

## **ANÁLISE INTEGRADA DE UM VEÍCULO TERRESTRE DE COMPETIÇÃO: DINÂMICA ESTRUTURAL-AERODINÂMICA- DINÂMICA DAS SUSPENSÕES**

**Aluna: Andréa Cristina Carvalho dos Anjos**

**Orientador: Mauro Speranza Neto**

O objetivo maior deste trabalho é a construção da réplica de um veículo usado nas competições de corrida de fórmula 1 da década de 60. Esse carro deve ser feito na escala 1:1, com fabricação própria de grande parte de seus equipamentos.

Esse projeto também tem por objetivo adaptar este veículo terrestre para as competições organizadas pela Sociedade de Engenheiros da Mobilidade (SAE, em inglês).

A SAE BRASIL reúne engenheiros, técnicos e executivos para disseminar técnicas e conhecimentos relativos à tecnologia da mobilidade em suas formas terrestre, marítima e aeroespacial. É filiada à SAE International, uma associação com os mesmos objetivos, fundada em 1905, nos Estados Unidos, por líderes das indústrias automotiva e aeronáutica, dentre os quais se destacam Henry Ford, Thomas Edison e Orville Wright.

Dentre as diversas provas de teste estático e dinâmico do veículo, que são avaliados pela comissão julgadora da competição, o presente projeto destaca a descrição de processos na análise de custo e manufatura, o qual descreve as peças e os procedimentos que foram desenvolvidos pela equipe.

Inicialmente estudou-se os vários procedimentos necessários para o projeto preliminar de um veículo terrestre de competição. A construção do veículo, que tem como característica principal o alto desempenho, deve obedecer às normas do regulamento da competição e para tal, a primeira atitude tomada foi em relação à escolha do modelo de carro de corrida que seria usado como base para todo o trabalho.

Devido às suas características particulares como aerodinâmica, composição estrutural do chassi, construção e similaridade com outros já usados em competições na Fórmula SAE, o modelo escolhido foi o carro vencedor da competição de Fórmula 1 do ano de 1961, o Lotus 21 (Figura 1).



Figura 1: Veículo modelo.

Foi preciso reunir todo o tipo de informações sobre os diversos componentes de um carro de corrida, e em seguida, determinar as dimensões das estruturas e elementos que compõem este tipo de veículo. As informações de que dispúnhamos diziam a respeito das dimensões básicas do carro, ou seja:

DISTÂNCIA ENTRE EIXOS: 2286 mm

BITOLA: 1353 mm

COMPRIMENTO TOTAL: 3581,5 mm

PESO: 452 kg

LARGURA: 1524 mm

ALTURA: 711,5 mm

O desafio do projeto estava na obtenção de parâmetros representativos do veículo adotado como referência, que não estão disponíveis na literatura, e que deveriam ser calculados e/ou estimados através da simulação numérica e da análise estrutural do desenho desenvolvido, todo o veículo deveria ser projetado e simulado nos laboratórios da faculdade.

Para a análise integrada deste veículo terrestre foi necessário inicialmente escolher os códigos computacionais que possuíssem interação, de modo a possibilitar a aplicação dos diferentes modelos e metodologias apropriados aos objetivos em questão, utilizando uma base comum que possibilitasse a comunicação entre estes diversos códigos.

A partir de uma fotografia bidimensional do chassi (Figura 2), foram estudadas as maneiras de se obter um desenho tridimensional deste veículo. Num primeiro momento foram realizados estudos das imagens disponíveis através de transformações matriciais, feitos croquis de algumas partes da estrutura, projeções e comparações com outros modelos semelhantes da equipe Lotus.

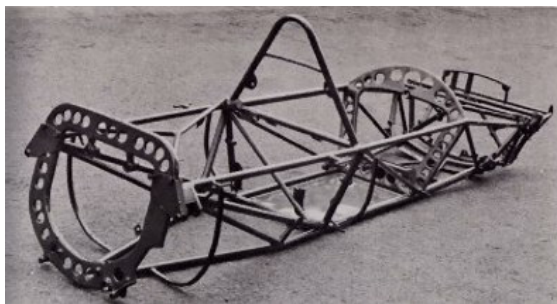


Figura 2: Figura bidimensional

Vencidas estas etapas, foi então possível realizar a construção tridimensional do chassi virtual. Durante o período de pesquisa foi necessário o desenvolvimento de uma metodologia própria, que buscou ferramentas computacionais adequadas para alcançar o objetivo desejado.

No desenvolvimento do protótipo virtual do veículo de competição foram empregados recursos computacionais disponíveis no mercado. Os mesmos seriam usados no estudo dos esforços mecânicos sofridos por seus diversos componentes no propósito de analisar as respostas de cada elemento, e assim encontrar o dimensionamento e o material mais adequado a ser empregado na sua fabricação.

O código computacional comercial SolidWorks, software usado na criação de modelos tridimensionais e que permite a simulação real da interação entre componentes analisando a estrutura física e dinâmica como interferência e os níveis dos mesmos, foi usado para desenhar a estrutura preliminar do veículo de competição.

A partir dos esboços, foi feito um primeiro desenho como mostrado na Figura 3.

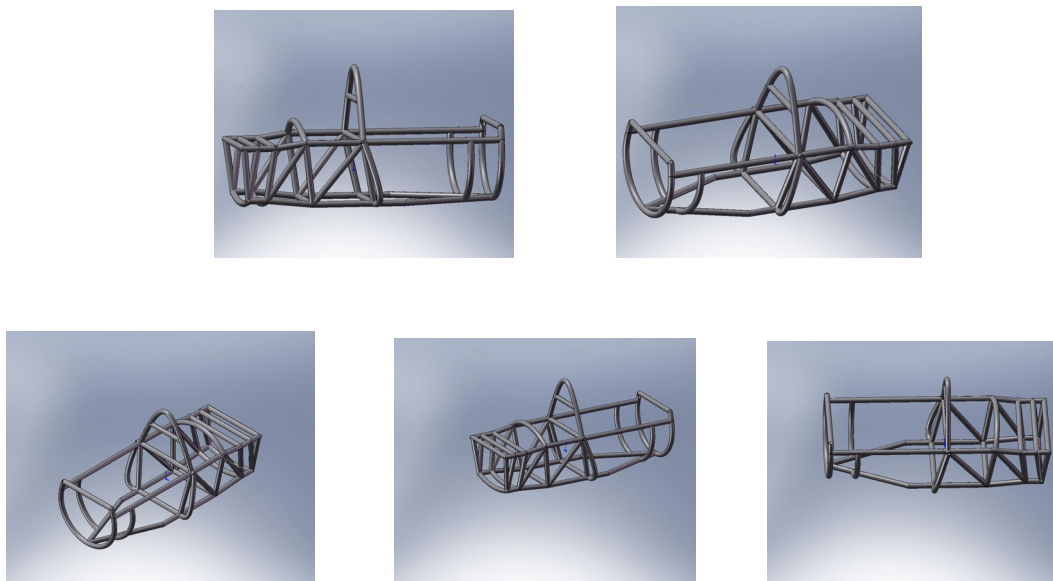


Figura 3: Primeira figura tridimensional em SolidWorks.

É possível observar que este desenho está fora de escala e não condizia com a figura bidimensional original. Então o desafio surgiu: como obter medidas de profundidade, ângulo de inclinação e rotação e espessura? Estas e outras informações só poderiam ser observadas através de medições diretas do modelo real ou de, no mínimo, duas fotografias tiradas de ângulos diferentes com a mesma máquina, atentando ao fato de que deveriam ser anotadas as especificações desta, do filme usado e as distâncias de um ponto na lente de câmera até um ponto fixo no objeto.

A fim de tentar conseguir tais informações, foram feitos contatos com dirigentes da equipe Lotus, colecionadores, museus e antigos pilotos do carro, porém nenhuma informação nova foi acrescentada.

Nova pesquisa levou ao código computacional SketchUp, uma ferramenta de modelagem em 3D de fácil utilização, com interface clara, cujas ferramentas simples permitiram a criação com boa aproximação do modelo real. Seu aprendizado e aplicação resultaram em um modelo tridimensional (Figura 4) do chassi do veículo com dimensões coerentes e com baixa incerteza.

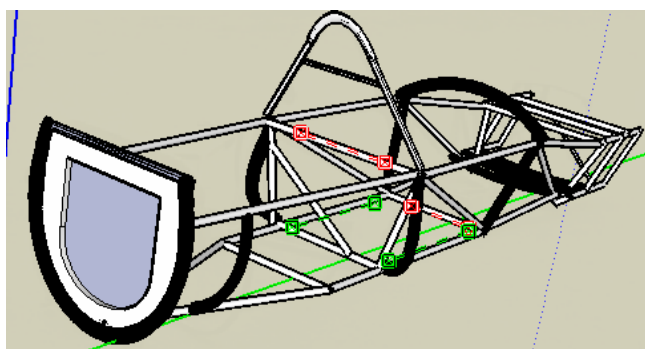


Figura 4: Figura tridimensional para correção das medidas.

Este novo desenho permitiu a leitura direta das medidas do modelo. Com tais valores foi dado início ao dimensionamento de um novo desenho 3D que deveria ser projetado no SolidWorks, já que este é o recurso computacional usado para implementar

vários dos procedimentos necessários para análise e projeto preliminar de veículos terrestres, tais como: determinação da distribuição de peso e posicionamento do centro de massa; cálculo dos momentos e produtos de inércia do veículo; determinação da rigidez efetiva da mola e das cargas sobre os elementos de uma suspensão (de geometria previamente definida), em função de um carregamento – forças aerodinâmicas e gravitacionais - e de um perfil de terreno estabelecidos; definição da bitola, distância entre eixos e da geometria da direção necessários para a realização de uma determinada curva.

A versão digitalizada (Figura 5) passou por diversas fases antes de chegar ao seu estado final, pois a cada desenho era feita a correção da escala e de detalhes observados em modelos semelhantes, já que a meta era a coerência com o que queríamos, isto é, um carro o mais próximo possível de suas medidas reais. O próximo passo será a construção de um veículo em escala que reproduza o Lotus 21 em detalhes (Figura 6).

Terminada esta fase do trabalho, foi desenvolvido um texto contendo a descrição dos passos necessários para a realização deste projeto. Este projeto proporcionou ferramentas para análise e simulação do comportamento de veículos terrestres, conhecimento sobre o funcionamento de um carro, visualização e aplicação da teoria aprendida em sala de aula, desenvolvimento de habilidades e capacidades de resolução de problemas reais, com criatividade e competência administrativa e também o aprendizado de ferramentas computacionais importantes na carreira de um engenheiro mecânico.

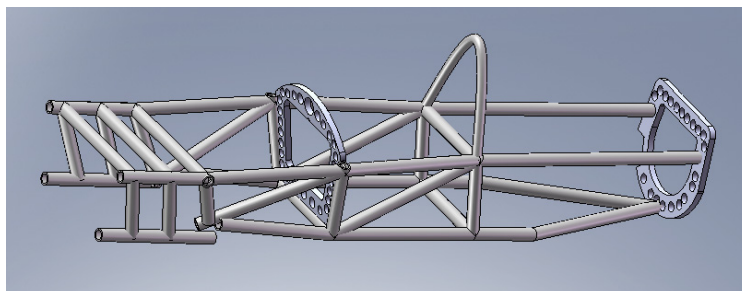
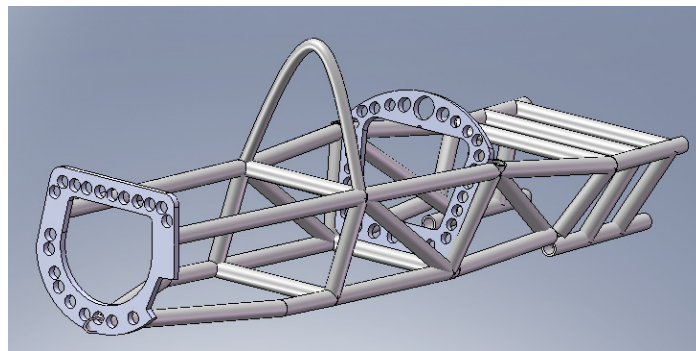


Figura 5: Estrutura final.

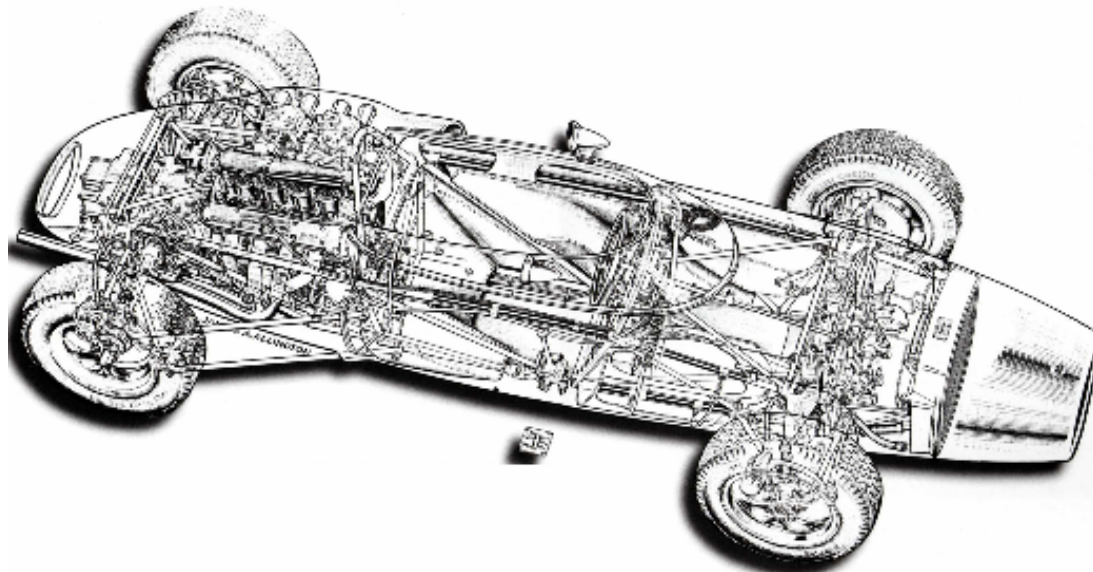


Figura 6: Objetivo final.

### Referências

- 1) Wriarth, P., "Formula 1 Technology", SAE, 2001.
- 2) Costin, M. and Phipps D., Racing and Sports Car Chassis Design, B.T. Batsford LTD, 1961.
- 3) Santos, F., Grand Prix. A História da Fórmula Um, Edição Talento, 2003.
- 4) Oliver, M., Lotus 49. The Story of a Legend, Veloce Publishing, 2003.
- 5) Oliver, M., Lotus 72. Formula One Icon, Coterie, Press Ltd., 2003.
- 6) Tipler, J., Lotus 78 and 79. The Ground Effect Cars, The Crowood Press, 2003.
- 7) Pritchard, A., The Competition Cars Lotus, Haynes Publishing, 2006.
- 8) Taylor, W., The Lotus Book. The Complete History of Lotus Cars, Coterie Press Ltd., 2004.
- 9) Piola, G., Formula 1 Technical Analysis 2005/2006, Giorgio Nada Editore, 2006.
- 10) Rudd, T. It was fun! My fifty years of high performance. Haynes Publishing, 1993.
- 11) Macknight, N., The Modern Formula 1 Race Car. From Drawing Board to Racetrack, Motorbooks International, 1993.
- 12) Lurani, G., History of the Racing Car: Man and Machine, Arnoldo Mondadori Editore, 1972.
- 13) Parker, P., Formula 1 in Camera 1960-69, Haynes Publishing, 2006.
- 14) Whitelock, M., 1 1/2 -litre Grand Prix Racing: Low Power, High Tech, Veloce Publishing, 2006.
- 15) Young, E., Jim Clark and his Most Successful Lotus: The Twin Biographies of a Legendary Racing Driver and his 1963 World Championship Winning Lotus 25 R4, Haynes Publishing, 2004.
- 16) Carter, A., Motor Racing. Reflections of a Lost Era, Veloce Publishing, 2005.  
Hughes, M., The Unofficial Complete Encyclopedia of Formula One. An illustrated guide to the fastest sport, Anness Publishing, 2005.