



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

TROCA ASSISTIDA DE PNEUS EM VEÍCULOS AUTOMOTIVOS (TEC-X)

Danilo Pinto de Oliveira, dpopinto@hotmail.com¹
Felipe Correia Gonçalves, fc_goncalves@hotmail.com¹
Lucas Pedreira de Jesus, lpedreira1212@hotmail.com¹
Geórgia Maria Rocha de Oliveira, georgia.oliveira@hotmail.com¹
Murilo Plínio Nogueira Ribeiro, muriloplinio@gmail.com¹
Victory Santos Fernandes, victory@igara.com.br¹
Targino Amorim Neto, targino.amorim@pro.unifacs.br¹

¹ Universidade Salvador (UNIFACS), Rua Vieira Lopes, nº. 2 - Rio Vermelho - Salvador - Bahia - Brasil - CEP: 41.940-560.

Resumo: *Uma grande parcela dos problemas lombares, que atingem de 15 a 42% da população, é decorrente do mau alinhamento da coluna no levantamento e transporte de cargas. Cargas estas que, segundo recomendações médicas, não devem ser superiores a 15% da massa corporal. Tratando-se da roda reserva no porta-malas, a situação é agravada pelo fato de não existirem posições seguras para a coluna no momento de sua retirada, mesmo porque a má localização da roda reserva, na maioria dos veículos comercializados, dificulta a sua retirada. Além disso, a roda reserva de aro 14", utilizada na maioria dos carros, possui uma massa (14,8kg) que somente pessoas com 100kg deveriam carregar. Uma melhor localização da roda reserva não é praticada pelas montadoras, a fim de não interferir na engenharia e design dos carros. Diante da necessidade em transladar a roda reserva de forma ergonômica, uma solução para este problema é a criação de um sistema mecânico manual dividido em três etapas que proporciona ao usuário um maior conforto e ergonomia na retirada da roda reserva do porta-malas. Primeiramente, a elevação da roda se dá com auxílio de molas e pistões a gás. Em seguida, a projeção da roda para o exterior do porta-malas é assistida por sistemas de guias lineares acoplados ao equipamento. Por fim, um giro de 90° permite que a roda atinja o solo. É objeto desse projeto: um sistema que possibilita realizar o processo de retirada da roda reserva do porta-malas em menos de 10 segundos com até 66,66% a menos de força, ou seja, com uma redução aparente da massa de 15kg para 5kg; também, a introdução, no mercado automobilístico, de um acessório para veículos automotivos que, diante de um esforço menor, possibilite a realização desta atividade por uma parcela maior da população, sem exposição de risco à saúde física.*

Palavras-chave: *Veículos, Pneu, Estepe, Ergonomia, Roda Reserva.*

1. INTRODUÇÃO

A coluna vertebral é de fundamental importância para a sustentação do corpo humano, hospeda pares de nervos que são responsáveis por outras funções em diversas partes do corpo, além de ser uma superfície de inserção para músculos e costelas. Mediante a extrema importância deste elemento para a saúde corporal, vem se intensificando os estudos voltados para correção dos males hereditários e prevenção dos adquiridos. (VIEIRA, Pedro 2009).

Dentre os principais fatores que causam estas patologias, destaca-se o mau alinhamento da coluna, no levantamento e transporte de cargas. Logo, a prevenção é o melhor caminho para que se evite o aumento do número de pessoas portadoras de problemas lombares, que representam entre de 15 e 42% da população brasileira. (CADEMARTORI, Pedro 2009) As principais recomendações são: manter a coluna alinhada, ao levantar objetos do chão, e também uma distância máxima de 20cm do objeto carregado e nunca carregar peso superior a 15% do peso do seu próprio corpo. (SGUISSARDI, Fábio 2009)

Inúmeros fatores relacionados com o trabalho físico aumentam os riscos destas lesões, mas, na vida cotidiana, para realização de tarefas, se faz necessário erguer ou carregar peso, o que pode acarretar estresse e danos à coluna. Tratando-se da localização da roda reserva no porta-malas da maioria dos veículos comercializados internacionalmente, a situação é agravada pela dificuldade em manter a técnica correta (mostrada na Fig. (01.b.)) durante o procedimento.

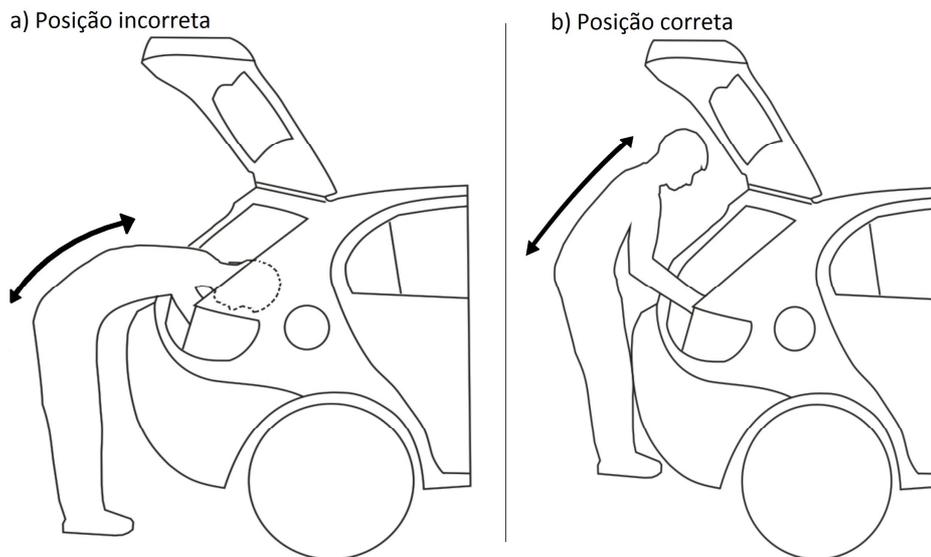


Figura 01 – Comparação: a) Posição incorreta e b) Posição correta de como realizar transporte de cargas.

É importante citar que uma roda de aro 14 tem uma massa média de 14,8kg, evidenciando que o processo da sua retirada do porta-malas e o transporte até o chão, irá demandar considerável esforço físico.

Vale notar que esta massa está acima do limite recomendável para qualquer pessoa com menos de 100kg. Por exemplo, uma pessoa com 70kg deve evitar manusear cargas com mais de 10,5 kg, sendo que, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, no Brasil o peso médio dos homens é de 86,5kg e o das mulheres é de 54,2kg. Além disso, a situação se agrava por ser difícil manter o alinhamento da coluna durante o processo, além de ser praticamente impossível manter-se a distância recomendada de 20cm entre a roda reserva e o corpo. Por fim, as dificuldades aumentam ao analisar alguns modelos do tipo *sedan*, que apresentam a roda reserva localizada mais distante da porta de acesso, quando comparado ao tipo *hatch*. Como exemplo, podemos citar o *Chevrolet Corsa* da *General Motors*, tipo *sedan* que possui uma distância entre o centro da roda e o vão do porta-malas de 60cm, enquanto o tipo *hatch* apresenta 42cm. Já o *Ford Focus*, apresenta a distância de 55cm para ambos os tipos.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O Sistema de troca assistida, nomeado TEC-X, foi projetado com a finalidade de facilitar a retirada da roda reserva, minimizando os esforços físicos do usuário. Além disso, proporciona uma operação de retirada mais adequada do ponto de vista ergonômico. Desta forma, pessoas com limitações físicas ou que pretendam evitar estresse ou lesões, principalmente na região lombar, poderão realizar essa atividade de maneira segura.

Nos modelos comerciais de carros brasileiros, a retirada da roda reserva se dá exclusivamente pelo esforço físico do usuário, não existindo equipamento algum para auxiliar tal atividade. O TEC-X promove praticidade na execução desta atividade e permite que a mesma seja realizada com uma postura mais adequada do ponto de vista ergonômico.

O sistema proposto, conforme Fig. (02), construído em alumínio e com massa aproximada de 7kg., é dividido em três etapas. Antecedendo estas etapas, o equipamento fica recolhido e fechado, conforme Fig. (03.a.) Este posicionamento é adotado quando não há a necessidade de utilização do equipamento como, por exemplo, quando o veículo estiver em movimento. Durante todos os procedimentos, a roda reserva se mantém fixada em uma bandeja por meio de um parafuso.

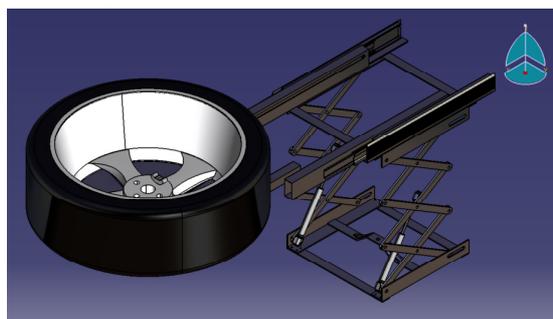


Figura 02 – Visualização 3D do TEC-X, em CATIA V5.

Para funcionamento da primeira etapa, foi desenvolvido um elevador pantográfico manual que faz com que o conjunto realize o movimento ascendente e descendente da bandeja, ver Fig. (03.b.). Porém, para que o elevador favoreça o usuário, diminuindo o esforço ao içar e manter a roda reserva na altura desejada, foram acoplados à estrutura deste, dois pistões à gás de 100N cada e quatro molas de constante elástica média 3564,3N/m. A segunda etapa, ver Fig. (03.c.), consiste na projeção da roda reserva em direção ao vão do porta-malas. Nesta etapa, foi instalado um sistema com corrediças telescópicas e hastes em alumínio, de forma que possibilite o usuário deslocar a bandeja. Uma terceira etapa, ver Fig. (03.d.), permite um giro de 90° para que a roda reserva atinja o solo. Após este contato, o usuário deve desprendê-la da bandeja, retirando manualmente uma porca tipo borboleta, para dar continuidade aos procedimentos de troca.

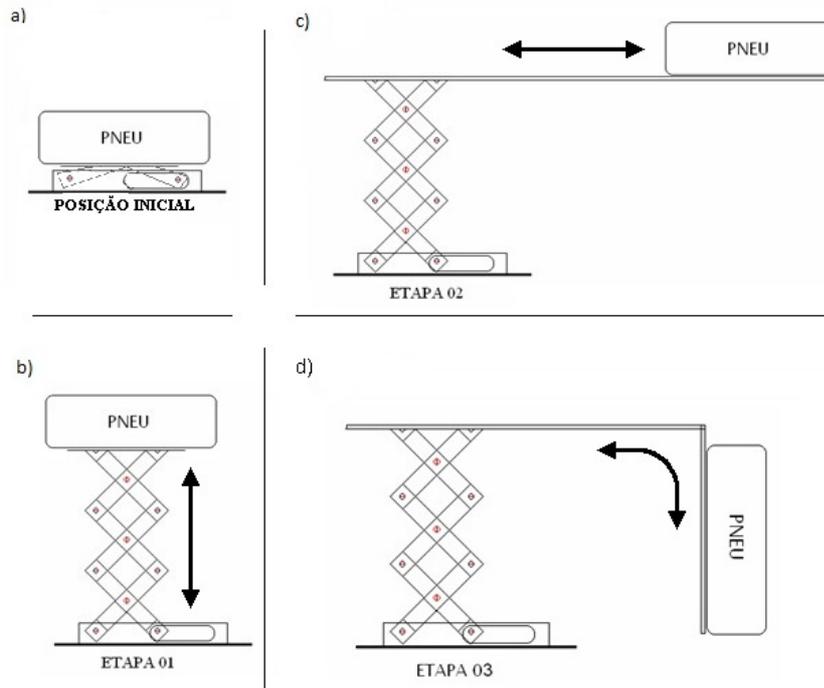


Figura 03 – Tipos de fixação. a) Posição inicial; b) Posição após primeira etapa; c) Posição após a conclusão da segunda etapa; d) Posicionamento final, após conclusão de todas as etapas.

2.1. Acoplamento no veículo

O produto é compacto e adaptável à maioria dos veículos de passeio sendo encaixado no compartimento da roda reserva sem necessitar nenhuma perfuração na chaparia para sua fixação, sendo esta através da peça de fixação do TEC-X, que une o equipamento ao veículo, utilizando um parafuso central e a furação existente no próprio veículo, originalmente utilizada para prender a roda reserva. Há veículos que não possuem o furo, e sim um parafuso fixo. Para estes modelos não se faz necessário nenhuma substituição, sendo possível utilizar o mesmo parafuso e a mesma porca.

Além dos dois tipos de fixação, citadas acima, cada montadora possui uma estrutura particular para a fixação da roda reserva no compartimento, portanto, é necessária a utilização de uma peça de fixação compatível com a montadora, que varia de dimensão e modelo. Como por exemplo, a Fig. (04.a.) que é a peça a ser utilizada em veículos da *General Motors*, *Renault* e *Ford*. Já a Fig. (04.b.) apresenta a peça compatível com veículos da *Volkswagen* e *Fiat*.

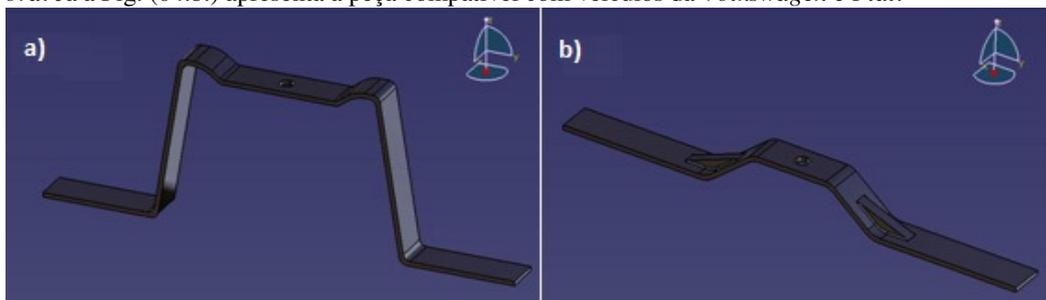


Figura 04 – Exemplos de peças de fixação, executadas em CATIA V5.

2.2. Modelagem Matemática

2.2.1. Eficiência

Devido ao auxílio fornecido pelo conjunto de molas e pistões, tem-se a sensação de se estar carregando uma roda mais leve, com massa menor, essa massa é denominada Massa Aparente, embora a massa real da roda seja a mesma em qualquer instante. Porém vale ressaltar, que esta massa aparente não é constante durante todo o percurso da roda reserva até atingir o solo.

Para a definição da massa aparente da roda reserva em posições diferentes durante o procedimento, foram realizados testes. Usando uma haste fixa com um dinamômetro de mola, este por sua vez foi fixado ao equipamento com a roda reserva (aro 14”), conforme Fig. (05). Esta fixação utilizou a região de manuseio do usuário, simulando assim a operação de retirada.

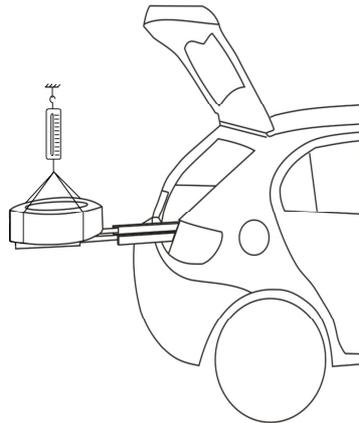


Figura 05 – Ilustração do teste.

Em seguida, tendo conhecimento da força peso exercida pela roda equipada com o TEC-X, encontra-se a massa aparente da carga, conforme a Segunda Lei de Newton, que afirma que: “A resultante das forças de ação num corpo é igual ao produto de sua massa pela aceleração adquirida.”, desta forma a massa será igual ao quociente da força pela aceleração da gravidade ($9,81\text{m/s}^2$).

E por fim, foi realizado o cálculo da eficiência mecânica em cada uma das três etapas, utilizando a equação (1).

$$Ef(\%) = \left(\left(\frac{\text{Força com TEC} - X}{\text{Força sem TEC} - X} \right) - 1 \right) \times 100\% \quad \text{Eq. (1)}$$

Observação: Levou-se em consideração a força sem o TEC-X sendo igual a 147,15N, que é a força peso exercida pela massa da roda reserva (15kg).

Destacam-se três situações com massas aparentes distintas:

- Situação 1 - Início:

Este é o momento em que o usuário inicia a retirada da roda com o auxílio do TEC-X. É o primeiro esforço realizado para que se dê início à elevação.

Para identificar esta força, a haste fixa foi elevada até o momento em que se deu o início do movimento ascendente. Neste momento o dinamômetro indicava uma força de 43,16N. Logo a massa aparente é aproximadamente 4,40kg. Tendo uma eficiência mecânica de aproximadamente 71%.

Nesta etapa, o usuário é capaz de transportar a carga sem exceder os limites recomendados. A principal vantagem da utilização do TEC-X é nesta etapa, que é a mais prejudicial devido à curvatura necessária para erguer a roda reserva.

- Situação 2 - Reinício:

Ainda analisando o processo de elevação da roda reserva, considera-se que o usuário por algum motivo pode interromper a elevação, soltando a roda, que ficará estável na altura em que foi solta. Porém no momento em que o usuário for retomar o processo de elevação, momento este denominado de reinício, a massa aparente já não será a mesma do início.

Neste momento o dinamômetro indicava uma força de 24,93N, o que corresponde a uma massa aparente aproximada de 2,54kg. Sendo assim, a eficiência mecânica é de aproximadamente 83%.

Esse é o momento de melhor eficiência mecânica do equipamento, porém, esta etapa não é comum durante o processo.

• Situação 3 - Roda Reserva totalmente fora do veículo:

Este é o momento de maior esforço. É nesta posição que a massa aparente é maior, mas ainda assim é uma carga menor do que a original. Vale ressaltar que, com a roda totalmente fora do carro, conforme Fig. (06), o TEC-X torna possível o correto alinhamento da coluna, assim como manter a distância máxima de 20cm da carga para o corpo.

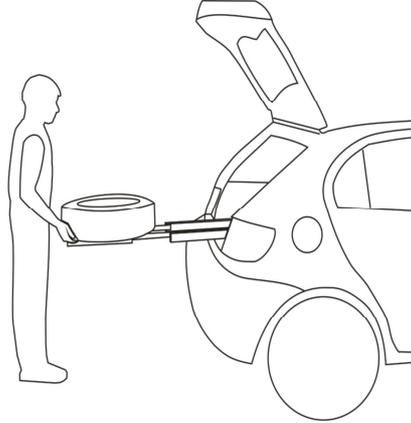


Figura 06 – Etapa com menor eficiência mecânica na utilização do TEC-X, porém com possibilidade de alinhamento correto da coluna.

Neste momento o dinamômetro indicava uma força de 78,94N, o que corresponde a uma massa aparente aproximada de 8,05kg. Logo, a eficiência mecânica nesta etapa é de aproximadamente 46%. Mesmo não apresentando uma alta eficiência mecânica nesta situação, o equipamento permite ao usuário atender aos padrões recomendados, como nível de carga e ergonomia.

2.2.2. Análise Estrutural

Utilizando o software SAP 2000, foi possível analisar estaticamente as forças, tensões, momentos e deformação do material com o equipamento na posição da Fig. (03.b.), carregado com uma massa igual a 15kg, equivalente à massa da roda reserva.

Com os resultados, podemos afirmar que os elementos que sofrem maiores deformações são as hastes do elevador pantográfico. Estas ficam responsáveis por sustentar e transmitir todo esforço para os pontos de contato com o solo.

Na posição da Fig. (03.b.), o momento fletor gerado pela massa da roda, numa distância de 1,02m (distância entre o centro da roda e o centro do elevador), é aproximadamente igual a 150N.m.

2.2.3. Tempo da retirada

Foram realizados testes de tomada de tempo em que um usuário retira a roda reserva do porta-malas sem o TEC-X, e com o TEC-X. Após cinco marcações de tempo, fez-se a média para comparar os valores. Na Tabela 01 são apresentadas estas tomadas de tempo.

Tabela 01 – Comparação de tempos com e sem a utilização do TEC-X.

Com o TEC-X	Sem o TEC-X
1) 4,89 s	1) 2,85 s
2) 4,22 s	2) 2,93 s
3) 4,25 s	3) 2,29 s
4) 4,29 s	4) 2,30 s
5) 4,59 s	5) 2,33 s
Média: 4,45 s	Média: 2,54 s

Comparando-se os tempos médios para se retirar a roda reserva do porta-malas, com e sem o TEC-X, a diferença é menor que 2 (dois) segundos, porém preserva a saúde.

2.2.4. Volume ocupado

Enquanto o equipamento se encontra recolhido, ver Fig. (3.a.), há perda de 18 litros do volume do porta-malas, pois o sistema de guias lineares e o elevador pantográfico impedem que o TEC-X não ocupe volume.

Considerando o *Chevrolet Corsa*, que possui 260 litros, esta perda é de aproximadamente 7%.

2.3. Componentes

2.3.1. Guia Linear

Para a projeção da roda reserva em direção ao vão do porta-malas, foi instalado um sistema com corredeiras telescópicas (com avanço de 1,08m), e hastes em alumínio, de forma que possibilite o usuário deslocar a bandeja para fora do veículo.

2.3.2. Pistões

São utilizados dois pistões à gás, que exercem uma força de 100N cada e estão dispostos a 63° da base do equipamento, com o intuito de auxiliar a ascensão do elevador, além de possibilitar que o usuário mantenha o elevador na altura que desejar. Posicionado na angulação citada, a força vertical é de aproximadamente 90N.

2.3.3. Molas

O material da mola é o aço-carbono da classe C com 0,8% de carbono, com fio de três milímetros de espessura e constante elástica média igual à 3564,3N/m.

As quatro molas de compressão que compõem o TEC-X, estão associadas aos pares em paralelo para que se obtenha uma constante elástica equivalente maior, uma vez que esse tipo de associação soma essas constantes. Assim, foi possível utilizar molas pequenas e obter os efeitos adequados.

3. APLICAÇÕES E TESTES

3.1. Veículos Compatíveis

No mercado automobilístico, as localizações mais comuns da roda reserva são de dois tipos: a primeira, no assoalho do porta-malas, dentro do veículo, e a segunda na parte externa e inferior do veículo, abaixo do porta-malas. O sistema do TEC-X, atende aos dois modelos, sendo necessário apenas modificar a localização das molas e alterar os pistões.

Analisando os números do mercado de venda de veículos novos, somente no ano de 2009 e 2010 até o mês de fevereiro, foram vendidas 2.063.414 unidades, sendo 1.823.722 em 2009 e 239.692 em 2010, compatíveis com o TEC-X, considerando apenas os 20 mais vendidos. Esses números mostram como é vasto o mercado do sistema apresentado. (Fenabreve, 2010).

Dentre os veículos de passeio, considerando os vinte mais vendidos, o Fiat Uno é o único veículo no qual não é possível a instalação do TEC-X por conter a roda reserva junto ao motor.

3.2. Testes

Foram realizados testes para analisar o comportamento do TEC-X em veículos de diferentes montadoras, que estão entre os 20 mais vendidos, comprovando sua funcionalidade e abrangência mercadológica, conforme as figuras a seguir.



Figura 07 - Teste em veículo – Chevrolet Celta. Modelo 2005 (Tipo: HATCH)



Figura 08 - Teste em veículo – Chevrolet Prisma. Modelo 2009 (Tipo: SEDAN)



Figura 09 - Teste em veículo – Volkswagen Gol. Modelo 2010 (Tipo: HATCH)



Figura 10 - Teste em veículo – Fiat Stilo. Modelo 2009 (Tipo: HATCH)



Figura 11 - Teste em veículo – Ford Focus. Modelo 2007 (Tipo: HATCH)

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram apresentados os resultados do desenvolvimento de um suporte para estepe automotivo. Este primeiro protótipo, apesar de corresponder as expectativas do projeto, ainda necessita passar por uma série de ajustes para que haja melhorias nas próximas edições, como diminuição do número de peças, ou peças constituídas de outros materiais.

Por se tratar de um equipamento de fácil instalação e que atende a maioria dos veículos comercializados no Brasil, é notória sua abrangência mercadológica. Além disso, o principal ganho a partir da utilização deste equipamento se dá pelo fato de promover um benefício à saúde física, possibilitando que as pessoas se movimentem e realizem atividades da maneira mais eficiente e correta, prevenindo lesões.

Aperfeiçoamentos estão em andamento com intuito de anular o volume “perdido” pelo equipamento. Além disso, o novo modelo será simulado em CATIA V5 no qual será submetido à *crashes tests*, a fim de se verificar o comportamento do TEC-X mediante situações de colisões.

5. AGRADECIMENTOS

Fica o agradecimento a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, em especial a: Paulo Victor Fleming (Coordenador de Eng. Mecânica – UNIFACS), Rafael Gonçalves Bezerra de Araújo (Coordenador de Eng. Mecatrônica – UNIFACS), Francisco Henriques Lemos (Vice-Coodenador Eng. Mecânica e docente UNIFACS), Sérgio Ricardo Xavier (docente UNIFACS), e aos professores orientadores Victory Santos Fernandes, Murilo Plínio Ribeiro, Targino Amorim e Adriana Urpia.

6. REFERÊNCIAS

- CADEMARTORI, Pedro. “Fisioterapia & Saúde”. MacLam Consultoria da Saúde & Bem Estar, Fev. 2009.
- VIEIRA, Pedro; Soinegg, Andreza. “Coluna em ordem – Para deixar a postura correta é necessário alguns cuidados constantes | Instituto de Tratamento da Coluna Vertebral”, Expressa Comunicação. Disponível em: <www.expressacom.com.br> Acessado em: Out 2009.
- ZARDO, Erasmo de Abreu. “Instituto Gaúcho de Cirurgia da Coluna Vertebral | Conhecendo a Coluna Vertebral”. Disponível em: <<http://www.institutocoluna.com.br>> Acessado em: Out 2009.
- SGUISSARDI, Fábio, “A forma correta de se erguer peso” Instituto Brasileiro de Coluna – Guarapuava – PR, Disponível em: <www.institutocolunaguapuava.com.br> Acessado em: Out.2009.
- HIBBELER, R. C., Estática: Mecânica para Engenharia, Edição: 10, Vol. 1/R . C. Hibbeler; São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. ISBN: 8587918974.
- JOSEPH E. Shigley & Charles R. Mischke & Richard G. Budynas, Projeto de Engenharia Mecânica, Edição: 7. Porto Alegre: Bookman, 2005. ISBN: 8536305622.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os direitos autorais estão reservados a Danilo Pinto de Oliveira, Felipe Correia Gonçalves, Geórgia Maria Rocha de Oliveira e Lucas Pedreira de Jesus, sob o Protocolo Provisório de Pedido de Patente, de número 0000921001185837, mediante o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), datado de 05/03/2010 às 12:08.



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

ASSISTED TIRES EXCHANGE OF AUTOMOTIVE VEHICLES (TEC-X)

Danilo Pinto de Oliveira, dpopinto@hotmail.com¹
Felipe Correia Gonçalves, fc_goncalves@hotmail.com¹
Lucas Pedreira de Jesus, lpedreira1212@hotmail.com¹
Geórgia Maria Rocha de Oliveira, georgia.oliveira@hotmail.com¹
Murilo Plínio Nogueira Ribeiro, muriloplinio@gmail.com¹
Victory Santos Fernandes, victory@igara.com.br¹
Targino Amorim Neto, targino.amorim@pro.unifacs.br¹

¹Universidade Salvador (UNIFACS), Rua Vieira Lopes, nº. 2 - Rio Vermelho - Salvador - Bahia - Brasil - CEP: 41.940-560.

Abstract: *Most of lumbar spine problems, which affect between 15 and 42% of the population, is due to bad alignment of the spine on the lifting and carrying of loads. According to medical recommendations, the lifting of loads should not be bigger than 15% of the body mass. In the case of the spare tire in the trunk, the situation is aggravated by the fact that there are no safe positions for the lumbar spine in the removal of the spare tire due to its bad location in most vehicles which are in the market. In addition, the 14" rim spare tire, used in most cars, has a mass (14.8kg) that only people with 100kg should carry. A better location of the spare tire is not practiced by the automakers in order not to interfere in the engineering and design of the cars. Given the necessity of transporting the spare tire in a more ergonomic way, a solution to this problem is to create a manual mechanical system, divided into three stages, which provides the user more comfort and ergonomics when removing the spare tire from the trunk. First, the elevation of the tire happens with the help of springs and gas pistons. Then, the removal of the spare tire from the trunk has the help of systems of linear guides attached to the equipment. Finally, a turn of 90° allows the tire to reach the ground. It is the object of this project: a system that allows people to remove the spare tire from the trunk of a vehicle in less than 10 seconds using up to 66,66% less power, which means, a reduction of the apparent mass from 15kg to 5kg; also, the releasing in the market of an automotive vehicle accessory that enables most of the population to do this activity by using less physical strength without putting their physical health at risk.*

Keywords: *Vehicles, Tires, Ergonomics, Spare Tire.*