



XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP  
Artigo CREEM2012

## MÓDULOS ESTRUTURAIS APLICÁVEIS EM VEÍCULOS DE DUAS RODAS PARA TRANSPORTE DE CARGAS

**Pedro Henrique Martins Duarte e Esp. Gilberto Felipe Fernandes**

FACTHUS, Faculdade Talentos Humanos, Curso de Engenharia Mecânica com Habilitação em Controle e Automação.  
Campus I - Bairro São Cristóvão - CEP 38040-240–Uberaba–Minas Gerais

E-mail para correspondência: [duarteengenharia@hotmail.com](mailto:duarteengenharia@hotmail.com) , [gffernandes@facthus.edu.br](mailto:gffernandes@facthus.edu.br)

### Introdução

Em 29 de julho de 2009 foi sancionada pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva a lei 12009. Esta lei regulamenta o exercício das atividades dos profissionais em transporte de passageiros e carga em motocicletas. De acordo com a Lei 12009, de 29-7-2009, Art. 139-A, § 2º, cap. “XIII-A. É proibido o transporte de combustíveis, produtos inflamáveis ou tóxicos e de galões nos veículos de que trata este artigo, com exceção do gás de cozinha e de galões contendo água mineral, desde que com o auxílio de side-car, nos termos de regulamentação do Contran”. Diante desta determinação da lei, toda motocicleta destinada ao transporte de gás de cozinha e galões contendo água mineral se tornou obrigada a usar o acessório chamado side-car.

No dia 22 de dezembro de 2011, a ANP (Agência Nacional de Petróleo) regulamentou através da Resolução 70, as condições de operação dos "veículos transportadores" ou não de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo). De acordo com a Resolução ANP nº 70, Art 1º, “§ 5º. Os recipientes transportáveis de GLP cheios, parcialmente utilizados e/ou vazios somente poderão ser transportados na posição vertical ...”.

A partir destas determinações, boa parte dos sistemas utilizados para o transporte de glp passou a ser ilegal. O prazo para regularização dos equipamentos destinados a este tipo de transporte foi de 365 dias, o equivalente à 1 ano, mas este prazo já foi prorrogado algumas vezes.

Analisando as novas regulamentações e os sistemas que foram propostos como legais, notou-se a necessidade de desenvolver um produto que extinguisse algumas deficiências dos sistemas legalizados e que fosse acessível a qualquer classe do setor de entrega de GLP à domicílio.

Este trabalho envolve toda análise, estudo e projeto de uma inovação tecnológica que prevê um novo conceito de transporte de pequenas cargas em veículos de duas rodas. Todo estudo foi realizado visando a eficiência, viabilidade, dirigibilidade otimizada em relação à outros e ergonomia para o profissional que atua no setor.

O projeto se baseia na ideia ciclística, que permite a inclinação da motocicleta e de dois módulos independentes com suspensão própria que suporta toda a carga livrando a motocicleta de qualquer sobrecarga em sua estrutura. Este projeto já é objeto de propriedade intelectual registrado na INPI com número PI - DEINPI/SP N° 018110031102 DE 12/08/2011 definitivo, aprovado pelo INMETRO e está em processo de homologação no DENATRAN e com particularidade de categoria.

### Justificativa

Confecção de um sistema de transporte de recipientes transportáveis de GLP cheios, parcialmente utilizados e/ou vazios em motocicletas tornando-se mais uma opção em relação ao sistema utilizado atualmente com o acessório conhecido por side-car adotado pela lei.

O sistema side-car tem como característica a deficiência na dirigibilidade que chega a prejudicar a ergonomia do profissional que a utiliza.

Com base nesta realidade surgiu a necessidade de um sistema que ofereça mais vantagens, viabilidade e legalidade para o transporte do GLP e galões de água mineral.

## Objetivo

Obter uma fatia de mercado a nível nacional. Conquistar a confiança do cliente oferecendo um maior conforto, segurança e dirigibilidade favorecendo a ergonomia do profissional que a utiliza além da legalidade para o transporte do GLP e galões de água mineral.

O projeto objeto deste trabalho tem a visão de manter a ciclística para a qual uma motocicleta foi projetada, preservando a originalidade do veículo e seu estado de conservação depois de determinado tempo de uso, além da vida útil de componentes, quadros e pneus.

Todo o sistema foi projetado visando a facilidade de fabricação e montagem sendo de baixa e fácil manutenção, simples, funcional, resistente, leve, seguro e mantendo a originalidade da motocicleta, evitando adaptações.

## Metodologia

Este projeto objeto deste trabalho foi desenvolvido a partir de uma necessidade que já existia à algum tempo no ramo de transporte de GLP. Foi tomado como base para o estudo a lei 12009 de julho de 2009, que estipula algumas diretrizes para o assunto. Também foram consultados os profissionais que se envolvem diretamente com a situação e os donos de estabelecimentos de revenda de GLP que investem o seu capital nesse negócio.

A criação do primeiro protótipo foi realizada tomando como base os princípios da dinâmica, estática e resistência dos materiais. Com o auxílio do software SolidWorks foi possível verificar o funcionamento, assim como algumas características indispensáveis para os cálculos, como, centro de gravidade, peso e o comportamento de perfis estruturais diante de algumas situações.

A partir do protótipo virtual feito no SolidWorks realizou-se então a fabricação do primeiro protótipo real através de alguns processos de fabricação, como corte de chapa a laser, dobra de chapas, corte e dobra de tubos e soldagem.

A partir do primeiro protótipo foram realizados testes, ajustes e adequações. Com bases nos testes e ajustes foi então atualizado o modelo virtual e concluído o projeto. A Figura 1 mostra o protótipo atual do projeto que está em fase final de teste enquanto espera a homologação do DENATRAN.



Figura 1 - Fotos do protótipo do projeto

Toda motocicleta foi projetada para suportar carga no sentido vertical. Mesmo no momento de uma curva podemos deduzir que a resultante da força peso ( $P$ ) e a força centrífuga ( $F_{cf}$ ) tem sua linha de ação passando pelo centro de gravidade (C.G) e o ponto de apoio do pneu da motocicleta com a pista. A Figura 2 mostra graficamente a atuação dessas forças.

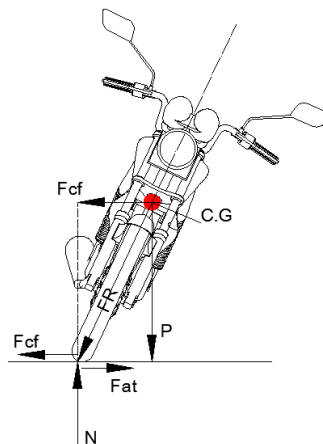


Figura 2 – Esquemático das forças atuantes na motocicleta no momento de uma curva

Com base nos estudos de força centrífuga e no princípio ciclístico da motocicleta foi possível perceber que a carga, assim como todo o sistema, deveria se inclinar e seguir o mesmo trajeto da moto. Um sistema funcionando com este princípio evitaria todos os resultados indesejáveis da força centrífuga para o piloto e para a estrutura da motocicleta.

A Figura 3 mostra o projeto em uma visão geral e sua flexibilidade nos momentos de curvas ou outros obstáculos. Cada módulo possui uma liberdade de movimento vertical de 200 mm para baixo e 200 mm para cima o que resulta em 400 mm de liberdade de movimento vertical. Os módulos são totalmente independente da motocicleta, inclusive o sistema de suspensão, cada um possui o seu sistema de suspensão individual. Isso quer dizer que todo o peso do módulo e sua carga se concentram somente em sua própria suspensão. A suspensão da motocicleta fica totalmente livre, que no caso seria 112 quilogramas só de carga, pois cada botijão possui cerca de 28 quilogramas. A vantagem desse sistema é que quando um dos módulos passa por uma depressão ou saliência o piloto nem sequer percebe, pois o impacto não se reflete de forma alguma na motocicleta. A Figura 4 mostra o sistema de suspensão independente de cada módulo que é composto por um amortecedor da Honda XL 125 e um quadro elástico projetado exclusivamente para o sistema.

A Figura 1 mostra um protótipo final do projeto que foi montado em uma Fan 150cc da Honda.

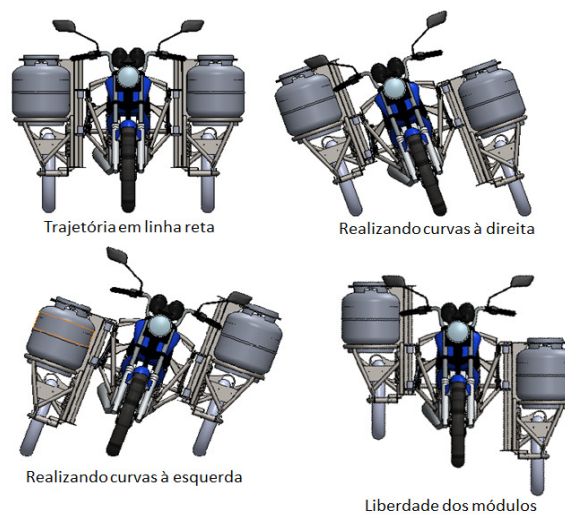


Figura 3– Visão geral do funcionamento do projeto

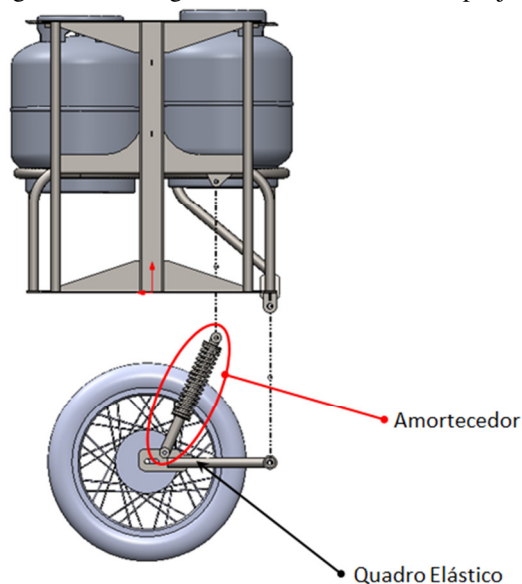


Figura 4 – Sistema de suspensão do módulo

O sistema tem como elementos principais para seu funcionamento os rolamentos em conjunto com as barras. Por essa razão foi observado com bastante critério a disposição dos rolamentos que são os apoios que estabelecem todo o alinhamento do conjunto. Por motivo de peso e facilidade de fixação foi determinado que os rolamentos lineares fariam parte do subconjunto a ser fixado na motocicleta. Por questões de apoio

determinou-se a utilização de dois rolamentos por barra para evitar torções e flexões das barras. A Figura 5 mostra a tendência de deformação de uma barra com um e com dois rolamentos, ambas exercendo o mesmo esforço. Percebe-se que a deformação da barra com dois rolamentos é bem menor que com um rolamento. Isto deve-se ao momento fletor.

Como o momento fletor é determinado pelo produto da força pela distância de aplicação da mesma ( $M_f = F \cdot d$ ). Quando a barra está sendo solicitada por dois rolamentos o momento fletor é bem menor pois a força se distribui e a distância de aplicação da força e o apoio também diminui.

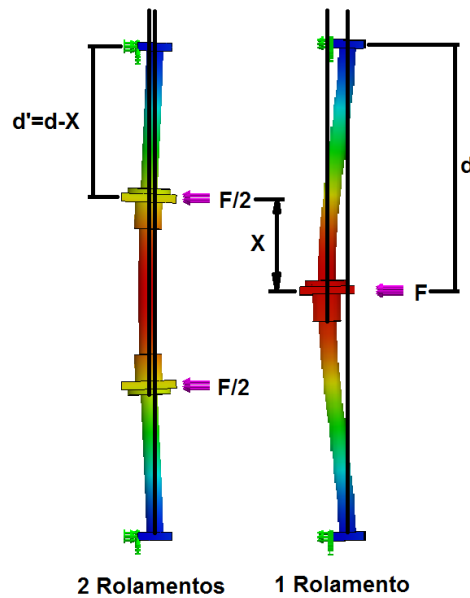


Figura 5 – Tendência de deformação da barra com 1 e com 2 rolamentos

Outro aspecto que foi observado é que na prática as forças podem ser distribuídas de forma não uniforme, sem contar também que como o módulo é amortecido a sua altura pode variar de acordo com a carga e isso indica que seu centro de gravidade também poderá variar ocasionando um esforço torçor. A Figura 6 mostra este esforço e a tendência de deformação da barra com um e dois rolamentos.

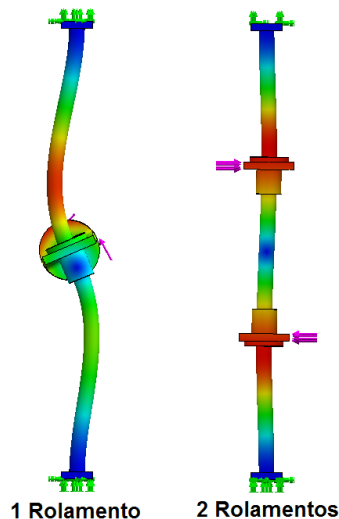


Figura 6 - Tendência de torção da barra com um e com dois rolamentos

### Fabricação do Produto

A fabricação do produto foi subdividida em, corte e dobra de chapas, corte e dobra de tubos, montagem e soldagem parte estrutural, pintura do conjunto, montagem dos componentes mecânicos, montagem parte elétrica e embalagem. Ambas as etapas são terceirizadas para redução dos custos operacionais e de infraestrutura. Os cortes de chapas são todos feitos por laser, onde se consegue baixo custo, tempo e altíssima qualidade, sendo realizados por algumas empresas em Ribeirão Preto. A parte de corte e dobra dos tubos, montagem e soldagem das peças são realizadas facilmente em uma serralheria, pois é de fácil

montagem devido as peças serem todas encaixadas. A limpeza e pintura do conjunto são feitas em uma empresa que realiza pintura eletrolítica. A montagem da parte elétrica e dos componentes mecânicos, assim como os ajustes finais de alinhamento conferência de aperto dos parafusos é realizado por um mecânico especializado em motocicletas. As embalagens serão confeccionadas por empresa especializada da qual já se tem um orçamento. O preço final do produto fechou em R\$ 4000,00.

## **Resultados**

O protótipo está em fase final de testes e apresentou uma boa autonomia e resistência aos testes mais severos. Segundo depoimentos de profissionais que já trabalham no ramo, o sistema é consideravelmente melhor do que os outros já existentes.

Já está em processo de homologação pelo DENATRAN como nova categoria, o que significa que o sistema terá uma categoria exclusiva.

Já foram fabricados dez conjuntos e prontos para serem montados, e como qualquer outro projeto, já está em andamento possíveis melhorias e otimizações.

## **Conclusão**

Comparando com os outros sistemas de transporte de carga em motocicleta, podemos perceber muitas vantagens do projeto objeto desse trabalho. Os módulos estruturais aplicáveis em veículos de duas rodas para transporte de cargas apresentam os seguintes pontos fortes:

- Mantém a originalidade da motocicleta em que é montado
- Mantém a ciclística da motocicleta, não afetando prejudicialmente sua estrutura e componentes.
- Apresenta comodidade, agilidade, flexibilidade e boa dirigibilidade.
- Mantem uma ergonomia mais adequada para o profissional que trabalha na entrega de GLP.
- É um sistema leve e resistente para o trabalho nas situações mais severas.
- Oferece baixo custo e baixa frequência de manutenção devido a simplicidade do sistema.
- Todas as peças e elementos podem ser encontradas em qualquer loja de peças automóveis e motocicletas
- Preço final baixo.
- A qualquer momento pode ser tirado da motocicleta através de quatro parafusos fixos no quadro e das duas porcas do quadro elástico da mesma.

Nesse trabalho foi mostrado a linha do projeto do sistema para transporte de GLP, mas já existem outras possibilidade de cargas diferentes. Já está em estudo o uso do mesmo sistema para os correios, com uso de caixas de polietileno moldado é possível termos um volume de 300 litros.

Também está em estudo a possibilidade de se reduzir as bitolas dos materiais usados, como, espessura de chapas e tubos, o que reduzirá o peso e conseqüentemente o custo, tornando o produto mais acessível para todos os tipos de consumidores.

## **Referências Bibliográficas**

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN. Resolução n. 219, de 11 de janeiro de 2007.

Estabelece requisitos de segurança para transporte remunerado de cargas por motocicleta e motoneta.

Disponível em: <[http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO\\_219.pdf](http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO_219.pdf)> Acesso em 05 dez 2011.

BRASIL. Lei n. 12009, de 29 de julho de 2009. Regulamenta o exercício das atividades dos profissionais em transporte de passageiros, “mototaxista”, em entrega de mercadorias e em serviço comunitário de rua, e “motoboy”, com o uso de motocicleta, altera a Lei no 9.503, de 23 de setembro de 1997, para dispor sobre regras de segurança dos serviços de transporte remunerado de mercadorias em motocicletas e motonetas – motofrete –, estabelece regras gerais para a regulação deste serviço e dá outras providências.

Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/112009.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112009.htm)> Acesso em 05 dez 2011.

HIBBELER, Russell Charles. Mecânica Dinâmica. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998. 504 p.

SHIGLEY, Joseph E; MISCHKE, Charles R; BUDYNAS, Richard G. Projeto de engenharia Mecânica. 7ed. Porto Alegre: Bookmam, 2005. 960 p.