



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Segurança de Sistemas Espaciais **Melhores práticas para o sucesso da missão**

São José dos Campos, 19/07/2018

Andreia Sorice Genaro, Dr. Eng.

Serviço de Engenharia da Qualidade - INPE

Grupo de Segurança de Sistemas Espaciais



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Tópicos

- Definições importantes
- Início das atividades de segurança de sistemas espaciais
- Acidentes na área espacial
- Normalização de segurança espacial
- Princípios da segurança de um projeto espacial
- Fases do projeto espacial & segurança de sistemas
- Garantia da segurança de um projeto espacial
- Avaliação e controle de risco de segurança
- Análise de perigo



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Tópicos

- Segurança durante fabricação de subsistemas
- Segurança durante AIT de satélites
- Perigos em centros espaciais
- Auditorias de segurança
- Voos espaciais tripulados
- Voos espaciais tripulados comerciais
- Melhores práticas para o sucesso da missão
- Referências



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Definição de segurança

Estado onde um nível aceitável de **risco** não é excedido.

Riscos relacionados com:

- fatalidade;
- lesão ou doença ocupacional;
- dano ao *hardware* do lançador ou as instalações da base de lançamento;
- dano a um elemento ou uma interface de sistemas tripulados;
- as funções principais de sistemas de voo;
- poluição do meio ambiente, atmosfera ou espaço sideral, e
- dano a propriedade pública e privada.



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Definição de perigo e risco

PERIGO é uma ameaça potencial para a segurança do sistema. Não é um evento.

Fonte: ECSS-Q-ST-40C

RISCO é uma situação ou circunstância indesejável que tenha uma probabilidade de ocorrência e um potencial de consequência negativa no projeto.

Fonte: ECSS-S-ST-00-01C



Exemplo:



Perigo
(Gasolina)



Risco
(Incêndio/Explosão)



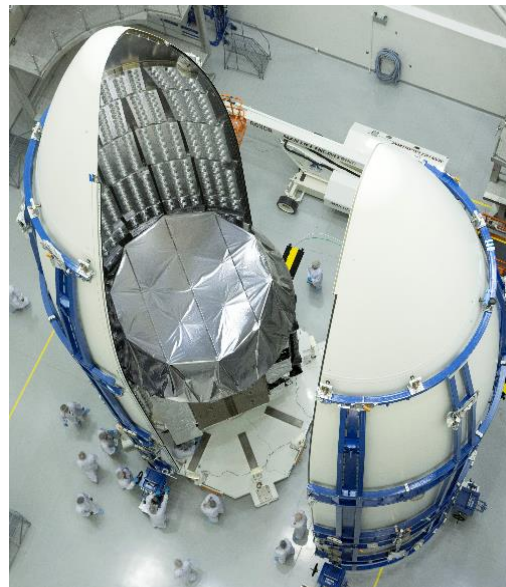
Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Definição de sistema espacial

Sistema que contém pelo menos um segmento espacial e um segmento solo e lançador.

Fonte: ECSS-S-ST-00-01C





Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Definição de segurança de sistemas

Aplicação de princípios, critérios e técnicas de engenharia e gerenciamento para aperfeiçoar todos os aspectos de segurança dentro das restrições de efetividade operacional, tempo e custo em todas as fases do ciclo de vida do sistema.

Fonte: NASA/SP-2010-580





Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Início das atividade de Segurança de Sistemas Espaciais

Nos primórdios ...

- Lançamento do Sputnik em 04/10/1957
- Criação da NASA em 01/10/1958
- Projeto Mercury – Humanos no espaço? (09/04/1959 – *The right stuff*)
- Missão Vostok-1 – Primeiro homem no espaço (12/04/1961 – Gagarin)
- Projeto Gemini – Nave para dois tripulantes à bordo (07/12/1961 - anúncio)
- Friendship-7 – Primeiro americano no espaço (20/02/1962 – John Glenn)
- Projeto Apollo – Conquistar da lua (25/05/1961 – anúncio público JFK)
- Apollo 11 – Pouso na lua em 21/07/1969 (Neil Armstrong)

Área espacial iniciou com foco em voos espaciais tripulados (Guerra Fria).
Tecnologia de foguetes em desenvolvimento.

Atividades perigosas com alto risco de falha.

Nascia a segurança de sistemas espaciais com base na experiência militar adquirida durante a guerra.



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Princípios da segurança de um projeto espacial

Assegurar que o sistema espacial não cause danos na seguinte ordem de prioridade:

- Vida humana;
- Meio ambiente;
- Propriedade pública e privada;
- Satélite e lançador;
- Equipamentos de suporte de solo e instalações.



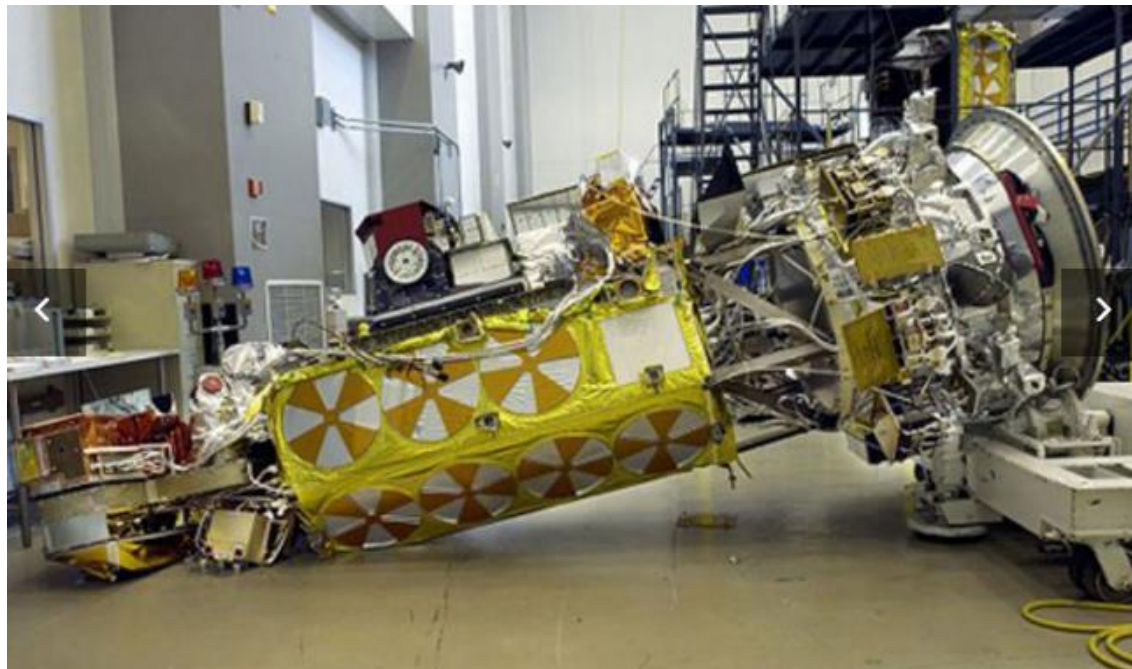


Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Acidentes na área espacial

Perda do satélite



Espécime: Satélite NOAA-19
Custo: US\$ 135.000.000,00
Fabricante: Lockheed-Martin
Data: 06/setembro/2003



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Acidentes na área espacial

Foguete não tripulado



Foguete Ariane 5 (ESA)

Carga útil: 2 satélites científicos (500.000.000,00 euros)

Data: 04/junho/1996

Falha: Erro de software

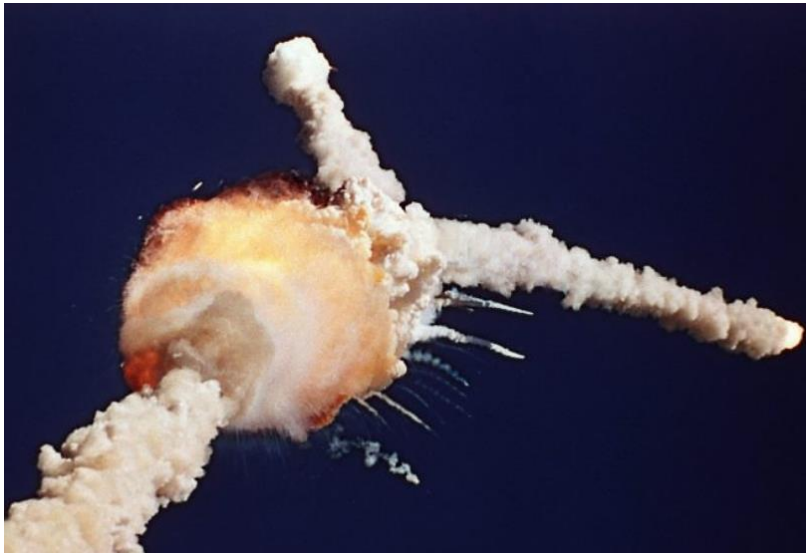


Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Acidentes na área espacial

Foguetes tripulados



Ônibus espacial Challenger
Perda total do veículo
Morte de 7 astronautas
Data: 28/01/1986
Falha: Anel de vedação



Ônibus espacial Columbia
Perda total do veículo
Morte de 7 astronautas
Data: 01/fevereiro/2003
Falha: Controle térmico



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Acidentes na área espacial

Foguete não tripulado envolvendo equipe técnica em atividades de solo



VLS-1 v3 (Operação São Luis)
Perda total do foguete
Perda de 2 satélites
Perda da torre de lançamento
Morte de 21 pessoas

Data: 22/agosto/2003
Falha: sistema ignição do primeiro estágio



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Normas de segurança espacial

Normas publicadas:

ISO 14620-1 Space Systems – Safety requirements – Part 1: System Safety

ISO 14620-2 Space Systems – Safety requirements – Part 2: Launch Site Operations

ISO 14620-3 Space Systems – Safety requirements – Part 3: Flight Systems Safety

ISO 14624-1 Space Systems – Safety requirements – Safety and compatibility of materials – Part 1: Test method for upward flammability of materials

ISO 14624-2 Space Systems – Safety requirements – Safety and compatibility of materials – Part 2: Test method for electrical wires and accessories

ISO 14624-3 Space Systems – Safety requirements – Safety and compatibility of materials – Part 3: Test method for off-gassed products from materials and assembled articles

ISO 14624-4 Space Systems – Safety requirements – Safety and compatibility of materials – Part 4: Test method for flammability of materials in gaseous oxygen

ISO 14624-5 Space Systems – Safety requirements – Safety and compatibility of materials – Part 5: Test method for determination of the reactivity of processing materials with aerospace fluids



International
Organization for
Standardization



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Normas de segurança espacial

Normas publicadas:

ISO 14624-6 Space Systems – Safety requirements – Safety and compatibility of materials – Part 6: Test method for determining the reactivity of processing materials with aerospace fluids

ISO 14624-7 Space Systems – Safety requirements – Safety and compatibility of materials – Part 7: Test method for determining the permeability of penetration of materials to aerospace fluids

ISO 22538-1 Space Systems – Oxygen Safety – Part 1: Hazards analysis for oxygen components and systems

ISO 22538-2 Space Systems – Oxygen Safety – Part 2: Selection of metallic materials for oxygen components and systems

ISO 22538-3 Space Systems – Oxygen Safety – Part 3: Selection of non-metallic materials for oxygen components of systems

ISO 22538-4 Space Systems – Oxygen Safety – Part 4: Design of oxygen components and systems

ISO 22538-5 Space Systems – Oxygen Safety – Part 5: Operational and emergency procedures

ISO 22538-6 Space Systems – Oxygen Safety – Part 6: Facility planning and implementation

ISO 26871 Space Systems – Explosive systems and devices



International
Organization for
Standardization



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Normas de segurança espacial

Normas publicadas:

ABNT NBR ISO 14624-1 Sistemas espaciais - Segurança e compatibilidade de materiais

ABNT NBR ISO 14624-2 Sistemas espaciais - Segurança e compatibilidade de materiais Parte 2:

Determinação da inflamabilidade de materiais isolantes de fio elétrico e acessórios

ABNT NBR ISO 14624-5 Sistemas espaciais — Segurança e compatibilidade de materiais Parte 5:

Determinação da reatividade de materiais de sistemas/componentes com propelentes aeroespaciais

ABNT NBR ISO 14620-1 Sistemas espaciais – Requisitos de segurança – Parte 1: Segurança de sistema

ABNT NBR ISO 14620-2 Sistemas espaciais – Requisitos de segurança – Parte 2: Operações em sítios de lançamento

ABNT NBR ISO 14620-3 Sistemas espaciais – Requisitos de segurança – Parte 3: Segurança de sistemas de voo

ABNT NBR ISO 22538-5 Sistemas espaciais — Segurança de oxigênio — Parte 5: Procedimentos operacionais e de emergência



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Normas de segurança espacial

Normas publicadas:

ABNT NBR ISO 14624-6 Sistemas espaciais - Segurança e compatibilidade de materiais - Parte 6: Método de ensaio para determinar a reatividade de processamento

ABNT NBR ISO 14624-7 Sistemas espaciais - Segurança e compatibilidade dos materiais - Parte 7: Método de ensaio para determinação da permeabilidade e penetração de materiais a fluidos aeroespaciais

ABNT NBR ISO 22538-1 - Sistemas espaciais — Segurança de oxigênio — Parte 1: Análise de perigo para sistemas e componentes de oxigênio

ABNT NBR ISO 22538-2 - Sistemas espaciais — Segurança de oxigênio — Parte 2: Seleção de materiais metálicos para sistemas e componentes de oxigênio

ABNT NBR ISO 22538-3 - Sistemas espaciais — Segurança de oxigênio — Parte 3: Seleção de materiais não metálicos para sistemas e componentes de oxigênio

ABNT NBR ISO 22538-4 - Sistemas espaciais — Segurança de oxigênio — Parte 4: Projeto de sistemas e componentes de oxigênio

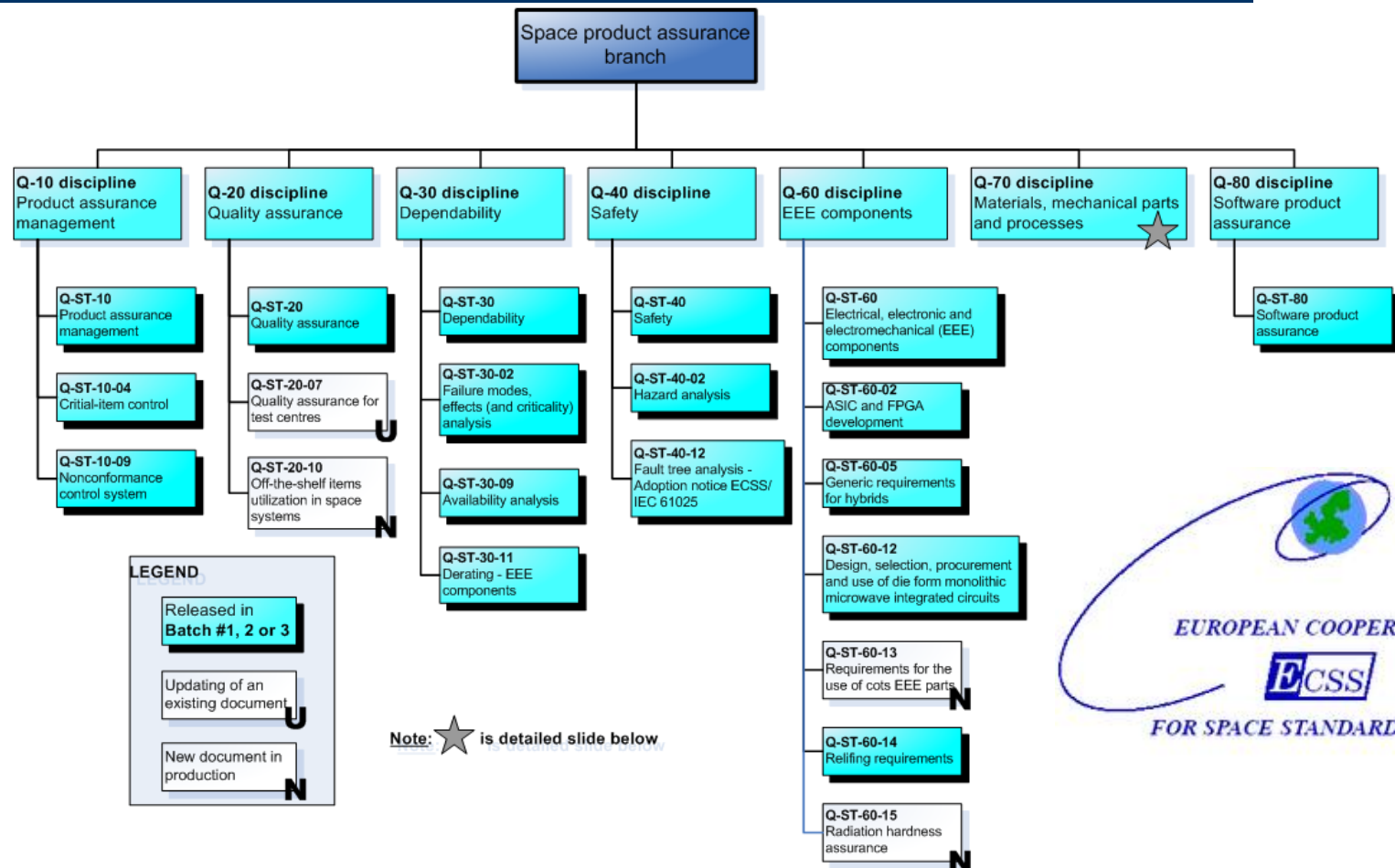
ABNT NBR ISO 22538-6 - Sistemas espaciais — Segurança de oxigênio — Parte 6: Planejamento e implementação da facilidade



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Normas de segurança espacial

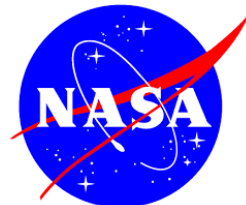
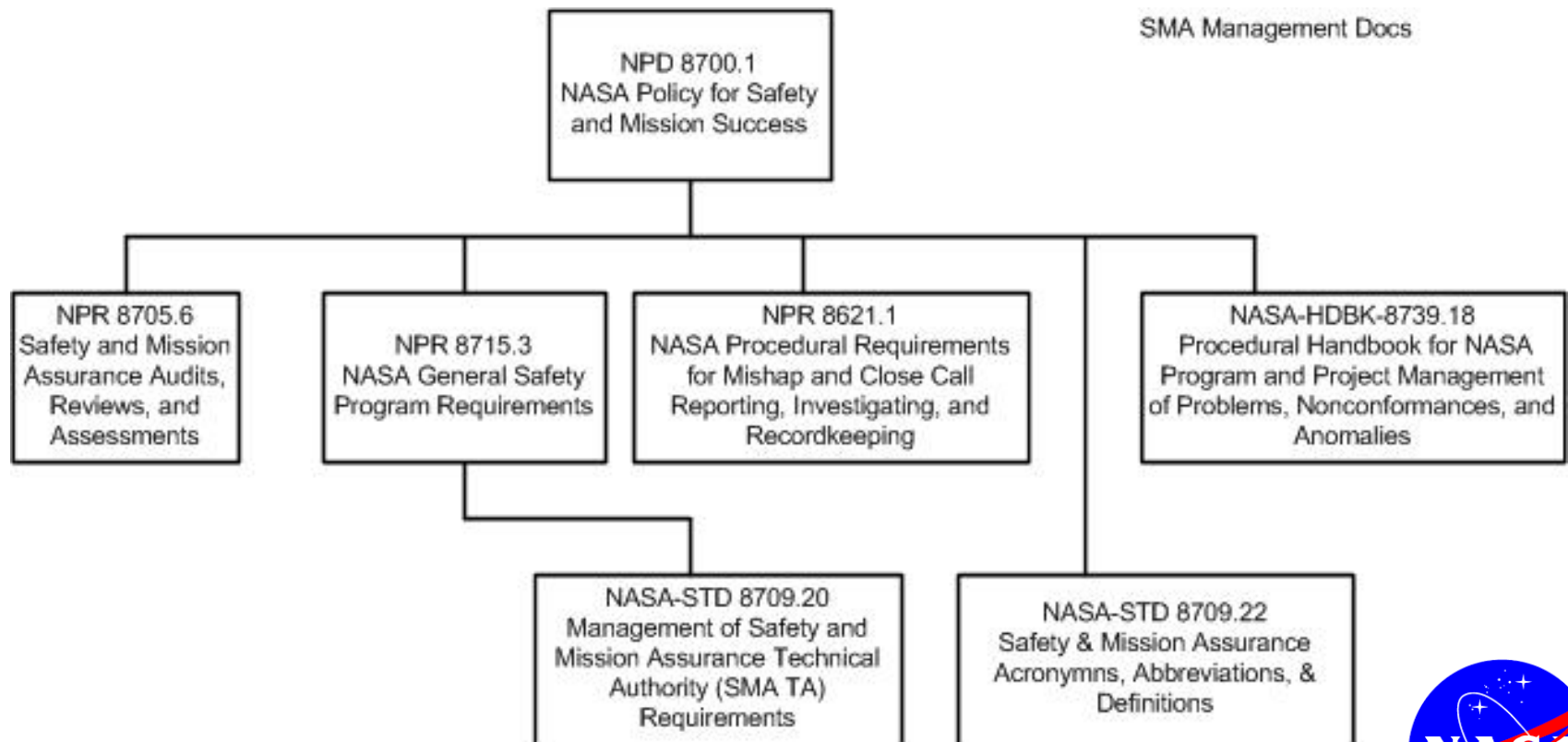




Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Normas de segurança espacial

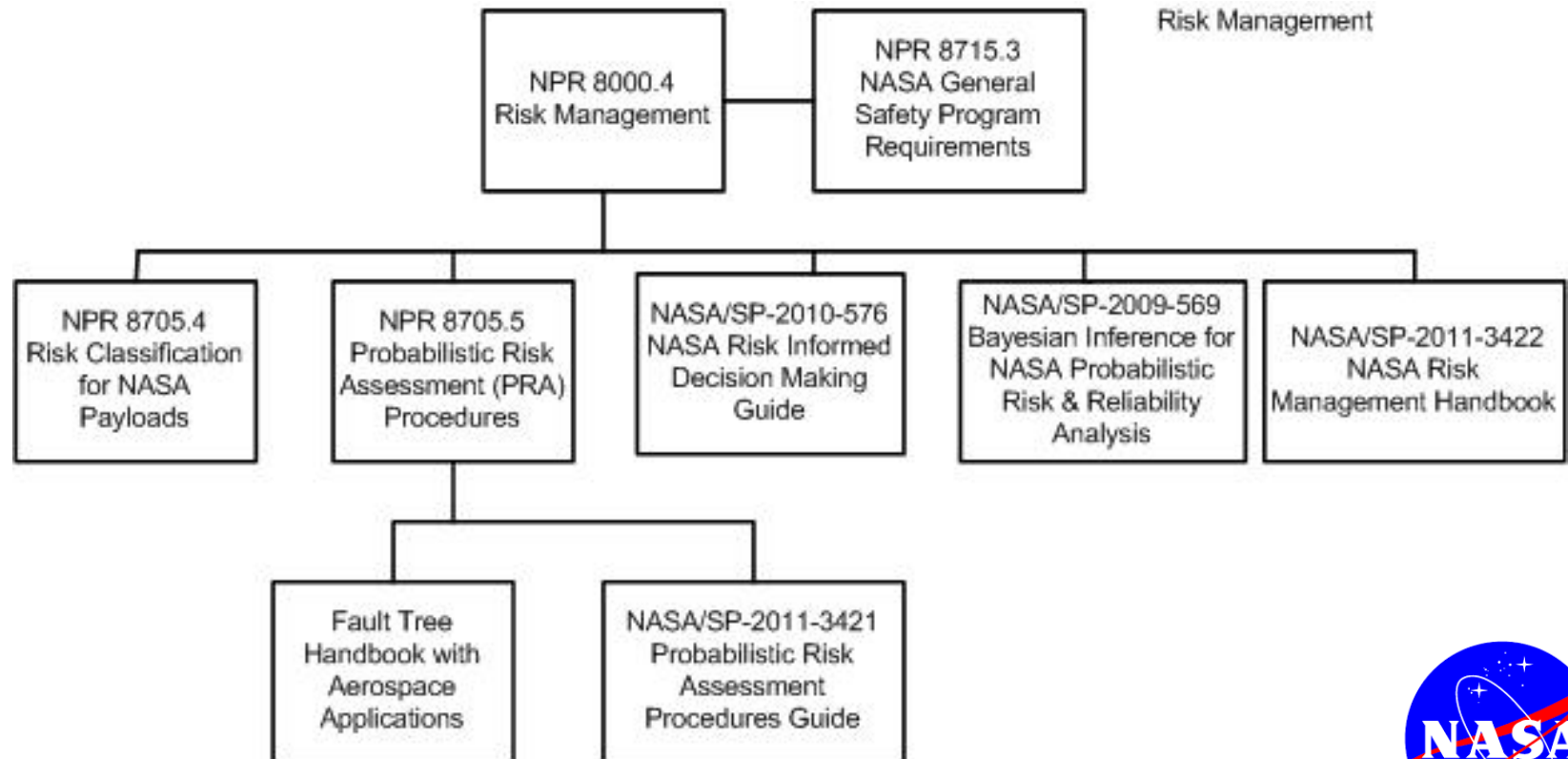




Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Normas de segurança espacial



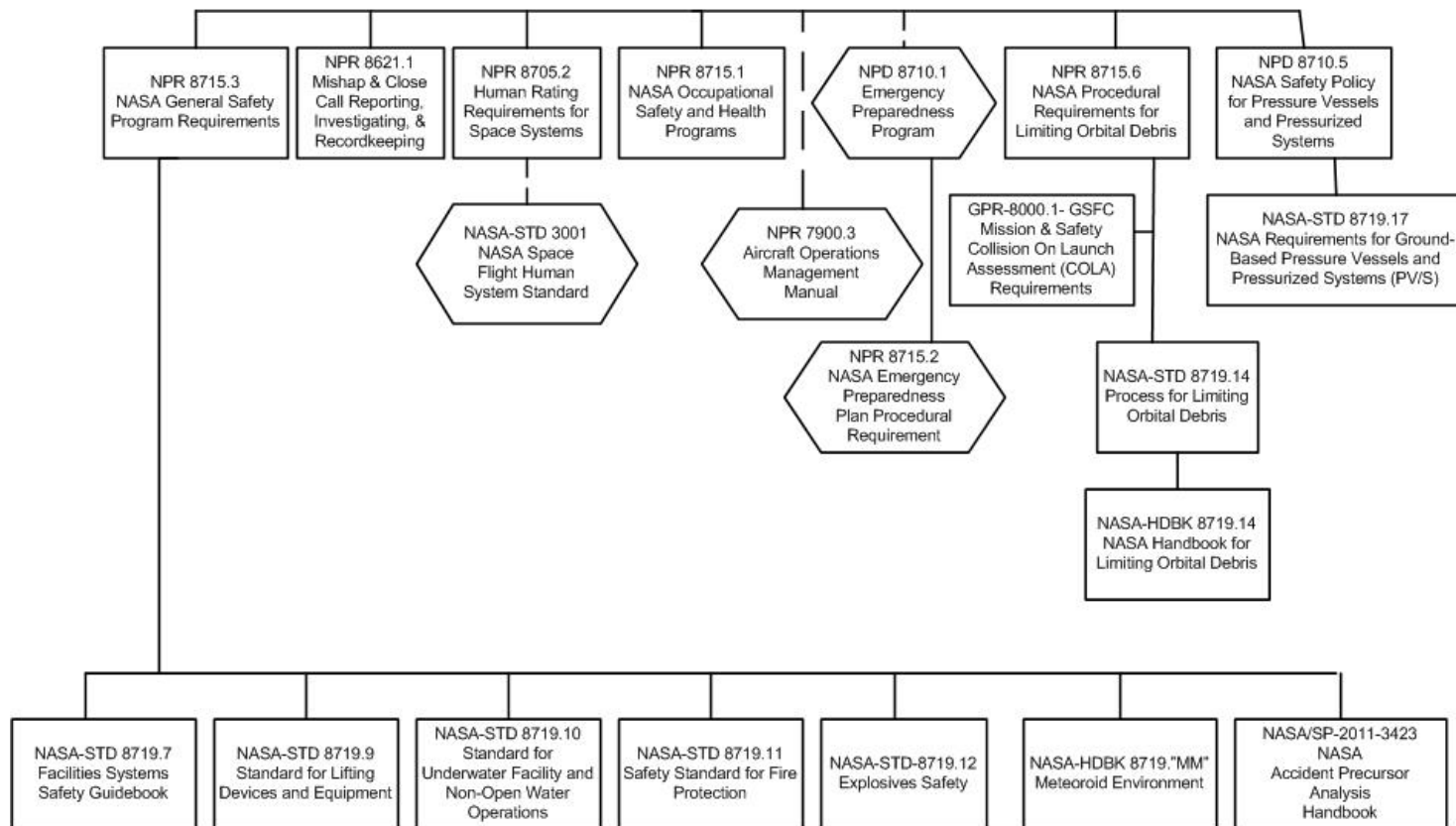


Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Normas de segurança espacial

Safety Management Docs



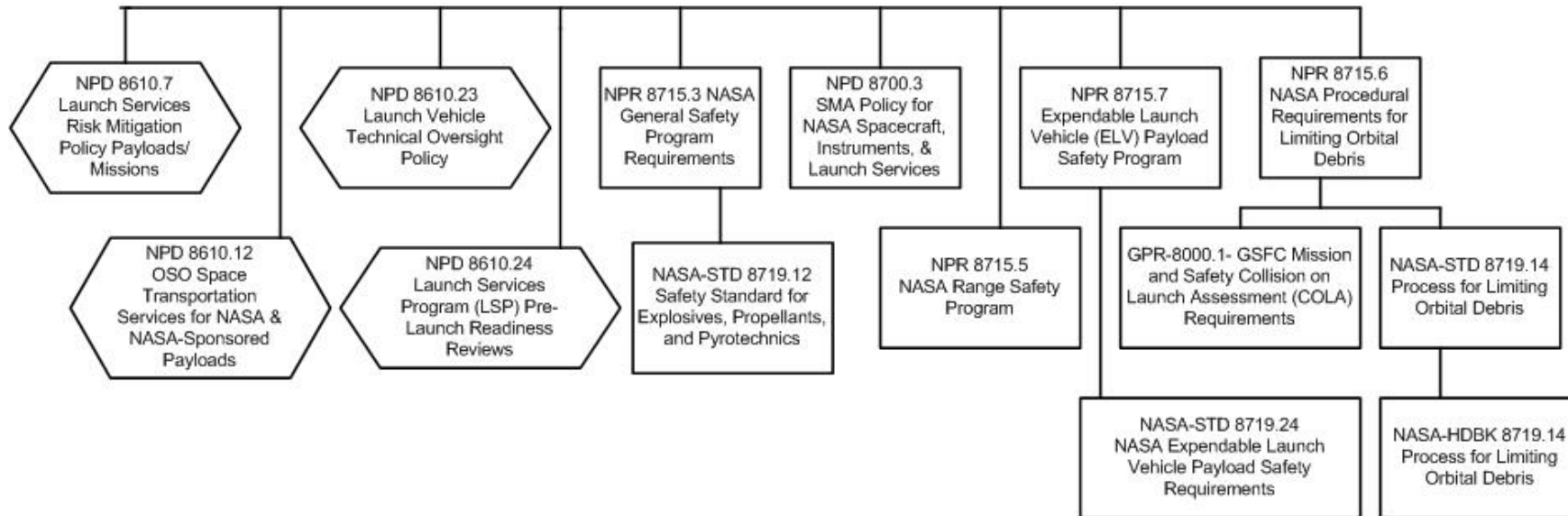


Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Normas de segurança espacial

Launch SMA Docs

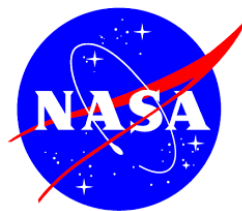
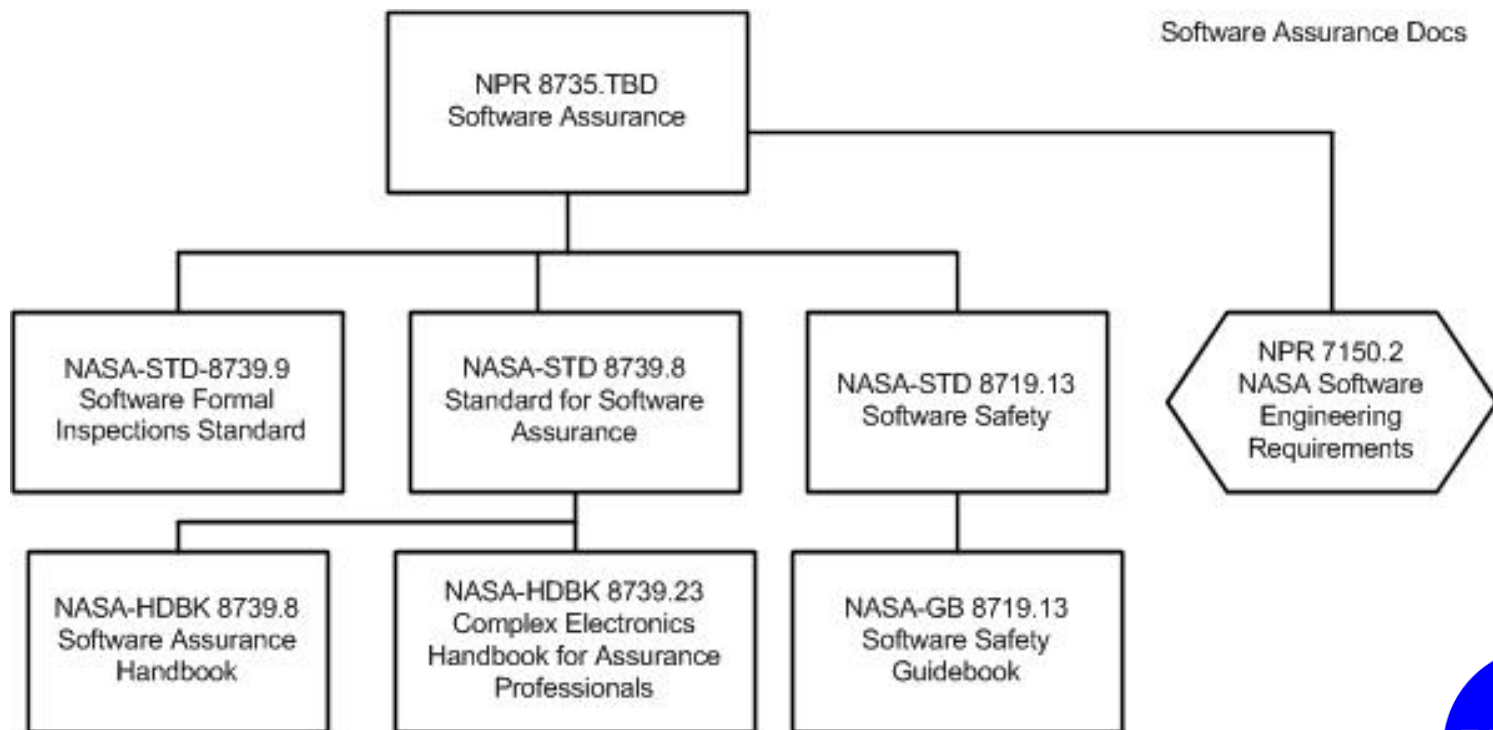




Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Normas de segurança espacial





Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Regulamentos de segurança da AEB

Regulamento técnico geral da segurança espacial;
Regulamento técnico da segurança ambiental em atividades espaciais;
Regulamento técnico da segurança para lançamento e para voo;
Regulamento técnico da segurança para carga útil;
Regulamento técnico da segurança para complexo de lançamento;
Regulamento técnico da segurança para veículo lançador;
Regulamento técnico da segurança para inter-sítios.

Disponível em: <http://www.aeb.gov.br>

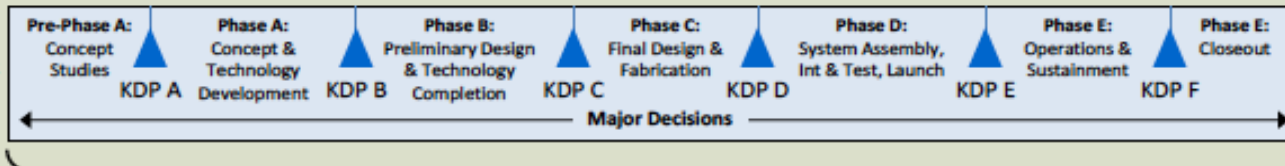




Curso de Inverno 2018

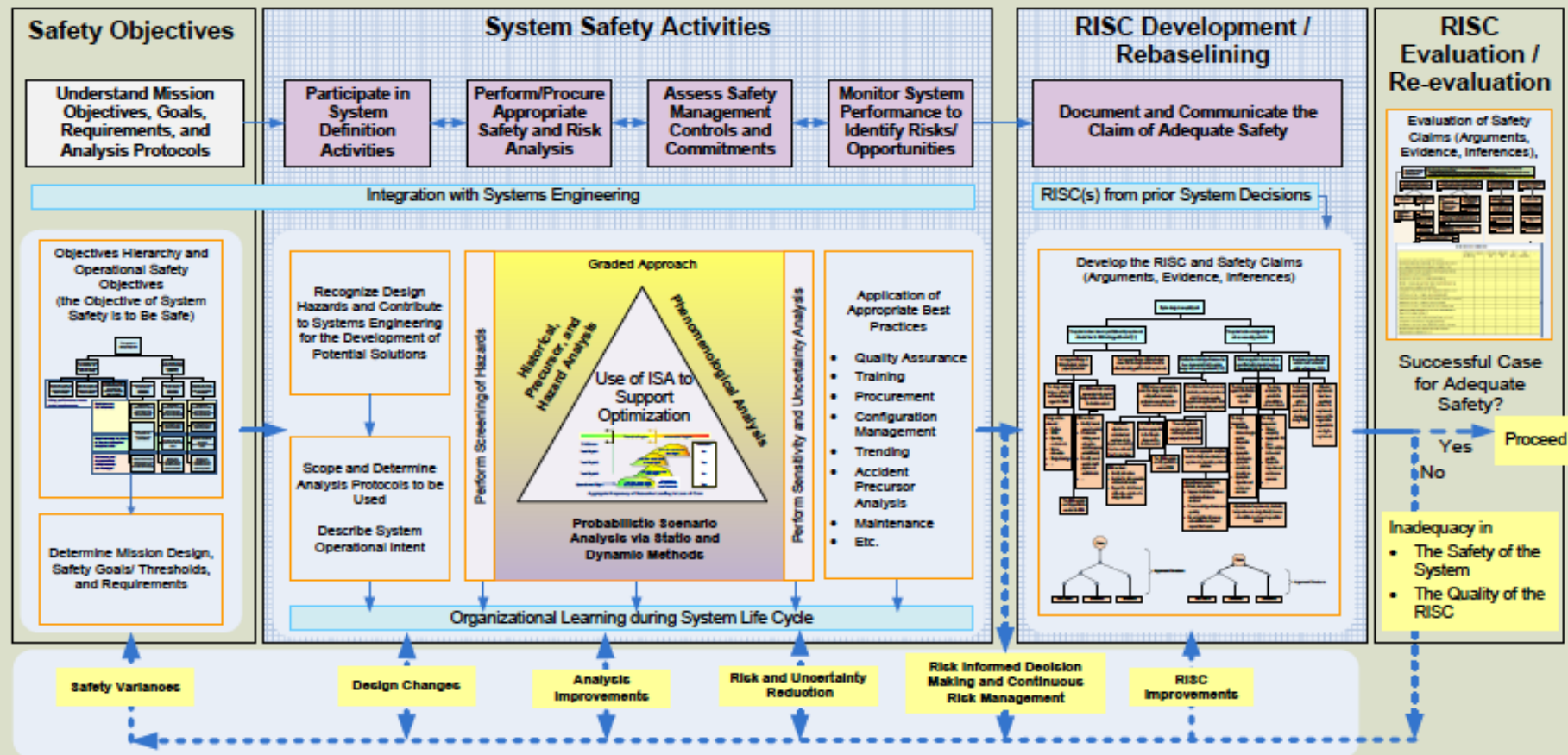
Introdução às Tecnologias Espaciais

System Safety Activities are Performed throughout the System Life Cycle to Provide Optimal Safety



RISCs are Developed to Support Major Decisions, including Key Decision Points (KDPs), throughout the System Life Cycle

System Safety Supports the Achievement and Demonstration of Safety





Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Como garantir a segurança em um projeto espacial?

- Política de segurança institucionalizada (mundo perfeito)
 - NASA Safety Policy: *"Safety is always first."*
- Política de segurança do projeto;
- Papéis e responsabilidades bem definidos;
- Engenheiro de SSE com autonomia total;
- Levantamento de requisitos de segurança do projeto (atividade multidisciplinar);





Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Como garantir a segurança em um projeto espacial?

- Treinamentos em segurança;
- Ferramentas de análise de segurança;
- Treinamentos em operações críticas;
- Conscientização de toda a organização;
- Levantamento de perigos e riscos bem explorados e exaustivos;
- Programa de segurança do projeto;



“Next time ask, ‘what does this button do?’ before you push it.”



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Como garantir a segurança em um projeto espacial?

- Plano de implementação do programa de segurança do projeto;
- Procedimentos de segurança;
- Auditorias de segurança;
- *Safety walkthrough* – *Inspeções pontuais*;
- Aprovação de documentos de projeto;
- Acompanhamento de atividades perigosas;
- Participação em *boards* (NRB, CCB);
- Participação em revisões de projeto;
- Registros e evidências objetivas (ex: fotos, videos);
- Fornecer rastreabilidade de todas as atividades perigosa.



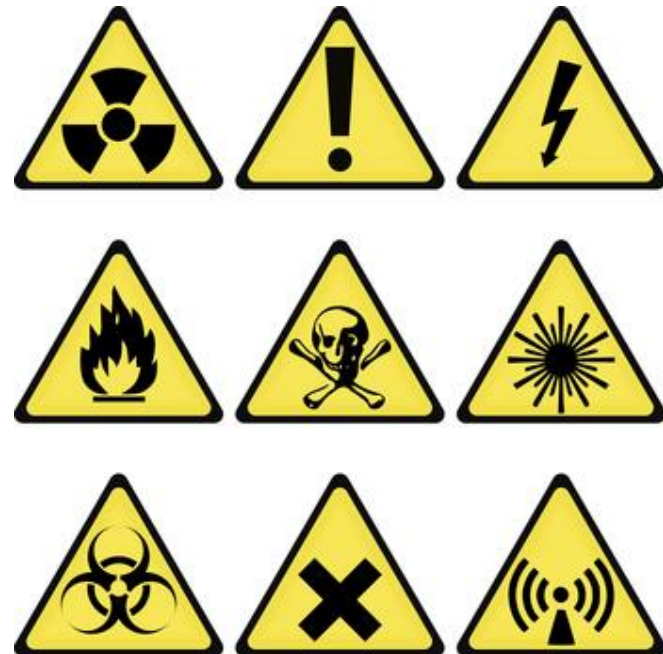


Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Análise de perigo

Processo sistemático e iterativo para a identificação, classificação e redução de perigos.



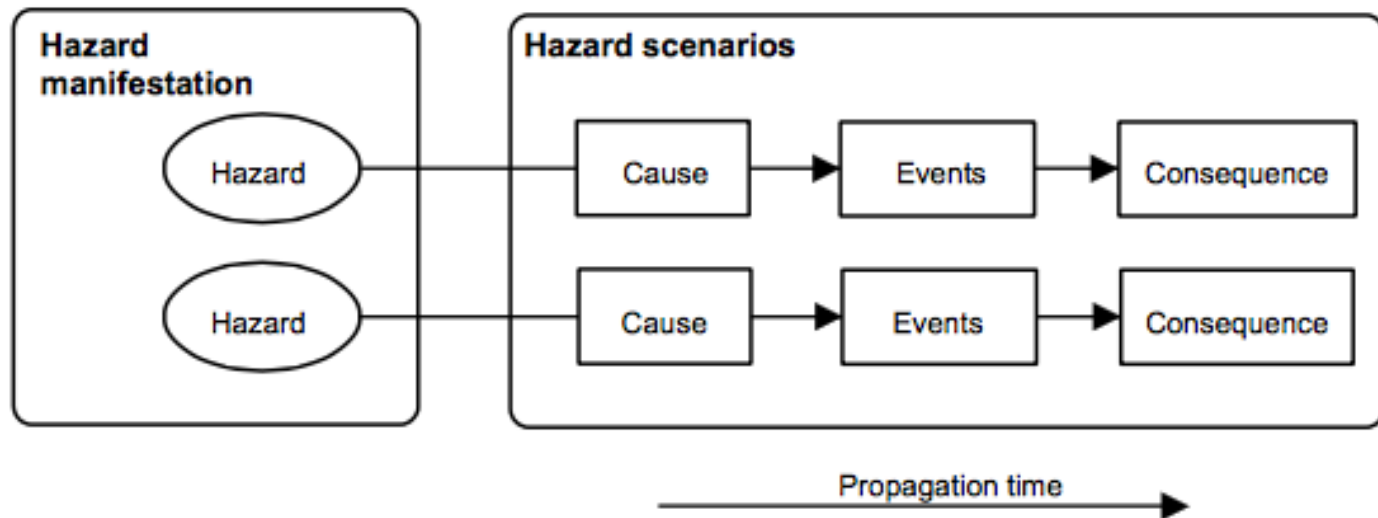


Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Análise de perigo

Perigos e cenários de perigos



Perigos são controlados por meio da prevenção de sua ocorrência ou redução de sua propagação e mitigação dos efeitos dos eventos.



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Análise de perigo

Um perigo em dirigir um carro em péssimas condições climáticas pode ser manifestado pela existência de gelo na rodovia. A causa “**mudança brusca na direção**” pode levar ao evento “**perda de controle**” e finalmente como consequência a “**morte do motorista**”.

Como se elimina o perigo nesta situação?

A eliminação do perigo pode ser por meio do “**cancelamento da viagem**” e a minimização pelo “**sal na rodovia**”.

Outros métodos para controlar este perigo:

- Dirigir devagar e com atenção;
- Dirigir carro com *air-bag*.

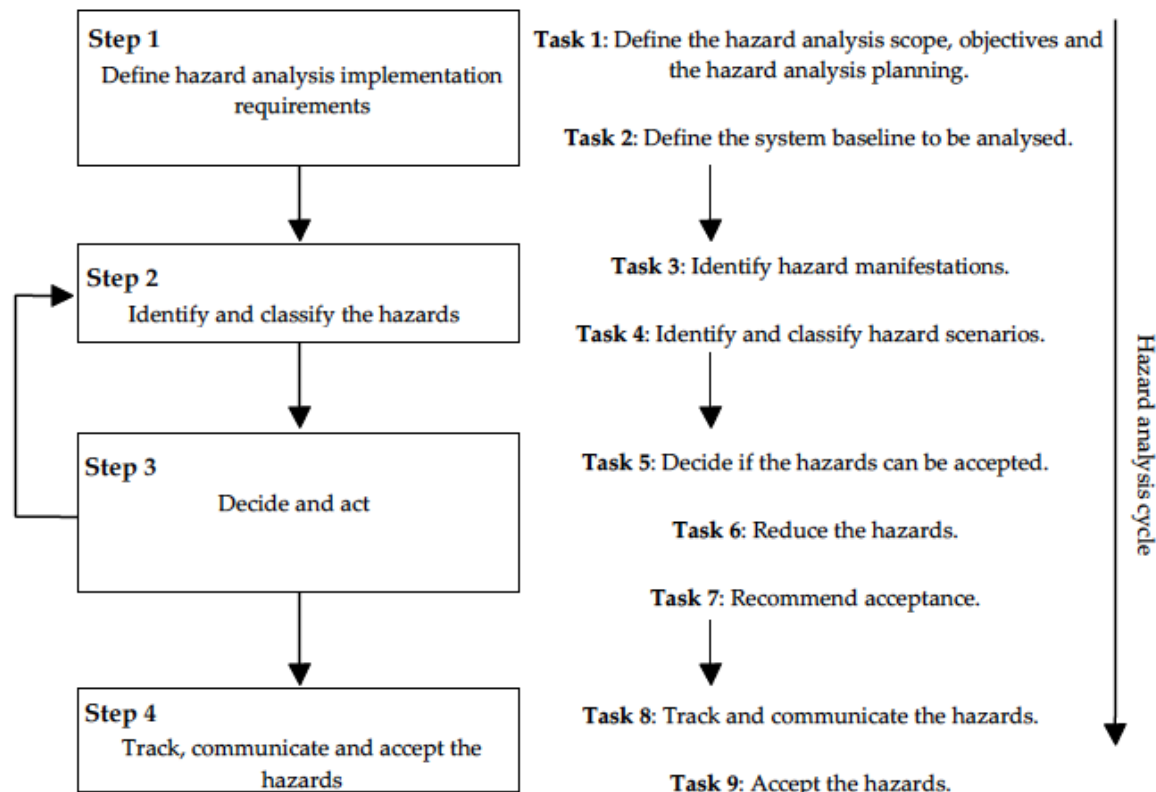


Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Análise de perigo

- Deve ser realizada de acordo com o processo de quatro passos contendo nove atividades.





Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Análise de perigo

Project		Organization		Source		Date and issue	
WBS Ref.				Controlled by			
				Supported by		Approved by	
Hazard description and safety risk magnitude							
No.		Hazard scenario title					
Hazard manifestation				Cause, events and safety consequence			
Safety consequence severity (S)		Likelihood (L)			Risk Index	Risk	Red*
							Yellow*
							Green*
Negligible	Marginal	Critical	Catastrophic	Minimum	Low	Medium	High
IV	III	II	I	E	D	C	B
				Maximum	A		
				Numerical estimate:			
				Numerical risk and uncertainty contribution:			
Hazard and safety risk decision and action							
Accept hazard and safety risk <input type="checkbox"/>				Reduce hazard and safety risk <input type="checkbox"/>			
Hazard reduction measures		Hazard reduction verification means			Expected safety risk reduction		
Hazard elimination:					Severity, likelihood, risk index:		
Hazard minimization:					Numerical estimates:		
Hazard control:					Safety risk rank:		
Actions					Status		
Agreed by project management					Hazard status		



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Avaliação e controle de risco de segurança

Processo de gestão de risco do projeto deve levar em consideração a identificação, redução e controle de risco de segurança (Processo contínuo e interativo).





Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

RISK LOG FILE

Project:	CBERS 4A	Prepared by:	Andreia Fatima Sorice Genaro	Created on:	11/4/15
WBS Ref:		Risk Owner:	Antonio Carlos O. Pereira Jr	Updated on:	
Present Risk Status:	Identified				

RISK IDENTIFICATION

ID: **x** Risk Title: Containers, flight hardware or personnel being damaged due to accident when operating a forklift

Risk Description - Root Cause and Consequence (If _____, Then _____):

Containers, flight hardware or personnel can be damaged due to an accident when operating a forklift.

Impact:	5 - Catastrophic	5	Likelihood:	3 - Medium 41-60%	3	Risk Index:	15	Risk Type	Resources & Team
---------	------------------	---	-------------	-------------------	---	-------------	-----------	-----------	------------------

RISK DECISION and ACTION

Risk Treatment Strategy:	Avoid	Action Plan Responsible:	INPE	Action Plan Status:	Not Planned
--------------------------	-------	--------------------------	------	---------------------	-------------

Action Plan Description: Only trained forklift operator must be authorized to handle containers and flight hardware. Refresher course should be necessary.

Expected Risk Reduction (after action plan)

Impact:	2 - Low	2	Likelihood:	1 - Minimum - 0-20%	1	Expected Risk Index :	2	Risk Type	Resources & Team
---------	---------	---	-------------	---------------------	---	-----------------------	----------	-----------	------------------

Additional Information: CAST professionals will be authorized to operate a forklift only if they provide a valid training. This training shall be revalidate and approved by INPE Space Systems Safety team.

Contingency Plan Description:

Approved by:: Antonio Carlos O. Pereira Jr

Signature:

Date: 11/4/15



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

RISK LOG FILE

Project:	CBERS 4A	Prepared by:	Andreia Fatima Sorice Genaro	Created on:	11/4/15
WBS Ref:		Risk Owner:	Antonio Carlos O. Pereira Jr	Updated on:	
Present Risk Status:	Identified				

RISK IDENTIFICATION

ID: x Risk Title: Tools detaching the hand of operator and end up injuring a personnel or damaging a flight hardware

Risk Description - Root Cause and Consequence (If _____, Then _____):

Risk of injuring a professional or damaging a flight hardware in case of a tool to detach the hand of the operator when working on lifting platforms or scaffoldings.

Impact:	5 - Catastrophic	5	Likelihood:	2 - Low 21-40%	2	Risk Index:	10	Risk Type	Resources & Team
---------	------------------	---	-------------	----------------	---	-------------	----	-----------	------------------

RISK DECISION and ACTION

Risk Treatment Strategy: Avoid Action Plan Responsible: Suppliers / CAST / INPE Action Plan Status: Not Planned

Action Plan Description: Lifting platforms operator training sections must be provided. Refresher course should be necessary. Awareness training about how to use of tools during work at a height such as on scaffoldings. Professional will be authorized to work at height only after previous medical examinations.

Expected Risk Reduction (after action plan)

Impact:	2 - Low	2	Likelihood:	1 - Minimum - 0-20%	1	Expected Risk Index :	2	Risk Type	Resources & Team
---------	---------	---	-------------	---------------------	---	-----------------------	---	-----------	------------------

Additional Information: People must be aware of the dangers of staying under scaffolding and hoisting devices. All these operations shall be done under Space Systems Safety personnel supervision.

Contingency Plan Description:

Approved by: Antonio Carlos O. Pereira Jr

Signature:

Date: 11/4/15



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

RISK LOG FILE

Project:	CBERS 4A	Prepared by:	Andreia Fatima Sorice Genaro	Created on:	11/4/15
WBS Ref:		Risk Owner:	Antonio Carlos O. Pereira Jr	Updated on:	

Present Risk Status: **Identified**

RISK IDENTIFICATION

ID: **x** Risk Title: **Professional getting hurt after tripping over a misplaced cable or hose on the floor.**

Risk Description - Root Cause and Consequence (If _____, Then _____):

Risk of a professional get hurt badly after tripping over a misplaced/unmarked cable or hose on the laboratory floor.

Impact:	4 - Critical	4	Likelihood:	4 - High 61-80%	4	Risk Index:	16	Risk Type	Resources & Team
---------	--------------	---	-------------	-----------------	---	-------------	-----------	-----------	------------------

RISK DECISION and ACTION

Risk Treatment Strategy:	Avoid	Action Plan Responsible:	Suppliers / CAST / INPE	Action Plan Status:	Not Planned
--------------------------	-------	--------------------------	-------------------------	---------------------	-------------

Action Plan Description: People must be made aware that all wires/harnesses and hoses that are staying on the floor are positioned not interrupting the people's circulation.

When the interruption of the people's circulation is unavoidable, it is suggested to identified all of them by using **FLOOR MARKING TAPE** and/or isolate the affected area.

Expected Risk Reduction (after action plan)

Impact:	2 - Low	2	Likelihood:	1 - Minimum - 0-20%	1	Expected Risk Index :	2	Risk Type	Resources & Team
---------	---------	---	-------------	---------------------	---	-----------------------	----------	-----------	------------------

Additional Information:

Contingency Plan Description:

Approved by:: Antonio Carlos O. Pereira Jr

Signature:

Date: 11/4/15



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Segurança durante fabricação - subsistemas

Projetos do INPE:

- Contratação de subsistemas da indústria nacional.

Definir os requisitos de segurança	INPE
Implementar os requisitos de segurança	Contratada
Elaborar o plano de segurança	Contratada
Aprovação do plano de segurança	INPE
Elaborar procedimentos de segurança	Contratada
Gerenciamento de riscos de segurança	Contratada
Auditorias de segurança	INPE
Registrar as atividades de segurança	Contratada
Acompanhar atividades críticas	Contratada e INPE

Desde a fase 0 até a fase D (Revisão de aceitação dos subsistemas)



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Segurança durante AIT de satélites

Projetos do INPE:

- AIT realizado no INPE/LIT ou na CAST

Definir os requisitos de segurança para AIT

GSSE

Aprovar os requisitos de segurança

Gerência do projeto

Elaborar o plano de segurança

LIT ou CAST

Aprovação do plano de segurança

GSSE

Elaborar procedimentos de segurança

LIT ou CAST

Gerenciamento de riscos de segurança

LIT ou CAST

Auditorias de segurança

GSSE

Safety walkthrough

GSSE

Registrar as atividades de segurança

LIT ou CAST

Acompanhar atividades críticas

GSSE com LIT ou CAST

Durante fase D (Desde o *incoming inspection* de cada subsistema até a FRR)

❖ GSSE: Grupo de segurança de sistemas espaciais



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Perigos e riscos em centros espaciais

- Ruído
- Carcinogênico
- Químico
- Criogênico
- Espaço confinado
- Eletricidade
- ESD
- Explosivos
- Gases inflamáveis
- Líquidos inflamáveis
- Tensão AC/DC > 600V
- Alta temperatura
- Lasers
- Baixas temperaturas
- Peróxidos orgânicos
- Oxidantes
- Deficiência de oxigênio
- Altas pressões
- Alto vácuo
- Radiação ionizante
- Radiação não-ionizante
- Materiais tóxicos
- Materiais reagente com água
- Vibrações
- Etc.



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Atividades perigosas e o impacto ambiental

- Treinamento e conscientização;
- Descarte de materiais perigosos efetivo;
- Qualidade do ar (ex: sistema de filtragem);
- Tratamento de efluentes;
- Solventes aprovados por agências reguladoras.



Impacto ambiental
depois do lançamento
foguetes Delta 2.

VAFB – 10/06/11



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Auditorias de segurança - instalações

- Planos de manutenção preventiva
- Acessibilidade e sinalização
- Obstruções perigosas
- Pisos desnivelados
- Estruturas suspensas
- Luzes de emergência
- Sistemas de ventilação
- Rotas de fugas
- Lista de operadores qualificados
- Sistema de alarme
- Sistema de *sprinklers* (chuveiros automáticos)



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Auditorias de segurança - operações

- Status do treinamento dos brigadistas
- Identificação de substâncias perigosas
- Ficha de segurança de produto químico (MSDS) disponível
- Sistema de aterramento
- Teste de prova dispositivos de içamento, empilhadeiras, plataformas;
- Controle de temperatura e umidade;
- Controles de proteção ambiental e proteção planetária
- Cabeamento protegido e identificado
- Status treinamento para manuseio de substâncias perigosas (ex: LN2)
- Plano de emergência;
- Evidências de treinamento de evacuação do prédio;
- Telefones de emergências
- Uso de EPI pela equipe;
- Etc.



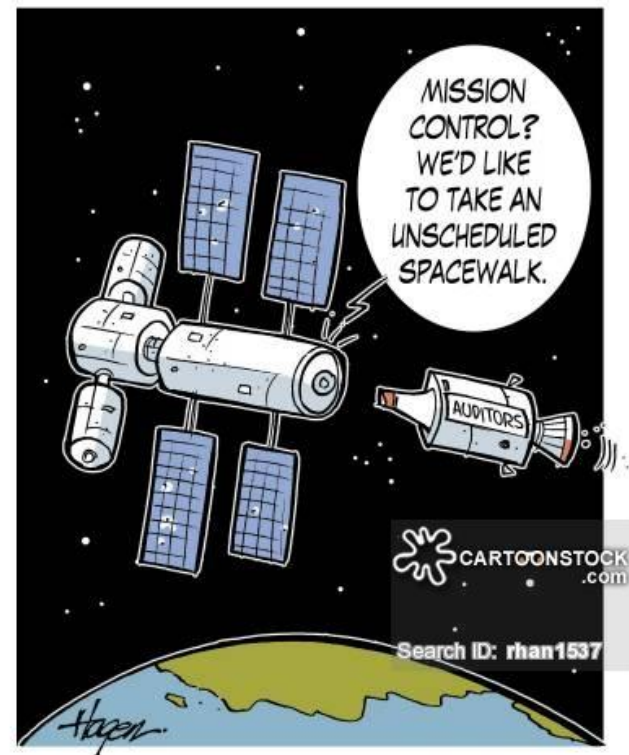
Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Safety Walkthrough (inspeções pontuais)

• Antes de uma operação que envolve risco para pessoas e espécime:

- Teste de vibração
- Lçamento do satélite
- Teste vácuo-térmico
- Teste acústico
- Teste de EMI/EMC
- Operações logísticas
- Etc.





Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Voos espaciais tripulados

- Fase 1: Preparações pré-lançamento
- Fase 2: Lançamento e subida
- Fase 3: O ambiente espacial
- Fase 4: Reentrada e pouso

Envolvimento de vida humana;

Confiabilidade próxima de 100% 99,999999999999.....%

Segurança **deve** ser a principal fonte de preocupação do projeto.

SISTEMA ESPACIAL SEGURO = SUCESSO DA MISSÃO



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Acidentes em voos espaciais tripulados

Mission Phase 1: Pre-launch Preparations



SCORCHED EXTERIOR OF APOLLO 1

FIRE

APOLLO 1, U.S., 1967

Astronauts Gus Grissom, Ed White and Roger Chaffee are sealed into their command module for a routine ground test. When a fire suddenly erupts in the cockpit, the men are unable to open the complex escape hatch in time.

DEATHS: 3

TRAINING ACCIDENT

LUNAR LANDING TRAINER VEHICLE CRASH, U.S., 1968

Astronaut Neil Armstrong, rehearsing for his historic moon mission, must eject to safety when his training vehicle malfunctions.



EJECTING FROM THE LLTV

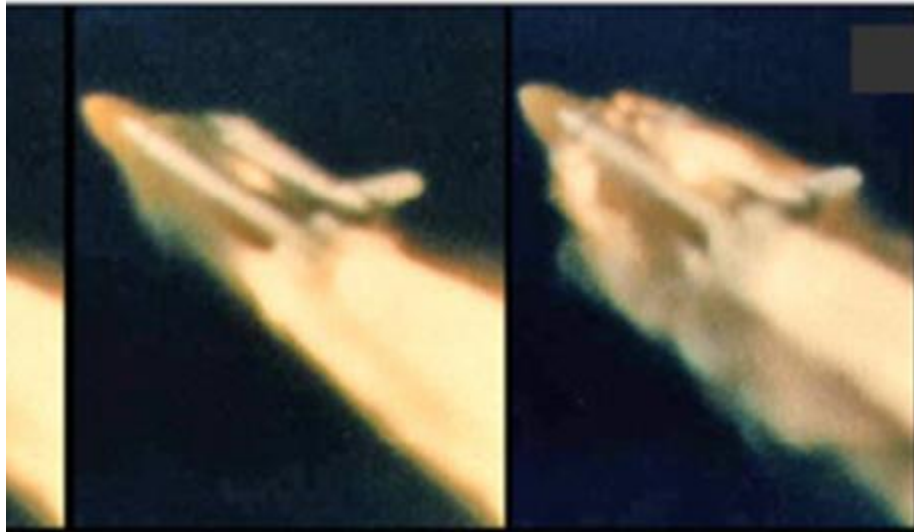


Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Acidentes em voos espaciais tripulados

Mission Phase 2: Liftoff and Ascent



VEHICLE BREAKUP

SPACE SHUTTLE CHALLENGER, U.S., 1986

Cold weather causes rubber seals in the booster rockets to become leaky. As the shuttle ascends, escaping flames lick across the huge external fuel tank. When the tank explodes, the orbiter disintegrates. After falling for nearly 3 minutes, the crew cabin crashes into the ocean.

DEATHS: 7

EXTERNAL FUEL TANK EXPLOSION SHATTERS SHUTTLE



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Acidentes em voos espaciais tripulados

Mission Phase 3: The Vacuum of Space



APOLLO 13, U.S., 1970

A damaged oxygen tank explodes, crippling the spacecraft. Quick action by the astronauts and by Mission Control allows the use of the moon lander as a lifeboat. Astronauts James Lovell, Fred Haise and Jack Swigert return home safely.

LUNAR
MODULE
"AQUARIUS"



JERRY LINENGER ABOARD
MIR AFTER THE FIRE

SPACE STATION MIR, U.S./RUSSIA, 1997

A 3-foot flame breaks out from an oxygen generator, burning for about 14 minutes. Mir's three crewmen are cut off from one of their two Soyuz escape vehicles. The crew use extinguishers to control the fire. They wear oxygen masks to prevent suffocation in the thick smoke.



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Acidentes em voos espaciais tripulados

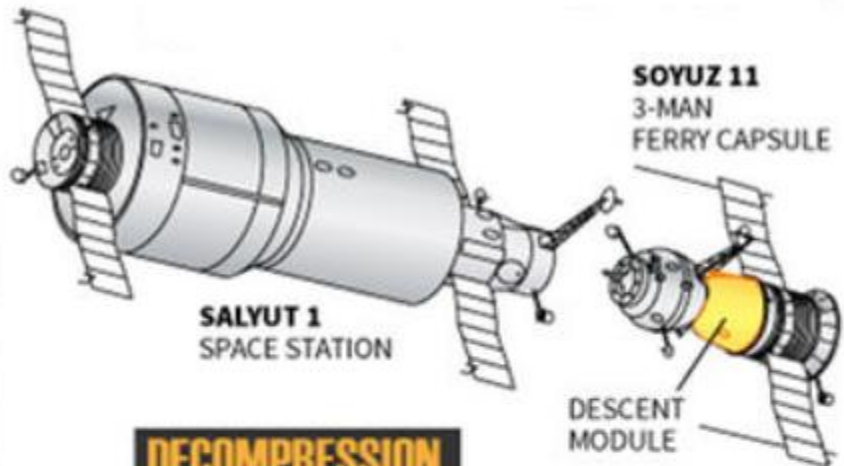
SPACESUIT FAILURE



ALEXEI LEONOV

VOSKHOD 2, U.S.S.R., 1965

After his historic first-ever spacewalk, cosmonaut Alexei Leonov attempts to return to his capsule. He discovers that his spacesuit has unexpectedly ballooned out, preventing him from entering the hatch. His heart racing, Leonov reduces pressure in his suit until he is able to enter the ship.



DECOMPRESSION

SOYUZ 11, U.S.S.R., 1971

Cosmonauts Georgi Dobrovolski, Viktor Patsayev and Vladislav Volkov undock their Soyuz craft from the Salyut 1 space station. Sections of their vehicle, not needed for the return home, are blasted away by explosive bolts. The shock jams open a valve, allowing all the breathable air to escape into space. Automatic systems return Soyuz 11 to Earth. When rescuers open the hatch, they discover that the crew has suffocated.

DEATHS: 3

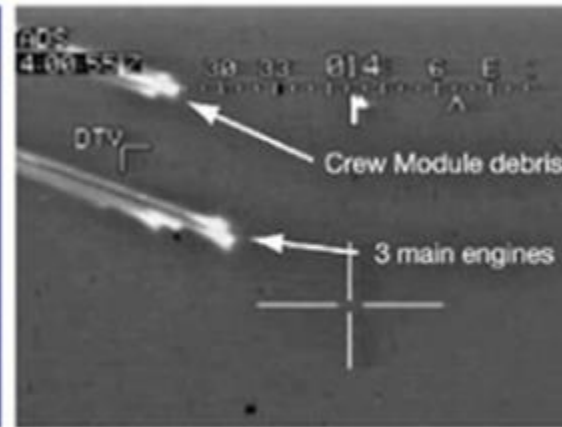


Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Acidentes em voos espaciais tripulados

Mission Phase 4: Re-entry and Landing



SPACE SHUTTLE COLUMBIA, 2003

At launch, the shuttle's heat shield tiles are damaged by falling debris. The damage is not considered serious and the 16-day scientific mission proceeds as planned. When the crew of seven attempts to return home, the heat of re-entry burns through the damaged heat shield. The vehicle is torn apart.

DEATHS: 7



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

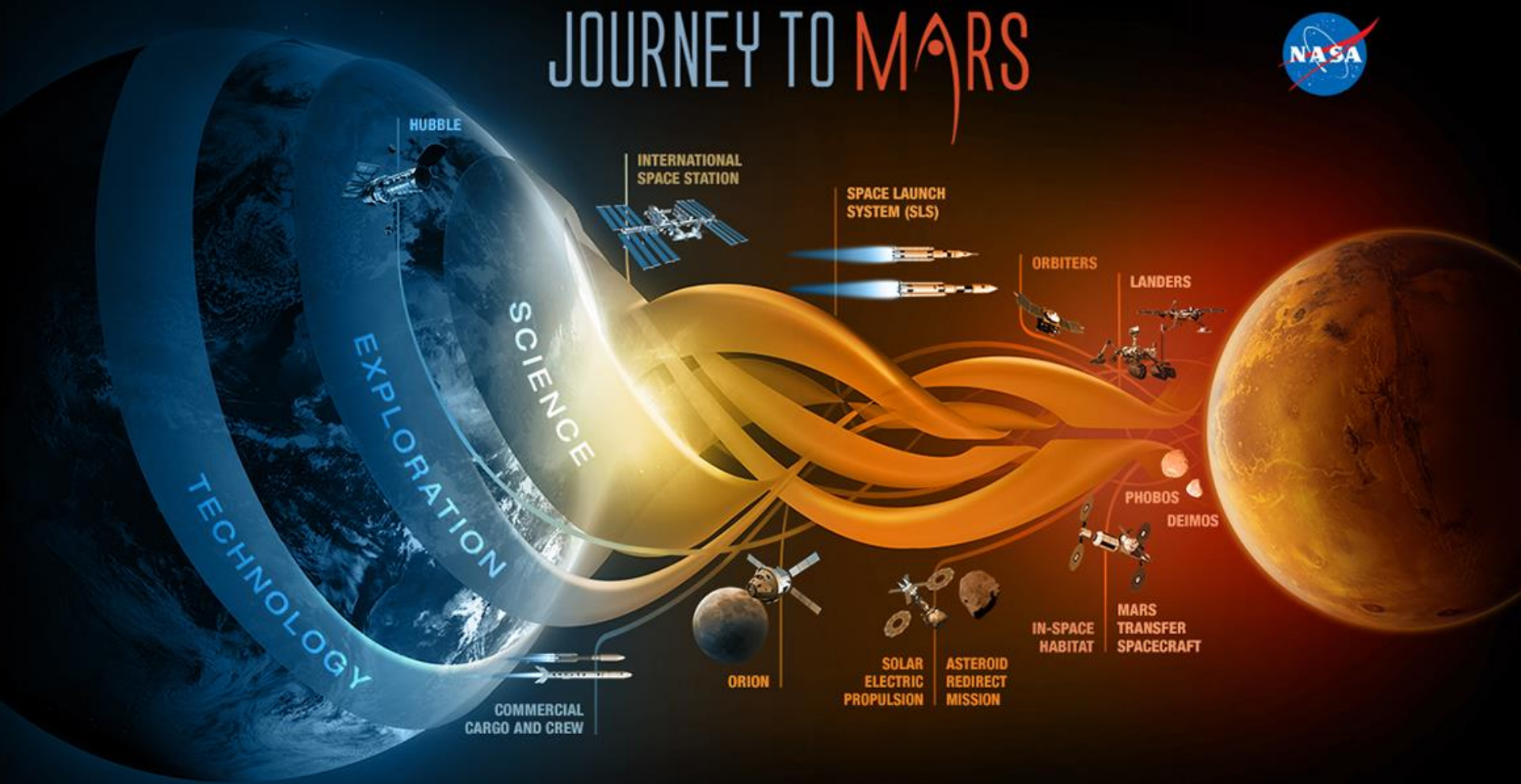
Voos espaciais tripulados comerciais





Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais





Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Melhores práticas para o sucesso da missão

- Buscar comprometimento da alta direção;
- Gerenciar o projeto com foco na segurança de sistemas espaciais;
- Disseminar cultura de segurança de sistemas aos envolvidos no projeto;
- Equipe técnica altamente qualificada e com treinamento em segurança;
- Comunicação eficiente entre os envolvidos;
- Processos de segurança mapeados e divulgados;
- Procedimentos operacionais claros;
- Intercâmbio de experiência entre diferentes projetos;
- Repositório de lições aprendidas disponíveis à todos envolvidos no projeto;
- Conscientização; etc.



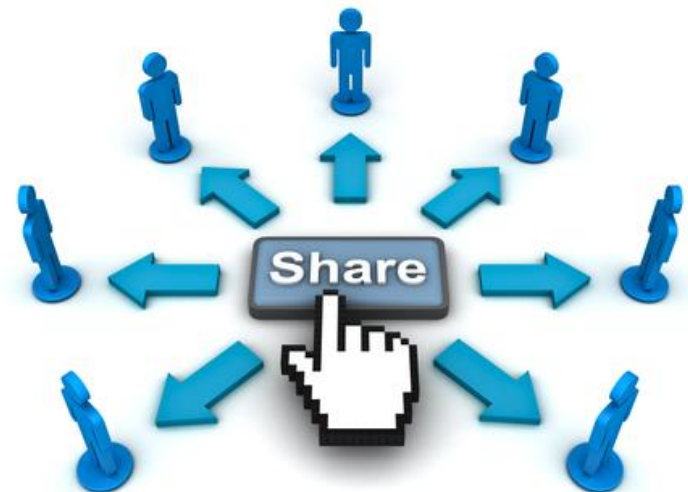
Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Melhores práticas para o sucesso da missão

NASA Safety Center: Visa tornar local de trabalho mais seguro e projetos mais bem sucedidos;

- Identificar melhores práticas durante auditorias de segurança;
 - Compartilhar com outros centros da NASA;
 - Disponibilizado via Intranet.





Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Melhores práticas para o sucesso da missão

NASA Safety Center: Visa tornar local de trabalho mais seguro e projetos mais bem sucedidos;

- Identificar melhores práticas durante auditorias de segurança;
 - Compartilhar com outros centros da NASA;
 - Disponibilizado via Intranet.





Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Melhores práticas para o sucesso da missão

O sucesso da missão depende do trabalho seguro e consciente de cada profissional envolvido no processo.





Curso de Inverno 2018

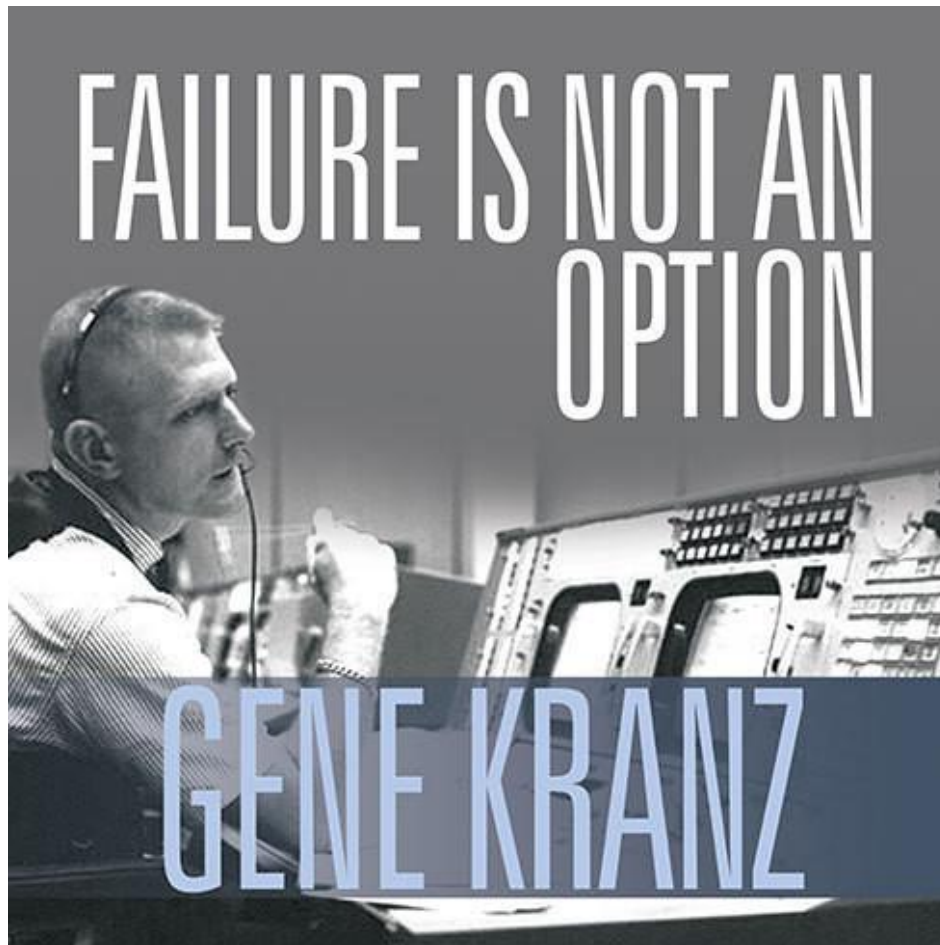
Introdução às Tecnologias Espaciais





Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais





Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Referências

- Musgrave, G. E.; Larsen, A. M.; Sgobba T.; Safety Design for Space Systems - IAASS
- Harland, D. M.; Lorenz R. D., Space Systems Failures – Disasters and rescues of satellites, rockets and space probes, Springer, 2006
- Kranz, G.; Failure is not an option – Mission Control from Mercury to Apollo 13 and Beyond
- Harland, D. M.; Lorenz, R. D., Space Systems Safety – Disasters and Rescues of Satellites, Rockets and Space Probes
- NASA Systems Safety Handbook: Volume 1: Systems Safety Framework and Concepts for Implementation
- NASA Systems Safety Handbook: Volume 2: Systems Safety Concepts, Guidelines, and Implementation Examples
- ECSS Q-ST-40: Space Product Assurance - Safety
- ECSS-Q-ST-40-2C: Space Product Assurance - Hazard analysis
- ECSS-M-ST-80C: Space Project Management – Risk Management
- ECSS-Q-ST-20C: Space Product Assurance – Quality Assurance
- ECSS-Q-20-07A: Space Product Assurance – Quality Assurance for Test Centres
- ECSS-M-ST-10C: Space Project Management – Project Planning and Implementation
- <http://www.space.com/10694-human-spaceflight-dangers-infographic.html>
- <https://sma.nasa.gov/>
- <https://www.nasa.gov/centers/hq/nsc>
- <http://www.nasa.gov/offices/nesc/home/index.html>
- <https://www.youtube.com/watch?v=TkbmoCg2Y6s&feature=youtu.be>



Curso de Inverno 2018

Introdução às Tecnologias Espaciais

Muito Obrigada!

Dados de contato:

Andreia Sorice Genaro, Dr. Eng.

Email: andreia.sorice@inpe.br

Tel: (12) 3208-7032

Endereço:

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ETE - Serviço de Engenharia da Qualidade

Av. dos Astronautas, 1758 – Jardim da Granja

CEP: 1227.010 – São José dos Campos - SP

