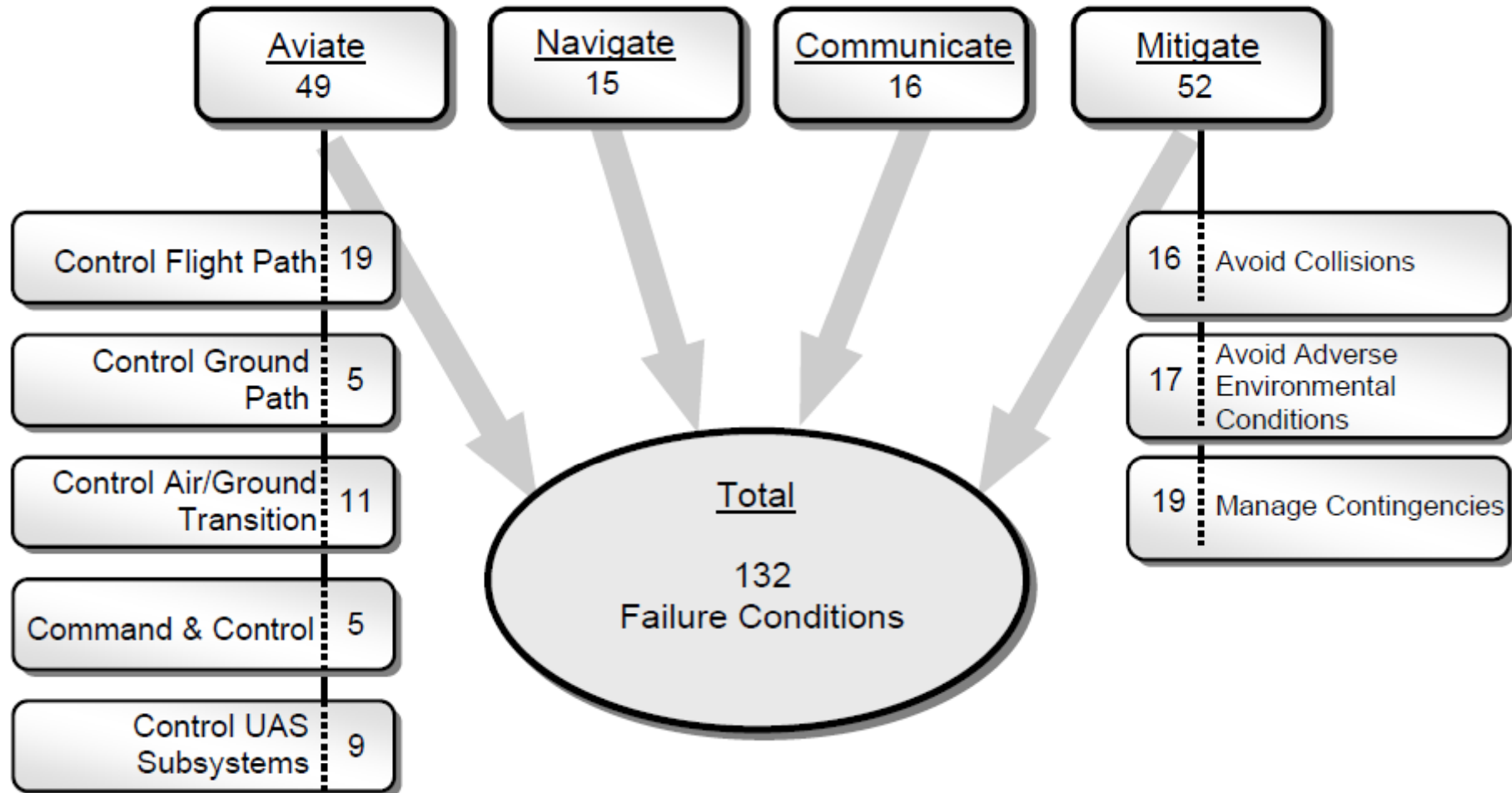
Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

Number	Function	Flight Phase	Failure Condition	Operational Consequence	Classification	Remark
4.1.1.1.a	Detect air traffic	enroute	Total loss of function	Possibility of conflict with another aircraft. However, assumption of being in Class A airspace under IFR means that ATC will provide separation.	major	
4.1.1.1.b	Detect air traffic	enroute	Intruder is "detected" when none is there (false alarm)	Possibility of loss of control and/or conflict with another (real) aircraft. Could result in unnecessary avoidance maneuver that endangers another aircraft.	major	Hazard severity assigned per FAA practice for manned aircraft
4.1.1.1.c	Detect air traffic	enroute	Intruder is not detected when there is a real threat.	Possibility of conflict with another aircraft. If both aircraft are being tracked by service provider and time permits, ATC will attempt to warn one or both aircraft to avoid collision.	major	Hazard severity assigned per FAA practice for manned aircraft

Resumo FHAs por Função



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica



Padrões de Análise de Safety



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

- FAA System Safety Handbook
- AMJ 25.1309/FAA AC 23.1309
- RTCA DO-160 – Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment
- RTCA DO-178 Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification
- SAE ARP 4761 – Guidelines and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment
- SAE ARP 926 – Fault/Failure Analysis Procedure

Considerações Finais



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

- O ambiente operacional é fator determinante na abordagem de *safety assessment* de ANT
 - O risco da operação em áreas congestionadas poderá resultar no desenvolvimento de regulamentos mais restritivos em termos de confiabilidade (ex.: ETOPS)
- O peso do ANT é um fator diferenciador de requisitos de certificação
 - O risco aumenta com o peso do ANT
 - O risco não aumenta significativamente para ANTs “pequenos” (abaixo de 150kg)
- Os projetos de ANT deverão considerar tecnologias para limitar a energia de impacto (no solo ou em voo) e a possibilidade de colisões em voo.

Obrigado!



Organização Brasileira
para o Desenvolvimento
da Certificação Aeronáutica

“Eu aprendi que o perigo é relativamente pequeno, mas que a inexperiência pode funcionar como uma lupa.”

Charles Lindbergh

luiz.nolasco @ dcabr.org.br

