

***10ª Competição SAE BRASIL AeroDesign  
Classes Regular e Aberta***

***Regulamentação e Boas Práticas de Segurança***

**Maio 2008**

## Índice

Introdução.....	3
Como utilizar este Manual .....	4
Parte I: Regulamentação de Segurança .....	5
1. <b>Check List</b> obrigatório para inspeção de Segurança .....	6
2. <b>Instalação do Sistema de Rádio Controle (Requisitos para instalação dos sistemas eletro-eletrônicos / comandos da aeronave)</b> .....	9
2.1.1. Conjunto Rádio Transmissor / Receptor .....	9
2.1.1.1. Receptor.....	9
2.1.1.2. Antena do Receptor.....	10
2.1.1.3. Transmissor.....	11
2.1.1.4. Servos .....	11
2.1.1.5. Baterias .....	13
2.2..... <b>Informações adicionais sobre rádios transmissores e receptores</b>	<b>14</b>
2.2.1. Rádios PERMITIDOS .....	14
2.2.2. Rádios NÃO PERMITIDOS .....	15
2.2.3. Extensões (Comandos e Energia).....	16
2.3. <b>Informações adicionais sobre as baterias</b> .....	<b>18</b>
2.3.1. Sobre as Baterias .....	19
2.3.2. Verificação da carga da bateria .....	21
2.4. <b>Comandos de Vôo</b> .....	<b>22</b>
3. <b>Instalação do Motor</b> .....	<b>23</b>
Parte II: Boas Práticas de Segurança .....	<b>24</b>
4. <b>Itens básicos para projeto e fabricação da Aeronave</b> .....	<b>25</b>
4.1. <b>Estrutura - Introdução</b> .....	<b>25</b>
4.1.1. Materiais empregados .....	25
4.1.2. Reforços .....	26
4.1.3. Uniões .....	26
4.1.4. Entelagem .....	29
4.2. <b>Alinhamento</b> .....	<b>29</b>
4.3. <b>Impermeabilização</b> .....	<b>32</b>
4.4. <b>Folgas</b> .....	<b>33</b>
4.5. <b>Rigidez dos componentes estruturais</b> .....	<b>33</b>
4.6. <b>União entre componentes estruturais</b> .....	<b>33</b>
4.7. <b>Trem de Pouso</b> .....	<b>35</b>
5. <b>Instalação de Sistemas – Motor e Combustível</b> .....	<b>37</b>
5.1. <b>Instalação do motor e tanque de combustível</b> .....	<b>37</b>
6. <b>Recomendações para confecção das plantas</b> .....	<b>41</b>
7. <b>APÊNDICES</b> .....	<b>43</b>
7.1. <b>Vantagens no uso do sistema PCM</b> .....	<b>43</b>
7.2. <b>Texto sobre cálculo de cargas para a competição SAE AeroDesign (Recomendações)</b> .....	<b>44</b>

## Introdução

Este manual, 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 AeroDesign, e em especial à experiência acumulada na competição SAE AeroDesign Brasil, e que visam melhorar o desempenho e a segurança no projeto e operação das aeronaves projetadas para a categoria.

Visando uma maior transparência/esclarecimentos entre a comissão técnica e as equipes, a partir deste ano, o antigo “Manual de Boas Práticas de Segurança” passou a se chamar “Regulamentação e Boas Práticas de Segurança”.

A razão desta mudança encontra-se na tendência de levar para as equipes uma filosofia de projeto aeronáutico cada vez mais próxima da que é empregada na indústria. Alguns aspectos do projeto foram direcionados para um maior foco na segurança através de uma regulamentação mais rígida principalmente nos itens mais críticos que envolvem controle das aeronaves. Isto é ainda mais forte se considerarmos a tendência natural do aumento das aeronaves da Classe Regular, imposto por um regulamento ainda mais desafiador desenvolvido para a Competição de 2008.

A regulamentação de Boas Práticas de Segurança consiste num grupo de informações, colhidas ao longo dos anos, que têm se mostrados úteis ao lidar com as aeronaves da competição, e até mesmo com aeromodelos de maneira geral.

Deve-se ter em mente que, ao se enfrentar o desafio da competição SAE AeroDesign, de projetar, construir e voar um aeromodelo rádio controlado para levar carga, muito das filosofias aplicadas na aviação real podem e devem ser aplicadas no projeto. Desta forma, a Comissão Técnica tem como princípio usar o termo “aeronave” para todas que se enquadram nesta categoria específica.

Filosoficamente, não é adequado usar a denominação “aeromodelo” para as aeronaves do AeroDesign pois, apesar de não levar carga viva, tais aeronaves devem, desde o projeto até sua operação, seguir padrões de segurança equivalentes às aeronaves reais. Objetiva-se com isto incutir 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 AeroDesign deve ser um “treinamento real” para este tipo de profissional e todos sem exceção devem encarar como tal!

Desta forma, espera-se que este “manual” auxilie nas decisões importantes do projeto, e que grande parte das soluções encontradas sejam baseadas na durabilidade, eficiência e segurança.

Bons vôos!!

Comissão Técnica AD 2008

## **Como utilizar este Manual**

Ao longo destes dez anos de existência da Competição SAE AeroDesign inúmeras 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 segurança durante projeto e a operação das aeronaves da 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 Vôo do AeroDesign, foi desenvolvida a primeira versão deste manual a qual mesclava requisitos de segurança provenientes das experiência acumulada 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 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.

Buscando uma melhor organização das informações contidas neste manual e uma maior coerência entre o que é regulamentação e o que pode ser considerado como boa prática de projeto e/ou construção das aeronaves, em 2008, o 'Manual de Boas Práticas de Segurança' passou a se chamar '**Regulamentação e Boas Práticas de Segurança SAE AeroDesign 2008**'.

**Este documentos será dividido basicamente em duas partes:**

**Parte I:** Regulamentação de Segurança e **Parte II:** Boas Práticas de Segurança.

Neste novo formato a primeira parte, Regulamentação de Segurança, 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 por sua vez 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.

Existem também alguns apêndices que são considerados itens adicionais às explicações dadas no documento entre outros que são sugestões e aconselhamentos relativos ao desenvolvimento de uma Aeronave voltada para a missão do AeroDesign.

Contamos com a colaboração de todos no sentido de aprimorar a segurança da Competição demonstrando projetos desenvolvidos e 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 2008.

## Parte I: Regulamentação de Segurança

Esta primeira parte é composta de itens que são obrigatórios a toda e qualquer aeronave projetada para participar do SAE AeroDesign no Brasil.

São itens que dizem respeito inicialmente ao projeto e construção das aeronaves, mas também fazem parte do *check list* de segurança a ser usado durante a competição SAE AeroDesign 2008.

## 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 abaixo) contendo diversos itens para cada parte da aeronave.

***A aeronave só estará autorizada para vôo quando todos os itens do check list da inspeção de segurança obrigatória forem atendidos, ou seja, a permissão de vôo será dada após o cumprimento de todos os itens do check list da inspeção de segurança.***

Cabe ressaltar que este *check list* é preliminar para a competição SAE AeroDesign 2008 podendo portanto sofrer algumas pequenas alterações.

No caso de eventuais modificações nos itens deste *check list* abaixo, uma nova versão será divulgada para as equipes objetivando-se com isto, melhorar o processo de inspeção e conseqüentemente agilizar a competição como um todo para maximizar o número de baterias.

Um adendo do *check list* básico é considerado no caso das aeronaves da Classe Aberta. Este adendo é apresentado ao final da listagem básica de verificação de segurança abaixo.

<b>Hélice</b>	1	Não permitir hélices metálicas.
	2	Caso hélice não comercial, exigir documento de testes.
	3	Hélices monopás - exigir documento de testes.
	4	Verificar em hélices de madeira presença de trincas.
	5	Perguntar se a hélice está balanceada.
<b>Spinner e fixação</b>	6	Presença de porca original mais <i>spinner</i> <b>ou</b> porca original mais contra porca.
	7	Verificar aperto da(s) porca(s) da helice. Perguntar a equipe e pedir que eles verifiquem.
	8	Verificar aperto parafusos do <i>spinner</i> , se aplicável. Perguntar a equipe ou mexer um pouquinho no <i>spinner</i>
<b>Motor</b>	9	Parafusos de fixação motor no montante não podem ser de rosca soberba - só porca/contra porca ou parlock.
	10	Verificar o aperto dos parafusos de fixação do motor no montante. Não precisa reapertar.
	11	Verificar fixação do carburador.
	12	Verificar instalação e fixação escapamento (cone interno obrigatório, extensão permitida).
	13	Verificar fixação da vela no cabeçote.
	14	Verificar aperto parafusos cabeçote e placa traseira (caso vazamento).

Continua na próxima página:

<b>Mangueiras</b>	15	Verificar furos e rasgos nas mangueiras do motor (carburador e escape).
	16	Verificar fixação das mangueiras com tanque, carburador, escape e filtro de combustível.
	17	Verificar filtro de combustível instalado adequadamente e desobstruído.
	18	Verificar se mangueira não apresenta dobras.
<b>Tanques</b>	19	Verificar montagem do pescador e respiro.
	20	Verificar tampa do tanque, aperto e comprimento dos tubos.
	21	Verificar se tanque está bem fixo à estrutura.
	22	Verificar mangueiras do tanque bem presas aos tubos.
<b>Integridade estrutural</b>	23	Verificar integridade estrutural empenagens (flexão e torção). Pedir a equipe para movê-la
	24	Verificar integridade estrutural tail boom (flexibilidade e fixação)
	25	Verificar integridade estrutural asas (fixação fuselagem, longarinas, nervuras, revestimento, raiz)
	26	Verificar integridade estrutura fuselagem (estrutura básica, parede fogo, fixação compartimento carga, trem pouso, tail boom)
	27	Verificar integridade superfícies de comando - aileron, profundor e leme, e flaps, se houver.
<b>Link e dobradiças</b>	28	Verificar dobradiças - coladas ou presas com alfinetes, pino travado se houver
	29	Verificar distância superfície de comando e estrutura (deve ser menor que 2mm)
	30	Verificar estruturas adjacentes: horn e dobradiças - reforços se necessário
	31	Verificar links - travados com tubo silicone ou similar
	32	Verificar push-rods ou hastes de comando - rigidez e guiagem, evitar dobras grandes nos arames.
	33	Verificar instalação horns - alinhamento com linha da dobradiça.
	34	Verificar fixação links com arames roscados.
<b>Posição CG</b>	35	Verificação CG - pedir para equipe suspender modelo pelo CG. A equipe deve definir por onde a aeronave será suspensa.
	36	Caso possua lastro, verificar fixação.
<b>Compart. carga</b>	37	Verificar sistema travamento carga - impedir movimento em qualquer situação de voo.
	38	Verificar se o suporte de carga está bem fixo à estrutura da fuselagem.
	39	Verificar se com porta fechada, a carga fica bem acomodada e há espaço para bloco padrão.
	40	Verificar fixação da porta na estrutura - não soltar em voo.
	41	Verificar se porta tem resistência para conter a carga, se aplicável.
<b>Trem de pouso</b>	42	Verificar fixação trem principal na estrutura - porca parlock ou porca e contra porca.
	43	Verificar fixação rodas na perna trem principal e de nariz - porca parlock ou porca e contra porca.
	44	Verificar fixação bequilha na parede de fogo, ou bequilha na estrutura da cauda.
	45	Se "O" ring como pneu, verificar se esta bem presa ao aro. Perguntar a equipe se está colado ou não.
	46	Rodas com rolamento, ver estado do rolamento. É recomendável um rolamento blindado mas não é obrigatório.
	47	Se possuir freios, verificar funcionamento e fixação à estrutura.
	48	Verificar integridade estrutura das pernas de trem de pouso principal e bequilha.

Continua na próxima página:

<b>Instalação rádio e baterias</b>	49	Receptor protegido de vibrações, envolvido em plástico ou similar, fixo a estrutura e acesso fácil.
	50	Aparência do receptor: presença de trincas, sinais de cola, tinta, ou contaminação por líquido.
	51	Antena - instalação tipo varal ou similar - Proibida instalar no interior de tubos e em contato com partes metálicas ou de CFRP.
	52	Separação dos fios de potência (bateria) e de controle (servos) - caminhos separados.
	53	Antena apresenta sinais de desgaste (fio partido, mascado, gasto).
	54	Verificar se bateria é permitida (Ni-Cd ou Ni-MH), e no mínimo de 500 mAh – <b>LiPo não permitido para a Classe Aberta.</b>
	55	Verificar se bateria está protegida de vibrações e envolta por plástico, fixada a estrutura e com acesso fácil.
	56	Verificar estado da carga da bateria do receptor.
	57	Verificar a instalação do voltwatch (bonificado para Classe Regular e <b>obrigatório</b> para Classe Aberta)
	58	Não permitir emendas sem conectores nos fios (nem para servos nem para bateria/chave).
	59	Verificar estado da tomada liga-desliga do rádio - conservação e mal contatos
	60	Verificar extensões de servo - construção, tomadas, comprimento, passagem por componentes metálicos que possam danificar os fios.
	61	Verificar instalação de servos em mesas presas à estrutura, com parafusos adequados.
	62	Verificar estrelas de servo com parafuso de fixação e sem folga no arame de comando.
<b>Func. rádio controle</b>	63	Hastes de comando - curvas excessivas, excesso de flexibilidade e falta de ancoragem?
	64	Verificar estado de carga bateria do transmissor.
	65	Verificar funcionamento do comando de profundor.
	66	Verificar comando de leme e bequilha.
	67	Verificar funcionamento do comando de aileron, observar as 2 superfícies.
	68	Verificar comando de aceleração do motor - lenta e máxima.
	69	Verificar comando dos flaps se houver.
	70	Verificar comando dos flaperons, freios aerodinâmicos e de rodas, de houver.
	71	Executar teste de alcance do rádio obrigatoriamente.
	72	Verificar fixação da antena do transmissor.
	73	Verifique se existem componentes soltos dentro do transmissor (chacoalhe-o!).

<b>Requisitos Adicionais Classe Aberta</b>	74	Verificar a redundância dos receptores. Devem ser no mínimo dois receptores.
	75	Verificar o tipo dos receptores (é obrigatório o uso de PCM na Classe Aberta)
	76	Verificar as antenas de cada receptor.
	77	Verificar a instalação das antenas de cada receptor - Tipo varal. Proibida instalar no interior de tubos e encostar em partes metálicas ou de CFRP.
	78	Verificar o tipo da bateria (LiPo não é permitida para Classe Aberta)
	79	Verificar o uso de uma bateria para cada receptor
	80	Verificar a carga das duas baterias
	81	Verificar o uso do voltwatch em cada um dos circuitos (baterias)
	82	Verificar a cabeça (ou estrela) dos servos (link da superfície de comando)
	83	Verificar a fixação das superfícies de comando. Devem ser compatíveis com as forças.
	84	Verificar a rigidez das superfícies de comando para Classe Aberta. Não é recomendável o uso de 'placa plana' como superfície.
	85	Perguntar a equipe sobre a filosofia de redundância adotada na aeronave.

## **2. Instalação do Sistema de Rádio Controle (Requisitos para instalação dos sistemas eletro-eletrônicos / comandos da aeronave)**

Conforme o *check list* obrigatório de inspeção de segurança, os itens de 49 à 64 tem como objetivo a verificação da integridades da instalação de rádio e baterias de forma adequada nas aeronaves. Os itens 65 à 73 verificam as superfícies de comando.

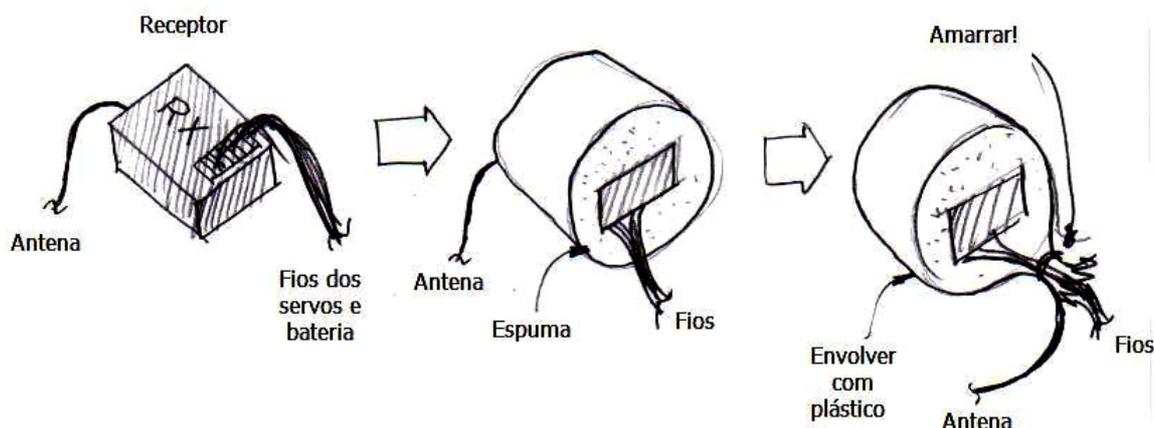
Na totalidade, ambos os grupos tem como principal objetivo a verificação da integridade instalativa dos sistemas eletro-eletrônicos e de comandos da aeronave. Para melhor exemplificação, os itens foram divididos os 6 grupos, Conjunto Rádio Transmissor/Receptor, Extensões (Comandos / energia), Antena, Servos ,Bateria e Comandos de vôo.

### **2.1.1. Conjunto Rádio Transmissor / Receptor**

#### **2.1.1.1. 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 de interferência deverá ser realizado.

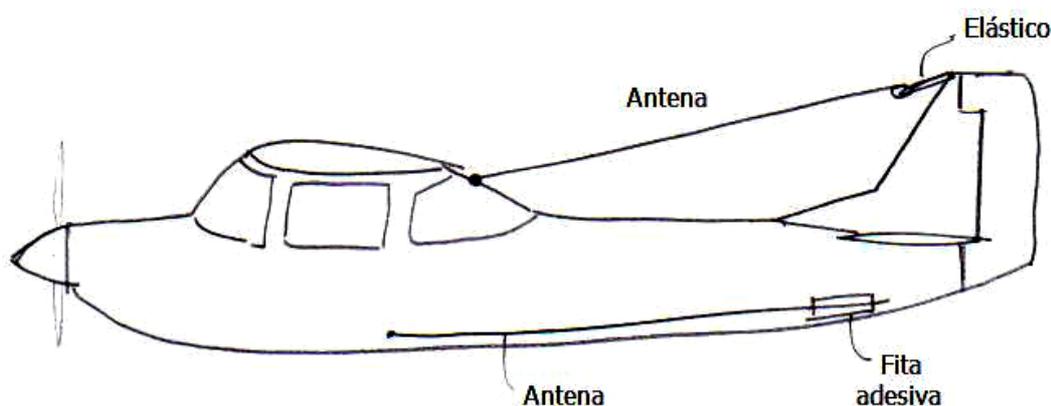
O teste deverá ser feito da seguinte maneira:

1. Com o equipamento todo ligado, e com a antena do transmissor baixada, distanciá-lo 2 m 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 “Zinabre” (oxidação) nos contatos dos servos, chave “on/off” e baterias e cristal.
- Veja se os fios dos servos e bateria estão bem presos ao receptor. Caso algum conector apresente mau contato, substitua o conector.

### 2.1.1.2. 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. **O comprimento é diretamente proporcional à distância de atuação do controle, ou seja, caso a antena seja reduzida, o alcance é reduzido.**
- 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 esticada, e longe de componentes metálicos ou em fibra de carbono, pois podem induzir interferências na operação do equipamento de rádio.



- **A instalação tipo varal (bem esticada) é a mais recomendada. Se a configuração da aeronave assim o permitir, este tipo de instalação deve ser considerado obrigatório.**
- **Não é permitida a passagem da antena por dentro de componentes metálicos ou de fibra de carbono.**

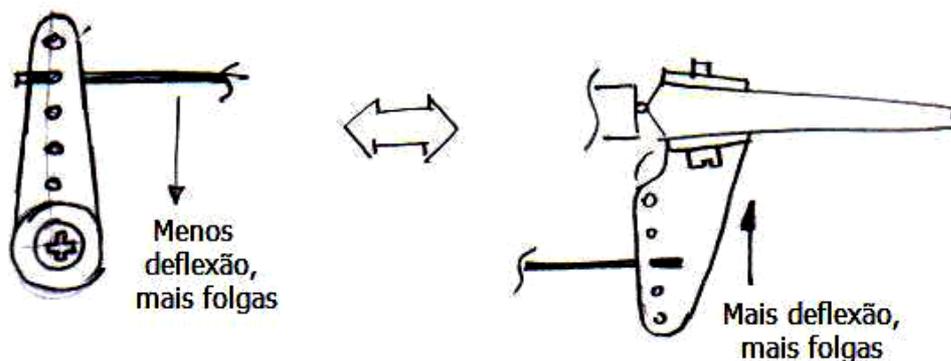
- Não a coloque em local que possa entrar em contato com o solo, pois o atrito pode levar a antena a romper-se.
- Instale o receptor em local que possa ser facilmente acessado, para inspeção e manutenção.

### 2.1.1.3. Transmissor

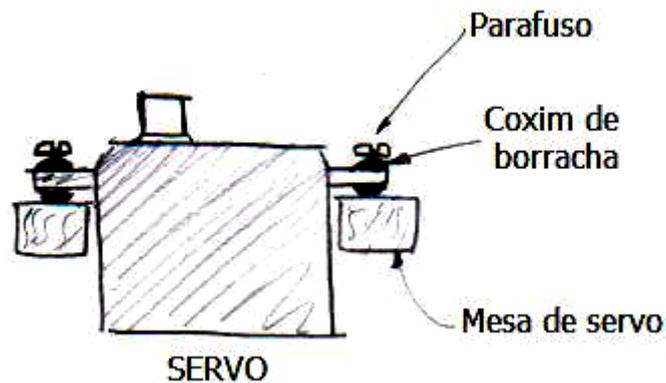
- Veja o estado das baterias do transmissor. Garanta que elas estejam em bom estado. É extremamente importante a verificação da existência de “Zinabre” no contato das baterias e cristais.
- As baterias devem estar carregadas por completo para um dia de vôo (carregue suas baterias sempre na noite anterior). **No caso da utilização de baterias de Li-Po, em nenhuma hipótese será permitida a carga no ambiente da competição.**
- Verifique a fixação do Cristal e fixação das baterias
- Verifique o estado da antena. Caso esteja quebrada, substitua-a.
- Faça o teste de alcance do rádio, ligando o transmissor e receptor, mantendo a antena do transmissor abaixada, caminhe para longe do modelo, comandando as superfícies. Pelo menos 15 metros de alcance nestas condições é suficiente.
- **Visando a diminuição de interferência eletro-magnética, a partir de 2009 os sistemas do tipo PCM são obrigatórios para as duas Classes, ou seja, não serão permitidos outros tipos de sistemas diferentes do PCM. Ver no Apêndice A-1 um texto sobre sistema PCM. Para a Classe Aberta o uso de sistema PCM já é obrigatório em 2008.**
- Verifique se não há partes soltas no interior do transmissor, basta chacoalhá-lo!

### 2.1.1.4. Servos

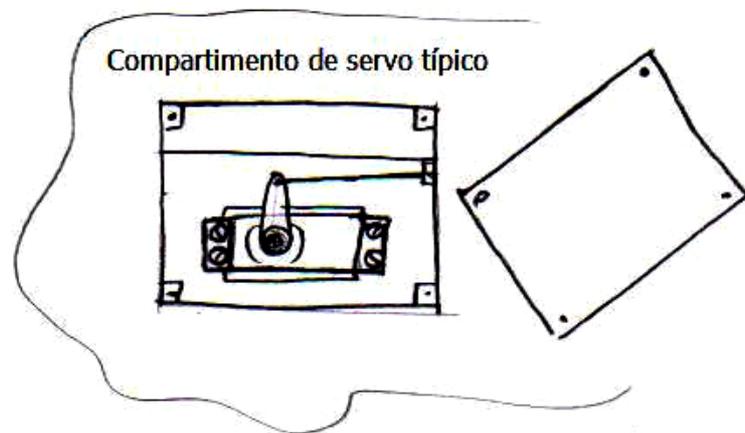
- O servo é o elemento que movimenta as superfícies de controle. Assim, sua ligação com as mesmas deve ser feita de forma a eliminar folgas, devem resistir às cargas esperadas de vôo, e sua movimentação deve ser livre, deixando para o servo somente os carregamentos para o controle em vôo, e não de atritos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



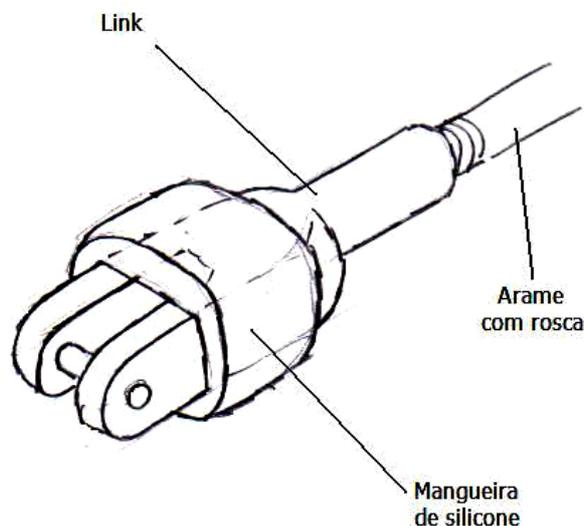
- Fixe cada servo em um montante, seja de madeira, metal, plástico, ou qualquer outro material, com dois (2) parafusos em cada lado, e não se esqueça de usar os coxins de borracha que o fabricante fornece! Eles servem para isolar o mecanismo das vibrações e tornar seu funcionamento mais confiável.



- 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.



- 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 vôo, usando um pedaço de mangueira de silicone, como mostra a figura abaixo:

**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.

**2.1.1.5. Baterias**

- As Baterias são componentes que freqüentemente são retiradas do modelo. Assim, instale-as em lugar de fácil acesso, mas fixadas adequadamente à estrutura. Envolve-as em espuma, de forma a isolá-las de vibrações e impactos.
- Cuide da carga das baterias. Cuidado com o efeito memória. Caso o pack contenha uma ou mais células defeituosas, substitua todo o pack.
- Cuide para que o fio e o conector estejam em boas condições. Caso algum fio apresente sinais de formação de óxido (zinabre), provavelmente alguma bateria vazou. Substitua todo o pack.
- Use baterias de capacidade compatível com o rádio. Verifique a tensão do pack e a capacidade do mesmo. O mínimo que se exige de capacidade para a competição é um pack de 500 mAh (Classe Regular).
- O equipamento voltagewatch serve para medir a tensão das baterias é obrigatório. 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.

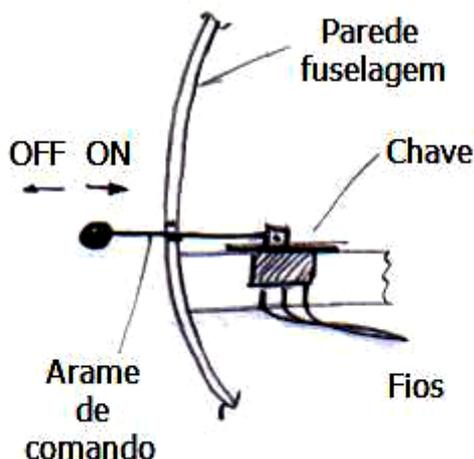
**Observações importantes:**

- 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 o receptor, a tensão mínima recomendada é de 4V, operando em regime normal de 4,8V ou superior.

#### 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).

## 2.2. Informações adicionais sobre rádios transmissores e receptores

### 2.2.1. Rádios PERMITIDOS

Os rádios permitidos durante a competição SAE AeroDesign 2008 operam na frequência de 72 MHz em FM.

Estes utilizam atualmente duas tecnologias principais:

- PCM (Pulse Code Modulation) <sup>(1)</sup>. (Obrigatório p/ Classe Aberta e Recomendável para Classe Regular)
- PPM (Pulse Position Modulation) <sup>(2)</sup>. **(Será proibido a partir de 2009)**

(1): Tecnologia Digital: [http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-code\\_modulation](http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-code_modulation)

(2): Tecnologia Analógica: [http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-position\\_modulation](http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-position_modulation) ou comumente denominado FM.



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

### **Observações Importantes**

**Para a Classe Aberta o uso de PCM é OBRIGATÓRIO (não é bonificado): Regulamento Seção 3.7.1, Pág. 32.**

**Para o SAE AeroDesign 2009 somente serão aceitos rádios do tipo PCM (Pulse Code Modulation). Rádios que utilizam a tecnologia PPM (Pulse Position Modulation) não mais serão permitidos.**

### **2.2.2. Rádios NÃO PERMITIDOS**

Qualquer rádio cuja freqüência de operação seja diferente de 72 não será permitido. Exemplo: Tecnologia AM ou 2.4 GHz.

A Freqüência de 2.4 GHz é uma nova tecnologia de rádios utilizada no mercado de aeromodelos no exterior;

No Brasil, segunda a ANATEL, a freqüência de 2.4 GHz é uma faixa de freqüência livre, ou seja, operam nessa faixa de freqüência equipamentos

como videolink de televisão, redes domésticas wi-fi e telefones sem fio, podendo haver interferência por parte desses equipamentos na aeronave.



### 2.2.3. Extensões (Comandos e Energia)

- O comprimento das extensões não deverá ser maior que o comprimento máximo da antena. Quanto maior a extensão maior a propensão de interferência.

Caso haja a necessidade de extensões muito grandes, ou seja, maiores do que o comprimento da antena, a mesma deverá ser blindada, ou seja, utilizar um fio blindado para tal extensão, ou então utilizar algum artifício para “Blindar” a extensão. As duas pontas da extensão deverão estar conectadas no plano terra. A utilização de extensões com buffer são permitidas.

- Não serão permitidas nenhum tipo de solda nas extensões.
- **As extensões assim como os conectores dos servo- 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.

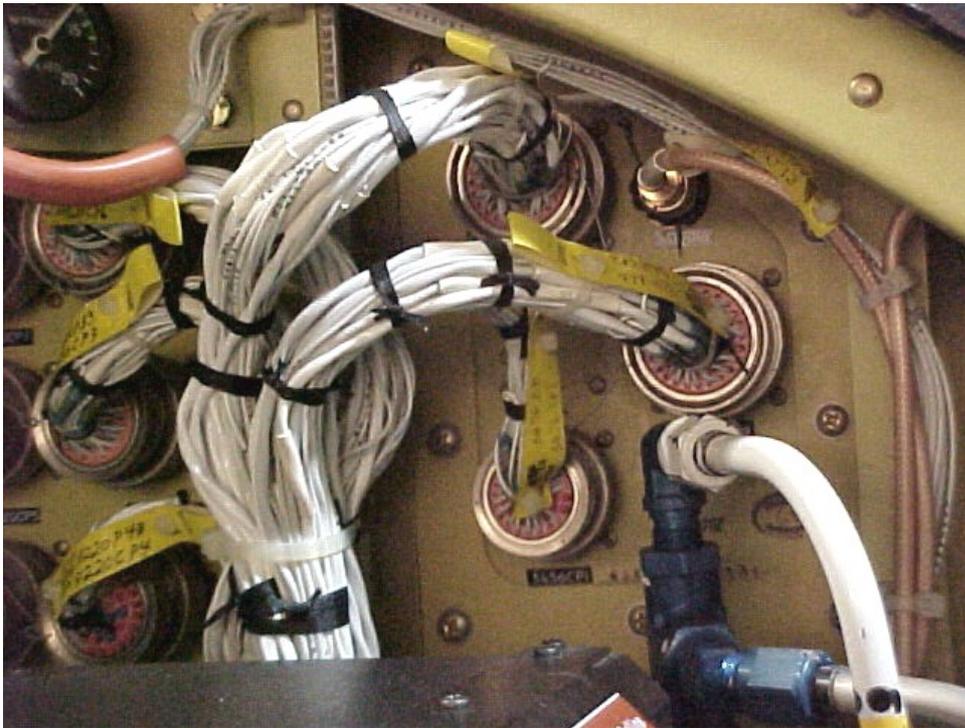
**Observações importantes:**

- ✓ É permitido o uso de extensões comerciais de qualquer marca desde que identificadas por código de fabricação ou marca do fabricante.

No caso de extensões fabricadas pela equipe observar os seguintes aspectos.

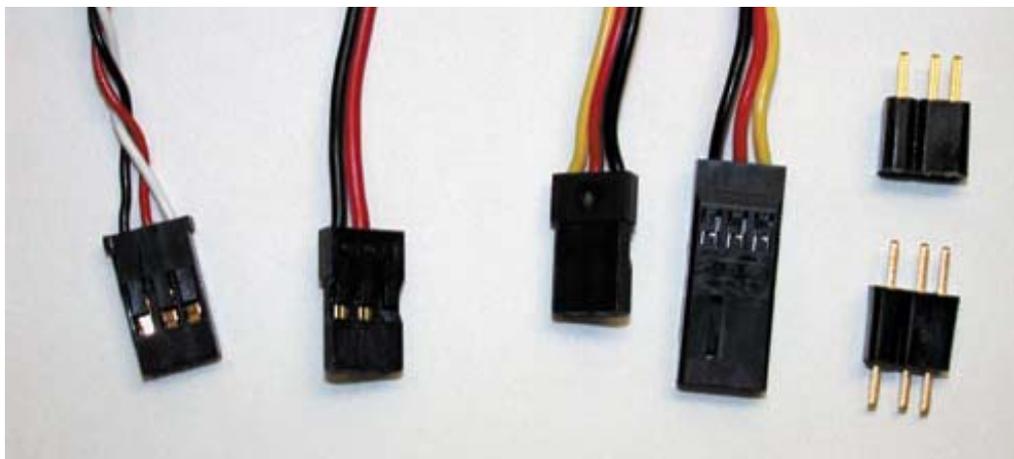
- ✓ Não são permitidos nenhum tipo de emenda soldada ou que não faça uso de conectores.

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



Exemplo de instalação elétrica em uma aeronave executiva.

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



- ✓ Todas as ligações dos conectores com os fios deverão ser crimpados.
- ✓ Os conectores recomendados é do tipo MODUL de 3 vias ou equivalente.
- ✓ Os fios recomendados para a confecção das extensões de servo / energia é 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. Confecção da extensão no tamanho adequado segundo as exigências acima.

**Atenção: estas recomendações acima definidas são validas e obrigatórias para as duas categorias (Regular e Aberta).**

### **2.3. Informações adicionais sobre as baterias**

Para a Competição SAE AeroDesign 2008, são permitidas as seguintes baterias:

#### **Classe Regular**

- Níquel Metal Hidreto (Ni-mh)
- Níquel Cádmio (Ni-Cd)
- Lítio Polímero (LiPo): esta possui algumas restrições de uso e itens de segurança os quais devem ser OBRIGATORIAMENTE respeitados.

#### **Classe Aberta**

- Níquel Metal Hidreto (Ni-mh)
- Níquel Cádmio (Ni-Cd)

**Não são permitidas baterias de LiPo nas aeronaves da Classe Aberta.**

## 2.3.1. Sobre as Baterias

### 1) Baterias Níquel Cádmio

RX: 4.8 ~ 6 V – 600 mAh

TX: 9.6 V – 600 mAh



**Obs.: Somente as baterias Ni-Ca ou Ni-mh, podem ser recarregadas no ambiente da competição.**

### 2) Baterias Lítio Polímero (LiPo)

#### Vantagens:

- Maior capacidade de carga comparada as Ni-Cd e Ni-MH;
- Menor peso comparada as Ni-Cd e Ni-MH;

#### Desvantagens:

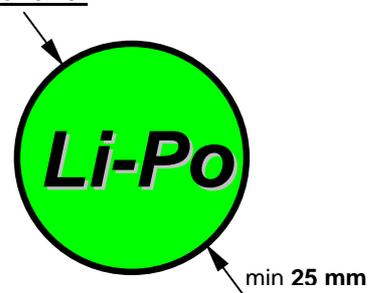
- Requer área confinada para carga (risco de explosão);
- Não tolera impactos (risco explosão);
- Altamente inflamável (risco de explosão);
- Bateria de custo mais elevado.

### Condições de uso na Competição:

Será permitida a utilização de baterias Li-Po no AeroDesign 2008, porém com algumas restrições.

1. Não será permitido **sob nenhuma hipótese**, carregar as baterias dentro do ambiente da competição, ficando a carga sob responsabilidade da equipe antes do início de cada dia da competição de vôo. Recomenda-se atenção e monitoramento constante durante o processo de recarga de baterias Li-Po.
2. As aeronaves utilizando bateria Li-Po deverão ser identificadas através de um símbolo específico (abaixo) elaborado pela Comissão Técnica, o qual deverá estar **localizado nos dois lados da empenagem vertical**. É responsabilidade da equipe afixar o símbolo na aeronave.

**Símbolo identificador das aeronaves que utilizam baterias de Lítio-Polímero (Obrigatório)**



O diâmetro do símbolo deve ser de no mínimo 25 mm

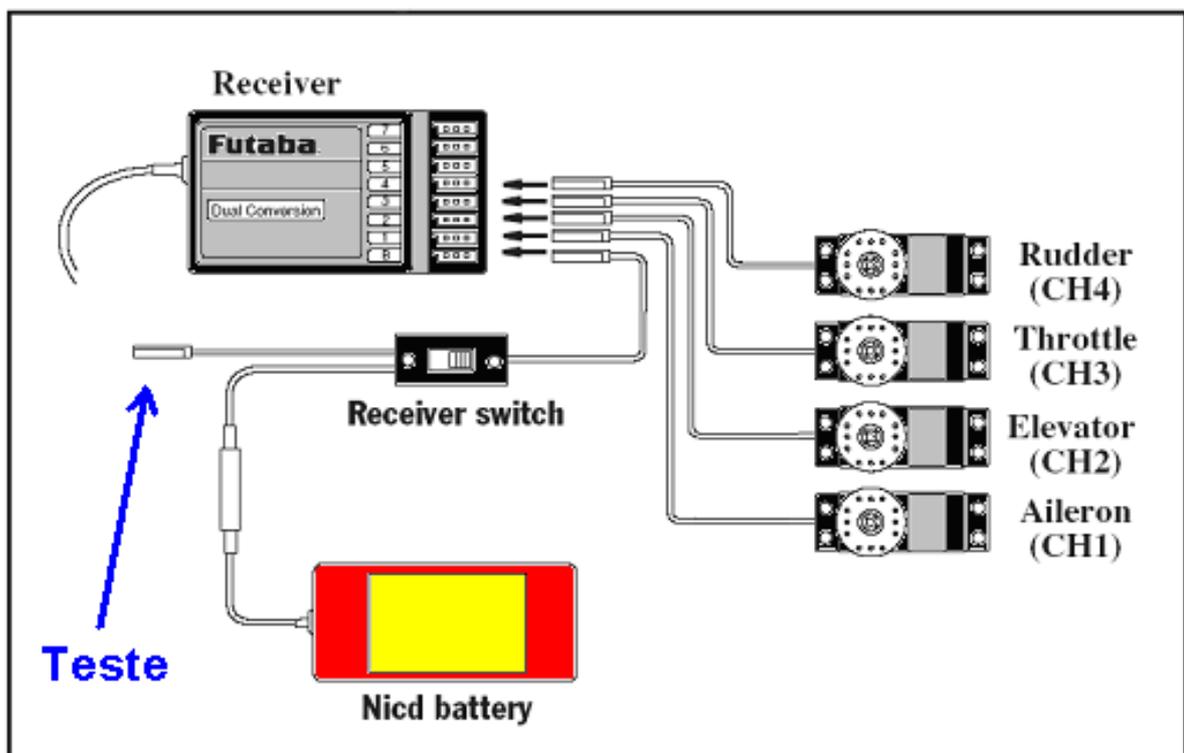
3. Caso a aeronave sofra algum tipo de avaria (queda) a bateria ficará retida até o final do dia;
4. No caso de baterias com mais de uma célula, a equipe deverá prover o verificador de carga (célula-a-célula).
5. Os equipamentos de verificação de carga da bateria durante inspeção de segurança é de total responsabilidade das equipes.
6. **A utilização do 'voltwatch' (Regulamento AD 2008, item 2.7.3, págs. 22) não é aplicável para as baterias LiPo.**

### 2.3.2. Verificação da carga da bateria

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

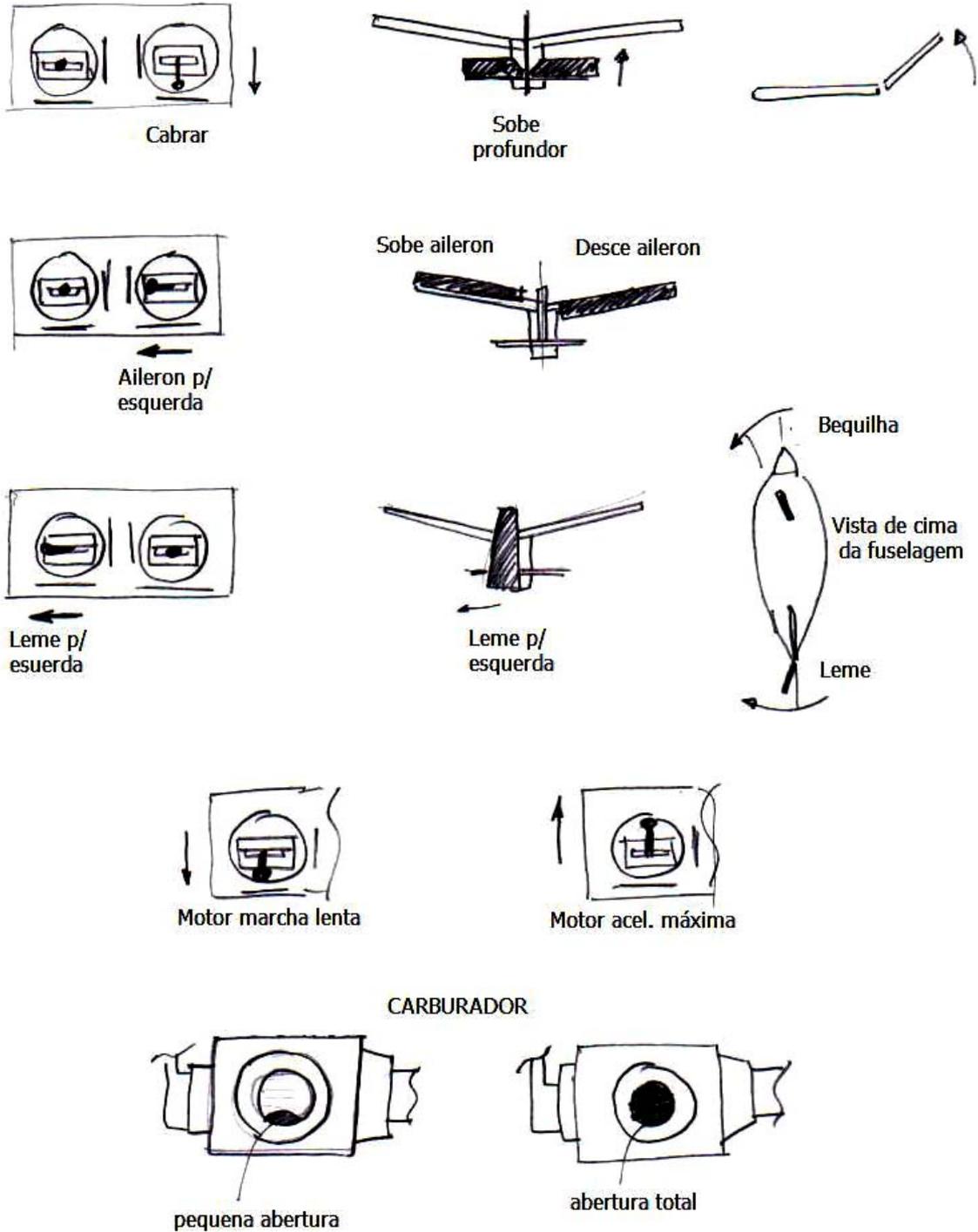
Em geral, para baterias de 4.8VDC (receptor) após o carregamento de 15H, a bateria deve apresentar uma tensão em torno de 5.2VDC.

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



## 2.4. Comandos de Vôo

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



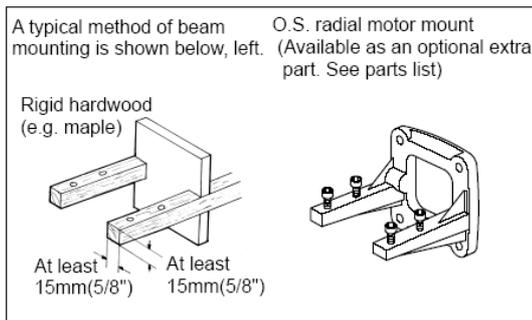
### 3. Instalação do Motor

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 2.1.3 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. Para o AeroDesign de 2008, não será mais permitido a fixação do motor utilizando as rosca da parte traseira do motor (Carter). O motor deverá ser fixado por sua base conforme instruções do respectivo manual.**

#### INSTALLATION OF THE ENGINE

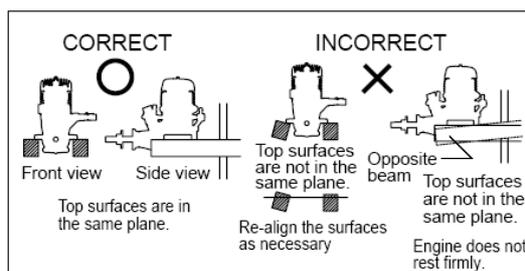
##### Installation in the model



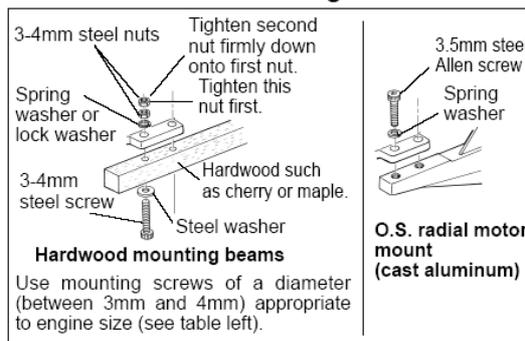
50SX	For 50SX, 40/46FX (Code No. 71913100)
40-46FX	
61-91FX	For 60FP, 61-91FX (Code No. 71905200)

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.



**Observação:** A justificativa para esta proibição reside na dimensão das aeronaves definidas pelo Regulamento de 2008 e na previsão de carga que tais aeronaves tem o potencial de transportar. A instalação dos motores feita de forma diferente da recomendada pelo fabricante foi aceita em aeronaves de menor porte, porém a Comissão Técnica avalia que esta montagem pode não ser efetivamente segura para as aeronaves que potencialmente estão sendo projetadas para o AeroDesign 2008. Esta regulamentação é válida logicamente para as duas categorias (Regular e Aberta).

## **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 praticas 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 segura, mas também um produto mais aeronáutico no sentido mais amplo da palavra.

## **4. Itens básicos para projeto e fabricação da Aeronave**

### **4.1. 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 e pouso).

Para esta categoria de aeronave encontrada nas competições AD, 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 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 AeroDesign, devemos pensar da mesma forma, mas para que a longevidade e segurança de sua utilização sejam garantidas.

#### **4.1.1. Materiais empregados**

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. Vamos usar o exemplo de uma asa de um aeromodelo comum, feita inteiramente de balsa. Ao escolher as madeiras para sua construção, deve-se escolher balsa dura para a longarina, média para bordo de ataque e fuga, e mole para chapeamentos e pontas de asa. Desta forma, a balsa dura, por ser mais resistente, fará seu papel resistindo aos esforços aplicados sobre a longarina, e seu peso, apesar de ser um pouco mais elevado, não afetará em muito o peso total do modelo. As demais peças são confeccionadas para que a geometria seja garantida e a resistência dada com a balsa média e mole é suficiente.

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 idéia: 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.

#### 4.1.2. 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.

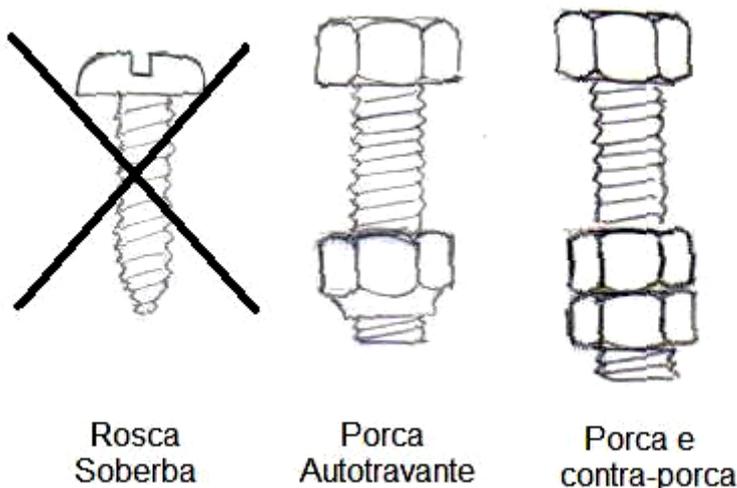
#### 4.1.3. Uniões

**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. Segue 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 tempo 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 unia 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.

**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.



---

### **Regulamentação: Fixação com rosca soberba**

É vetado o uso de parafusos de rosca soberba (figura acima) 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 AeroDesign devido a este tipo de fixação.

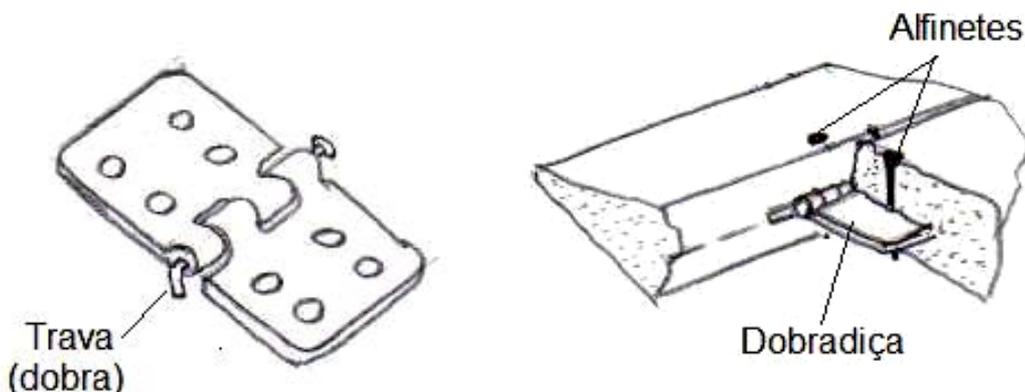
Mesmo não sendo recomendados em nenhuma hipótese, parafusos desta classe somente poderão ser usados na fixação de pequenos elementos não estruturais tais como pequenas carenagens ou pequenos elementos que não comprometem a integridade estrutural, o controle ou o vôo da aeronave. É recomendável que nestes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

---

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.

**Uniões por travas e dobradiças:** toda trava deve dispor de algum sistema de mola que o mantenha fechado, evitando que a vibração solte a trava. As dobradiças devem ser instaladas de forma a não se soltarem com a vibração. Assim, deve-se colar com cola CA ou Araldite, 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).



**Soldas:** embora pouco empregado na estrutura primária de aeromodelos comuns, em determinados componentes críticos como trem de pouso e suporte do motor, a solda 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.

#### 4.1.4. Entelagem

A entelagem tem duas funções principais: cobrir e dar forma à estrutura do aeromodelo, 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<sup>®</sup>, (ou Oracover<sup>®</sup>), filme auto adesivo, papel de seda ou japonês, fita auto adesiva (Durex<sup>®</sup>), entre outros.

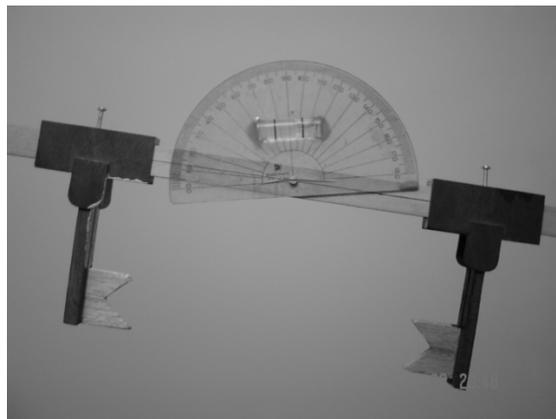
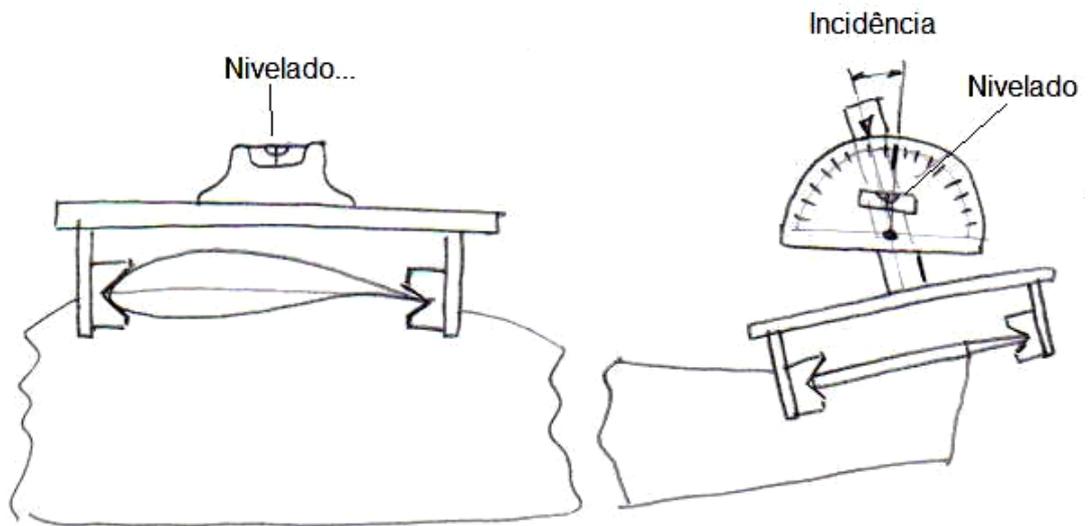
Podem-se encontrar também modelos onde a entelagem é substituída pela superfície do revestimento estrutural, e assim, ao invés de se aplicar um filme sobre o revestimento estrutural, aplica-se tinta. Este método é muito versátil quando muitos detalhes devem ser incorporados ao modelo (marcas de painéis 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<sup>®</sup> (ou Oracover<sup>®</sup>) 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.

#### 4.2. Alinhamento

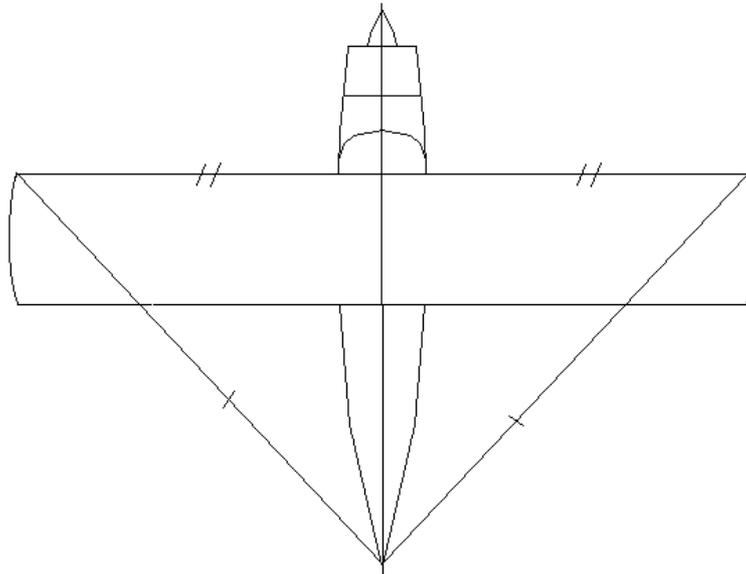
O alinhamento dos componentes é muito importante! Portanto, observe os cuidados mínimos, para garantir que seu modelo esteja livre de empenamentos:

- 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. A 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 se 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**

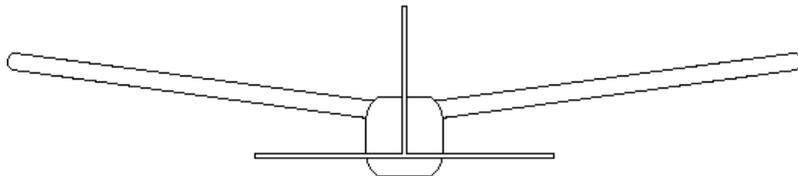
Quando da montagem dos componentes (colocação da asa na fuselagem, por exemplo), cuidar para que o alinhamento em planta e frontal seja garantido. Use um fio preso a uma extremidade da fuselagem, para conferir o alinhamento da asa e empenagem horizontal (veja o desenho).



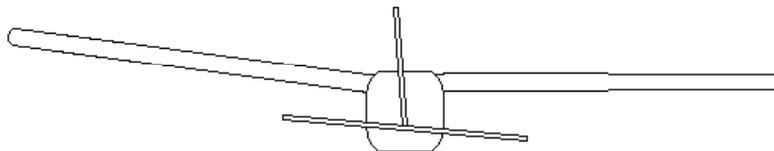
As linhas devem ter o mesmo comprimento, indicando que a asa está instalada simetricamente à linha de centro da fuselagem.

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

**CERTO!!**



**ERRADO!!!**



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

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

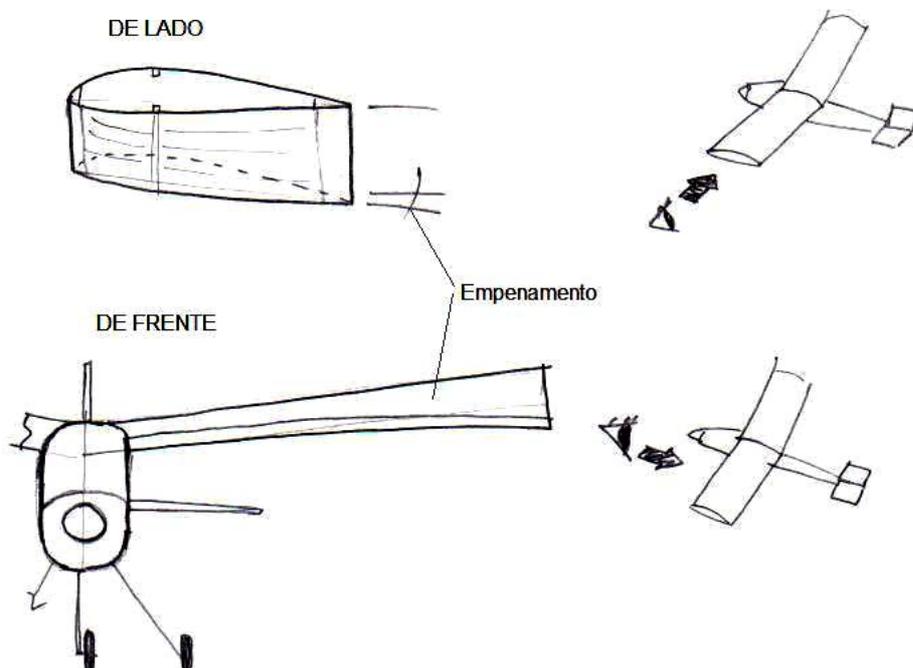
A figura a seguir mostra uma asa torcida. Não se deve tolerar deformações deste tipo, exceto se na asa oposta a torção for exatamente a mesma, ou seja, deve existir obrigatoriamente uma simetria entre as asas direita e esquerda.

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.

Nas aeronaves projetadas para o AeroDesign esta 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 AeroDesign!

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



### 4.3. 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.

#### **4.4. Folgas**

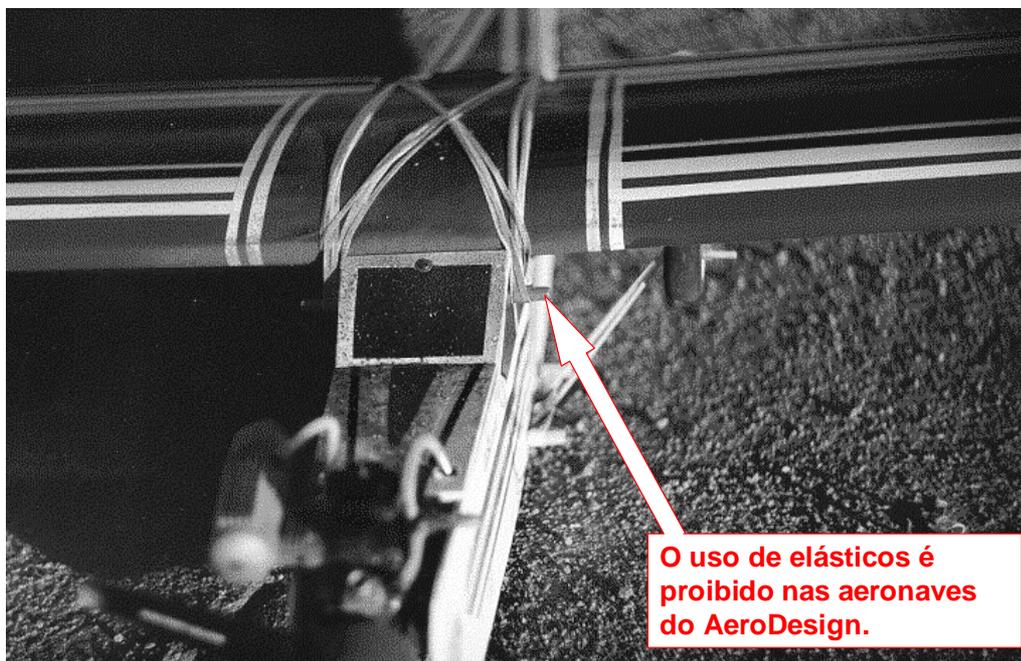
As uniões entre superfícies móveis podem apresentar folgas, e estas são prejudiciais ao bom funcionamento da aeronave. Faça o possível para eliminá-las, principalmente se estas afetarem o comportamento das superfícies aerodinâmicas (comandos, articulações). Lembre-se de que folgas são elementos que facilitam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

#### **4.5. 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 vôo. 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 deve levar a instabilidades ou perda de comando.

#### **4.6. União entre componentes estruturais.**

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



**Não use elásticos, eles são proibidos na competição.** Prefira 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 ao de 'espanamento'. 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.

**Uniões empenagem-fuselagem:** As empenagens são componentes importantíssimos e essenciais para o vôo, 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 vôo, 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).

#### **4.7. 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.

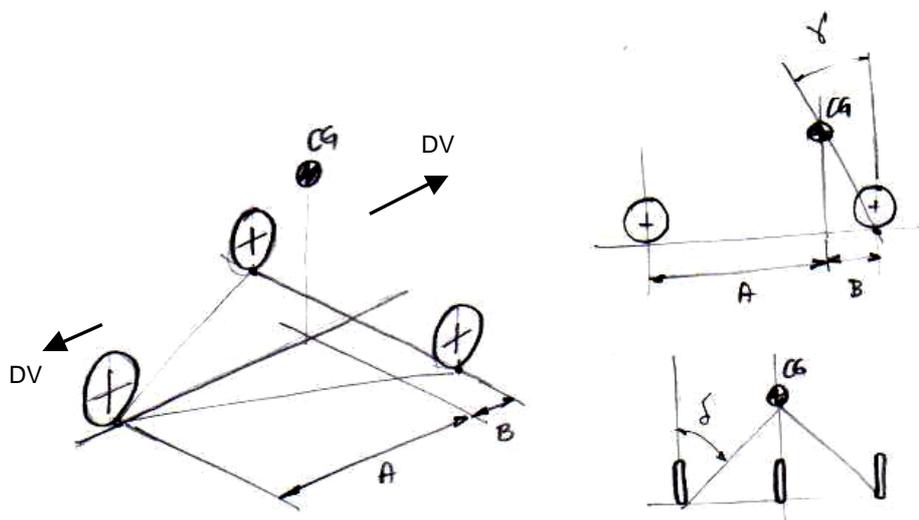
Este componente deve ser projetado para que sua estrutura realmente suporte o modelo de maneira adequada nas diversas condições de carregamento além de permitir à aeronave uma decolagem e pousos adequados.

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 das mesmas pode causar problemas na decolagem como no 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. Veja explicação adicional no apêndice 5.2 ao final deste documento.

## 5. Instalação de Sistemas – Motor e Combustível

### 5.1. Instalação do motor e tanque de combustível.

Para instalação do motor, ver itens descritos no Capítulo 3, pág. 23, acima.

- Prever espaço suficiente par a 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 vôo. Tenha isso em mente.
- Use a porca original do motor e mais uma contra-porca, para a fixação da hélice. Caso não seja possível, providencie um sistema de fixação da hélice que seja equivalente à instalação de porca e contra porca.
- O uso de Spinner é fortemente recomendado!

---

#### Errata do Regulamento

Na página 73 do Regulamento SAE AeroDesign 2008 (Rev\_02) de 25 de Fevereiro de 2008, está citado no Apêndice 6.4, no item i, a seguinte afirmação: “É obrigatório o uso de *spinner*”.

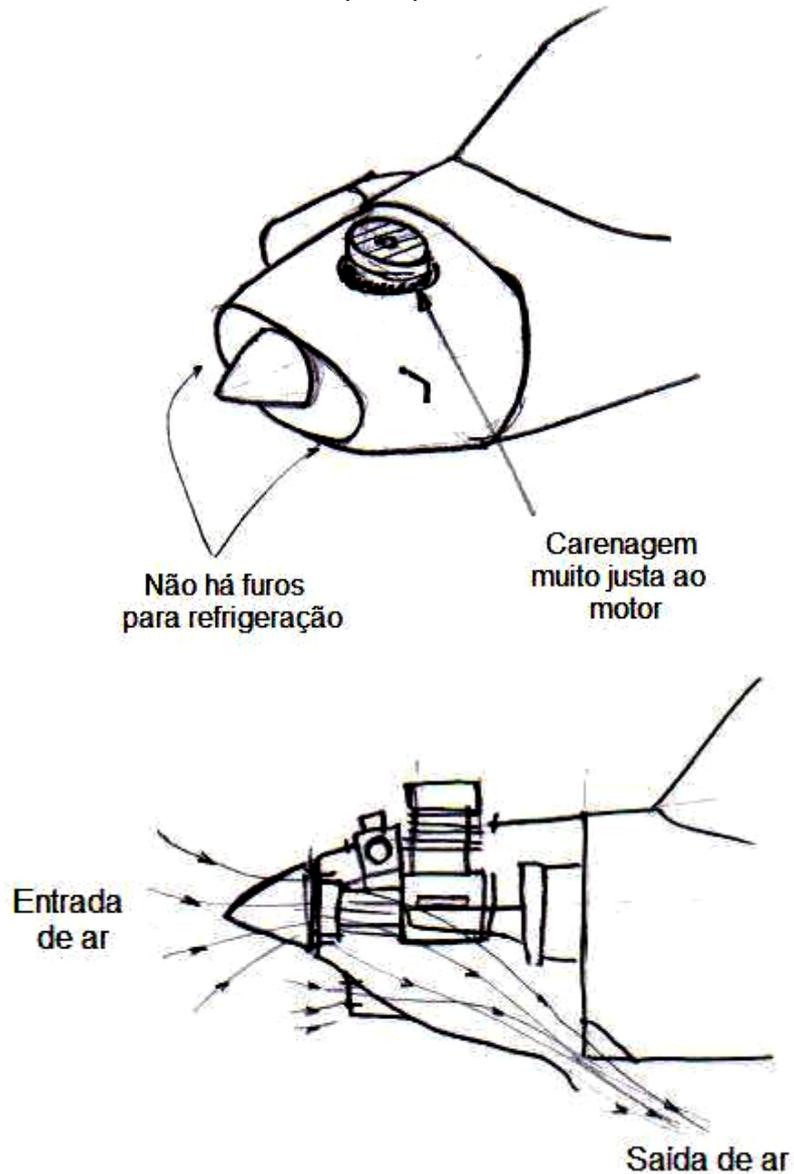
A frase correta é: “É recomendável o uso de *spinner*”. Veja item listado a seguir.

O correto está definido no item 2.7.5 (página 23) o qual pede que:

“A hélice deve ser fixada com uma porca padrão (que acompanha o motor). Um *spinner* ou contra-porca (porca auto-travante) deve ser adicionado (OBRIGATORIAMENTE) com o intuito de aumentar a segurança da fixação.”

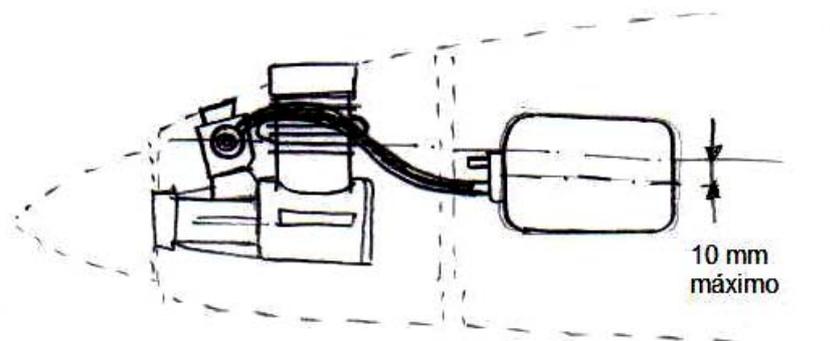
- 
- O spinner serve para proteger o motor em caso de queda, e conter a hélice caso esta se solte. Assim, use um bom spinner, e em bom estado de conservação.
  - Não use hélices de metal. São proibidas pelo regulamento. Caso for confeccionar as próprias hélices, verifique se o furo e a espessura da hélice 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 e 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.

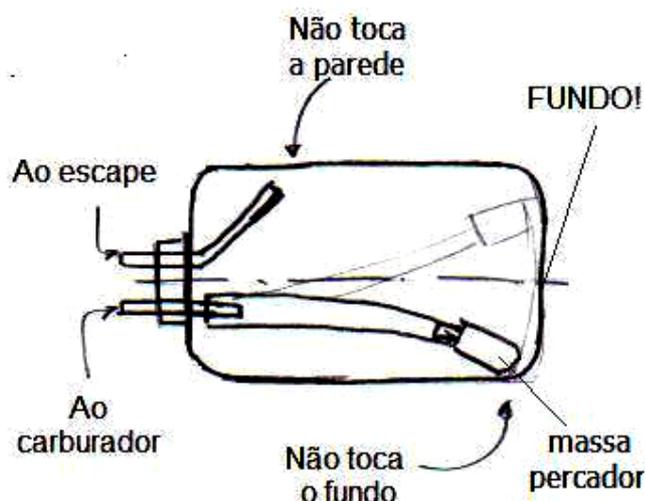


O tanque de combustível pede alguns cuidados na sua instalação:

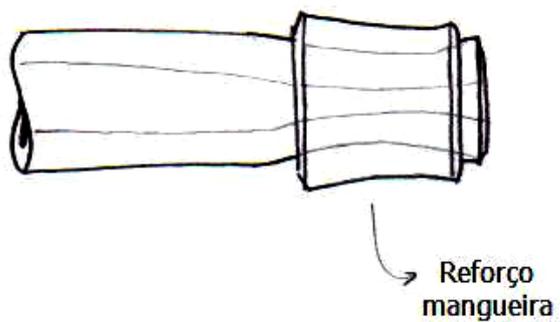
- Instale o tanque o mais próximo possível do motor, em compartimento adequado, e fixado à estrutura de maneira que este não se movimente seja qual for a situação que a aeronave se encontrar.
- Ele deve também estar visível para a conferência do nível de combustível. A Comissão Técnica recomenda o uso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

## **6. Recomendações para confecção das plantas**

A planta é o registro de todas as características de construção de um modelo. E da mesma forma que o desenho técnico, deve conter as informações necessárias para a reprodução do modelo em questão.

Sendo assim, a planta de uma aeronave para o AeroDesign, deve conter pelo menos, informações sobre três conjuntos básicos: Estrutura do modelo (estrutura básica, ligação asa fuselagem, ligação compartimento de carga - estrutura, etc.), instalação (ou montagem na estrutura) do sistema de rádio, controle e instalação do motor/tanque de combustível. O sistema de carga também deve estar claramente representado. Ex.: carga + suporte de carga + elementos de fixação.

No que tange à estrutura, recomenda-se que a planta contenha os contornos das peças feitas em placas e chapas, seja de madeira ou metal, ou mesmo de materiais compostos, a espessura das peças empregadas, pontos e linhas de referência para montagem dos componentes, cortes para detalhar determinados aspectos de montagem, posição de furos, etc. Caso o desenho não esteja na escala 1:1, deve-se indicar a escala na planta e, preferencialmente para peças mecânicas não comerciais, apresentar as dimensões importantes do componente, como diâmetro, comprimento, raios de arredondamento, espessuras, profundidades de furos, roscas, etc.

Em componentes estruturais primários, como longarinas da asa, berço do motor, ou seja, elementos estruturais que suportam efetivamente a maior parte dos carregamentos e/ou une os componentes estruturais, apresentar detalhes da seção transversal típica, com materiais empregados, espessuras, sentido das fibras, adesivo usado, etc.

Nas uniões entre os componentes, descrever o tipo de elemento de união (parafuso, rebite, pino) e dimensões básicas. Mostrar os deslocamentos máximos previstos para as superfícies de comando e/ou outros componentes móveis, por meio de linhas tracejadas ou vistas em detalhe. Isto é importante até para avaliação dos aspectos de segurança.

Para o trem de pouso, é importante mostrar o material empregado e suas dimensões, bem como detalhes de sua fixação com a fuselagem. Mostrar como deve ser o eixo das rodas. Para a bequilha, indicar como é o sistema que permite o giro da mesma com o comando do rádio, se possui sistema de suspensão por molas ou elastômeros, como é o eixo da roda, e os materiais e dimensões de alguns componentes que a equipe julgue importantes. Caso sejam empregados freios, é interessante mostrar alguns detalhes construtivos dos mesmos.

No que se refere à instalação do equipamento de rádio controle, mostrar a localização dos componentes, e a forma de fixação destes à estrutura ou pelo

menos indicar como são fixados. Mostrar ou indicar como serão os sistemas de transmissão dos comandos dos servos para as superfícies de comando.

Para a instalação do motor, recomenda-se mostrar como ele será fixado na estrutura do modelo, que tipo de montante, material empregado, parafusos a serem usados para fixação do motor e do montante, posições de passagem das mangueiras de combustível e pressurização, aberturas previstas na carenagem (se houver) para agulha, cabeçote, vela, refrigeração, etc. Qual a dimensão do *spinner* empregado, e a hélice ou as hélices a serem usadas.

Para o tanque de combustível, é interessante que seja indicada a capacidade em *ml* e *OZ* do tanque, e uma representação em escala do mesmo dentro de seu compartimento, e a forma de fixação na estrutura. Lembrando que o tanque deve ser acessível para verificação da instalação, nível de combustível e estado das mangueiras de silicone.

Tenha sempre em mente que um desenho deve conter as informações necessárias para a reprodução da peça que está sendo representada ou no caso do AeroDesign, a reprodução da aeronave projetada, mas cuidado para não poluir demais o desenho, com excesso de linhas, cotas, textos, etc. Use por exemplo tabelas, listas de peças e materiais, representações esquemáticas com hachuras, e todos os recursos que o desenho técnico permite, para uma representação adequada e dentro do espaço permitido para cada categoria (regular e aberta).

Os itens apresentados acima não são mandatórios, mas sim recomendações. O que deve realmente ser apresentado nos desenhos fica logicamente, a critério da equipe, mas a Comissão Técnica sugere e incentiva, que a equipe dê sempre uma atenção mais do que especial, aos diversos itens apresentados nos desenhos. Principalmente aos que envolvem aspectos estruturais da aeronave projetada, independente da Classe para qual esta tenha sido projetada (Aberta ou Regular).

## 7. APÊNDICES

### 7.1. Vantagens no uso do sistema PCM

Definição dada pela Fabricante Futaba (<http://www.futaba-rc.com/faq/product-faq.html#q8>):

**“What advantages do I gain by using PCM rather than FM? I heard PCM has better range? What is failsafe?”**

*There is no range increase in going to PCM; however, there is marked improvement in noise reduction, and in safe performance during the time noise is received. Basically, PCM takes your radio's FM signal and 'scrambles' it. Then the PCM receiver descrambles it and utilizes it. Random noise from other items are not going to be mistakenly read as proper servo instructions as can happen with an FM.*

*Also, PCM does not transmit position signals for each servo in each pulse. Rather it submits movement commands and occasional position confirmation commands. This way, if a stray signal DID tangle up with your existing command string it is not likely to affect all channels because many channels commands are not currently being sent.*

**FailSafe:** *If your PCM receives interference, it maintains the last task it was doing until a preset time you program in your radio. If it continuously receives interference past the preset time it then obeys the commands you set in the transmitter (for example on giant scale gas planes we set failsafe to shut down the kill switch and throttle and leave all other surfaces in the same position).*

*The transmitter periodically sends commands to the receiver that are to be used in the event of a failsafe situation. When the receiver determines a failsafe situation is occurring, it obeys these stored commands. In a battery failsafe situation it obeys only the throttle command but obeys regular transmitter commands for all other channels. It continues to analyze the transmitter's commands for throttle, and when the transmitter command is the one set as the 'reset' for the failsafe is received then it releases the failsafe hold on throttle.”*

## 7.2. Texto sobre cálculo de cargas para a competição SAE AeroDesign (Recomendações).

Por Mario Lott

Objetivo: direcionar o **cálculo de cargas** a ser apresentado no SAE AeroDesign.

Para dimensionar uma estrutura aeronáutica corretamente, é imprescindível, um cálculo ou pelo menos uma estimativa de cargas nos componentes principais da aeronave. De nada adianta fazer um dimensionamento estrutural refinado com base em um cálculo de cargas errado.

**O cálculo de cargas (*loads*) normalmente é executado seguindo normas aeronáuticas, (Brasil: RBHA; USA: FAR e Europa: EASA, etc).**

### Procedimento Exemplo 01

- 1) Definir e seguir um requisito aeronáutico como base (ex FAR 23, JAR VLA)
- 2) Fazer cálculo de peso e centragem
- 3) Calcular velocidades de projeto (VS, VA, VB, VC, VD), fator de carga Máximo positivo e negativo (manobra e rajada).
- 4) Calcular casos de vôo (manobra e rajada) , pouso e manobra no solo.
- 5) Calcular as cargas nas asas, fuselagem, empenagens e trem de pouso apresentando um memorial de cálculo e gráficos de shear, bending e torsion ao longo das direções significativas (Asa e Horizontal Tail : slz, bmx, tmy ao longo da envergadura, Fuselagem : slz, bmy e sly, bmz e tmx ao longo do comprimento)
- 6) Apresentar cargas limites e cargas finais (geralmente = carga limite \* 1.5)
- 7) Apresentar comentários sobre o cálculo quando o mesmo tiver sido executado por um software.
- 8) Utilizar o sistema Internacional de unidades (SI).

### Procedimento Exemplo 02

- 1) Especificar 'ranges' de velocidade de projeto, fator de carga Máximo positivo e fator de segurança a ser adotado.
- 2) Fazer cálculo de carga alar levando em conta o  $n_z \text{ Max } (W \cdot N_z \text{ max})/S$  ou utilizar  
 $L = q \cdot S \cdot C_l$  levando em consideração o  $C_l \text{ Max}$ , área da asa, velocidade máxima, etc.  
Onde pressão dinâmica  $q = 0.5 \cdot (\rho \cdot V^2)$
- 3) Calcular as cargas nas asas, fuselagem empenagens e trem de pouso apresentando um memorial de cálculo e gráficos de shear, bending ao longo das direções significativas (Asa: slz e bmx ao longo da envergadura)
- 4) Apresentar cargas limites e cargas finais (geralmente = carga limite \* 1.5)
- 5) Apresentar comentários sobre o cálculo quando o mesmo tiver sido executado por um software
- 6) Utilizar o sistema Internacional de unidades (SI).

## **Bibliografia recomendada;**

1. Ministério da Aeronáutica, Departamento de Aviação Civil - Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica, RBHA 23.  
<http://www.ifi.cta.br/fdh/Info/InfoPort.htm> .
2. Department of Transportation, Federal Aviation Administration - Federal Aviation Regulations Part 23.  
<http://www.faa.gov/> , <http://www.faa.gov/avr/AFS/FARS/notes.htm>
3. Joint Aviation Authorities Committee - Joint Aviation Requirements - JAR VLA Joint  
[http://www.avdataworks.com/press/jars\\_pr.html](http://www.avdataworks.com/press/jars_pr.html), <http://www.jaa.nl/>
4. Aircraft Design a Conceptual Approach – Daniel P. Raymer – AIAA – 1992 – Chapter 14 Structures and Loads. <http://www.aircraftdesign.com/>

---

## **Considerações Finais**

A Comissão Técnica espera que este Manual seja de grande auxílio ao trabalho de todos vocês. Aceitamos sempre sugestões para melhorá-lo mesmo para a 10ª Competição SAE AeroDesign (2008).

Desejamos a todos um excelente trabalho e muito sucesso no SAE AeroDesign 2008

Que todos consigamos fazer desta competição algo ainda melhor do que em 2007.

Atenciosamente

Comissão Técnica SAE AeroDesign 2008