

**Competição SAE BRASIL AeroDesign
Classes Regular, *Advanced* e *Micro***

**Manual de Boas Práticas de Segurança
– SAE BRASIL AeroDesign**

Revisão_00

Maio de 2022

Índice

INTRODUÇÃO	3
COMO UTILIZAR ESTE MANUAL	4
PARTE I: ITENS ESSENCIAIS (EXIGIDOS NA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA)	5
1. CHECK LIST OBRIGATÓRIO PARA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA	6
1.1. INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE RÁDIO CONTROLE (REQUISITOS PARA INSTALAÇÃO DOS SISTEMAS ELETROELETRÔNICOS / COMANDOS DA AERONAVE)	8
1.1.1. <i>Conjunto Rádio Transmissor / Receptor</i>	8
1.2. INFORMAÇÕES ADICIONAIS SOBRE RÁDIOS TRANSMISSORES E RECEPTORES	15
1.2.1. <i>Rádios PERMITIDOS</i>	15
1.2.2. <i>Rádios NÃO PERMITIDOS</i>	16
1.3. EXTENSÕES (SISTEMA DE COMANDOS DE VOO E ENERGIA)	17
1.3.1. <i>Extensões fabricadas pela equipe</i>	17
1.4. INFORMAÇÕES ADICIONAIS SOBRE AS BATERIAS	19
1.4.1. <i>Verificação da carga da bateria</i>	19
1.4.2. <i>Instalação do Voltwatch</i>	20
1.5. COMANDOS DE VOO	21
1.6. ARTICULAÇÕES DAS SUPERFÍCIES DE COMANDO	22
1.7. FIXAÇÃO COM PARAFUSOS DE ROSCA SOBERBA	27
PARTE II: BOAS PRÁTICAS DE SEGURANÇA	29
2. ITENS BÁSICOS PARA PROJETO E FABRICAÇÃO DA AERONAVE	30
2.1. ESTRUTURA - INTRODUÇÃO	30
2.1.1. <i>Materiais empregados – Dicas</i>	30
2.1.2. <i>Reforços</i>	31
2.1.3. <i>Uniões</i>	31
2.1.4. <i>Uniões por Parafusos e Pinos</i>	32
2.1.5. <i>Uniões por Soldas</i>	33
2.1.6. <i>Entelagem</i>	33
2.2. ALINHAMENTO	34
2.3. IMPERMEABILIZAÇÃO	37
2.4. FOLGAS	37
2.5. RIGIDEZ DOS COMPONENTES ESTRUTURAIS	38
2.6. UNIÃO ENTRE COMPONENTES ESTRUTURAIS	38
2.7. TREM DE POUSO	40
3. INSTALAÇÃO DE SISTEMAS – MOTOR E COMBUSTÍVEL	42
3.1. INSTALAÇÃO DO MOTOR E TANQUE DE COMBUSTÍVEL	42

Introdução

O Manual de Boas Práticas de Segurança, o qual teve sua primeira edição em 2006, é destinado a dar sugestões de métodos e práticas aplicadas por aeromodelistas com foco na Competição SAE BRASIL AeroDesign, e em especial à experiência acumulada nesta competição desde 1999, e que visam melhorar o desempenho e a segurança no projeto e operação das aeronaves projetadas para a categoria. São dicas valiosas que ajudam, e muito, às equipes.

Se considerarmos a tendência natural de evolução das equipes, em que as aeronaves são levadas ao limite, a importância de se ter o máximo de cuidado nos mínimos detalhes do projeto e construção das aeronaves é cada vez maior. Por esta razão o Manual de Boas Práticas de Segurança reúne uma série de recomendações fundamentais direcionadas aos participantes do SAE BRASIL AeroDesign e que buscam garantir não somente a segurança do público presente na Competição, mas também da própria aeronave construída pela equipe. Quanto mais estes itens forem observados, maiores serão as chances de sucesso da equipe.

Deve-se ter em mente que, ao se enfrentar o desafio da competição SAE BRASIL AeroDesign, muito das filosofias aplicadas na aviação real podem e devem ser aplicadas no projeto. **Desta forma, a Comissão Técnica considera que é mais adequado usar o termo “aeronave” no lugar de “aeromodelo”, pois, apesar de não transportar pessoas, tais aeronaves são desenvolvidas com base em processos de engenharia e desde o projeto até sua operação, devem seguir padrões de segurança e de regulamentação equivalentes às aeronaves reais.**

Objetiva-se com isto inculcar desde já, na mente de todos os participantes, o alto grau de responsabilidade que é necessário a todo e qualquer profissional na área de Aeronáutica. O SAE BRASIL AeroDesign deve ser considerado como um treinamento extremamente realista para este tipo de profissional e, todos, sem exceção, devem buscar seguir esta filosofia de trabalho.

Esperamos que este “manual” auxilie a equipe durante o desenvolvimento final e construção de suas aeronaves, e que todas as soluções adotadas sejam baseadas na confiabilidade, eficiência e segurança.

Bons voos!!

Comissão Técnica SAE BRASIL AeroDesign

Como utilizar este Manual

Desde 1999, início das competições SAE AeroDesign no Brasil, inúmeros eventos já foram presenciados demonstrando, de forma semelhante ao que ocorre na própria indústria aeronáutica, a necessidade de aprimorar e regulamentar os diversos aspectos que dizem respeito a segurança durante projeto e a operação das aeronaves participantes da Competição SAE AeroDesign.

Em 2006, como uma primeira tentativa de elaborar um auxílio ao entendimento do que é exigido em termos de Inspeção de Segurança durante a Competição de Voo do AeroDesign, foi desenvolvida a primeira versão deste manual, a qual mesclava requisitos de segurança provenientes das experiências acumuladas desde a primeira edição do SAE AeroDesign em 1999 bem como diversos itens considerados como “boas práticas de segurança”.

Com a mudança praticamente anual das regras e também devido a incrível criatividade das equipes na busca de soluções otimizadas para os novos desafios impostos pelo Regulamento da Competição, tais exigências de segurança foram também modificadas gerando-se o que hoje está contido no *check list* de Segurança, usado no início de cada bateria de voo.

Buscando uma melhor organização das informações contidas neste manual e uma maior coerência entre o que é efetivamente exigido e o que pode ser considerado como boa prática de projeto e/ou construção das aeronaves, o “Manual de Boas Práticas de Segurança” será dividido basicamente em duas partes:

Parte I: Itens Essenciais (exigidos na Inspeção de Segurança);

Parte II: Itens adicionais (ou Boas Práticas de Segurança).

Neste novo formato a primeira parte, Itens Essenciais, tratará dos itens considerados mais críticos e que obrigatoriamente devem ser seguidos em qualquer aeronave do AeroDesign. Tais exigências, como já explicado acima, são fruto de acontecimentos do passado, os quais traçaram novas diretrizes para o *check list* de segurança que, sendo seguido adequadamente, minimiza os riscos provenientes de eventuais falhas.

A segunda parte (Boas Práticas de Segurança) trata dos aspectos gerais direcionados a parte de projeto e construção das aeronaves. Alguns itens são somente diretrizes para orientar os projetos na direção da segurança, porém podem aparecer alguns detalhes que são considerados itens obrigatórios como, por exemplo, a proibição de parafusos de rosca soberba para elementos estruturais.

Contamos com a colaboração de todos no sentido de aprimorar a segurança da competição demonstrando projetos desenvolvidos com a consciência de que cada detalhe é extremamente importante não somente para o desempenho, mas também para a segurança de todos os participantes e presentes no AeroDesign.

Parte I: Itens Essenciais (Exigidos na Inspeção de Segurança)

Esta primeira parte é composta de itens que serão exigidos (ou itens obrigatórios) a toda e qualquer aeronave projetada para participar do SAE AeroDesign no Brasil.

São itens extremamente importantes de serem observados e que fazem parte do *check list* de segurança a ser usado durante a competição SAE AeroDesign.

1. Check list obrigatório para inspeção de Segurança

Durante a Competição SAE AeroDesign, é feita previamente a cada bateria, uma inspeção de segurança obrigatória. Para esta inspeção de segurança é utilizado um *check list* (mostrado no regulamento da competição) contendo diversos itens para cada parte da aeronave.

A aeronave só estará autorizada para voo quando todos os itens do *check list* da inspeção de segurança obrigatória forem atendidos, ou seja, a permissão de voo, “Go / No-Go” será dada após o cumprimento de todos os itens do *check list* da inspeção de segurança.

Conforme citado no Regulamento, a inspeção de segurança será dividida em duas fases (ou etapas) distintas:

- **Pré-inspeção:** as equipes vão se apresentar, colocar a aeronave sobre a bancada de inspeção e não poderão tocar na aeronave enquanto o fiscal faz a pré-inspeção visualmente. A intenção desta pré-inspeção é garantir que a aeronave se apresenta em um estado mínimo necessário para ingressar na inspeção propriamente dita. Caso a aeronave não seja aprovada na pré-inspeção, deverá retornar à sua bancada e se preparar para a próxima bateria. Os itens referentes a pré-inspeção podem ser vistos no início dos exemplos de *check lists* para cada categoria.

- **Inspeção:** itens mais complexos de serem verificados serão checados e, caso necessário, correções indicadas pelos fiscais poderão ser realizadas. O não cumprimento dos itens de segurança impede a aeronave de voar. Caso sejam necessários reparos muito grandes na aeronave, e os fiscais prevejam que a equipe levará muito tempo na inspeção (muito a mais do que a média, comparativamente às outras equipes), poderá ser decidido que a equipe retorne à sua bancada e se prepare para a próxima bateria.

A avaliação de segurança constituirá dos itens presentes no *check-list* de segurança, porém outros itens poderão ser verificados conforme o caso. Se os fiscais julgarem que o avião não está seguro para voo, em função do não cumprimento dos itens do *check-list*, o voo poderá não ser autorizado até que todos os itens exigidos sejam contemplados.

Lembramos a todos que É PROIBIDO:

- Hélice de metal
- Hélice que tenha sido reparada
- Motor montado impropriamente
- Arestas cortantes ou pontiagudas

- Uso de qualquer elemento feito de chumbo (*Pb*). Barras de chumbo como carga ou como lastro para ajuste de CG estão PROIBIDOS para a Competição SAE BRASIL AeroDesign. (Se for necessário o uso de lastro, estes devem ser de aço)
- Lastros de pequenas dimensões e que estejam mal fixados a aeronave. Tais elementos são caracterizados como FOD, sendo seu uso expressamente vetado na área onde se realiza a competição. "Chumbos de pesca" não são autorizados a serem usados como lastro para ajuste de CG
- Qualquer lastro ou peça pesada sujeita a alijamento
- Equipamento de rádio que não esteja protegido contra vibrações e ou interferências
- Instalar a antena do receptor em contato direto com peças de fibra de carbono ou metálicas
- Folgas ou elasticidade excessiva nos comandos. Esses são motivos suficientes para o impedimento de voo
- Mesmo usando motores elétricos, é proibido às aeronaves de todas as classes fazer giro de motor (testes) na tenda de inspeção de segurança. Haverá um local apropriado para isso, conforme o documento "Procedimentos Operacionais – SAE AeroDesign".
- Baterias do tipo Lítio Íon Polímero (LiPO) não devem ser utilizadas nos sistemas de controle da aeronave, nos sistemas embarcados, nem em ferramentas de suporte, como por exemplo "starters"
- Alteração das células das baterias e construção de baterias pela própria equipe

Quando uma equipe é reprovada na inspeção, e após a correção dos problemas em sua bancada ao se apresentar em uma bateria posterior, deverá mostrar ao fiscal de segurança a modificação ou reparo feito.

As equipes deverão se apresentar para inspeção de segurança com a aeronave montada e a carga paga fixa, a não ser que explicitado diferente no Regulamento vigente.

Para as três Classes (Regular, *Advanced* e Micro), **somente dois (2) integrantes da equipe + piloto**, poderão estar presentes na inspeção (caso o piloto não faça parte da equipe). Caso o piloto faça parte da equipe, serão aceitos somente (2) integrantes (o piloto e um outro componente da equipe).

O *check list* de segurança será específico para cada categoria, ou seja, será um *check list* para a Classe Regular, outro para a Classe Micro e um terceiro para a Classe Advanced.

Os *check lists* podem ser encontrados no Regulamento vigente.

1.1. Instalação do Sistema de Rádio Controle (Requisitos para instalação dos sistemas eletroeletrônicos / comandos da aeronave)

Conforme o *check list* obrigatório de inspeção de segurança, os itens referentes ao “Funcionamento do Rádio” têm como objetivo a verificação da integridade da instalação de receptor e baterias de forma adequada nas aeronaves. Os itens “Comandos de Voo” e “Servos Comando” verificam as superfícies de comando e seus sistemas. Por sua vez, os itens agrupados como “Componentes eletrônicos” tratam de toda a parte eletrônica da aeronave.

Na totalidade, estes grupos têm como principal objetivo a verificação da integridade da instalação dos sistemas eletroeletrônicos e de comandos da aeronave.

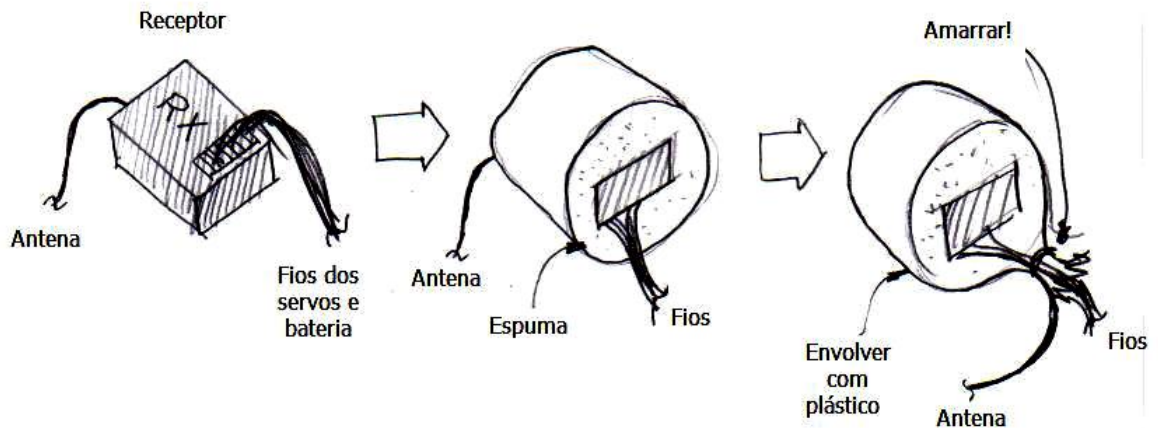
Para melhor exemplificação, os itens foram divididos abaixo em seis grupos: Conjunto Rádio Transmissor/Receptor, Extensões (Comandos/Energia), Antena, Servos, Bateria e Comandos de voo.

1.1.1. Conjunto Rádio Transmissor / Receptor

1.1.1.1. Receptor

Requisitos para proteção do receptor

- Proteger o receptor contra impacto e umidade (ambiente externo). Para esta proteção pode ser utilizado espuma em toda a volta do mesmo e fita envolvendo a espuma. Para a proteção contra umidade, um saco plástico ou uma bexiga poderá ser utilizado. Evitar lugares de grandes trepidações como, por exemplo, perto do motor.



Observação importante: Caso haja algum impacto, um teste com o sistema de rádio deverá ser realizado.

O teste deverá ser feito da seguinte maneira:

1. Com o equipamento todo ligado distanciá-lo 2m ou mais do receptor.
 2. Verificar se as superfícies de comando estão se movendo e que não haja trepidação quanto ao comando ou não. Caso haja trepidação, o conjunto deverá ser enviado para reparo.
- Verificar a existência de oxidação nos contatos dos servos, chave “on/off” e baterias.
 - Verificar se os fios dos servos e bateria estão bem presos ao receptor. Caso algum conector apresente problema de contato, substitua o conector.

1.1.1.2. Antena do Receptor

- Não é permitido o contato da antena com superfícies metálicas.
- Não é permitido o contato da antena com elementos de fibra de carbono ou qualquer material que possa ser susceptível a energia estática.
- Utilizar materiais isolantes para fixação, como, por exemplo, elásticos, fitas, isolante, crepe, durex.
- Proteger contra possíveis danos no fio, como, por exemplo, enroscar em superfícies de comando, bequilha, hélice etc.
- Não cortar ou emendar a antena em hipótese alguma. Em caso de quebra do fio da antena, o mesmo deverá ser substituído por um equivalente sugerido pelo fabricante.
- Não juntar fios de energia ou de comando com o fio da antena.
- A antena não deve apresentar marcas de cortes ou rupturas. Caso esteja com sinais de ruptura, substitua a antena por uma nova, com fio do mesmo comprimento e calibre.

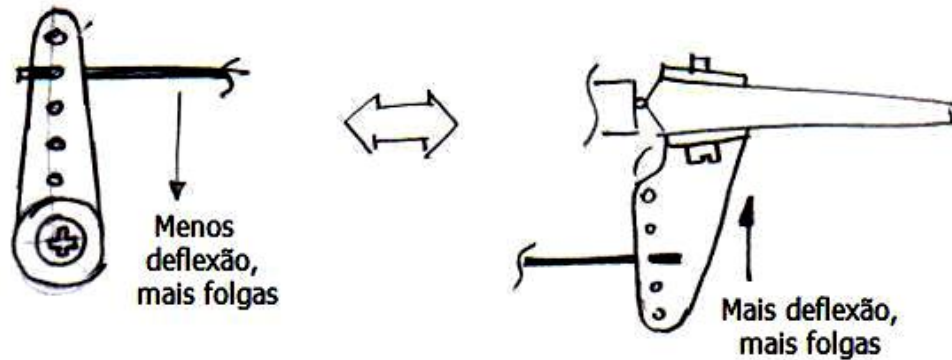
- A antena deve ser instalada conforme instrução do fabricante, e longe de componentes metálicos ou em fibra de carbono, pois podem induzir interferências na operação do equipamento de rádio.
- **Não é permitida a instalação da antena por dentro de componentes metálicos ou de fibra de carbono.**
- Instale o receptor em local que possa ser facilmente acessado, para inspeção e manutenção.
- Para receptores da faixa de frequência 2,4GHz, siga corretamente as instruções fornecidas nos manuais, pois variam de fabricante para fabricante, sempre evitando ao máximo proximidade da antena a outros componentes eletrônicos e cablagem que possam gerar ruído.

1.1.1.3. Transmissor

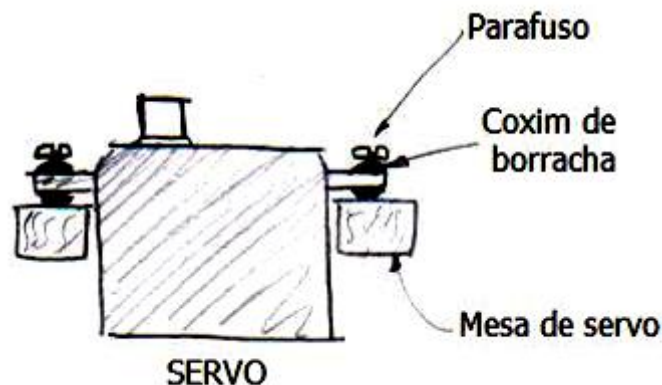
- Veja o estado das baterias do transmissor. Garanta que elas estejam em bom estado. É extremamente importante a verificação da existência de oxidação (ferrugem) no contato das baterias.
- As baterias devem estar carregadas por completo para um dia de voo (carregue suas baterias sempre na noite anterior).
- Verifique a fixação das baterias
- Verifique o estado da antena. Caso esteja quebrada, substitua-a.
- Para transmissores 2,4GHz, verificar procedimento de teste de alcance no manual fornecido pelo fabricante e execute-o cuidadosamente.
- **Como citado no Regulamento e no Procedimentos Operacionais, rádios 2,4GHz são obrigatórios para todas as Classes, ou seja, não serão permitidos outros tipos de sistemas diferentes do 2,4GHz.**
- Verifique se não há partes soltas no interior do transmissor. Basta chacoalhá-lo!

1.1.1.4. Servos

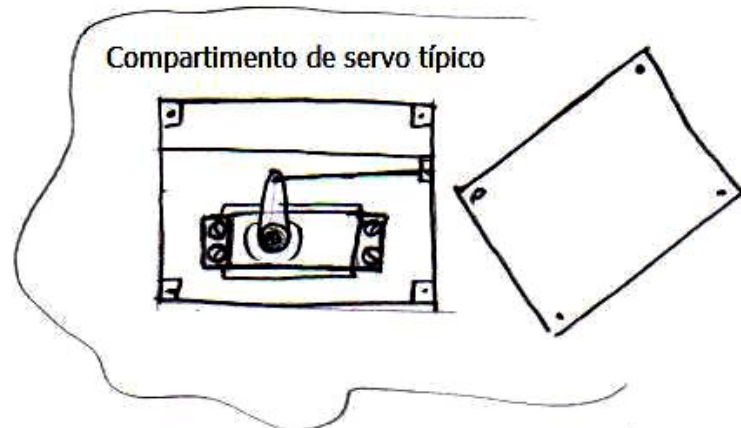
- O servo é o elemento que movimenta as superfícies de controle. Assim, sua ligação com as mesmas deve ser feita de forma a eliminar folgas, devem resistir às cargas esperadas de voo, e sua movimentação deve ser livre, deixando para o servo somente os carregamentos para o controle em voo, e não de atritos entre cabos, arames de aço ou tubos com a estrutura.



- Fixe cada servo em um montante, seja de madeira, metal, plástico, ou qualquer outro material, com dois (2) parafusos em cada lado, e não se esqueça de usar os coxins de borracha que o fabricante fornece! Não fixe diretamente na Balsa. É sempre recomendado fixá-los em montantes de madeira densa ou outro tipo de material que não esteja susceptível a trinca devido ao dano causado pelo parafuso. O parafuso gera um esforço no sentido de separar as fibras, então atente-se a isso quando for escolher um material para fixar os servos. Eles servem para isolar o mecanismo das vibrações e tornar seu funcionamento mais confiável.

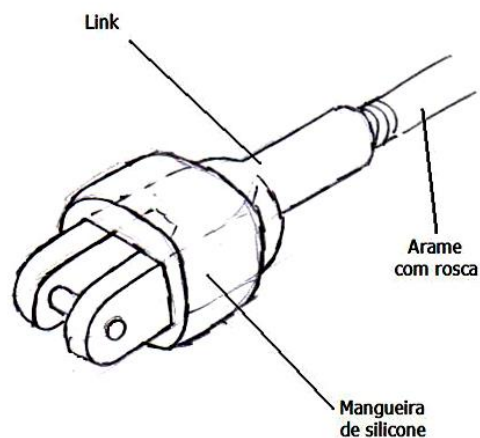


- Use uma estrela de servo (braço de alavanca do servo) adequado para a instalação a que se destina, de acordo com o curso do movimento e espaço para instalação. Não se esqueça de fixar o braço com o parafuso adequado.
- Os servos devem ser instalados em locais de fácil acesso, seja para manutenção ou ajustes.



Atenção: Os servos DEVEM ESTAR instalados em berços ou mesas de servos de forma a garantir uma resistência estrutural e rigidez adequada durante a transmissão dos esforços das superfícies para a asa. Soluções em que os servos sejam instalados diretamente no núcleo de isopor da asa (sem uma mesa adequada) ou alguma outra forma de fixação que não garanta a transmissão correta das cargas aerodinâmicas NÃO SERÃO ACEITAS.

- Proteja os servos da ação do exterior (umidade, óleo do motor, poeira, vibrações).
- Faça uma trava nos links, mesmo que sejam de metal, de forma evitar que se abram em voo, usando um pedaço de mangueira de silicone, como mostra a figura abaixo:



Originalidade dos Servos Atuadores

Conforme citado no Regulamento, uma vez definidos pela equipe os servos atuadores a serem utilizados na aeronave, estes não podem ser modificados sob nenhuma hipótese ou justificativa. Os servos deverão ser originais e exatamente iguais ao que é especificado pelo fabricante, sendo a modificação ou remoção de qualquer parte ou componente do servo expressamente proibido. Caso esta regra não seja respeitada, a equipe será penalizada, conforme Regulamento.

Observações importantes:

- Verificar a existência de “Zinabre” (oxidação) nos contatos dos servos;
- Verificar a existência de algum fio desencapado ou quebradiço;
- Verificar a existência de folgas ou possíveis engrenagens quebradas.
- Verificar tabela de equivalência: peso, tamanho da aeronave X tipo de servo, geralmente servos FP 148, S-3003, S-3004, e equivalentes, são utilizados em aviões com motorização 0.25, 0.46, 0.61 e 0.90 em alguns casos.
- Não modificar a extensão e/ou conectores originais.

A tensão nominal dos servos deve ser compatível com a tensão da bateria. Caso esta característica não for adequadamente observada a equipe pode ser solicitada a trocar os servos ou corrigir o problema de outra forma.

1.1.1.5. Baterias

- As Baterias são componentes que frequentemente são retirados do modelo. Assim, instale-as em lugar de fácil acesso, mas fixadas adequadamente à estrutura.
- Se a bateria não pode ser bem fixada (braçadeira de nylon ou velcro) e coberta contra intempéries, deve ser envolta em uma camada de espuma e fita e encaixada em uma região segura da aeronave, onde não exista a chance de se movimentar. Dê preferência aos locais distantes das regiões mais quentes da aeronave (exemplo: Motor). Se por algum motivo a comissão julgar que o pack de baterias não está seguro a equipe deve fixá-la da forma indicada pelos juízes.
- Cuide da carga das baterias. Cuidado com o efeito memória. Caso o pack contenha uma ou mais células defeituosas, substitua todo o pack. **É PROIBIDA a alteração de baterias ou troca de células defeituosas, bem como a manufatura de uma bateria pela equipe.**
- Cuide para que o fio e o conector estejam em boas condições. Caso algum fio apresente sinais de formação de óxido (zinabre), provavelmente alguma célula da bateria vazou. Substitua todo o pack.
- Use baterias de capacidade compatível com o sistema projetado. Verifique a tensão do pack e a capacidade do mesmo. Verifique os requisitos para as baterias presente no Regulamento.

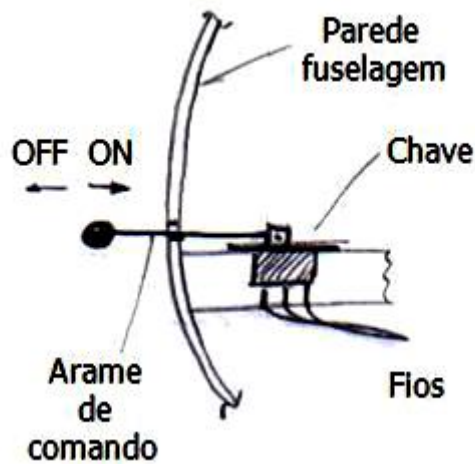
- O equipamento *voltwatch* que serve para medir a tensão das baterias é de uso obrigatório na bateria que alimenta o receptor. Não é permitido voar no SAE AeroDesign sem o uso de *voltwatch*. É interessante dispor de um multímetro ou equipamento similar, como equipamento reserva, para medir a tensão das baterias. Tenha sempre um em sua caixa de campo. Como sugestão, para facilitar o processo de medição da tensão das células a equipe pode optar por utilizar medidores de voltagem como o mostrado abaixo.

**Observações importantes:**

- Verificar a existência de “Zinabre” (oxidação);
- Verificar se o encapsulamento está íntegro.
- Verificar a tensão:
- Para o Transmissor, a tensão mínima recomendada é de 9V, operando em regime normal de 9,6V ou superior. Para outras tensões, seguir as recomendações do fabricante do transmissor e da bateria.
- Para o receptor, a tensão mínima recomendada é de 4V, operando em regime normal de 4,8V ou superior. Para outras tensões, seguir as recomendações do fabricante do transmissor e da bateria.

Chave da bateria:

- Instale a chave de forma a facilitar a identificação da sua posição (ligado/desligado). Faça isso de forma a evitar que a chave seja acionada acidentalmente durante o manuseio (uma boa é instalar a chave por dentro do modelo e, com um arame, acionar a chave através da fuselagem).



- Verifique se os fios estão mascados ou partidos, e o estado dos conectores.
- Proteja-a dos agentes externos (água, óleo do motor, poeira).

1.2. Informações adicionais sobre rádios transmissores e receptores

1.2.1. Rádios PERMITIDOS

Os rádios permitidos durante a competição SAE BRASIL AeroDesign são SOMENTE aqueles que operam na frequência 2,4Ghz.





Serão permitidos sistemas de rádios de outros fabricantes como, por exemplo: JR, Hitec desde que sejam equivalentes.

1.2.2. Rádios NÃO PERMITIDOS

Qualquer rádio cuja frequência de operação seja diferente de 2,4GHz não será permitido. Exemplo: Tecnologia 72mHz, PCM, AM e FM.



1.3. Extensões (Sistema de Comandos de Voo e Energia)

- Extensões a partir de 1 metro de comprimento devem ser evitadas. O comprimento pode prejudicar os comandos enviados do receptor para o servo. Deve-se evitar também extensões com muitas conexões, pois aumentam a atenuação do sinal.

Caso haja a necessidade de extensões muito grandes, o ideal seria a utilização de “buffer” para a amplificação do sinal transmitido para o servo.

Não será permitido nenhum tipo de solda nas extensões.

- As extensões, assim como os conectores dos servos- motores, deverão ser as originais. Em nenhuma hipótese serão permitidas quaisquer modificações tais como: solda direta de extensões nos circuitos internos dos servo-motores e emendas em suas respectivas extensões
- Não será permitida a junção de fios de comandos (servo-motores) com fios de energia.
- Não será permitida a junção de qualquer outro fio com o fio da antena.

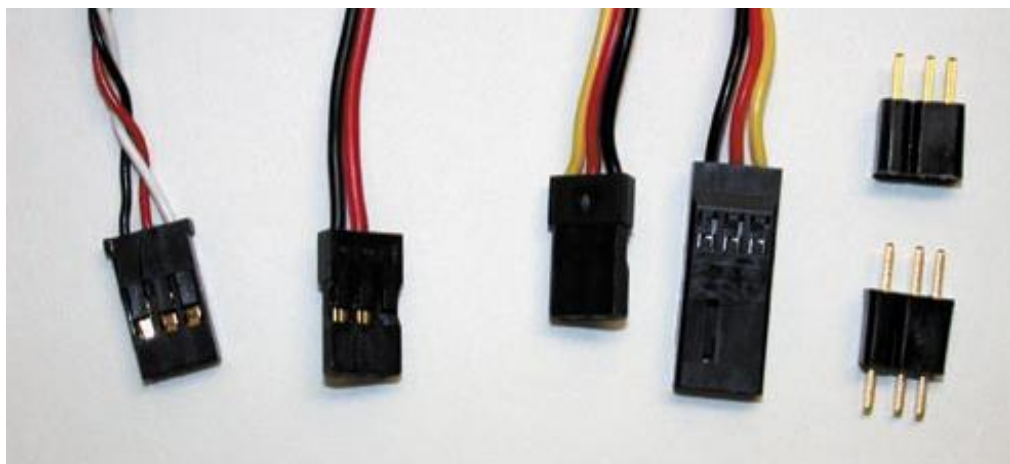
Observações importantes:

- ✓ É permitido o uso de extensões comerciais de qualquer marca desde que identificadas por código de fabricação ou marca do fabricante.
- ✓ **Não é permitido nenhum tipo de emenda soldada ou que não faça uso de conectores.**

1.3.1. Extensões fabricadas pela equipe

No caso de extensões fabricadas pelas equipes é obrigatório para TODAS AS CATEGORIAS observar os seguintes aspectos:

- ✓ Todas as conexões deverão ser feitas com conectores macho/fêmea.

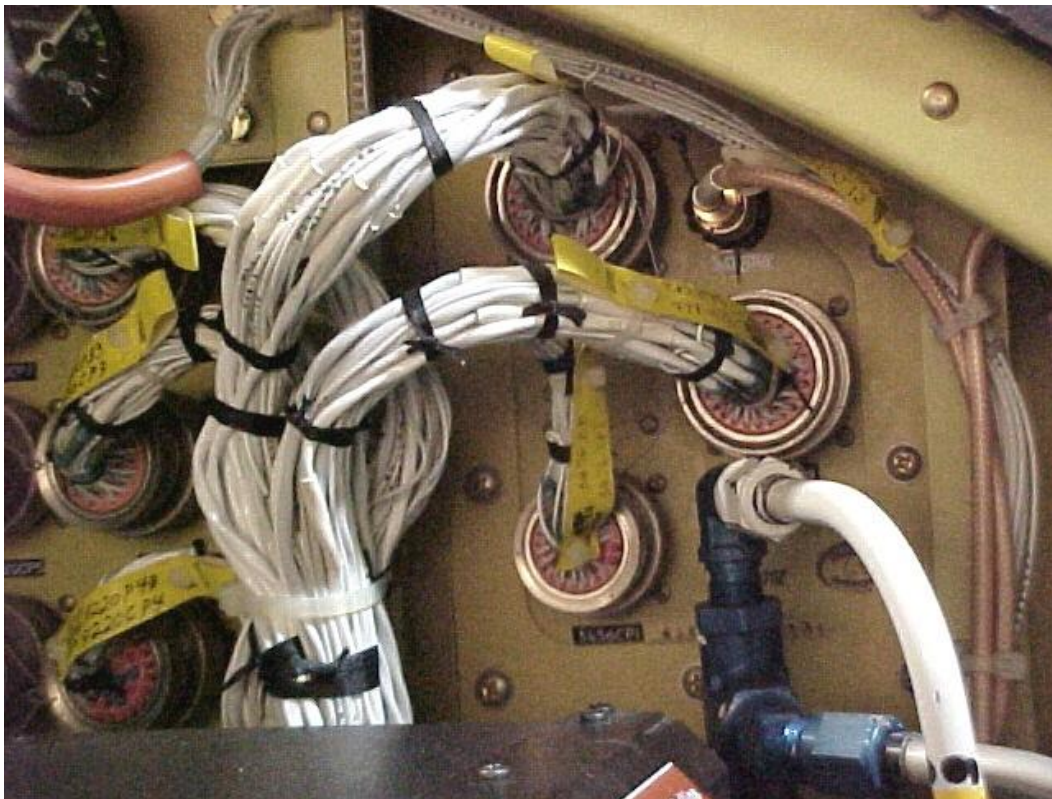


- ✓ Todas as ligações dos conectores com os fios deverão ser crimpados.
- ✓ Os conectores recomendados são do tipo MODUL de 3 vias ou equivalente.

- ✓ Os fios recomendados para a confecção das extensões de servo / energia são do tipo AWG 24 ou AWG 26 não rígido e filamentado.
- ✓ No caso da confecção de extensões de energia elétrica o tipo do fio fica condicionado ao projeto elétrico da aeronave, desde que seja filamentado e respeitando as condições de rigidez.
- ✓ **No caso da utilização de extensões do tipo “Y”, estas não poderão ser confeccionadas pelas equipes e sim comerciais quando identificadas por código do produto ou marca do fabricante. Uma alternativa para a eliminação desse tipo de extensão é a utilização da segregação dos canais do receptor para as respectivas superfícies de comando.**
- ✓ No caso da necessidade do prolongamento de extensões existem duas possibilidades:
 1. Estas deverão ser feitas utilizando-se outras extensões e conectadas entre si.
 2. Confeção da extensão no tamanho adequado segundo as exigências acima.

Padrão adotado na Indústria Aeronáutica.

O uso de conectores é um padrão aeronáutico largamente usado nas instalações elétricas (*aircraft wiring*) presente em todo tipo de aeronave.



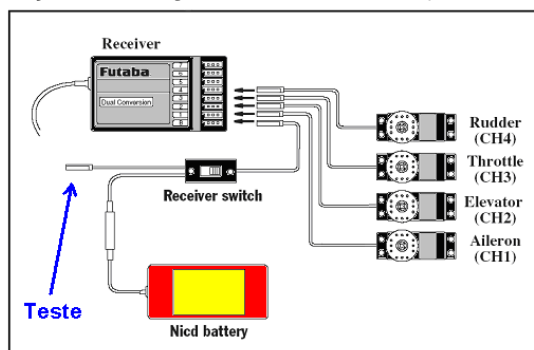
Exemplo de instalação elétrica em uma aeronave executiva. As denominadas cablagens (grupos de fios pré montados) são fabricadas com seus conectores de forma regulamentada e posteriormente instalados na aeronave fazendo uso de conectores fêmea. Não é prática da indústria aeronáutica atual usar as cablagens montadas e soldadas dentro da aeronave, por questões de segurança, simplicidade de manufatura e acessibilidade. Soldas em geral são sujeitas a falhas quando submetidas a elevada vibração e por esta razão são vetadas no SAE AeroDesign como elemento de união de fios.

1.4. Informações adicionais sobre as baterias

Para a Competição SAE AeroDesign, verifique no regulamento vigente as baterias permitidas para cada categoria (Regular, *Advanced* e Micro).

1.4.1. Verificação da carga da bateria

Na montagem da aeronave, deixar o 3º ponto exposto, pois este ponto será utilizado para a verificação da carga da bateria, ou seja, se ela está boa ou não.



Em geral, para baterias de 4.8VDC (receptor) após o carregamento de 15H, a bateria deve apresentar uma tensão em torno de 5.2VDC.

Para baterias de 9.6 VDC (transmissor) o valor ideal é em torno de 10.5VDC.

1.4.2. Instalação do Voltwatch

É obrigatório para todas as classes da competição a instalação na aeronave de um “VoltWatch Receiver Battery Monitor” (ou medidor de tensão *on board*).

O “VoltWatch” é utilizado para verificação de carga da bateria sem o uso de equipamento auxiliar, (portanto ele deve estar ligado e fixo na aeronave e ligado sempre que a bateria estiver ligada). O seu uso tem como principal objetivo proporcionar um aumento na segurança, bem como agilizar a verificação de segurança eletrônica. Por isso, ele deve estar VISÍVEL, para que a carga da bateria seja verificada imediatamente antes de decolar.

É obrigatório o uso de um “VoltWatch” comercial por questões de confiabilidade.

Exemplo de um “VoltWatch” para baterias NiCd ou NiMH.



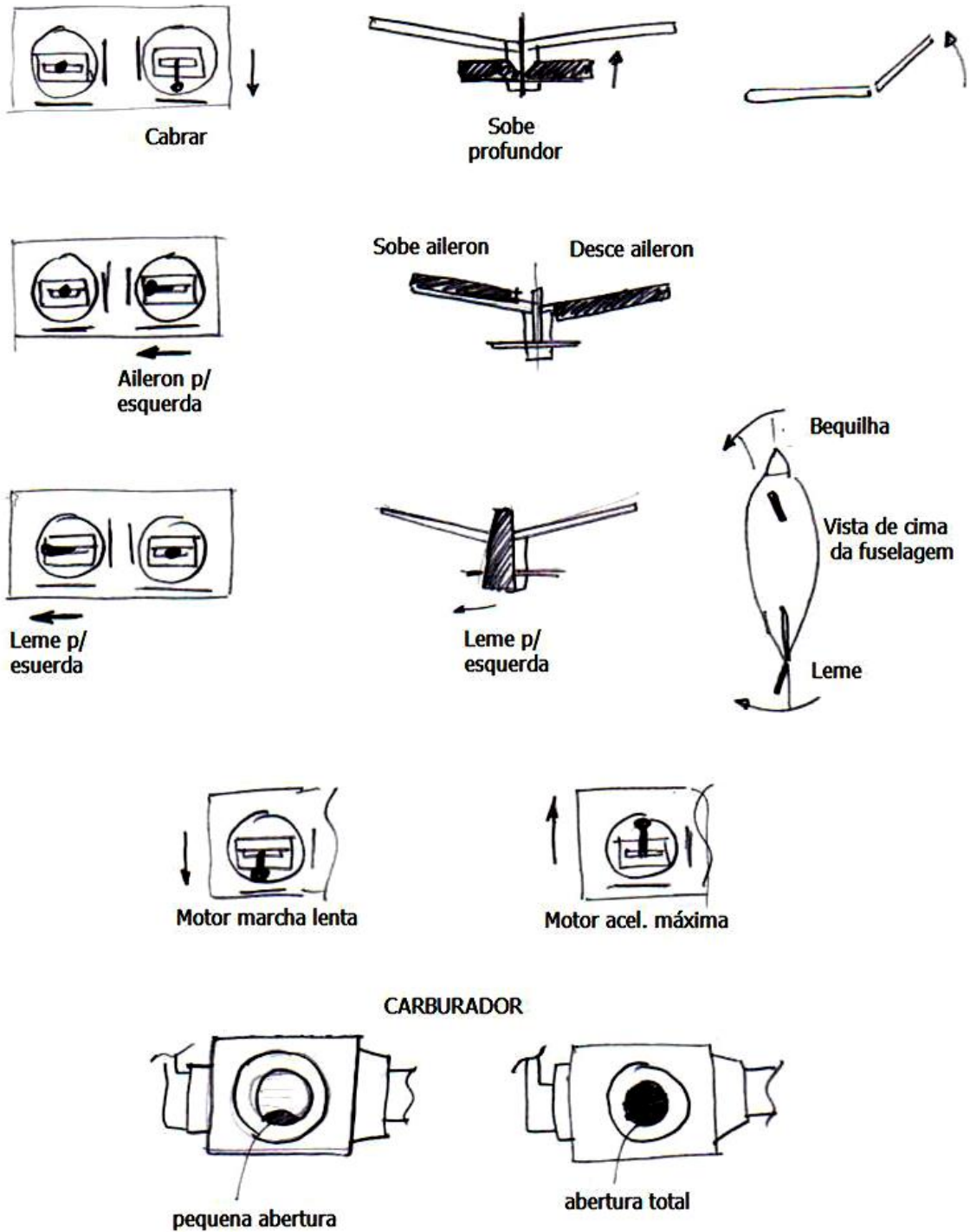
Exemplo de um “VoltWatch” para baterias LiPO ou LiFe.



Atenção: O Voltwatch deverá estar obrigatoriamente instalado em todas as aeronaves da equipe e em todas as baterias de voo. Nenhuma aeronave está autorizada a voar no ambiente da Competição sem que o *voltwatch* esteja adequadamente instalado e seja capaz de demonstrar claramente o nível de carga da bateria.

1.5. Comandos de Voo

Teste os comandos quanto ao correto funcionamento como mostra a figura abaixo:



1.6. Articulações das Superfícies de Comando

Todo e qualquer sistema que for usado para as articulações das superfícies de comando (principalmente as superfícies primárias: profundor, ailerons e leme) DEVE ser feito de forma que mesmas articulações não se soltem sob os casos de carregamento mais críticos, pois tais articulações devem ter sido dimensionadas exatamente para estes casos.

Os sistemas de articulação das superfícies de comando descritos abaixo são permitidos para o SAE BRASIL AeroDesign:

- 1) Articulações feitas com Dobradiças de Nylon usadas em Aeromodelismo.
- 2) Articulações feitas com fita reforçada com fibra de vidro.
- 3) Articulações fabricadas pela equipe usando tecido de fibra de vidro impregnado com resina epóxi (não recomendável).
- 4) Dobradiças para Cianocrilato (devem ser pinadas com alfinete).

Sistemas de articulação **NÃO PERMITIDOS**:

- 1) Fitas adesivas comuns ou fitas sem reforço interno.
- 2) Uso de película de revestimento da aeronave (ex.: monokote).
- 3) Sistemas de articulação feitos somente de madeira.

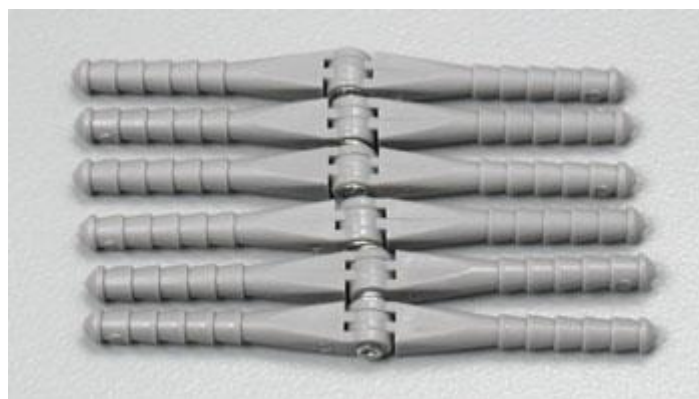
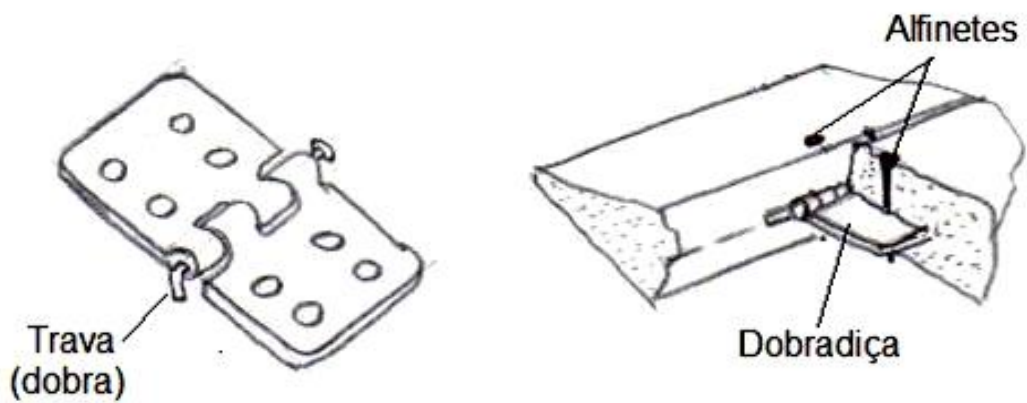
Casos especiais não enumerados acima, serão avaliados pela Comissão Técnica durante a Inspeção de Segurança e caso estas não sejam consideradas seguras, a equipe perderá a bateria, pois a substituição será necessária.

1) Dobradiças de Nylon

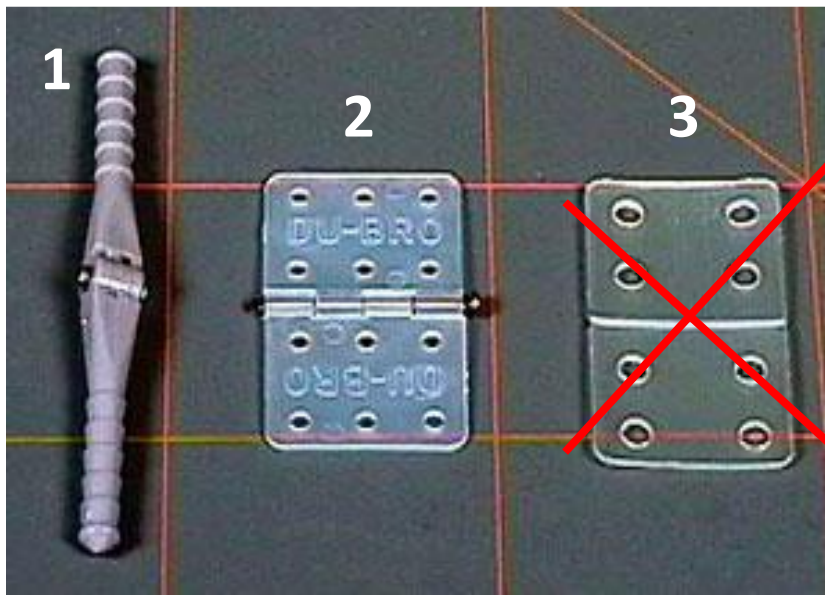
As dobradiças devem ser instaladas de forma a não se soltarem com a vibração. Assim, deve-se colar a mesma com cola tipo CA (Cianocrilato) ou Epóxi, ou mesmo usar pino de trava (um alfinete transpassando a dobradiça). O pino da dobradiça deve também ter alguma trava que impeça que este saia com a vibração (dobra ao final do pino, amassamento da extremidade).

É fundamental que a dobradiça seja instalada utilizando-se de uma estrutura rígida para a sua fixação na aeronave. Casos anteriores em que algumas dobradiças estavam bambas por terem sido instaladas sem o suporte estrutural adequado foram vetados e a equipe perdeu a bateria.

Dobradiças, de qualquer espécie, **NÃO PODEM SER INSTALADAS** diretamente sobre um elemento de isopor (núcleo da asa, por exemplo). Este tipo de “solução” não poderá ser aceito no SAE AeroDesign. É imprescindível que a dobradiça seja instalada no mínimo em um elemento de madeira.



A figura abaixo mostra três tipos de articulações comerciais usadas em Aeromodelismo, sendo que **SOMENTE** as duas primeiras são consideradas adequadas para o SAE AeroDesign.



Cada solução será avaliada durante a inspeção de segurança conforme a avaliação dos fiscais, e esta poderá não ser considerada apta para o voo na bateria em que este item foi observado. A equipe poderá revisar a solução adotada e se preparar para a próxima bateria.

2) Articulações feitas com Fita Reforçada com Fibra de Vidro.

Atualmente existem fabricantes que oferecem um tipo de fita especial reforçada com fibra de vidro possível de ser utilizada como articulação em aeronaves rádio controladas. Este tipo de fita mostrada nas figuras abaixo, são permitidas de serem utilizadas no SAE AeroDesign desde que algumas normas de instalação sejam observadas.

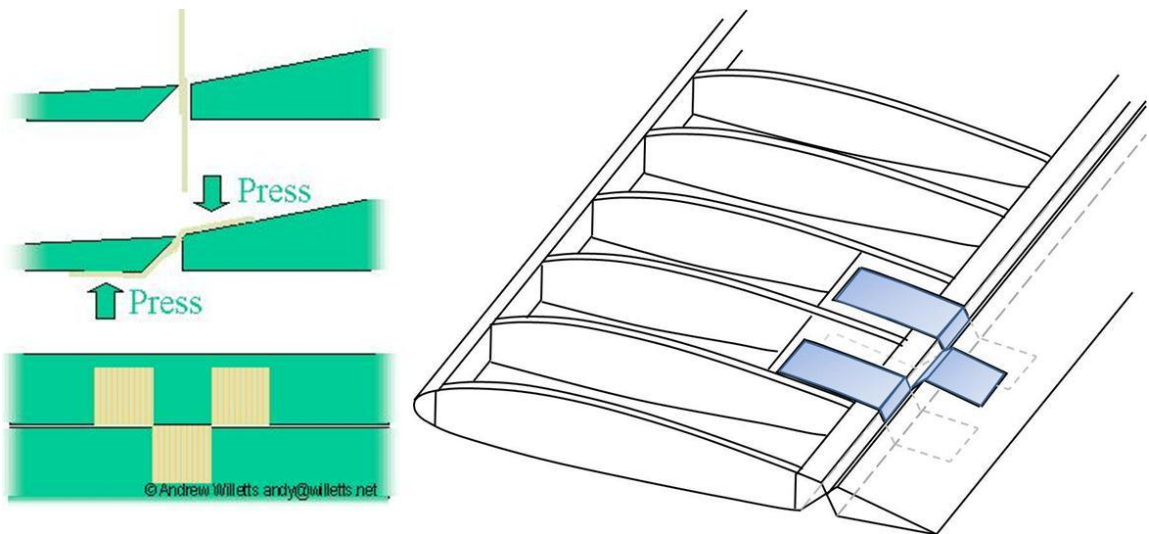
É de fundamental importância, assim como nas dobradiças de Nylon, que as fitas sejam coladas sobre uma região com o devido suporte estrutural. **NÃO SERÁ PERMITIDO** que estas fitas sejam coladas sobre peças de isopor somente, pois



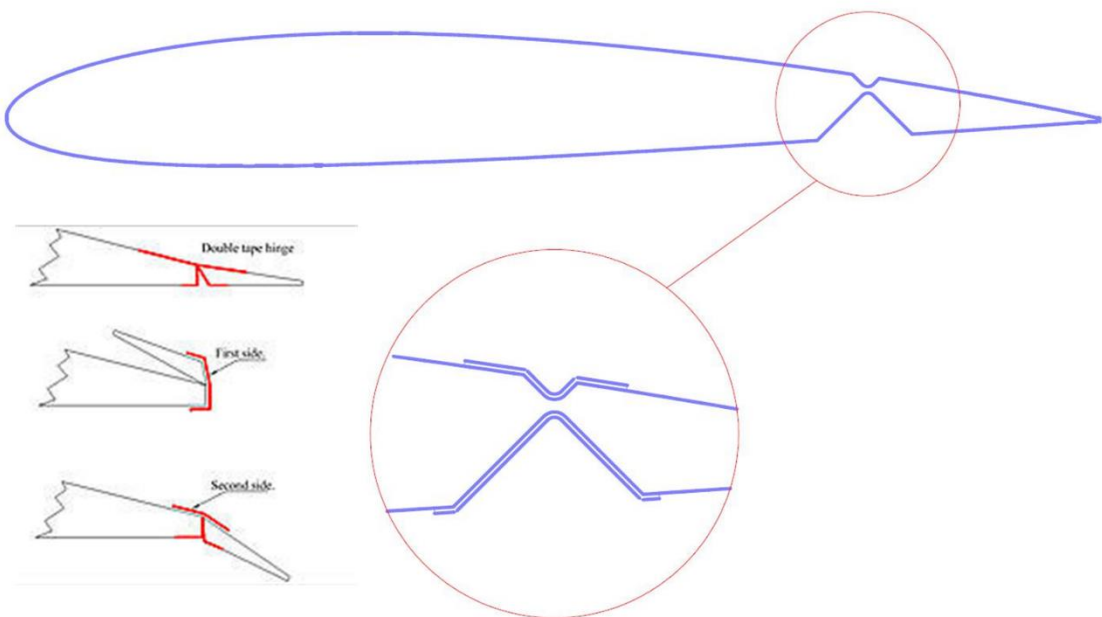
as cargas precisam ser adequadamente transmitidas para a asa, o que em geral não é possível através de fixação da fita somente sobre um núcleo de isopor.

É altamente recomendável que cada articulação seja feita com três fitas montadas como mostrado na figura abaixo. Outras soluções poderão ser aceitas desde que estas se mostrem estruturalmente integras, evitando que a superfície se solte durante o voo (o que já infelizmente ocorreu no passado).

É um risco desnecessário para o público e para a aeronave.



Outra forma de usar a articulação com fita pode ser vista na figura a seguir:



Fitas sem a presença de reforço interno, ou diferente das especificadas acima, não serão aceitas.

3) Articulações fabricadas pela equipe usando tecido de fibra de vidro impregnado com resina epóxi (não recomendável).

Este tipo de solução, embora permitido, deve ser criteriosamente avaliado durante a inspeção de segurança.

A fabricação deste tipo de articulação deve ser feita de forma a observar critérios tais como:

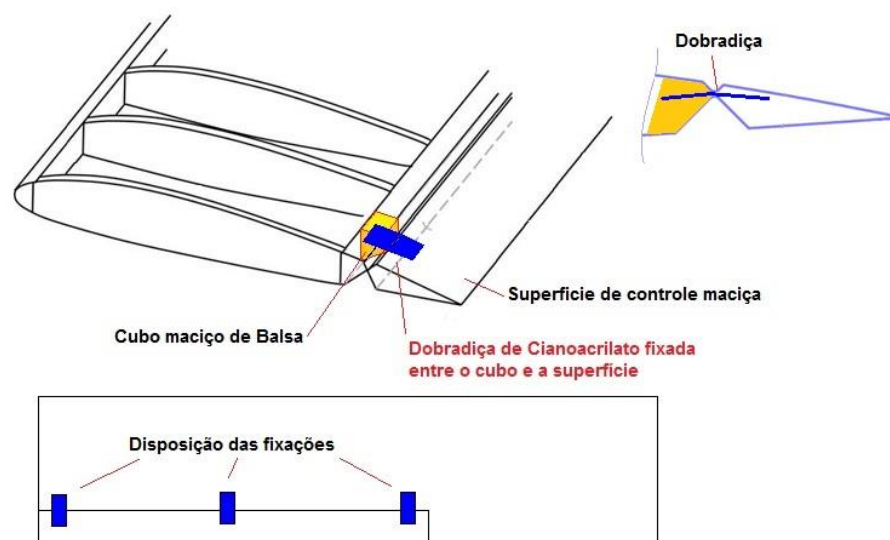
- Fixação da lâmina de composto na estrutura
- Capacidade da lâmina em fletir por vários ciclos sem o aparecimento de rachaduras.
- Capacidade de flexão da articulação após a cura da resina sem uso de força demasiada.

Trata-se de uma solução possível, porém não recomendada, pois requer um cuidado extremo na fabricação e em muitos casos pode ser mais pesada que as soluções comerciais.

Este tipo de articulação, da mesma forma que as anteriores, requerem uma montagem adequada sobre a estrutura da aeronave.

4) Dobradiças para Cianocrilato

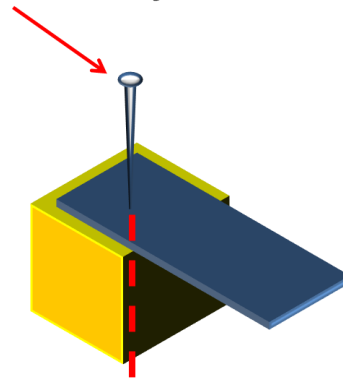
Este tipo de articulação tem a vantagem de ser leve e, se usada da forma correta, segura. Amplamente aplicada em aeromodelos, a dobradiça para cianoacrilato deve ser fixada em pequenos cubos de balsa, de forma a fixá-las em uma área suficiente para suportar os esforços aerodinâmicos da superfície de comando.



Além disso, deve-se pinar as dobradiças com alfinetes, para aumentar a segurança. O alfinete deve estar fixado em ambos os lados, ou seja, na superfície de controle e no cubo de balsa da asa ou estabilizador.

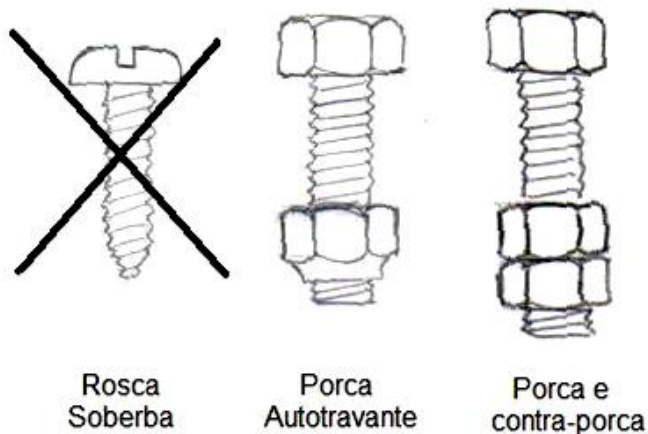
A equipe deve calcular e definir quantas fixações serão necessárias para suportar os esforços aerodinâmicos com segurança. Caso o sistema de articulação esteja subdimensionado, ou a comissão julgar como tal, a aeronave pode não ser considerada apta para voo na bateria em que este item foi observado.

Alfinete transpassando dobradiça e balsa



1.7. Fixação com parafusos de rosca soberba

É vetado o uso de parafusos de rosca soberba (figura abaixo) em qualquer elemento estrutural da aeronave. Ex.: fixação de motor, trem de pouso, ligação asa fuselagem, empenagens, entre outros.



Estes parafusos não garantem fixação adequada, principalmente em estruturas submetidas a grandes vibrações e/ou esforços. Casos críticos de perda de elementos já foram constatados em edições anteriores do SAE AeroDesign devido a este tipo de fixação.

Mesmo não sendo recomendados, parafusos desta classe somente poderão ser usados na fixação de pequenos elementos não estruturais tais como pequenas carenagens ou pequenos elementos que não comprometem a integridade estrutural, o controle ou o voo da aeronave. É recomendável que nestes casos, uma fita seja colada por sobre a cabeça destes parafusos.

Parte II: Boas Práticas de Segurança

Nesta parte do documento são descritos uma série de boas práticas voltadas para as fases de projeto e fabricação das aeronaves participantes do AeroDesign, as quais, historicamente, quando seguidas, têm proporcionado o desenvolvimento de aeronaves eficientes, seguras e vencedoras.

São práticas apresentadas de forma geral e são válidas para todo projeto desenvolvido segundo o regulamento da Competição.

Lembrem-se, ao adequar o projeto da aeronave de sua equipe a estas sugestões e conselhos voltados para segurança, o projeto gera não somente um produto mais seguro, mas também um produto mais aeronáutico no sentido mais amplo da palavra.

2. Itens básicos para projeto e fabricação da Aeronave

2.1. Estrutura - Introdução

A estrutura de qualquer aeronave deve ser desenvolvida para o cumprimento da missão para qual esta será projetada. Em geral, as estruturas aeronáuticas devem ser leves, resistentes e proporcionando proteção aos equipamentos, bem como conforto aos tripulantes durante todo o voo.

Para as aeronaves da categoria do AeroDesign a estrutura deve ser basicamente desenvolvida para o atendimento da missão protegendo os equipamentos sensíveis (receptores, servos etc.), bem como garantir o transporte da carga mantendo a aeronave íntegra e segura durante todas as fases de voo (decolagem, circuito padrão/execução de missões e pouso).

Para esta categoria de aeronave encontrada nas competições SAE AeroDesign, diversos itens importantes em aeronaves tripuladas (porém nem sempre presentes nos aeromodelos comuns) devem ser observados. É o caso da proteção da estrutura e equipamentos contra certas intempéries do meio ambiente, tais como umidade (chuva), sol incidente (proteção contra luz e calor aos equipamentos sensíveis), e mesmo o óleo proveniente do escape do motor. Se estivéssemos com uma aeronave, iríamos imediatamente pensar em proteger o piloto e equipamentos destes agentes, pois o voo se tornaria extremamente desconfortável. Nas aeronaves do SAE AeroDesign, devemos pensar da mesma forma, mas para que a longevidade e segurança de sua utilização sejam garantidas.

2.1.1. Materiais empregados – Dicas

Usar os materiais certos no lugar certo. Esta afirmação resume a filosofia de projeto: materiais resistentes e até mesmo mais pesados, nos lugares onde maiores esforços estão presentes, e materiais mais leves nos demais lugares.

Um outro bom exemplo da utilização de materiais mais resistentes somente no lugar certo é em modelos que usam laminados de fibras de vidro e carbono. Apesar de serem materiais leves e resistentes, uma estrutura feita somente com esta técnica de construção não será tão resistente quanto o seria caso se empregasse materiais mais leves e não tão resistentes, nos lugares onde os esforços são menores, como em determinados chapeamentos e estruturas secundárias. O Isopor, a madeira balsa, e mesmo certos tecidos são exemplos de materiais interessantes para serem adicionados a uma estrutura, de forma a reduzir o peso, sem comprometer a sua resistência.

Tenha na cabeça a seguinte ideia: o caminho principal dos carregamentos deve ser composto por materiais resistentes (normalmente, onde

grandes esforços de tração, compressão e momento fletor estão presentes). Os caminhos secundários podem ser construídos com base em materiais menos resistentes e mais leves (regiões onde esforços de cisalhamento estão presentes, empregar materiais mais leves, como isopor e madeira).

Para o projeto específico de uma aeronave para o AeroDesign, cabe à equipe definir de maneira tecnicamente mais adequada e segura cada material, bem como a concepção estrutural adotada. **Isto sim é um dos principais pontos a serem avaliados pelos juízes da Competição.**

2.1.2. Reforços

Após pensar nos caminhos e na natureza dos esforços solicitantes da estrutura, chega a hora de se verificar a necessidade de reforços. Estes são aplicados em locais com concentração de esforços, ou forças concentradas em determinado ponto da estrutura, onde o material básico não será suficiente para resistir às forças e momentos. Assim, aplica-se material nas imediações, de forma a distribuir os esforços e melhorar o comportamento local quanto à resistência e deformação. No entanto, use somente o necessário. É comum empregar-se material em excesso nestas regiões.

2.1.3. Uniões

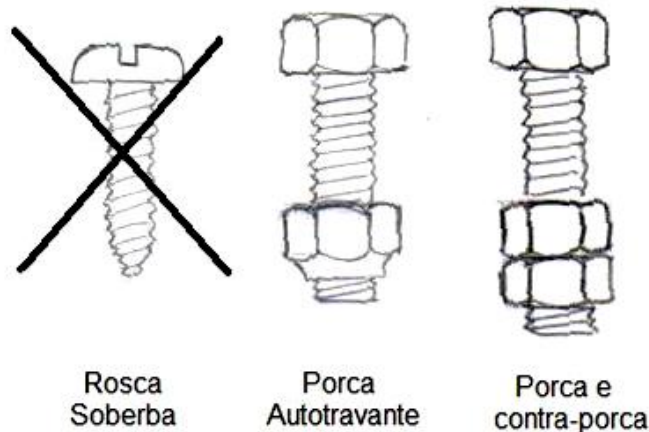
Colas e Adesivos: As colas e adesivos empregados são responsáveis por garantir a união dos componentes. Existem vários tipos de adesivos e colas, cada um com suas vantagens e desvantagens. Desta forma, deve-se verificar qual a mais adequada para cada tipo de união. Seguem algumas características dos diversos adesivos:

- ✓ **Cola branca ou amarela (para madeira):** empregar nas construções de balsa, e até mesmo com isopor. Devem ser empregadas sempre em camadas finas, procurando nas uniões entre componentes não deixar frestas nas regiões a colar; em outras palavras, procure facear perfeitamente as regiões a colar, pois desta forma se garante que a cola seja aplicada em uma fina camada, tornando mais eficiente a união. Evite usar estes adesivos em locais onde ficarão expostos à umidade e ao óleo de escape do motor sem proteção, pois a cola pode se desfazer; proteja os locais com a entelagem ou verniz. Pode ser empregada na estrutura primária.
- ✓ **Cola tipo Araldite®** ou resina: são adesivos que permitem a união de materiais diferentes, como madeira e metal, fibras e madeira, e assim por diante. Têm a vantagem de serem impermeáveis, ou seja, não são atacados por umidade nem pelo óleo do escape. Prefira usar estes adesivos nestas condições: união entre materiais diferentes e regiões onde estarão sujeitas ao ataque da umidade e óleo do escape. Pode ser usada na estrutura primária.

- ✓ **Cola de Cianocrilato (CA):** é a famosa Super Bonder®. É um tipo de adesivo muito versátil, pelo tempo reduzido de cura e pelo fato de unir diversos materiais. Tem o inconveniente de ser um material cristalino, ou seja, é um material quebradiço. Desta forma, ao se fazer a união de componentes com este tipo de adesivo, a aplicação deve ser feita em camadas finas entre os materiais, e preferencialmente em regiões que não estejam sujeitas a níveis de vibração elevados. Evite usar em estruturas primárias. Usar em estruturas secundárias, chapeamentos etc.

2.1.4. Uniões por Parafusos e Pinos:

As uniões por parafusos e pinos são um capítulo à parte. Muito usados na indústria mecânica, estes componentes permitem uniões não permanentes. São bastante empregados nas aeronaves do AeroDesign, mas por se tratar de componentes de aço, um material com peso elevado, deve-se usar deste tipo de união com certo cuidado. Coloque parafusos que sejam adequados ao nível de resistência necessária, evitando parafusos muito grandes e pesados, que adicionam peso desnecessário à estrutura e diminuem sua eficiência.



Segue então outros cuidados ao se prever uniões por parafusos:

- ✓ Verificar cisalhamento e tração nas uniões por parafuso, mas não esquecer de verificar os materiais de suporte (do furo, por exemplo), quanto à resistência aos esforços. É comum que uma união por parafuso seja desfeita não por quebra do parafuso, mas pelo rompimento de chapas que eram presas pelos mesmos, ou caso a rosca do próprio furo se danificar.
- ✓ Prefira parafusos com porca e contra-porca. Parafusos com rosca soberba (para madeira) até permitem uniões adequadas, mas a vibração normalmente enfraquece a união e faz com que os mesmos se soltem. Desta forma, ao usar parafusos, use os passantes, com porca e contra-porca ou porca auto-travante.

- ✓ As arruelas servem para distribuir as tensões na região da cabeça do parafuso e porcas. Desta forma, use-os para proteger contra apertos excessivos, que podem deformar os componentes e comprometer a resistência dos mesmos.
- ✓ Tenha o cuidado de escolher adequadamente o comprimento dos parafusos, garantindo que pelo menos quatro fios de rosca estejam adequadamente dentro do furo roscado. Em caso de porca autotravante, pelo menos um fio de rosca deve estar para fora da porca, para garantir que o anel de plástico tenha a ação de trava. Em caso de furo roscado em madeira, faça com que o parafuso transpasse a maior porção possível do furo, garantindo a resistência adequada.

2.1.5. Uniões por Soldas:

As soldas, embora pouco empregadas na estrutura primária de aeromodelos comuns, em determinados componentes críticos, como trem de pouso e suporte do motor, é um sistema de união que pode ser empregado. Sendo assim, os principais cuidados com as uniões estruturais soldadas são: verificar a união quanto à presença de trincas e/ou concentradores de tensão. Preferir as uniões através de processos de brasagem.

2.1.6. Entelagem

A entelagem tem duas funções principais: cobrir e dar forma à estrutura da aeronave, e proteger e impermeabilizar a estrutura contra os agentes externos (umidade e óleo do escape do motor). São vários os tipos de entelagens que podem ser empregados: Monokote[®], (ou Oracover[®]), filme autoadesivo, papel de seda ou japonês, fita auto adesiva (Durex[®]), entre outros.

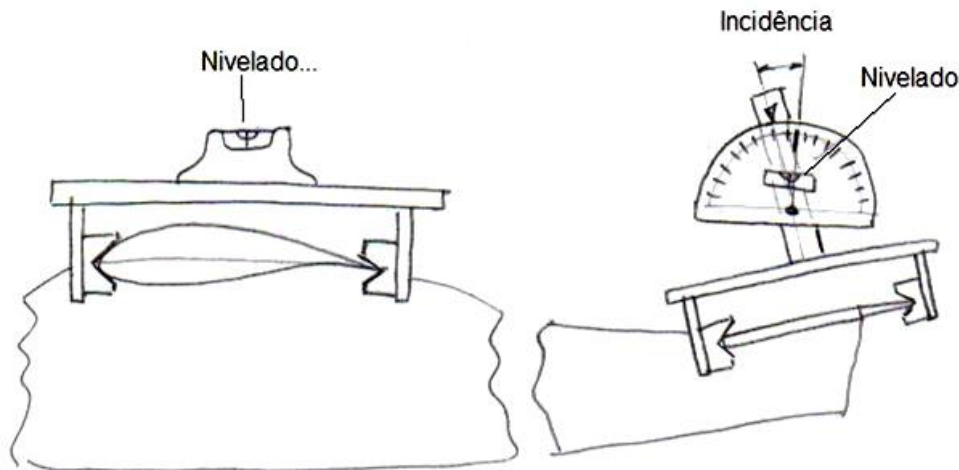
Podem-se encontrar também modelos onde a entelagem é substituída pela superfície do revestimento estrutural, e assim, ao invés de se aplicar um filme sobre o revestimento estrutural, aplica-se tinta. Este método é muito versátil quando muitos detalhes devem ser incorporados ao modelo (marcas de painéis e rebites, parafusos, usado em modelos escala), mas normalmente adicionam peso excessivo. Em modelos feitos com materiais compostos (fibra e resina), pode-se prever que a superfície do modelo seja constituída pelo próprio material da estrutura, e como a resina é impermeável, este tipo de construção dispensa o uso de entelagens. Pode-se, no entanto, usar-se de corantes na resina, de forma a dar cor à superfície do modelo, desde que esta não afete a resistência da resina.

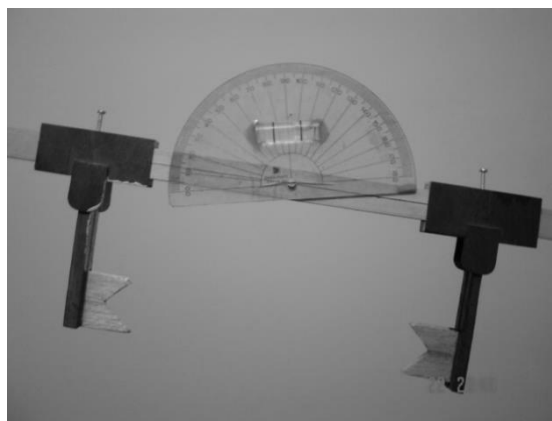
Em construções de madeira, prefira as entelagens com filme plástico, cuidando do peso e resistência do filme. O Monokote[®] (ou Oracover[®]) é muito usado por conciliar muito bem estas duas características, mas seu preço não é dos menores. Entelagem com papel de seda ou japonês é indicado para pequenos modelos. Evite empregá-los nos modelos grandes.

2.2. Alinhamento

O alinhamento dos componentes é muito importante! Portanto, observe os cuidados mínimos, para garantir que seu modelo esteja livre de empenamentos:

- Procure uma superfície plana e desempenada para construir seus componentes (asa, empenagens, fuselagem). Uma bancada feita utilizando uma porta suportada por cavaletes funciona bem.
- Confira o alinhamento dos componentes durante as etapas de construção. Uma dica é tentar projetar a aeronave pensando na melhor maneira de montá-la, assim podem-se criar furos de alinhamento e projetar gabaritos de montagem. Estas atitudes agilizam o processo, além de diminuir drasticamente a probabilidade de erros na construção. Ao sinal de empenamento, tome as ações necessárias para que a forma adequada seja restabelecida (desempenar sob vapor de bico de chaleira para construções de madeira, esticar novamente a entelagem para tentar remover o empenamento, manter a estrutura fixada em uma posição contrária ao empenamento por um período de tempo, procurando acomodar o material e remover o empenamento).
- Verifique o ângulo de ataque entre as superfícies sustentadoras. Uma maneira fácil de construir um medidor de incidência é mostrado nas imagens a seguir, usando um transferidor, um medidor de nível (bolha), uma régua e dois suportes.

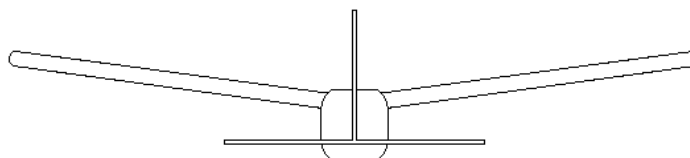




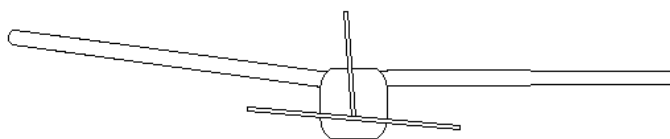
Alinhamento da Aeronave

O alinhamento frontal pode ser conferido olhando o modelo de trás. Faça ajuste nas peças, para que fiquem alinhadas. Veja a figura:

CERTO!!



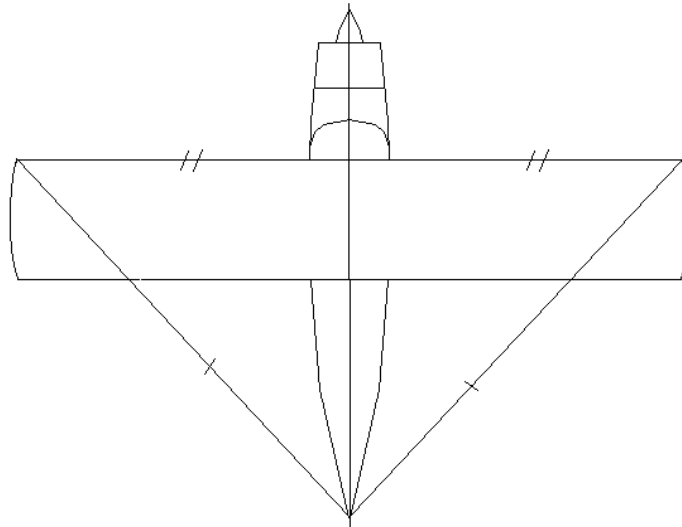
ERRADO!!!



Modelo empenado não voa bem, terá tendências de voo e só dará mais trabalho para o piloto, além de comprometer a segurança!

Quando da montagem dos componentes (colocação da asa na fuselagem, por exemplo), cuidar para que o alinhamento em planta e frontal seja garantido. Use um fio preso a uma extremidade da fuselagem, para conferir o alinhamento da asa e empenagem horizontal (veja o desenho).

As linhas devem ter o mesmo comprimento, indicando que a asa está instalada simetricamente à linha de centro da fuselagem.



Aeronaves que apresentarem um grau de empenamento elevado poderão ser vetadas de participar de uma determinada bateria de voo, até ter sido satisfatoriamente reparada.

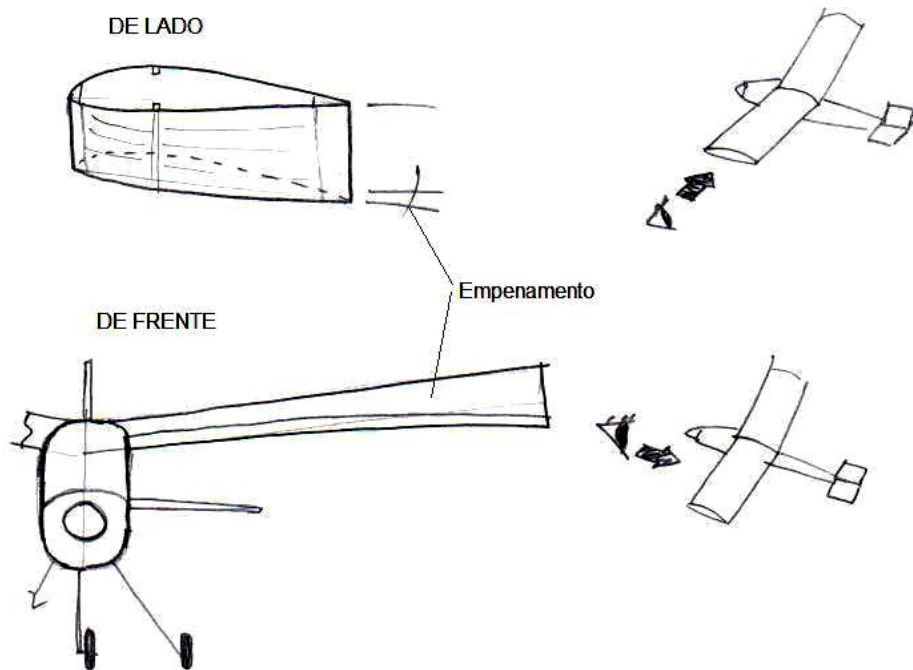
A figura a seguir mostra uma asa torcida. Não se deve tolerar deformações deste tipo, exceto se na asa oposta a torção for exatamente a mesma, ou seja, deve existir obrigatoriamente uma simetria entre as asas direita e esquerda.

A incidência e as eventuais torções em cada asa serão checadas durante a inspeção de segurança.

OBSERVAÇÃO IMPORTANTE: no caso de assimetria entre as asas, o equilíbrio lateral da aeronave somente é possível quando tais assimetrias forem extremamente pequenas (por exemplo: menor que $0,5^\circ$ aprox.). Este equilíbrio é obtido, quando possível*, com a deflexão dos ailerons, porém desta forma o controle de rolamento fica prejudicado, pois já se usou parte do curso desta superfície para compensar a assimetria.

* : Nem sempre o aileron possui "potência" suficiente para compensar alguma assimetria entre as asas.

Nas aeronaves projetadas para o AeroDesign este fato é ainda muito mais crítico em função das características aerodinâmicas normalmente encontradas nesta categoria. A perfeita simetria entre as asas, seja na incidência ou na torção, é extremamente importante em uma aeronave projetada para o SAE AeroDesign!



2.3. Impermeabilização

Toda aeronave projetada para a competição AeroDesign deverá voar, seja sob sol ou chuva. Desta forma, é importante que toda a estrutura e componentes internos estejam protegidos dos agentes externos, como chuva, por exemplo. Assim, deve-se tomar cuidados de fechar todas as frestas do modelo. No compartimento do motor e tanque de combustível, cuidado especial deve ser tomado, uma vez que o combustível pode atacar o material do modelo (principalmente em se tratando de madeira). O óleo expelido do escape do motor também é prejudicial ao material do modelo. Cubra toda a região do compartimento do motor com cola Araldite® ou verniz, de forma a impermeabilizar contra óleo, água ou combustível. A lateral da fuselagem ou mesmo a superfície da asa que estará sujeita ao caminho da fumaça do escape deve ser tratada da mesma forma, mas caso estas já estiverem revestidas com plástico (entelagem), já é o suficiente.

2.4. Folgas

As uniões entre superfícies móveis podem apresentar folgas, e estas são prejudiciais ao bom funcionamento da aeronave. Faça o possível para eliminá-las, principalmente se estas afetarem o comportamento das superfícies aerodinâmicas (comandos, articulações). Lembre-se de que folgas são elementos que facilitam o aparecimento de *flutter*, o que comprometerá a integridade da aeronave e a segurança da competição.

2.5. Rigidez dos componentes estruturais

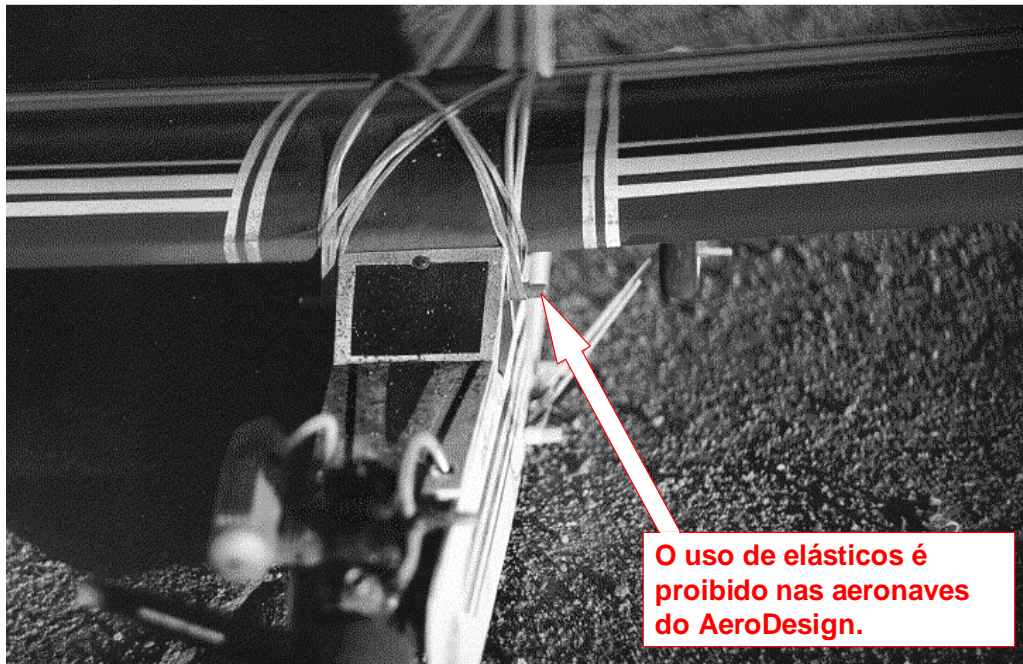
Os componentes estruturais esbeltos, como tubo de cauda, asas com alta razão de aspecto, e mesmo fuselagens muito esguias, podem apresentar problemas de rigidez. Isso significa que a flexibilidade destes componentes pode afetar o comportamento em voo. Desta forma, critérios objetivos de deformação devem ser estabelecidos para que os componentes estruturais sejam projetados com rigidez adequada. Tenha em mente que as deformações da estrutura sob condições esperadas de operação não devem levar a instabilidades ou perda de comando.

2.6. União entre componentes estruturais

Conforme citado no Regulamento, não são aceitas fixações de componentes críticos (como asas, empenagem, trem de pouso, carga paga, berço do motor, etc...) por meio de elásticos, borrachas ou similares, de modo que estes elementos de fixação estejam sujeitos aos esforços do voo. Apesar de ser uma prática comum em aeromodelismo, esta não será aceita em nenhuma aeronave da Competição em todas as categorias. Esses componentes, quando fixados por parafusos, devem usar porcas auto-travantes (self-locking nut) ou frenadas. Fixação da carga, suporte de carga na estrutura, ou qualquer componente estrutural da aeronave utilizando-se Velcro® também não é permitido.

Unões asa-fuselagem: é a união mais importante, pois trata-se da união dos componentes mais solicitados de uma aeronave em voo e, mesmo no pouso, caso o trem seja instalado na asa.

Não use elásticos, pois eles são proibidos na competição. Utilize uniões com pino e parafusos ou somente parafusos. Mas, cuidado: dimensione corretamente os elementos (pinos e parafusos), de forma que se tenha uma resistência adequada, aliada a baixo peso. Parafusos de aço são comuns, bem como porcas ou roscas feitas em barras de Nylon. Apesar de não se recomendar este tipo de fixação, verifique adequadamente as roscas feitas na própria estrutura (em madeira, alumínio etc.), quanto à sua correta geometria e capacidade de resistir às cargas de tração ou risco de espanar. Use parafusos auto-travantes, ou que não se soltem pela vibração do motor. Não é recomendado o uso de parafusos de rosca soberba para fixação destes componentes, pois a rosca feita por este tipo de parafuso na madeira ou até no Nylon está sempre sujeita ao desgaste ou deformação após sucessivos apertos.



Atualmente os elásticos são vetados até para a Classe Micro.

Uniãoes empenagem-fuselagem: As empenagens são componentes importantíssimos e essenciais para o voo, uma vez que são os elementos responsáveis por dar a capacidade de controle e estabilidade à aeronave. Sendo assim, sua fixação deve ser feita de forma a não existir folgas. A resistência, tanto das uniões, como dos próprios componentes em questão (empenagem, fuselagem, cauda), deve ser avaliada através da análise dos carregamentos advindos de manobras esperadas em voo, onde se utilizam as empenagens para o controle da aeronave. Caso se trate de uma empenagem inteiramente móvel, cuidado redobrado quanto à rigidez e com os elementos de fixação: em usando parafusos, use os auto-travantes; caso use cola, observe compatibilidade com os agentes externos (chuva, óleo do combustível, vibração). Por fim, muito cuidado com as folgas.

Tais folgas contribuem fortemente com o aparecimento de *flutter*, fenômeno que quase sempre culmina com o violento desprendimento da superfície de comando e conseqüente queda descontrolada da aeronave! Não é necessário dizer o quanto tal fato compromete a segurança!

União trem de pouso-fuselagem: Por ser um componente que recebe um carregamento concentrado apreciável, observar que esta ligação deve resistir a cargas de impacto e trepidações, próprios da rolagem em pavimentos rugosos. Caso use parafusos, recomenda-se fortemente que sejam do tipo auto-travantes (com porcas auto-travantes com anéis de Nylon). Não use elásticos (embora raramente vistos, já foram usados em modelos rádio controlados comuns para

fixar o trem principal). Caso seja utilizada cola, verifique da mesma forma que para uniões empenagem-fuselagem, a compatibilidade com os agentes externos. Veja a necessidade de reforços estruturais, para que a carga concentrada seja distribuída para a estrutura de maneira eficiente. Mas cuidado com o excesso de peso.

Caso decida usar rolamentos nas rodas, tenha em mente que estes deverão ser protegidos de poeira, de forma a não se estragarem. Verifique também o carregamento lateral máximo suportados pelo tipo de rolamento selecionado, este deve ser compatível com as cargas laterais previstas para as rodas e o trem de pouso da aeronave (pouso glissado).

2.7. Trem de Pouso

O trem de pouso é o componente que, além de suportar o peso da aeronave quando esta estiver no solo, é responsável pelo correto rolamento da aeronave na pista.

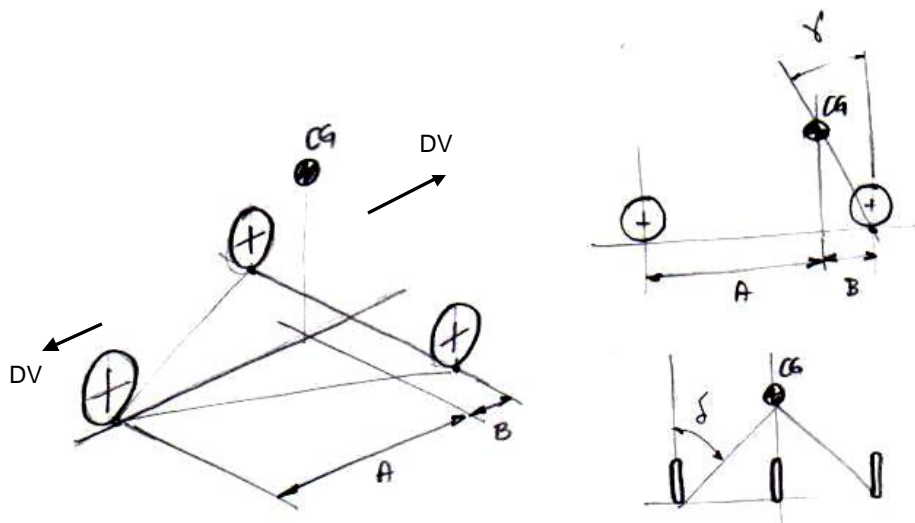
Este componente deve ser projetado para que sua estrutura realmente suporte o modelo de maneira adequada nas diversas condições de carregamento, além de permitir à aeronave uma decolagem e pousos adequados.

Sugerimos, portanto, que sejam observadas duas características principais do mesmo: sua geometria e sua resistência.

Quanto à geometria, deve-se observar a distância lateral entre as rodas para que o modelo não vire em curvas. Dimensionar também, em caso de trem de pouso triciclo, a distância entre as rodas do trem principal em relação ao CG, tanto quando em atitude nivelada como com a cauda baixa. A carga na bequilha não deve ser muito alta, para que não seja necessário um trem de pouso muito pesado; as cargas devem ser suficientes para garantir a controlabilidade.

A figura a seguir mostra os ângulos que normalmente são importantes para a geometria do trem de pouso.

A observação desta geometria é importante para os dois tipos de trem de pouso (triciclo ou convencional).



Quanto à resistência, observar que o modelo provavelmente irá enfrentar pousos duros, ou seja, onde um grande impacto é esperado. Assim, verificar os carregamentos e a resistência dos componentes do trem de pouso quanto a carregamentos verticais (advindos de pousos nivelados e de cauda baixa, por exemplo), e situações com carregamento lateral (pouso glissado, ou com componente lateral de velocidade). Caso o mesmo disponha de freios, prever os esforços que devem ser resistidos pelos componentes devido à desaceleração. As rodas são parte do trem de pouso, e o dimensionamento incorreto delas pode causar problemas na decolagem como e pouso. Sugere-se que sejam observados alguns itens importantes tais como:

- Relação entre o diâmetro da roda e o tipo de pavimento (rugosidade do mesmo).
- Uso de rodas especiais para a categoria.

Pense na fixação das rodas da mesma forma que para os carregamentos do trem de pouso como um todo, já que as cargas entram pelas rodas!

Recomenda-se uma pesquisa nos requisitos de certificação para cargas no trem de pouso definidos pelo FAR Part 23, por exemplo.

3. Instalação de Sistemas – Motor e Combustível

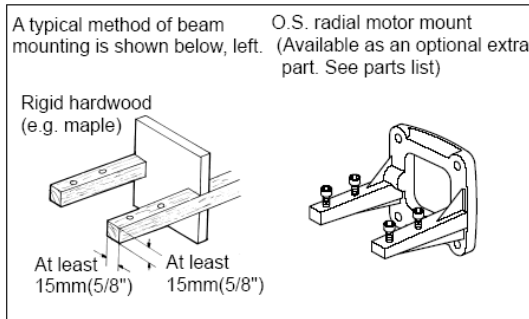
3.1. Instalação do motor e tanque de combustível.

O motor deve ser fixado em montante apropriado, ou berço ligado à estrutura do modelo, conforme recomendações do manual do fabricante do motor. Seja qual for o tipo de suporte, siga as orientações abaixo:

- Usar somente parafusos auto-travantes ou porca e contra porca, mesmo que o montante seja de nylon, madeira ou fibra. **Nunca use parafusos de rosca soberba.** Como já comentado no item 2.1.4 acima, existe um histórico de diversos problemas ocorridos em competições anteriores devido a este tipo de fixação.
- **A fixação do motor deve ser feita seguindo as instruções do manual do próprio motor. Desde o AeroDesign de 2008, não é mais permitida a fixação do motor utilizando as roscas da parte traseira do motor (Carter). O motor deverá ser fixado por sua base conforme instruções do respectivo manual.**

INSTALLATION OF THE ENGINE

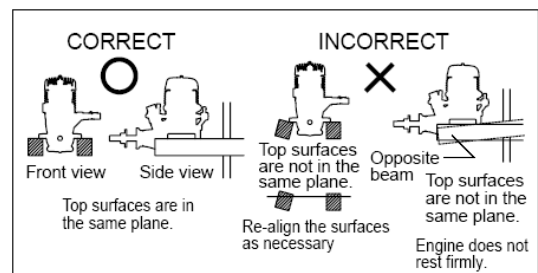
Installation in the model



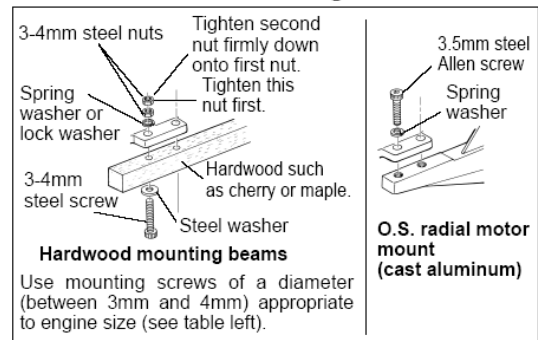
50SX	For 50SX, 40/46FX(Code No. 71913100)
40•46FX	
61•91FX	For 60FP, 61•91FX(Code No. 71905200)

Mounting Screw Size	
50SX, 40•46FX	3mm
61•91FX	4mm

Make sure that the mounting beams are parallel and that their top surfaces are in the same plane.



How to fasten the mounting screws.

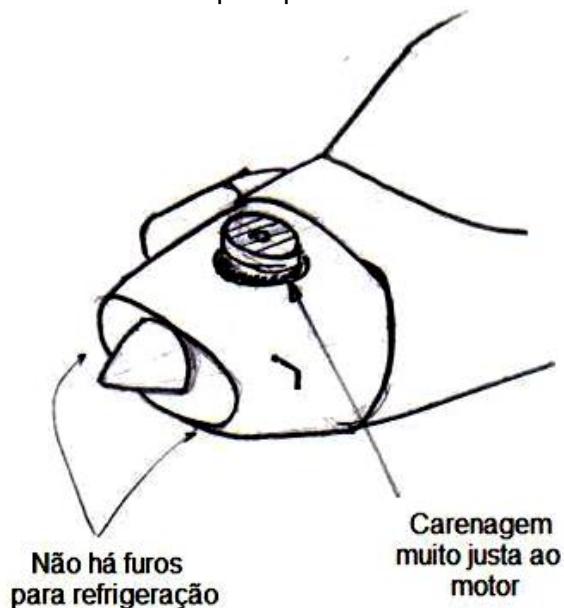


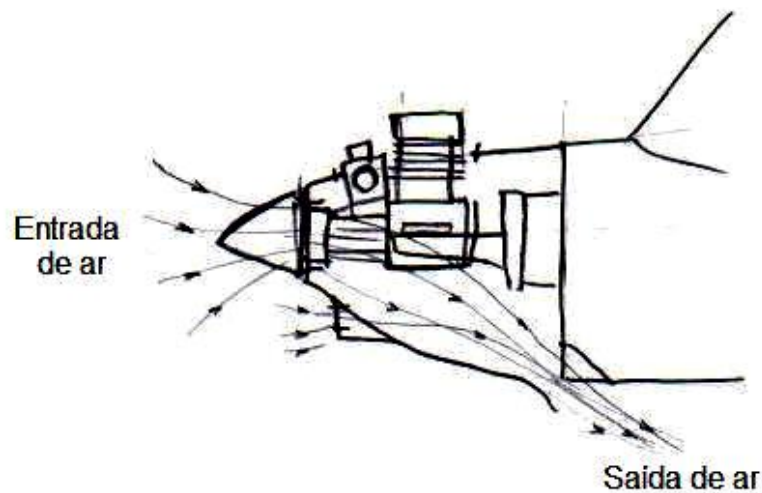
—10—

Fonte: Manual O.S. Engines: <http://www.osengines.com/manuals/>

Continuando:

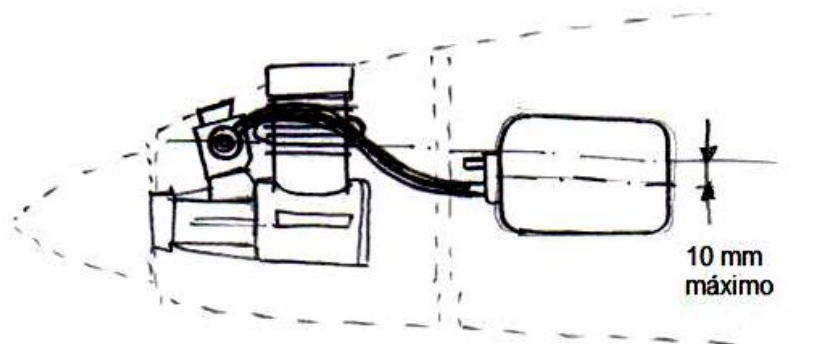
- Prever espaço suficiente para passagem das mangueiras de silicone, e facilitar o acesso à agulha do carburador;
- Prefira instalações que permitam fácil acesso ao motor e seus componentes de fixação (evite carenagens complicadas).
- O *spinner* e a hélice serão inspecionados antes de cada voo. Tenha isso em mente.
- Use a porca original do motor, para a fixação da hélice.
- O uso de *spinner* é fortemente recomendado!
- O spinner serve para proteger o motor em caso de queda, e conter a hélice caso esta se solte. Assim, use um bom spinner, e em bom estado de conservação.
- Não use hélices de metal. São proibidas pelo regulamento. Caso for confeccionar as próprias hélices, verifique se o furo e a espessura da hélice na região do furo permitem a instalação correta, usando porca e contra porca, assim como o spinner.
- Faça o balanceamento das hélices. Caso estejam desbalanceadas, o nível de vibração será aumentado o que pode provocar danos ao modelo e aos equipamentos. Em casos extremos todo o berço do motor pode se desprender na aceleração de decolagem (fato já ocorrido).
- Lembre-se de deixar aberturas para a correta refrigeração do motor.
- O acesso à vela deve ser fácil para permitir uma eventual troca imediata.



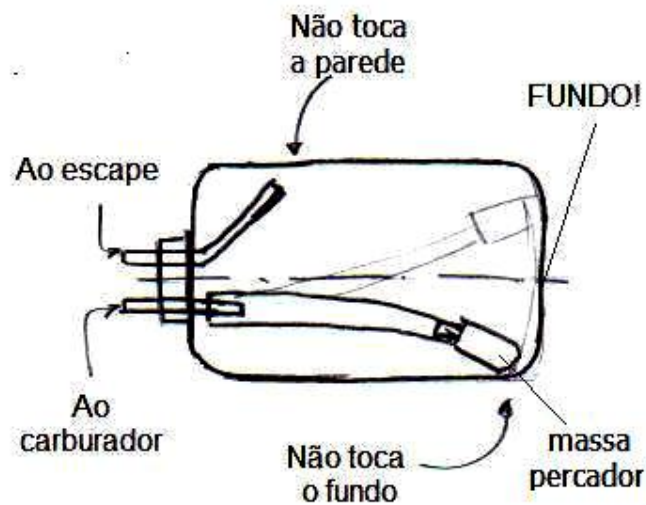


O tanque de combustível pede alguns cuidados na sua instalação:

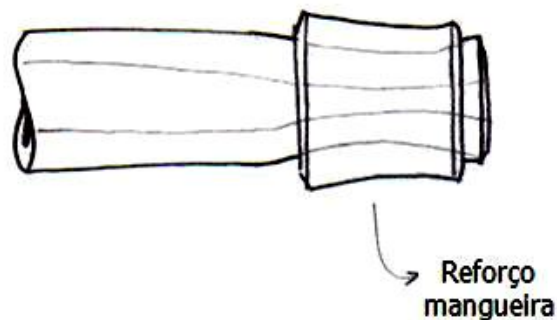
- Instale o tanque o mais próximo possível do motor, em compartimento adequado, e fixado à estrutura de maneira que este não se movimente, seja qual for a situação que a aeronave se encontrar.
- Ele deve também estar visível para a conferência do nível de combustível. A Comissão Técnica recomenda o uso de tanques de combustível comerciais.



- A linha média do tanque pode estar até 10mm abaixo do nível da agulha do carburador. Caso o tanque seja instalado muito baixo, a pressurização dada pelo escape do motor não será suficiente para alimentar o motor adequadamente em todas as manobras.



- Verifique a instalação e funcionamento do tanque. O pescador deve estar livre, e não encostado na parede do fundo do tanque (figura acima). Use uma mangueira bem flexível para ligar a massa e o tubo do pescador. O respiro não deve encostar na parede superior do tanque, evitando que o mesmo seja obstruído. No entanto, coloque-o o mais para cima possível, permitindo que o tanque possa ser abastecido por completo.
- As mangueiras de silicone não podem estar furadas ou rasgadas. Verifique seu estado antes de cada voo. Caso elas estejam com problemas, substitua-as. Furos podem fazer com que bolhas de ar se formem na linha de combustível, causando problemas de funcionamento do motor.
- As mangueiras devem ser fixadas firmemente às conexões com o motor e o tanque. Caso o diâmetro da mangueira seja demasiado, ou o material muito flexível, faça um reforço nas extremidades, colocando um pedaço da própria mangueira por cima da mesma, para conectar ao motor e escape (figura a seguir).



É recomendável o uso de filtro de combustível na linha.

Considerações Finais

A Comissão Técnica espera que este Manual seja de grande auxílio ao trabalho de todos vocês. Aceitamos sempre sugestões para melhorá-lo para a Competição SAE BRASIL AeroDesign.

Desejamos a todos um excelente trabalho e muito sucesso no SAE BRASIL AeroDesign.

Que todos consigamos fazer desta Competição algo melhor a cada ano.

Atenciosamente,

Comissão Técnica SAE BRASIL AeroDesign