



LATIN AMERICAN SPACE CHALLENGE

2020 Guia de Projeto,
Testes e Avaliação



Histórico de Revisão

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA
00	Emissão inicial do documento.	02/02/2020

1. INTRODUÇÃO

A *Latin American Space Challenge* (LASC) é uma série de eventos de três dias que proporcionará o plano de fundo e fornecerá estrutura para a maior competição de engenharia de foguetes experimentais da América Latina.

2. BACKGROUND

O som, o fogo, as altas velocidades e a adrenalina de lançar um foguete encoraja as pessoas a buscarem carreiras baseadas na ciência, tecnologia e matemática e o progresso da ciência e tecnologia de seus países. Uma competição espacial motivam essas pessoas a se estenderem além da sala de aula para projetar e construir foguetes. Estudantes inscritos nesse desafio também podem aprender a trabalhar em equipe resolvendo problemas reais sob a mesma pressão que vão experienciar em suas carreiras futuras.

A *Latin American Space Challenge* (LASC) tem a missão de motivar as pessoas de todos os países da América Latina a desenvolver e lançar um foguete com um pequeno satélite como carga paga. A visão da LASC é prover aos estudantes da América Latina e entusiastas a buscarem seus sonhos apesar das condições de seus países.

3. PROPÓSITO E ESCOPO

Esse documento define os critérios mínimos de projeto, testes e avaliação que os organizadores do evento esperam que as equipes participantes da LASC atendam antes do lançamento na *Latin American Space Challenge*. Os organizadores do evento usam esses critérios para promover a segurança de voo.

Não cumprimento das orientações que esse documento fornece pode afetar negativamente a pontuação da equipe e até a autorização de voo, dependendo do grau de não cumprimento. Os critérios básicos de qualificação para a LASC estão contidos o documento LASC Rules & Requirement. Esse documento é inspirado no documento da Intercollegiate Rocket Engineering Competition (IREC) que incorpora várias regras e medidas de segurança internacionais.

As equipes devem evitar se sentirem constrangidos antes de procurar esclarecimentos e podem contatar a LASC com perguntas ou preocupações de acordo com o alinhamento do planejamento de seus projetos e o Guia de Projeto, Testes e Avaliação da LASC (LASC-GPTA).

4. CONVENÇÃO E NOTAÇÃO

As definições a seguir diferenciam requisitos de outras definições. O grau no qual a equipe satisfaz o espírito e a intenção dessas definições vão guiar as decisões dos juizes na nota geral do projeto na *Latin American Space Challenge*.

- **Deve/Devem:** Esta é a única expressão usada para denotar requisitos mandatórios. A falha ao satisfazer o espírito e a intenção de um requisito mandatório sempre afetará a pontuação do projeto e o status do voo.
- **Tem/Têm:** Esse verbo é usado para se referir à um requerimento recomendável, mas não obrigatório. A falha ao satisfazer o espírito e a intenção de um objetivo não mandatório pode afetar a pontuação do projeto e o status de voo dependendo da implementação do projeto e da habilidade da equipe de fornecer evidências documentais de sua diligência sob demanda.
- **Vai:** Este verbo é usado para denotar fatos e declarações. Os autores usam essa afirmação para deixar claro o espírito e a intenção dos requisitos e objetivos.

Nota: o *status* do voo se refere à garantia da permissão da tentativa de voo e as disposições sob as quais essa permissão permanece válida.

- **Nominal:** O projeto atribuído com status de voo nominal atende ou excede as expectativas mínimas deste documento e revela que não há preocupações óbvias de segurança durante a revisão de segurança na *Latin American Space Challenge*.
- **Provisório:** O projeto atribuído como status de voo provisório. A project assigned provisional flight status geralmente atende às expectativas mínimas deste documento, mas revela preocupações com a segurança de voo durante a revisão de segurança de voo na *Latin American Space Challenge* que podem ser mitigados por modificações em campo ou por ajustando os limites do ambiente de lançamento. O lançamento pode ocorrer apenas quando as provisões prescritas são cumpridas.
- **Negado:** Os oficiais da competição se reservam no direito de negar status de voo a qualquer projeto que falhe atender as expectativas mínimas deste documento ou revelar preocupações de segurança de voo não mitigáveis durante a revisão de segurança de voo *Latin American Space Challenge*.

Um esforço é feito neste documento para diferenciar entre sistemas associados ao veículo lançador e a carga paga. A menos que seja especificado, requisitos que se referem apenas ao veículo lançador não se aplicam à carga paga e vice versa.

5. REVISÃO

É esperado que o Guia de Projeto, Testes e Avaliação da LASC pode precisar de revisões nos meses anteriores à competição. Além disso, as principais revisões serão realizadas mediante reedição completa dos documentos. Essas revisões refletirão em atualizações na data efetiva.

6. DOCUMENTAÇÃO

Os documentos a seguir incluem padrões, orientações, programações ou formulários padrão necessários. Os documentos listados nesta seção são aplicáveis. Os documentos listados nesta seção são aplicáveis à extensão especificada neste documento ou contêm informações de referência úteis na aplicação deste documento.

DOCUMENTO	LOCALIZAÇÃO DO DOCUMENTO
LASC Guia de Projeto, Testes e Avaliação	http://lasc.space/documents-and-rules/
LASC Documento de Programação Mestra	http://lasc.space/documents-and-rules/
LASC Procedimentos Padrão de Operação	http://lasc.space/documents-and-rules/
LASC <i>Entry Form & Progress Update</i>	http://lasc.space/documents-and-rules/
LASC <i>Project Technical Report Template</i>	http://lasc.space/documents-and-rules/
LASC <i>Extended Abstract Template</i>	http://lasc.space/documents-and-rules/
LASC <i>Waiver and Release of Liability Form</i>	http://lasc.space/documents-and-rules/
LASC Guia de Segurança	http://lasc.space/documents-and-rules/

7. SISTEMA DE PROPULSÃO

7.1. PROPELENTES NÃO TÓXICOS

Os veículos lançadores participantes da LASC *devem* usar propelentes não tóxicos. Propelentes compostos de perclorato de amônia (APCP), nitrato de potássio e açúcar ("rocket candy"), óxido nitroso, oxigênio líquido (LOX), peróxido de hidrogênio, querosene, propano, álcool ou outras substâncias similares são consideradas não tóxicas.

Os propelentes tóxicos são definidos como os que necessitam de aparatos de respiração específica, infraestrutura única de estocagem e transporte, equipamentos de proteção pessoal extensivos, entre outros. Pólvora, também conhecido como pólvora negra, não é permitido como parte principal do propelente.

7.2. ARMAÇÃO E SEGURANÇA DO SISTEMA DE PROPULSÃO

O sistema de propulsão é considerado armado apenas se uma ação (e.g. um sinal de ignição) deve ocorrer para que o(s) propelente(s) entre em ignição. A "ação de armação" é usualmente algo (i.e. switches em série) que habilite o sinal de ignição acionar o(s) propelente(s) . Por

exemplo, um circuito de controle baseado em software que circula automaticamente por uma “função de armação” e uma “função de ignição” não implementa armação, de fato. Neste caso, a função de armação do software não previne uma ação única (e.g. iniciando o software de lançamento) de causar uma ignição não autorizada. Esse problema pode ser evitado incluindo um interruptor manual no software.

O sistema de controle de lançamento fornecido pela LASC descrito na Seção 14.2 deste documento fornece funcionalidade suficiente de armação para quase todos os veículos lançadores usando sistemas de propulsão sólida de foguete de estágio único.

Portanto, esses requisitos geralmente dizem respeito a sistemas de propulsão mais complexos (i.e. sistemas híbridos e líquidos) e todos os sistemas de controle de lançamento feito pelas equipes. Requisitos adicionais para sistemas de controle de lançamento feito pelas equipes são definidos na Seção 15 deste documento.

7.2.1. ARMAÇÃO DO CIRCUITO DE IGNIÇÃO DE SOLO

Todos os circuitos/sequências de ignição de sistemas propulsivos iniciados em solo *não devem* estar “armados” até que os envolvidos estejam a pelo menos 15 metros longe do veículo lançador.

O sistema de controle de lançamento fornecido pela LASC satisfaz este requisito implementando um “*jumper* de segurança” removível em série que o relay da caixa de suprimento de energia da base de lançamento. A remoção deste *jumper* previne o envio de corrente elétrica a qualquer uma das bases de lançamento associadas.

Além disso, acesso ao socket permitindo a inserção do jumper é controlado por meio de várias travas físicas para garantir que todas as partes tenham controle positivo de sua própria segurança. Apenas circuitos de ignição em solo são permitidos. Foguetes multiestágios não são permitidos na *Latin American Space Challenge*.

7.2.2. DESCARREGAMENTO DE PROPELENTE APÓS ABORTO DE LANÇAMENTO

Os sistemas propulsivos híbridos e líquidos *devem* implementar formas de controle remoto de ventilação ou descarregamento de todos os propelentes líquidos ou gasosos no evento de um aborto de lançamento.

7.3. TESTE DE SISTEMAS PROPULSIVOS

As equipes *devem* cumprir com todas as regras, regulações e boas práticas impostas pelas autoridades do(s) local(ais) de testes escolhido(s). Os requisitos a seguir se preocupam em verificar os testes de sistemas propulsivos pesquisados e desenvolvidos.

A LASC recomenda que as equipes completem os testes dois meses anteriormente ao evento. Não sendo um requisito, esta data é recomendada para garantir que as equipes estejam preparadas para a *Latin American Space Challenge*.

7.3.1. TESTE DE PRESSÃO DA CÂMARA DE COMBUSTÃO

Todas as câmaras de combustão dos sistemas propulsivos *devem* ser projetadas e testadas de acordo com requisitos de vasos de pressão definidos na Seção 9.2 deste documento. Note que câmaras de combustão são excluídas do requisito de dispositivo de alívio.

7.3.2. TESTE DOS TANQUES DE SISTEMAS HÍBRIDOS E LÍQUIDOS

Todos os sistemas propulsivos usando propelente(s) líquido(s) (sem anomalias significativas) *devem* completar um teste de carregamento e descarregamento de propelente em “configuração de lançamento”. Esse teste pode ser conduzido usando o propelente real ou fluidos similares.

7.3.3. TESTES DE QUEIMA (TIRO) ESTÁTICA

Todos os sistemas propulsivos *tem que* completar com sucesso (sem anomalias significativas) um teste estático de queima instrumentado (pressão na câmara e/ou empuxo) em escala completa (incluindo o tempo de trabalho do sistema) antes da LASC. No caso de motores de foguete sólidos esse teste não precisa ser realizado com o mesmo casing e/ou tubeira a ser usada na LASC (exemplo: equipes tem que verificar o projeto do casing, mas não são forçados a projetar cases de motor recarregáveis/reusáveis).

8. SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO E AVIÔNICA

8.1. RECUPERAÇÃO POR PARAQUEDAS E PARAFOIL DE EVENTO DUPLO

Cada objeto independente recuperado do veículo lançador que chegue a um apogeu *maior que 1500 metros* acima do nível do solo (AGL) *devem* seguir um conceito de operação (CONOPS) de recuperação de “evento duplo”, incluindo uma liberação inicial (e.g. uma liberação de um paraquedas guia(drogue)) e um evento de liberação principal(e.g. uma liberação do paraquedas principal).

Os objetos que atingem até 1500 metros AGL podem ter um evento único de liberação. Veículos multiestágios não são permitidos e motores de aceleração (boosters) laterais não podem ser usados na configuração do foguete.

8.1.1. EVENTO INICIAL DE LIBERAÇÃO

O evento inicial de liberação tem que ocorrer no apogeu ou próximo a ele, tem que estabilizar a atitude do veículo e reduzir a taxa de descida suficiente para permitir a liberação do evento principal para que não cause alta força de arrasto (e.g. entre 20-45 m/s).

8.1.2. EVENTO PRINCIPAL DE LIBERAÇÃO

O evento principal de liberação *deve* ocorrer em uma altitude que não seja maior que 500 metros AGL e reduzir a taxa de descida suficientemente para prevenir dano excessivo no impacto com o solo, ou seja, menor que 10 m/s.

As equipes com foguetes a serem recuperadas em um ponto fora da *Área de Risco do Cabo Canavial* será penalizada se a razão principal for uma ejeção precoce do sistema de liberação principal.

8.1.3. PROTEÇÃO CONTRA EJEÇÃO DE GÁS

O sistema de recuperação *deve* implementar uma proteção adequada (e.g. material resistente à fogo, pistões, placas) para prevenir a ejeção de gases quentes (se implementado) de causar dano às cordas de retenção e outros componentes vitais às demandas de projeto.

8.1.4. LIGAÇÃO GIRATÓRIA NO PARAQUEDAS (SWIVEL LINKS)

Os equipamentos do sistema de recuperação (e.g. linhas do paraquedas, cordas de choque) *tem que* implementar *swivel links* nas conexões para aliviar a torsão especificada no projeto. Isso vai mitigar o risco de cargas de torque desenroscar conexões de rosca durante a recuperação.

8.1.5. COLORAÇÃO E MARCAS DO PARAQUEDAS

Quando paraquedas separados são usados para eventos de liberação inicial e principal, esses paraquedas *devem* ser altamente diferentes um do outro visualmente. Isso é tipicamente atingido cores que se geram contraste entre si para permitir que observadores em solo caracterizem mais facilmente a liberação dos eventos.

8.2. SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO SEM PARAQUEDAS/PARAFOIL

Equipes explorando outros métodos de recuperação *devem* notificar a LASC de suas intenções o mais cedo possível e manter a LASC informada da situação do sistema e do progresso do trabalho. A LASC pode pedir mais informações e escrever requisitos únicos dependendo do sistema que a equipe quer implementar.

8.3. ELETRÔNICA REDUNDANTE

Veículos lançadores *devem* implementar eletrônica redundante do sistema de recuperação, incluindo sensores/computadores de voo e “iniciadores elétricos” - garantindo a iniciação por um sistema reserva, com uma fonte de energia separada (i.e. bateria), se o sistema principal falhar.

Neste contexto, um iniciador elétrico é o dispositivo energizado pelo sensor da eletrônica que depois inicia algum outro sistema mecânico ou liberação de energia química para liberar a sua porção do sistema de recuperação (i.e. squibs, fio de nicromo).

8.3.1. ELETRÔNICA DE RECUPERAÇÃO COTS REDUNDANTE

Pelo menos um subsistema eletrônico do sistema de recuperação *deve* implementar um computador COTS (e.g. PION Altimeter Lite, StratoLogger, G-Wiz, Raven, Parrot, Eggtimer, AIM, EasyMini, TeleMetrum, RRC3). Esse computador de voo pode também servir de sistema principal de obtenção de dados de altitude, especificado na Seção 6.5 do Documento de Regras & Requisitos da LASC.

Para ser considerado COTS, o computador de voo (incluindo o software) tem que ter sido desenvolvido e validado por uma empresa comercial. Enquanto kits de computador de voo projetados comercialmente (e.g. the Eggtimer) são permitidos e considerados COTS, qualquer computador de voo desenvolvido e montado de componentes COTS separados não serão considerados um sistema COTS. Similarmente, qualquer microcontrolador COTS executando um software desenvolvido pela equipe não será considerado um sistema COTS.

8.3.2. ELETRÔNICA DISSIMILAR DE RECUPERAÇÃO REDUNDANTE

Não há requisitos que o sistema redundante seja diferente do principal, porém existem vantagens nessa abordagem. Essas configurações são menos vulneráveis à qualquer sensibilidades do ambiente, do projeto ou que afete um componente particular.

8.4. FIAÇÃO CRÍTICA DE SEGURANÇA

Para este documento, fiação crítica de segurança é definida fiação elétrica associada aos eventos de liberação do sistema de recuperação.

8.4.1. GERENCIAMENTO DE CABOS

Toda a fiação crítica *deve* implementar uma solução de gerenciamento de cabos (e.g. amarras, cliques, guias para cabos) que vai prevenir emaranhamento e movimento livre excessivo dos cabos devido às cargas de lançamento.

Esse requisito não se destina a negar a pequena quantidade de folga necessária em todas as conexões/terminais para evitar descargas involuntárias devido às cargas de lançamento esperadas transferidas para a fiação/cabos nas interfaces físicas.

8.4.2. CONEXÕES SEGURAS

Todas as conexões críticas de segurança para fiação/cabos *devem* ser suficientemente seguras para evitar desconexões devido às cargas de lançamento esperadas. Isso será avaliado por um "teste de puxe", no qual a conexão é suave, mas firmemente, "puxada" à mão para verificar se é improvável que ela se solte durante o voo.

8.5. DISPOSITIVOS ENERGIZADOS DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO

Todos os dispositivos de energia armazenada (i.e. energizados) usados em sistemas de recuperação *devem* cumprir os requisitos de dispositivos energizados definidos na Seção 9 deste documento.

8.6. TESTES DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO

As equipes *devem* cumprir todas as regras, regulações e boas práticas impostas pelas autoridades no(s) local(is) escolhido(s) de teste escolhido(s). Os seguintes requisitos dizem respeito ao teste de verificação de todos os sistemas de recuperação. A organização da LASC recomenda que as equipes terminem os testes dois meses antes do evento. Embora não seja um requisito, essa data é recomendada para garantir que as equipes estejam preparadas para a *Latin American Space Challenge*.

8.6.1. TESTE DE DEMONSTRAÇÃO EM SOLO

Todos os mecanismos do sistema de recuperação *devem* ser testados com sucesso (sem anomalias significativas) antes da LASC, seja por testes de voo ou por meio de um ou mais testes dos principais subsistemas. No caso de tais testes em solo, sensores da eletrônica será funcionalmente incluída na demonstração simulando as condições ambientais sob as quais sua função de liberação é acionada.

8.6.2. DEMONSTRAÇÃO OPCIONAL EM TESTE DE VOO

Todos os mecanismos do sistema de recuperação *devem* ser testados com sucesso (sem significantes anomalias) antes da LASC, seja por voo de teste ou por meio de um ou mais testes em solo. Embora não seja obrigatório, um teste de voo pode ser usado no lugar dos testes de solo. No caso de um teste de voo, o sistema de recuperação verificará o projeto pretendido implementando os mesmos componentes principais do subsistema que serão integrados ao veículo lançador destinado à LASC.

9. DISPOSITIVOS COM ENERGIA ARMazenada

9.1. SEGURANÇA E ARMAÇÃO DE DISPOSITIVOS ENERGIZADOS

Todos os dispositivos energizados *devem* estar na posição de segurança/segura (i.e. "remover antes do voo ser conectado" - "remove before flight connected") até que o foguete esteja na posição de lançamento, nesse ponto eles podem estar "armados". Um dispositivo energizado é considerado na posição de segurança/segura quando dois eventos separados são necessários para liberar a energia.

Um dispositivo energizado é considerado armado quando apenas um evento é necessário para liberar a energia. Para os fins deste documento, dispositivos energizados são definidos como todos os dispositivos de energia armazenada - exceto os sistemas de propulsão - que têm um potencial razoável de causar lesões corporais ao liberar energia. A tabela a seguir lista alguns tipos comuns de dispositivos de energia armazenada e visões gerais em qual configuração são considerados não energizados, seguros ou armados.

CLASSE DE DISPOSITIVO	NÃO ENERGIZADO	SEGURO	ARMADO
Ignitores/Squibs	Ignitores pequenos/squibs, nicromo , fio ou similar	Ignitores grandes com pontas separadas	Ignitores grandes com pontas juntas
Pirogênicos (e.g. pólvora negra)	Quantidades muito pequenas contidas em dispositivo que não produz estilhaços (eg cortadores e válvulas pirotécnicas)	Altas quantidades sem ignitor, ignitor sem pontas juntas ou ignitor(es) conectado(s) à aviônica sem energia	Altas quantidades com ignitor de pontas juntas ou ignitores conectados à aviônica com energia
Dispositivos mecânicos (e.g. molas poderosas)	Estado desenergizado/relaxado, pequenos dispositivos	Travada mecanicamente e não liberável por um único evento	Destravada e liberável por um único evento
Vasos de pressão	Vasos de pressão não carregados	Vasos carregados com dois eventos para abrir a válvula principal	Vasos carregados com um evento para abrir a válvula principal

Embora essas definições sejam consistentes com a definição de armamento do sistema de propulsão fornecida na Seção 7 deste documento, esse requisito é direcionado principalmente à energia usada pelos sistemas de recuperação e se estende a todas os outros dispositivos energizados usadas em experimentos, sistemas de controle e outros.

Observe que, embora a Seção 7.2.1 exige que os sistemas de propulsão sejam armados somente após a evacuação da área da base de lançamento. Este requisito permite que o pessoal arme outros dispositivos de energia armazenada no trilho de lançamento.

9.1.1. ACESSO AO DISPOSITIVO DE ARMAMENTO

Todos os recursos de armação de dispositivos energizados *devem* ser acessíveis e controláveis externamente. Isso não impede o uso limitado de painéis de acesso que podem ser protegidos para o vôo enquanto o veículo estiver na posição de lançamento.

9.1.2. LOCALIZAÇÃO DO DISPOSITIVO DE ARMAMENTO

Todos os recursos de armamento de dispositivo energizado *devem* estar localizados na estrutura do veículo, de forma que qualquer liberação de energia inadvertida por esses dispositivos não afete o pessoal que os arma. Por exemplo, a chave do switch e de armar um dispositivo energizado usado para implantar um painel não deve estar localizada na mesma posição de relógio da estrutura que o painel implantado por essa carga.

9.2. VASOS DE PRESSÃO

Os seguintes requisitos referem-se ao projeto e testes de verificação de vasos de pressão. Os vasos de pressão COTS não modificados utilizados para outras especificações que não as anunciadas serão considerados modificados e sujeitos a esses requisitos.

9.2.1. DISPOSITIVO DE ALÍVIO

Todos os vasos de pressão *devem* implementar um dispositivo de alívio, configurado para abrir a uma pressão não superior à pressão de prova especificada nos seguintes requisitos. As válvulas de ventilação são consideradas dispositivos de alívio, se puderem ser controladas remotamente. A câmara de combustão do sistema de propulsão de motores de foguete estão isentas deste requisito.

9.2.2. PRESSÃO DE RUPTURA PARA VASOS DE PRESSÃO METÁLICOS

Todos os vasos de pressão pesquisados e desenvolvidos ou COTS modificados construídos inteiramente a partir de materiais isotrópicos (por exemplo, metais) *devem* ser projetados para uma pressão de ruptura não inferior a 2 vezes a pressão operacional máxima esperada, onde a pressão operacional máxima é a pressão máxima esperada durante as operações de pré-lançamento, lançamento, voo e recuperação.

9.2.3. PRESSÃO DE RUPTURA PARA VASOS DE PRESSÃO COMPOSTAS

Todos os vasos de pressão pesquisados e desenvolvidos, COTS modificados ou construídos inteiramente a partir de materiais não isotrópicos (e.g. fibra de vidro) ou implementando uma sobreposição composta de um vaso metálico (e.g. vasos de pressão com sobreposição composta; COPV) *devem* ser projetados para uma pressão de ruptura não inferior a 3 vezes a pressão operacional máxima esperada, em que a pressão operacional máxima é a pressão máxima esperada durante as operações de pré-lançamento, lançamento, voo e recuperação.

9.2.4. TESTES DE VASOS DE PRESSÃO

As equipes *devem* cumprir todas as regras, regulamentos e boas práticas impostas pelas autoridades no(s) local(ais) de teste(s) escolhido(s). Os vasos de pressão COTS não modificados utilizados para outras especificações que não as anunciadas serão considerados modificados e sujeitos a esses requisitos.

As câmaras de combustão do sistema de propulsão de motores de foguete pesquisadas e desenvolvidas (incluindo COTS modificado) também estão incluídas. A LASC recomenda que as equipes concluam esses testes dois meses antes do evento. Embora o teste dos vasos de pressão *não* seja um requisito, esta data é recomendada para garantir que as equipes estejam preparadas para a LASC.

9.2.5. TESTE DE PROVA DE PRESSÃO

Os vasos de pressão pesquisados e desenvolvidos (incluindo COTS modificado) *têm* que ser testados com êxito (sem anomalias significativas), com pressão de 1,5 vezes a pressão operacional máxima esperada, pelo menos duas vezes o tempo de trabalho máximo do sistema, usando o(s) artigo(s) de voo pretendido(s) (por exemplo, o(s) vaso(s) de pressão usado(s) no teste de prova deve ser o mesmo(s) voado(s) no LASC). O tempo máximo de trabalho do sistema é definido como a duração máxima ininterrupta em que a embarcação permanecerá pressurizada durante as operações de pré-lançamento, lançamento, voo e recuperação.

10. SISTEMAS ATIVOS DE CONTROLE DE VOO

10.1. FUNCIONALIDADES DE CONTROLE RESTRITOS

Os sistemas de controle de voo ativo do veículo de lançamento *devem* ser opcionalmente implementados estritamente para aumentar a estabilidade da arfagem e/ou do rolamento ou para "frenagem" aerodinâmica. Sob nenhuma circunstância um veículo de lançador participante do LASC será guiado ativamente em direção a um alvo espacial designado.

A Organização LASC pode fazer solicitações adicionais de informações e elaborar requisitos exclusivos, dependendo da implementação específica do projeto da equipe.

10.2. DESNECESSÁRIO PARA VOO ESTÁVEL

Os veículos de lançadores que implementam controles de voo ativos *devem* ser naturalmente estáveis sem que esses controles sejam implementados.

Os sistemas de controle de atitude *servirão* apenas para mitigar as pequenas perturbações que afetam a trajetória de um foguete estável que implementa apenas superfícies aerodinâmicas fixas para estabilidade. A estabilidade é definida na Seção 13 deste documento. A Organização LASC pode fazer solicitações adicionais de informações e elaborar requisitos exclusivos, dependendo da implementação específica do projeto da equipe.

10.3. PROJETADO PARA FALHAR DE FORMA SEGURA

Os atuadores de controle *devem* travar mecanicamente em um estado neutro sempre que um sinal de aborto for recebido por qualquer motivo, perda da energia primária do sistema ou a

atitude do veículo de lançamento exceder 30 graus da sua elevação de lançamento. Qualquer uma dessas condições atendidas acionará o estado neutro do sistema à prova de falhas.

Um estado neutro é definido como aquele que *não* aplica nenhum momento ao veículo de lançamento (por exemplo, superfícies aerodinâmicas aparadas ou retraídas, jatos de gás desligados).

10.4. FIM DA FASE DE ACELERAÇÃO

Os sistemas de atuadores de controle *devem* travar mecanicamente em um estado neutro até que a fase de aceleração da missão termine (ou seja, o estágio propulsivo tenha cessado de produzir empuxo) ou o veículo lançador tenha cruzado o ponto de pressão aerodinâmica máxima (Max Q) em sua trajetória. Qualquer uma dessas condições atendidas permitirá o estado ativo do sistema. Um estado neutro é definido como aquele que não aplica nenhum momento ao veículo de lançamento (por exemplo, superfícies aerodinâmicas aparadas ou retraídas, jatos de gás desligados).

10.5. SISTEMAS ELETRÔNICOS DE CONTROLE ATIVO DE VOO

Sempre que possível, todos os sistemas de controle ativo *têm* que cumprir os requisitos e objetivos para "eletrônicas redundantes" e "fiação crítica de segurança" como sistemas de recuperação - entendendo que, neste caso, "iniciação" refere-se a sistemas de atuadores de controle comandam, ao invés de um evento de recuperação. Esses requisitos e metas são definidos nas seções 8.3 e 8.4, respectivamente, deste documento.

10.6. SISTEMAS DE CONTROLE ATIVO DE VOO ENERGIZADOS

Todos os dispositivos de energia armazenada usados em sistemas de controle de voo ativo *devem* cumprir os requisitos de dispositivo energizado definidos na Seção 9 deste documento.

11. ESTRUTURA E FUSELAGEM

11.1. VENTILAÇÃO ADEQUADA

Os veículos de lançadores *devem* ser adequadamente ventilados para evitar que pressões internas não intencionais desenvolvidas durante o voo causem danos à estrutura da aeronave ou quaisquer outras alterações não planejadas na configuração.

Normalmente, um orifício de 0,3 a 0,5 cm é perfurado na seção de reforço logo atrás da área do ombro do nariz ou da carga útil e através do casco ou anteparo de qualquer compartimento isolado da mesma forma.

11.2. INTEGRIDADE GERAL DA ESTRUTURA

Os veículos lançadores *serão* construídos para suportar as tensões operacionais e reter a integridade estrutural nas condições encontradas durante o manuseio, assim como no voo do foguete. Os requisitos a seguir abordam alguns pontos-chave aplicáveis a quase todos os foguetes amadores de alta potência, mas não são exaustivos quanto às condições que afetam cada projeto exclusivo. As equipes são responsáveis por entender, analisar e mitigar completamente o conjunto de cargas exclusivo de seu projeto.

11.2.1. SELEÇÃO DE MATERIAL

Os componentes de PVC (e polímeros de baixa temperatura similares) *não devem* ser utilizados em nenhuma capacidade estrutural (ou seja, suporte de carga), principalmente como parafusos de olhal de suporte de carga, estruturas de veículo lançador ou câmaras de combustão de sistemas de propulsão para as categorias de apogeu-alvo de 3 km.

11.2.2. PARAFUSOS OLHAIS E EM U COMO SUPORTE DE CARGA

Todos os parafusos de olhal dos suportes de carga *devem* ser do tipo de olho fechado, forjado - *não* do tipo de arame dobrado de olho aberto. Além disso, todos os parafusos de olhal e parafusos em U devem ser de aço. Esse requisito se estende a qualquer conjunto de parafuso e porca de olhal usado no lugar de um parafuso de olhal.

11.2.3. IMPLEMENTANDO TUBOS DE ACOPLAMENTO

As juntas da estrutura da fuselagem que implementam os "tubos de acoplamento" *têm* que ser projetadas de modo que o tubo de acoplamento se estenda não menos que um diâmetro em ambos os lados da junta - medido a partir do plano de separação. Independentemente da implementação (e.g. RADAX), as juntas da estrutura *serão* "rígidas" (isto é, impedirão a flexão).

11.2.4. FIXAÇÃO MECÂNICA DA GUIA DE LANÇAMENTO

As guias de lançamento (guias do trilho) *têm* que implementar "pontos rígidos" para fixação mecânica na estrutura do veículo lançador. Essas áreas endurecidas/reforçadas na estrutura do veículo, como um bloco de madeira instalado na superfície interna da estrutura, onde cada guia de lançamento é conectada, ajudarão a atenuar as "saídas" da guia durante as operações.

Durante a LASC, os oficiais da competição *podem* exigir que as equipes levantem seus veículos lançadores pelas guias e/ou demonstrem que a guia inferior pode suportar o peso do veículo na vertical antes de permitir que eles continuem com os preparativos de lançamento.

11.2.5. GUIA DE LANÇAMENTO INFERIOR

A guia de lançamento inferior *deve* suportar o peso do veículo totalmente carregado do enquanto na vertical.

Durante a LASC, os oficiais da competição podem exigir que as equipes levantem seus veículos de lançamento pelas guias e/ou demonstrem que a guia inferior pode suportar o peso do veículo quando na vertical, antes de permitir que eles continuem com os preparativos de lançamento.

11.3. MARCAS DE IDENTIFICAÇÃO

O ID da equipe (um número atribuído pela Organização LASC) *deve* ser claramente identificado na estrutura do veículo lançador. O ID da equipe *será* exibido de forma destacada, ajudando os oficiais da competição a identificar positivamente o hardware do projeto com sua respectiva equipe no LASC.

11.4. OUTRAS MARCAÇÕES

Não há requisitos para a coloração ou marcas na estrutura do veículo além dos especificados neste documento; no entanto, a Organização da LASC oferece as seguintes recomendações às equipes. Esquemas de alta visibilidade (por exemplo, preto de alto contraste, laranja, vermelho) e as marcações do centro de pressão e de gravidade do veículo lançador.

12. CARGA PAGA

12.1. RECUPERAÇÃO DA CARGA PAGA

As cargas úteis *podem* ser ejetadas ou permanecer anexadas ao veículo lançador durante o voo. As cargas úteis ejetáveis tem que incorporar um sistema de recuperação independente, reduzindo a velocidade de descida da carga útil para menos de 10 m/s antes de descer por uma altitude de 500 metros AGL.

Observe que, enquanto as cargas úteis ejetáveis implementando um sistema de recuperação baseado em paraquedas ou parafoil *não* são necessárias para atender aos requisitos de evento duplo descritos na Seção 8.1 deste documento.

As equipes são aconselhadas que qualquer hardware que ultrapasse os limites da área de lançamento seja abandonado ou recuperado às custas da equipe. A área de lançamento será informada durante a Conferência LASC.

12.1.1. ELETRÔNICA E FIAÇÃO CRÍTICA DE SEGURANÇA

As cargas úteis que implementam sistemas de recuperação independentes *devem* cumprir os mesmos requisitos e objetivos do veículo lançador para "eletrônica

redundante" e "fiação crítica de segurança". Esses requisitos e objetivos são definidos nas seções 8.3 e 8.4, respectivamente, deste documento.

12.1.2. TESTE DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DA CARGA ÚTIL

As cargas úteis que implementam sistemas de recuperação independentes *devem* cumprir os mesmos requisitos e objetivos do veículo lançador em "testes do sistema de recuperação". Esses requisitos e objetivos são definidos na Seção 8.6 deste documento.

12.2. DISPOSITIVOS ENERGIZADOS DA CARGA ÚTIL

Todos os dispositivos de energia armazenada usados em sistemas de carga útil *devem* cumprir os requisitos de dispositivos energizados definidos na Seção 9 deste documento.

13. REQUISITOS DE LANÇAMENTO E TRAJETÓRIA DE SUBIDA

13.1. AZIMUTE E ELEVAÇÃO DE LANÇAMENTO

Os veículos lançadores *devem* ser lançados nominalmente em um ângulo de elevação de $85^\circ \pm 2^\circ$ e um azimute de lançamento definido pelos oficiais da competição na LASC. Os oficiais da competição se reservam o direito de exigir que a elevação de lançamento de certos veículos seja tão baixa quanto 70° se possíveis problemas de segurança de voo forem identificados durante as atividades de pré-lançamento.

13.2. ESTABILIDADE DE LANÇAMENTO

Os veículos lançadores *devem* ter velocidade suficiente ao sair do trilho de lançamento para garantir que sigam trajetórias de voo previsíveis. Geralmente, uma velocidade de partida do trilho de pelo menos 30 m/s é aceitável. Como alternativa, a equipe pode usar uma análise detalhada para provar que a estabilidade é alcançada a uma velocidade inferior a 15 m/s, teoricamente (e.g. simulação em computador) ou empiricamente (e.g. testes de voo).

A partida do trilho de lançamento é definida como o primeiro instante em que o veículo de lançamento fica livre para se mover sobre o eixo de arfagem, guinada ou rotação. Isso geralmente ocorre no instante em que o último guia do trilho à frente do centro de gravidade do veículo (CG) se separa do trilho de lançamento.

Observe que a organização LASC fornecerá trilhos de lançamento medindo pelo menos 6 metros de comprimento. As equipes cujos projetos prevêem a necessidade de um trilho maior, devem providenciá-los independentemente da LASC. Os requisitos para os trilhos de lançamento são definidos na Seção 15 deste documento. A seção 14.1 deste documento descreve os trilhos de lançamento fornecidos pelo LASC.

13.3. ESTABILIDADE DE SUBIDA

Os veículos lançadores *devem* permanecer "estáveis" durante toda a subida. Define-se "estável" como a manutenção da margem estática entre 1,5 a 2 calibres corporais, independentemente do movimento do CG devido ao esgotamento dos consumíveis e à localização do centro de pressão de deslocamento (CP) devido aos efeitos de arrasto (que podem se tornar significativos até 0,5 Mach). *Não* cair abaixo de 2 calibres corporais *será* considerado nominal, enquanto cair abaixo de 1,5 calibres corporais *será* considerado uma perda de estabilidade.

13.4. SUPER ESTABILIDADE

Todos os veículos de lançamento *têm* que evitar "super estabilidade" durante sua subida. Um veículo de lançamento pode ser considerado superestável com uma margem estática significativamente maior que 2 calibres corporais (por exemplo, maior que 6 calibres corporais).

14. EQUIPAMENTOS DE SUPORTE FORNECIDOS PELA LASC

14.1. TRILHOS DE LANÇAMENTO FORNECIDOS PELA LASC

A Organização LASC fornecerá trilhos de lançamento de alumínio de pelo menos 6 metros de comprimento com 40 mm x 40 mm. Mais detalhes estão no Apêndice B. Esses trilhos acomodam praticamente qualquer diâmetro e comprimento de corpo do foguete. Nesses trilhos, o foguete é carregado horizontalmente em cima do trilho e, em seguida, o trilho é erguido na elevação de lançamento necessária. Todos os veículos lançadores tem que se fixar a esses trilhos de lançamento por meio de pelo menos duas guias de lançamento que, juntas, suportam o peso do veículo totalmente carregado, se suspenso horizontalmente. Uma vez montado, o veículo de lançamento será apoiado verticalmente por uma parada mecânica submersa no trilho - cuja posição pode ser ajustada.

Na LASC, os oficiais da competição podem exigir que as equipes levantem seus veículos de lançamento pelas guias de lançamento e/ou demonstrem que a guia inferior pode suportar o peso do veículo quando vertical, antes de permitir que eles continuem com os preparativos de lançamento.

14.2. SISTEMA DE CONTROLE DE LANÇAMENTO FORNECIDO PELA LASC

A Organização LASC fornecerá uma Unidade de Controle de Lançamento Remoto (RLCU) da PION. O detalhamento será fornecido durante a Latin American Space Challenge. Observe que os sistemas de propulsão híbridos e líquidos *podem* exigir dispositivos personalizados da equipe. A Organização LASC *não será* responsável por nenhum dispositivo adicional necessário para projetos de foguetes híbridos e líquidos.

15. EQUIPAMENTO DE SUPORTE DE LANÇAMENTO DA EQUIPE

15.1. PORTABILIDADE DO EQUIPAMENTO

Se possível/praticável, as equipes *têm* que tornar seus equipamentos de apoio ao lançamento portáteis por uma curta distância (algumas dezenas de metros). As considerações ambientais no local de lançamento permitem apenas o uso limitado de veículos automotores além das estradas designadas, acampamentos e áreas do acampamento base.

15.2. ELEVAÇÃO DO TRILHO DE LANÇAMENTO

Os trilhos de lançamento fornecidos pela equipe *devem* implementar a elevação nominal de lançamento especificada na Seção 13.1 deste documento e, se ajustável, não permitir o lançamento em ângulos maiores que a elevação nominal ou inferiores a 70°.

15.3. ALCANCE OPERACIONAL

Todos os sistemas de controle de lançamento fornecidos pela equipe *devem* ser operados eletronicamente e ter um alcance operacional mínimo de 200 metros do trilho de lançamento. É preferido um alcance operacional de pelo menos 500 metros. O intervalo operacional máximo é definido como o intervalo no qual o lançamento pode ser comandado de maneira confiável.

15.4. TOLERÂNCIA DE FALHAS E ARMAMENTO

Todos os sistemas de controle de lançamento fornecidos pela equipe *devem* ser pelo menos tolerantes a falhas ao implementar um intertravamento de segurança removível (ou seja, um jumper, chave a ser mantida em posse da equipe de armamento durante o armamento, um sistema de remoção antes do voo) em série com o interruptor de lançamento.

15.5. CHAVES DE SEGURANÇA CRÍTICA

Todos os sistemas de controle de lançamento fornecidos pelas equipes *devem* implementar chaves de ignição do tipo momentâneo, normalmente aberto, para remover o sinal quando liberado. Interruptores de mercúrio ou "rolo de pressão" não são permitidos em nenhum lugar nos sistemas de controle de lançamento das equipes.

APÊNDICE A: ACRÔNIMOS, ABREVIACÕES E TERMOS

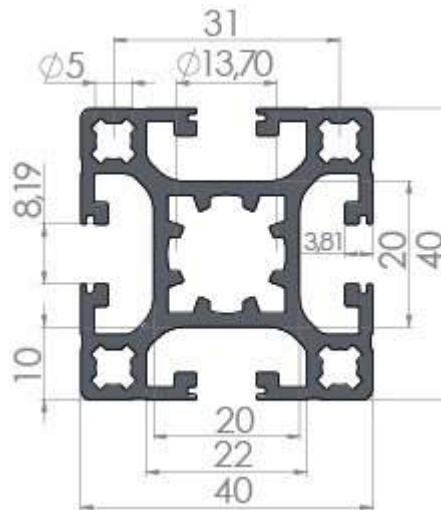
ACRÔNIMOS E ABREVIACÕES	
AGL	Above Ground Level
APCP	Ammonium Perchlorate Composite Propellant
CG	Center of Gravity
CP	Center of Pressure
CONOPS	Concept of Operations
COPV	Composite Overwrapped Pressure Vessel
COTS	Commercial Off-the-Shelf
GPS	Global Positioning System
LASC	Latin American Space Challenge
LOX	Liquid Oxygen

TERMOS	
Foguete Amador	O regulamento dos Estados Unidos 14 CFR, Part 1, 1.1 define um foguete amador como um foguete não tripulado "impulsionado por um motor ou motores com um impulso total combinado de 889.600 Newton-segundos (200.000 libras-segundo) ou menos e não pode atingir uma altitude maior a 150 km (93,2 milhas estatutárias) acima da superfície da Terra".
Calibre Corporal	Uma unidade de medida equivalente ao diâmetro da estrutura do veículo lançador em questão.
	Dano excessivo é definido como qualquer dano a ponto de que, se os consumíveis pretendidos pelos sistemas fossem reabastecidos e ele não

Dano Excessivo	pudesse ser iniciado novamente com segurança. Consumíveis pretendidos refere-se aos itens que, dentro do razoável, devem ser reparados/substituídos após uma missão nominal (por exemplo, propulsores, gases de pressurização, dispositivos energizados) e pode ser estendida para incluir a substituição de aletas danificadas projetadas especificamente para uma substituição fácil e rápida.
-----------------------	--

APÊNDICE B: TRILHOS DE LANÇAMENTO FORNECIDOS PELA LASC

TRILHOS DE LANÇAMENTO DE ALUMÍNIO 40X40



(Dimensões em milímetros)