

# CONTRIBUIÇÃO DA ERGONOMIA NO PROJETO DO COCKPIT DE UM BARCO SOLAR DO TIPO CATAMARÃ

Rafael Ziantonio, Rafael Chitolina, Gustavo Ayres Leal, Franciane Alves

Universidade Federal de Santa Catarina

## RESUMO

Na elaboração de projetos de embarcações para fins especiais é importante a participação de profissionais de diferentes áreas para contribuir em problemas específicos. Uma competição de barcos é caracterizada pela permanência de muitas horas no mar, sem muitas vezes conhecer suas reais condições. Durante esse período, os competidores necessitam realizar manobras especiais em espaços reduzidos. Uma embarcação de competição deve dispor de instalações funcionais e apropriadas para o competidor, mas, além disso, deve também possuir acomodações e ambientes adequados para garantir o seu conforto, de modo que possa reduzir os efeitos das sobrecargas das manobras durante uma competição. A ergonomia, que tem como objetivo geral melhorar as condições específicas do trabalho tem contribuído de forma significativa para as soluções de questões tanto em equipamentos quanto em instalações em geral, incluindo a vida cotidiana das pessoas. Este trabalho relata o processo de desenvolvimento do projeto e construção do cockpit de uma embarcação para competições, do tipo catamarã. O processo de desenvolvimento do projeto do cockpit, baseado em informações da literatura e nas recomendações ergonômicas inseridas nas fases iniciais, permitiu a criação de uma embarcação que proporcionou um ganho na eficiência aerodinâmica do barco e acomodações mais adequadas ao piloto.

Palavras Chaves: Projeto de Produto, Ergonomia, Cockpit, Barco Solar.

## ERGONOMICS CONTRIBUTION IN COCKPIT DESIGN OF A SOLAR BOAT CATAMARAN TYPE

### ABSTRACT

*To elaborate projects of special purpose vessels is important to involve professionals from different areas to help with specific problems. A boat competition is characterized by the long time that the boats stay at sea, often without knowing the sea real conditions. During this period, the contestants need to perform special maneuvers in tight spaces. A racing boat must have a functional and appropriate space for the competitor, but besides that, must also have adequate accommodation and environments to ensure of overloads maneuvers during a competition. Ergonomics, which aims to improve labor specific conditions, has contributed significantly to the solution of issues both in equipment and facilities in general, including people's daily lives. This paper describes the process of Project development and construction of a Racing boat cockpit design, based on information from literature and the ergonomic recommendations included in the initial stages, allowed the creation of a vessel which provided a gain in the boat aerodynamic efficiency and an accommodation more suitable to the pilot.*

*Keywords: Product Design, Ergonomics, Cockpit, Solar Boat.*

## 1. INTRODUÇÃO

O grande desenvolvimento econômico do Brasil nos dias tem favorecido o crescimento de diversos setores no cenário nacional. Esse crescimento acelerado necessita se acompanhado tanto pelos setores de infraestrutura como veicular. Neste contexto, as universidades brasileiras buscam desenvolver projetos para alavancar esses setores.

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Joinville, Curso de Engenharia da Mobilidade criou um projeto de extensão com o objetivo de desenvolver um barco do tipo Catamarã

movido à energia elétrica, sendo que a fonte dessa energia é captada por placas fotovoltaicas acopladas na embarcação. A equipe Babitonga, do Campus UFSC – Joinville, é responsável por esse projeto, tendo por objetivo principal participar do Desafio Solar Brasil (DSB), um *rally* de barcos movidos à energia solar. O evento é uma oportunidade de testar os projetos de universidades brasileiras que pesquisam tecnologias para que possam dispor de embarcações não poluentes para uso comercial.

Nessa competição os barcos são avaliados através de regatas que podem durar até 5 horas, sem a troca de piloto or tempo de parada. Essas regatas de longa duração acarretam em um desgaste físico e mental do piloto, podendo acarretar no baixo desempenho da embarcação durante as provas, uma

posição ergonomicamente incorreta do piloto, movimento causado pelo mar e a exposição ao sol são alguns fatores que também podem influenciar no desempenho do piloto e conseqüentemente da embarcação.

Após a primeira participação no DSB – etapa de Florianópolis (SC), em fevereiro de 2011, notou-se a necessidade de desenvolver um *cockpit* para melhor acomodar o piloto na embarcação. A problemática surgiu em função de que a estrutura que acomodava o piloto consistia em um banco adaptado, fixo em cima do *deck* (tampa do casco) (figura 01), proporcionando um ângulo de inclinação de aproximadamente 90 graus entre a coluna e as pernas do piloto. A situação imposta ao piloto resultava em fadiga excessiva e aumento considerável do arrasto aerodinâmico. Como o corpo do piloto ficava acima do nível do *deck*, a área transversal era maior, que prejudicava de certa forma o desempenho da embarcação.



**Figura 01: Cockpit antes do estudo realizado.**

A ergonomia é diferenciada das outras áreas de conhecimento por sua característica interdisciplinar e pela sua natureza aplicada, ou seja, a adequação do posto de trabalho e ambiente às características e necessidades do trabalhador (Dul ET al, 1995, p.14). De acordo com Iida (2004) a ergonomia é “o estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, o equipamento (maquinário), ambiente e aplicação dos conhecimentos de anatomia, engenharia, fisiologia, sociologia e psicologia na solução dos problemas surgidos deste relacionamento”. A abordagem ergonômica incluída no processo de desenvolvimento do projeto visou buscar o máximo de conforto e segurança para cada tipo de embarcação, como também atingir níveis de eficiência operacional. Neste contexto, a ergonomia contribuiu para a adaptação do ambiente físico das embarcações ao homem. .

Um dos objetivos da ergonomia é otimizar o desempenho dos sistemas, aperfeiçoando tanto a eficiência humana quanto a do sistema, a partir da transformação da interface entre o operador e os equipamentos. Quando um sistema inclui o ser humano como elemento essencial para seu

desempenho adequado, o ser humano deve ser contemplado. E se o ser humano não estiver satisfeito, o sistema não terá como trabalhar com eficiência (Moraes, A. e Mont’alvão, C., 2000).

Assim, iniciou-se o projeto de um *cockpit* com a inserção da avaliação ergonômica do projeto, a fim de proporcionar maior conforto e melhores condições de manobrabilidade ao piloto. A diminuição do arrasto aerodinâmico com a alocação do piloto no interior do casco também pode ser considerado outro ponto otimizado.

## 2. PLANEJAMENTO

Para o desenvolvimento de uma embarcação do tipo catamarã é necessário haver um conhecimento prévio dos processos de fabricação envolvidos, e também saber organizar esses processos de forma a se obter o resultado desejado. Tendo como base os modelos de desenvolvimento de produtos descritos por Back ET al. (2008) e Rozenfeld e Forcelini (2006), o *cockpit* do barco catamarã foi planejado e construído.

### 2.1. Projeto do Cockpit

Para o projeto Babitonga 2011/2012 foi especificado que o *cockpit* deveria conter os seguintes componentes, um banco (assento), um sistema de controle de navegação com GPS, manete de direção e comandos eletrônicos. Todos posicionados ao alcance do piloto minimizando os efeitos da regata.

Entende-se por *cockpit* o espaço onde se aloja o piloto dentro de veículos de corridas ou regatas (Dicio, 2012). *Cockpit* ou cabine do piloto é o espaço onde um ou mais pilotos se acomodam no interior do veículo com o intuito de conduzi-lo durante um determinado trajeto. O que se espera normalmente de um *cockpit* é baixo peso, segurança e conforto, sendo que o último é viabilizado através de análises ergonômicas com base nas medidas do corpo do piloto e da embarcação em questão. .

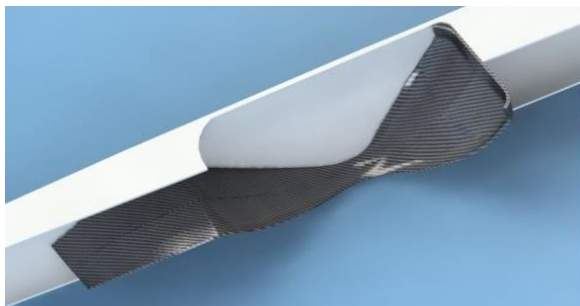
O desenvolvimento do projeto do *cockpit* foi realizado paralelamente ao desenvolvimento do projeto do barco tipo Catamarã. As análises e estudos ergonômicos integram as etapas do processo de desenvolvimento do projeto do *cockpit*.

Produtos ergonômicos para o usuário têm objetivos voltados para a usabilidade, para a responsabilidade e para a segurança.

Inicialmente, foram realizadas pesquisas de posições ergonômicas do assento que proporcionariam um melhor desempenho no geral, analisando isoladamente o caso em questão. Esta etapa consistiu em encontrar angulações ideais e as dimensões do banco para o *cockpit*.

Após essa primeira fase, foi realizado um esboço e um modelo 3D do assento, utilizando o software *SolidWorks* 2011 (Dassault Systèmes

SolidWorks Corp), através dos quais foram obtidas algumas imagens renderizadas (Figura 02). Com o projeto definido em papel e no computador, iniciaram-se as pesquisas de materiais e processos de fabricação que seriam utilizadas na produção do *cockpit* ergonômico.



**Figura 02:** Imagem renderizada do assento localizado dentro do casco, obtida pelo software *SolidWorks*.

Surgiu a necessidade da obtenção de um molde para a base da laminação do barco. A escolha dos materiais a serem utilizados, para a fabricação do molde e do próprio assento, foi realizada de forma criteriosa. A desmontagem também exigiu um planejamento quanto à escolha do material, assim, como a escolha das tintas e ferramentas, a fim de que essas possibilitassem a realização da construção com os materiais escolhidos e seus respectivos processos de fabricação.

O acabamento do processo de fabricação do *cockpit* foi planejado de forma a obter-se a seguintes etapas: secagem da laminação, desbaste do excesso, pintura, corte do *deck* e a fixação do assento no interior do casco.

Observou-se a necessidade do desenvolvimento de um painel, a fim de proporcionar ao piloto condições de análise do desempenho da embarcação, controle de direção e velocidade. O comando e controle desses itens devem ser disponibilizados ao piloto de forma a tomar como referência a posição previamente estabelecida de acordo com os estudos ergonômicos realizados.

Com a finalização do processo de planejamento do projeto iniciou-se a última etapa: a fabricação do produto.

### 3. DESENVOLVIMENTO DO *COCKPIT*

De acordo com o planejamento realizado, seguiu-se com o processo de desenvolvimento do *cockpit*, desde a concepção através de pesquisa e análises até a efetiva construção do mesmo.

#### 3.1 Pesquisa e Desenvolvimento

Pesquisas relacionadas à área de ergonomia foram realizadas a fim de buscar definições básicas que poderiam de alguma maneira auxiliar no

dimensionamento do *cockpit*. Através da pesquisa de informações da literatura e projetos relacionados buscou-se por aplicações semelhantes às necessidades dos requisitos do nosso projeto.

Os requisitos do projeto eram basicamente o conforto do piloto, evitando fadiga, manter o centro de gravidade do barco o mais baixo possível e diminuir o arrasto aerodinâmico.

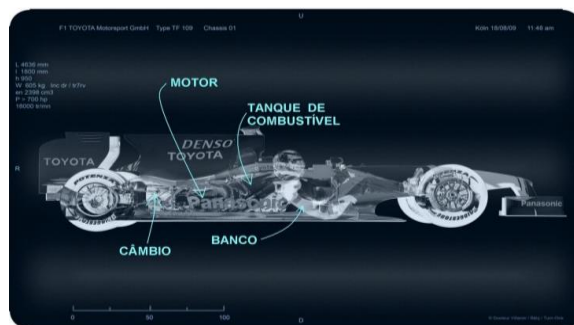
Encontramos situações semelhantes em projetos de carros de Fórmula 1, onde o piloto sofre desgaste físico e mental, exigindo um projeto ergonômico para melhor acomodação do piloto. Dessa forma, os requisitos dos projetos de carros para Fórmula 1 orientou o projeto do *cockpit* da embarcação.

#### 3.1.1 Obtenção de Informações da Literatura

Através de uma imagem de Raio-X de um carro de Fórmula 1, da Equipe Sauber Toyota, modelo 2009, as angulações e o posicionamento do piloto foram tomados (Figura 03). Observe a ergonomia do assento e a relação com o volante. Considerando as restrições existentes no interior do casco do barco catamarã, local onde *cockpit* foi fixado, esse modelo serviu para obter a linha “ideal” de acordo com as especificações do projeto.

As condições para um trabalho eficiente são aquelas em que se buscam as posturas e movimentos naturais do corpo. Para alcançar estas condições são necessárias adaptações do local de trabalho às medidas antropométricas envolvidas na realização da tarefa (Grandjean, E., 1998).

Adaptamos o projeto levando em conta alguns fatores importantes. Principalmente, as pernas poderiam estar menos flexionadas, por não haver restrições quanto ao comprimento e acomodação do piloto, que no caso do carro de Fórmula 1 é a parte dianteira do carro. Outra diferença foi a necessidade do piloto ficar com a cabeça um pouco mais elevada em função de uma maior distância entre os olhos do piloto e o final do barco.



**Figura 03:** Raio-X de um carro de Fórmula 1. Equipe Sauber Toyota, modelo 2009 (Toyota Motorsport, 2012).

### 3.1.2 Idealização do *Cockpit* pelo Esboço e Simulação em 3D

Com os esboços concluídos e repassados para o software *SolidWorks*, obtiveram-se as imagens 3D renderizadas.

Através do software *SolidWorks* foi possível extrair as medidas necessárias para realizarmos o corte no deck. As condições impostas pelo regulamento da Competição, que exigia a evacuação da embarcação em no máximo cinco segundos em caso de emergência e que os equipamentos de navegação estivessem dentro do alcance do piloto, precisavam ser atendidas.

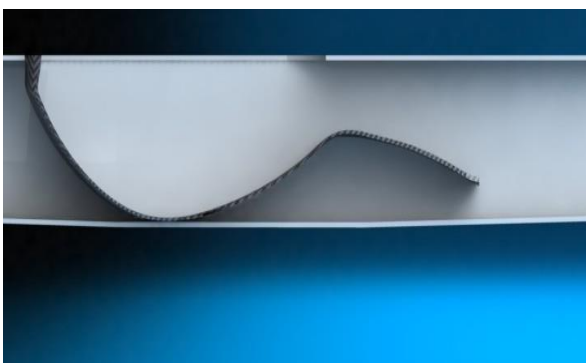


Figura 04: Vista lateral do *cockpit*. Imagem obtida pelo software *SolidWorks*.

### 3.1.3 Escolha dos Materiais a serem Utilizados para a Fabricação do Molde do Assento

Analisando o formato complexo do interior do casco, local no qual seria acomodado o banco, concluímos que a melhor forma seria obter/criar um contra molde a partir do volume que o interior do casco apresenta. Em seguida, foram analisados materiais que tornariam possível obter esse volume desejado utilizando gesso, poliuretano expandido ou madeira (Callister, 2008). Dessa forma, poderíamos obter um molde para uma futura laminação do assento.

Entre as opções avaliadas o Poliuretano Expandido se destacou devido à praticidade quanto à operação de manuseabilidade da substância, baixo peso e a facilidade de aquisição do material necessário. Com a obtenção do material, foram realizados alguns cálculos e testes para se obter a relação entre os produtos que formam a mistura para expansão: poliól e isocianato, 43% e 57% respectivamente. O volume inicial da mistura para expansão foi de 16 litros. A taxa utilizada proporcionou uma expansão de 20 vezes o volume inicial.

Obtido o material expandido foram construídos modelos em escala para teste os quais são mostrados na Figura 05.

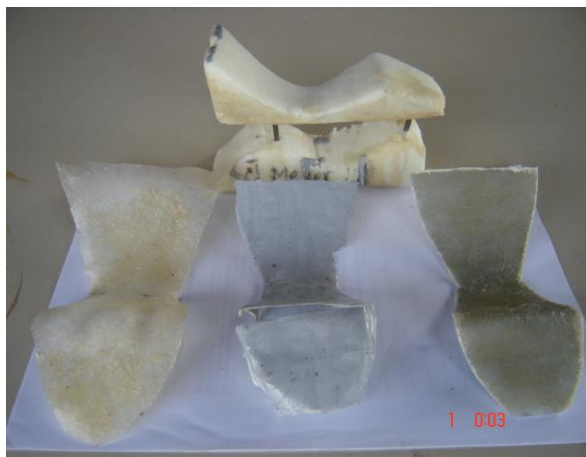


Figura 05: Protótipos do assento do *cockpit*.

### 3.1.4 Fabricação do Molde

Para realizar a expansão dentro do casco foi improvisada uma seção de madeira delimitando o volume desejado para o molde do banco, com a utilização de uma lona para evitar que a mistura entrasse em contato com a fibra interna do casco. A mistura foi despejada sobre a lona e expandiu-se tomando o formato interno do casco. Após o tempo de cura o bloco foi desenformado. O perfil obtido nos desenhos do projeto foi repassado para o bloco de Poliuretano (Figura 06 e 07).



Figura 06: Processo de transferência do perfil do assento para o molde.





**Figura 07: Perfil do desenho do molde para o assento.**

Com a obtenção da guia para o corte, iniciou-se o trabalho de lixa, a fim de adequar o formato das costas para a média dos pilotos, finalizando, dessa forma, o molde (Figura 08).



**Figura 08: Fase de finalização do molde para fabricação do assento.**

### 3.1.5 Fabricação do Assento

Os materiais escolhidos para o processo de construção foram: gel *coat*, fibra de vidro, resina Epóxi, catalisador, cera desmoldante, folhas de papel alumínio e tinta spray azul. As ferramentas utilizadas foram pincéis, rolinhos para retirada de bolhas na laminação da fibra de vidro, recipiente para misturas, tesoura e equipamentos de segurança individual.

Para o processo de laminação, primeiramente obteve-se uma superfície adequada para o mesmo. Folhas de alumínio foram fixadas no molde de Poliuretano, para obter-se uma superfície lisa. Camadas de cera desmoldante foram passadas sobre as folhas de alumínio, tendo assim uma superfície adequada para a laminação. Levando-se em conta a resistência necessária e que a peça deveria ser o mais leve possível, duas camadas de gel *coat* e três camadas de manta de fibra de vidro foram aplicadas para a fabricação do assento do *cockpit*.

Passado o tempo de cura, o assento do *cockpit* foi retirado do molde e assim, se encontrava pronto para a realização dos acabamentos necessários como desbaste dos excessos, preparo da superfície para pintura e a própria pintura. De acordo com o planejamento realizado inicialmente, foi realizado o corte do *deck* e a fixação do assento dentro do barco. Para a fixação utilizou-se fibra de vidro como material base, finalizando o processo (Figura 09).



**Figura 09: Versão final do assento.**

### 3.1.6 Fabricação do Painel de Controle

Para proporcionar ao piloto condições de conduzir o barco catamarã durante as regatas foi projetado um painel de controle que deveria obedecer aos requisitos de baixo peso, distâncias adequadas para o alcance do piloto, e um design aerodinâmico para minimizar os efeitos do arrasto aerodinâmico do ar com a superfície do painel.

Esse deveria estar localizado na parte superior do *deck*, a frente do piloto, na extremidade do corte do *deck* feito anteriormente para a fixação do assento do *cockpit*. Foram obtidos, com os integrantes do setor elétrico da equipe, informações dos componentes eletrônicos que seriam instalados no painel.

Podendo assim dimensionar o layout do painel e conseqüentemente a proteção superior que iria vedar o painel de controle, evitando o contato dos componentes internos com a água do mar.

Optou-se por fazer essa proteção com uma chapa fina de alumínio pela facilidade de moldagem com simples dobras. Para o espaço aonde seriam fixados os componentes, foi escolhido uma chapa laminada com fibra de vidro e gel *coat*. O acabamento final foi feito através da aplicação de um adesivo, de cor azul com duas faixas brancas, na parte superior de acordo com pintura do assento do *cockpit*.

Além de proporcionar um conforto ergonômico para o piloto conduzir o barco e diminuição no arrasto com o ar, outro fator que ficou bem evidenciado foi à estética que o novo *cockpit* proporcionou ao barco.

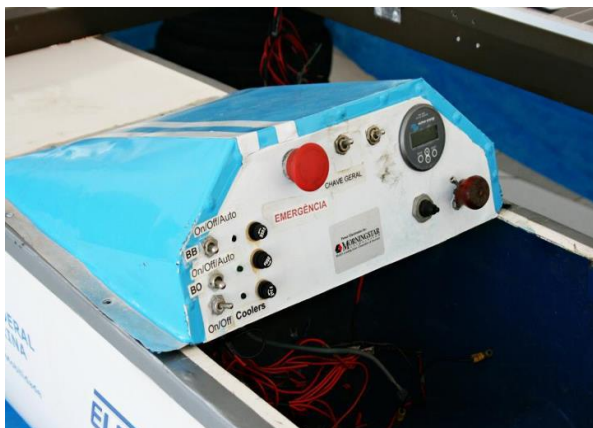


Figura 10: Painel de Controle.

#### 4. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este artigo buscou ressaltar a importância da avaliação ergonômica nas fases iniciais do processo de desenvolvimento do projeto de um produto mais adequado para o usuário. O projeto do cockpit da primeira embarcação desenvolvida pelo grupo não estava adequado para o usuário, considerando os aspectos de Ergonomia e Usabilidade. Utilizando a integração das análises e estudos ergonômicos durante o processo de desenvolvimento do projeto do *cockpit*, do barco do tipo catamarã, foi possível obter acomodações mais adequadas ao piloto e conseqüentemente proporcionar melhoria no conforto, e, além disso, obteve-se maior desempenho da embarcação, com um ganho na eficiência aerodinâmica do barco.

O arranjo único do novo *cockpit* chamou a atenção e despertou elogios inclusive dos juízes da competição. Era notável a diferença ao final das provas de maior duração, nas quais o desgaste era mais intenso, que o piloto da equipe Babitonga finalizava as mesmas apresentando menor desgaste físico do que os pilotos de outras equipes.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof<sup>o</sup>. Ricardo Aurélio, que inicialmente sugeriu os processos de fabricação do assento ergonômico. À equipe Babitonga, pela colaboração e trabalho em equipe na construção da

embarcação. À Prof<sup>a</sup>. Diana, pela revisão ortográfica final. Ao Prof<sup>o</sup>. Cristiano Ferreira, pela orientação dedicada ao projeto. E ao Centro de Engenharia da mobilidade – UFSC, pelo espaço disponibilizado para a construção da embarcação.

#### 6. REFERÊNCIAS

BACK, N. **Projeto Integrado de Produtos:** planejamento, concepção e moldagem. Barueri, SP: Ed Manole, et al 2008.

CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais:** uma introdução. 7. ed. Rio de Janeiro, RJ: Ed LCT, 2008.

DICIO. **Dicionário de Português:** Online. Disponível em: <<http://www.dicio.com.br/cockpit>> Acesso em: 20 maio 2012.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática.** Tradução Itiro Iida. 2. ed. São Paulo, SP: Ed Edgard Blucher, 2004.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia:** Adaptando o trabalho ao homem. 4. ed. Porto Alegre, RS: Ed Bookman – Artes Médicas, 1998.

IIDA, I. **Ergonomia:** Projeto e produção. 4. ed. São Paulo, SP: Ed Edgard Blucher, 2005.

MORAES, A.; MONT'ALVÃO, C. **Ergonomia:** Conceitos e aplicações. Rio de Janeiro, RJ: Ed 2AB, 2000.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos:** Uma referência para melhoria do processo. São Paulo, SP: Ed Saraiva, 2006.

TOYOTA Motorsport. **Raio-X F1.** Disponível em: <<http://4.bp.blogspot.com/W7xFacvyvZ4/TGqKUnPFBil/AAAAAAAAA9k/UHq0fGgpVEo/s1600/RaioXF1.jpg>> Acesso em: 10 maio 2012.