

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

DESENVOLVIMENTO DOS SISTEMAS DE DINÂMICA VEICULAR E ELETROELETRÔNICO DE UM PROTÓTIPO TRICICLO ELÉTRICO PARA LOCOMOÇÃO DE CADEIRANTES EM VIAS PÚBLICAS.

Anthony Soares de Alencar; E-mail: thony_ma@hotmail.com¹

Keyll Carlos Ribeiro Martins; E-mail: kmartins@ifma.edu.br.¹

Evandro Martins Araujo Filho; E-mail: evandro2.0@hotmail.com.²

Gleydson Hiago Sousa Oliveira; E-mail gleydson.sousa3@gmail.com.¹

Kaio Lourenço Teixeira Barbosa; E-mail kaiobrbs@gmail.com.¹

Samuel Franco Nascimento; E-mail samuelfnasc@gmail.com.¹

Manuelle da Silva Serêjo; E-mail manuelle_serejo@hotmail.com.¹

¹Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão, Av. Getúlio Vargas, nº 04,

²Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966 – Bacanga,

Resumo: Superar-se é uma tarefa diária do deficiente físico, apenas uma cadeira de rodas comum ou ainda motorizada não satisfaz todas as necessidades de mobilidade e locomoção para seu trajeto diário, o qual carece de maior rapidez e principalmente de maior segurança e proteção ao utilizar vias públicas, como calçadas, parques, ciclovias, ruas e avenidas. O presente artigo propõe-se a atender a esta necessidade projetando e desenvolvendo um veículo elétrico do tipo triciclo de baixo custo, o qual permitirá transportar com segurança pessoas que utilizam de cadeiras de rodas para se locomover. No desenvolvimento do veículo, deu-se prioridade a obter baixo peso, boa resistência mecânica e ergonomia com a finalidade do usuário de cadeiras de rodas obter autonomia no acesso e utilização do veículo, o que evita o desconforto e o tempo perdido durante os procedimentos. A modelagem estrutural teve por objetivo integrar o uso de software de simulação 3D com os dados experimentais obtidos de sistemas mecânicos existentes, como suspensão e freio. O software SolidWorks foi utilizado como uma ferramenta de modelagem e análise em um modelo em tubos de aço de diâmetro interno de 20mm e externo de 22mm. O acionamento dos sistemas veiculares como acelerador, freio e direção, são realizados por componentes de simples manuseio, onde utiliza-se apenas o movimento das mãos do usuário. A suspensão do veículo esta localizada na dianteira e traseira, sendo o sistema de garfo telescópico o escolhido devido a seu desenho simples, peso reduzido e facilidade em montagem no protótipo. O protótipo veicular do tipo triciclo é constituído de um sistema propulsor por meio de um motor elétrico sem escovas com 36 V e 600 W de potência, chassi tubular em aço carbono, compartimento com rampa para a cadeira de rodas, transmissão por engrenagens planetárias acopladas, todos os sistemas objetivando o conforto e a segurança do usuário.

Palavras-chave: Veículo Elétrico, Ergonomia, Mobilidade Urbana, Protótipo.

1. INTRODUÇÃO

O ato de ir e vir é um dos direitos básicos de todo cidadão. Mas, no caso dos cerca de 13 milhões de Brasileiros que apresentam pelo menos alguma dificuldade motora (IBGE, 2010), exercê-lo não é uma tarefa fácil. Além das dificuldades de se locomover usando o transporte público, são poucas as opções na hora de comprar um carro adaptado com garantia de fábrica. Conseguir as isenções de impostos envolve muita burocracia, e também há dificuldade em tirar a carteira de motorista. Par atender a demanda de transporte dos deficientes físicos, há empresas especializadas na adaptação de veículos e atualmente algumas montadoras já têm modelos com itens de série para pessoas com deficiência, conforme mostra a fig.(1):



Figura 1. Exemplos de carros adaptados para deficientes físicos.

Por meio da isenção de impostos, os portadores de deficiência podem obter descontos de até 30% na compra de um veículo. Mas até efetivar a compra, enfrentam dificuldades para conseguir os documentos exigidos pela lei: para realizar a compra do carro, é preciso ter em mãos a carteira de motorista, laudos médicos e guias de solicitação de isenção, para depois começar a maratona para conseguir a isenção de impostos para a compra do veículo e depois vem a adaptação, que geralmente requer um custo alto, variando de R\$ 300,00 a R\$ 40.000,00. As adaptações mais simples podem ser feitas em até dois dias e, as complexas, pode levar até meses.

A presente pesquisa pretende dar continuidade a proposta de um desenvolvimento de um veículo elétrico do tipo triciclo de baixo custo adaptado para cadeirantes, uma vez que há uma enorme economia já que não seria necessária a compra de equipamentos auxiliares, mantendo a independência do deficiente físico uma vez que o cadeirante não necessitaria de auxílio de terceiros para usar o triciclo especial. Uma alavanca faz com que a plataforma seja rebaixada ao nível do chão, e corrimãos servem de apoio para subir ou descer do veículo. Com este veículo cadeirantes podem ter maior liberdade de locomoção do que em um veículo adaptado, pois tem as vantagens de não apresentar as dificuldades na entrada e saída do triciclo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi elaborado no Laboratório de Mecânica Automotiva pertencente ao Departamento de Mecânica e Materiais – DMM do IFMA. Com base no estudo de um protótipo de triciclo elétrico para cadeirante (SANTOS, P. H. S., 2013) localizado neste mesmo laboratório. O projeto teve início partindo da etapa de levantamento bibliográfico, a fim de se obter um conhecimento mais específico, utilizando-se da rede mundial de computadores -internet- e em bibliotecas, revistas e artigos científicos relacionados ao tema, aprofundando o conhecimento teórico do bolsista acerca de assuntos relacionados à dinâmica veicular, eletroeletrônica automotiva, propriedades de controle de motores DC, acionamentos elétricos, gerenciamento de energia em veículos elétricos e também a pesquisa dos componentes básicos deste tipo de veículo, sendo estes: Sensores, conversores, inversores, baterias de baixa e alta tensão, entre outros. Também foi realizado estudo na área da legislação brasileira de trânsito.

Após o levantamento bibliográfico, foram iniciados os testes com componentes candidatos a fazerem parte dos sistemas do veículo, dividindo-se a dinâmica veicular nos seguintes sistemas: estrutura, motor elétrico, transmissão, direção, suspensão, freio e eletroeletrônica.

2.2. Estrutura

Analisando o protótipo de (SANTOS, P. H. S., 2013), fez-se necessário adotar certas medidas para diminuição de peso e dimensões. O chassi do triciclo tem como objetivo proteger o ocupante de possíveis impactos e abrigar componentes para o funcionamento do veículo.

No projeto foi estabelecido que o material a ser utilizado na construção do chassi será tubos de aço do tipo AISI/SAE 1010, encontrados no mercado local.

2.3. Motor elétrico

O motor usado na propulsão será elétrico do tipo corrente contínua. Inicialmente estava sendo utilizado motores de corrente contínua (C.C) em sua forma tradicional, porém, nesta forma, os motores C.C possuem um maior peso e maior fragilidade, pois além dos componentes tradicionais de um motor elétrico, como estator e rotor, necessita-se de componentes mecânicos, como as escovas, para possibilitar a comutação de suas bobinas, sendo assim chamado de comutação mecânica Fig. (2), para resolver esta desvantagem do motor escovado, foi proposto a utilização dos motores de corrente contínua sem escovas, ou BLDC (Brushless DC) como visto na Fig. (3). A comutação das bobinas deste tipo de motor é realizada utilizando-se de acionamento eletrônico, a chamada comutação eletrônica, proporcionando um maior controle do motor, assim como maior eficiência, o peso deste motor também é reduzido já que elimina-se os componentes mecânicos como as escovas.

MOTOR CC ESCOVADO

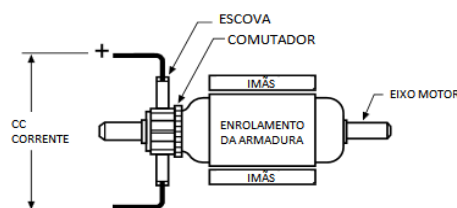


Figura 2. Motor corrente contínua escovado.

MOTOR CC SEM ESCOVAS

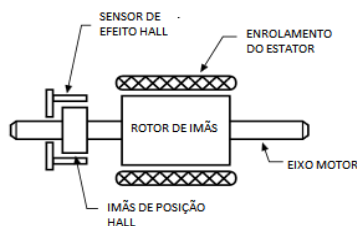


Figura 3. Motor corrente contínua sem escovas.

2.4. Transmissão

O sistema de transmissão utilizado é do tipo direto, com apenas uma relação de transmissão final, sendo acoplada no próprio motor, que, por sua vez, é acoplado no aro da roda do triciclo, economizando espaço e peso. A Fig. (4) ilustra a nova configuração da transmissão proposta.



Figura 4. Exemplo da transmissão proposta.

Fonte. <https://www.electricbike.com/250-watt-hub-motor/>

2.5. Direção e Suspensão

A direção do veículo permanece como a proposta por (SANTOS, P. H. S., 2013), utilizando-se de garfo e caixa de direção, com apenas modificações com relação a dimensões, diminuindo-se o comprimento do garfo e modificando o

guidão curvando-o para trás para o devido controle da direção com conforto para o cadeirante, como projetado na Fig. (5). O sistema de suspensão escolhido é similar aos utilizados por bicicletas, localizando-se na parte frontal do triciclo, no garfo de direção. A suspensão traseira inexistia no protótipo de (SANTOS, P. H. S., 2013), por tanto, para dar mais estabilidade ao veículo e evitar danos ao chassi do veículo, foi proposto uma suspensão traseira. O conjunto de suspensão consiste em duas partes, uma mola e um amortecedor, a mola é constituída de aço em forma de espiral, o aço foi escolhido devido a exibir uma ação mais linear do que outros arranjos de forças molares, como as pneumáticas. O amortecedor faz a função de direcionar óleo entre as câmaras. Em alguns modelos, a mola, o amortecedor, ou ambos, podem ser ajustados para peso do motorista, estilo de pilotagem, terreno, ou qualquer combinação destes ou de outros fatores. Para evitar que a água ou sujeira danifique o conjunto de suspensão, foles foram utilizados para cobrir o sistema. Fig. (6).



Figura 4. Projeto da nova direção proposta.



Figura 5. Suspensão utilizada no protótipo

2.6. Freio

O sistema de freio do veículo localiza-se em todas as rodas do triciclo, e seu funcionamento baseia-se em aplicação de força mecânica por meio de patins de freios, que realizam atrito sobre o aro da roda, diminuindo assim a rotação do veículo. Patins de freio do veículo são confeccionados com borracha, montados sobre “sapatas” de metal Fig. (7). O acionamento do mecanismo é feito mecanicamente pelo motorista, ao acionar um manete, que transmite a força mecânica para as sapatas por meio de um cabo metálico Fig. (8).



Figura 7. Mecanismo de Frenagem**Figura 8. Manete de freio**

2.7. Eletroeletrônica

No estudo do sistema eletroeletrônico do veículo, foi feito um levantamento de sistemas elétricos automotivos e identificando-os em bancada de simulação, afim de obter informações complementares num curto período de tempo, associando teoria e prática de forma eficiente. .

O sistema de fornecimento de potência para o veículo consiste em um banco de baterias em série composto por baterias chumbo-ácido. Fornecendo 36v contínuos para todos os sistemas do veículo. Fig (9).

**Figura 9. Banco de bateria de chumbo-ácido.**

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para obter os resultados, foram feitas pesquisas relacionadas à tração do veículo e dinâmica veicular, completando com sucesso os dois itens, foi desenvolvido um chassi virtual, utilizando-se de ferramentas de simulação e modelagem 3d, para posteriormente nas próximas etapas, receber todos os componentes principais mapeados para as experiências práticas.

Na Tab. (1) e Tab. (2) verificam-se os dados do projeto da transmissão, diâmetro da roda, peso e sistema de transmissão completo.

Tabela 1. Roda/Peso.

Dados do Triciclo	
Diamentro (pol) :	20
Peso do sistema (Kg):	130
Gravidade (m/s²):	9,800
Diamentro (m) :	0,504
Comprimento (m):	1,583

Tabela 2. Relação de Transmissão.

Motor e Transmissão	
Rotação Motor (RPM):	3300
Relação de Transmissão:	7,58
Rotação de saída (RPM):	435,356
Velocidade sem esforços (Km/h):	41,326

Analizando os dados, podemos ver que o eixo motor com rodas de 20 polegadas de diâmetro e com o motor em rotação nominal, podemos conseguir uma velocidade máxima de até 41,326 KM/h sem esforços com uma redução de 7,58:1, ou seja, a cada uma rotação do motor elétrico, tem-se uma rotação completa no eixo motor.

Na tabela 3 podemos verificar a relação de força e tração do veículo com o sistema já experimental.

Tabela 3. Relação de força e tração do veículo elétrico.

Força e Tração	
Torque motor (Nm):	2,2
Eficiência do sistema de transmissão:	0,7
Coeficiente de atrito:	0,015
Resistência ao rolamento (N):	19,110
Força de tração máxima (N):	23,161
Torque de saída do motor (Nm):	16,676

Ao analisar os dados acima, tem-se o torque nominal do motor em 2,2 Nm, com coeficiente de atrito em 0,015, com base no peso do motor e no diâmetro da roda, podemos ter a resistência ao rolamento do veículo em torno de 19,110 N, com força de tração máxima do conjunto motor transmissão de 23,161 N, sendo possível mover o veículo.

3.1 Análise Estrutural

Para obter os resultados estruturais do projeto foi necessário a criação de um protótipo via simulação utilizando-se do software Autodesk Inventor, a simulação foi realizada utilizando tubos de aço 1010 de bitola de $\frac{3}{4}$ de polegada, para confirmar a segurança da estrutura e proceder com o projeto da estrutura.

No projeto descrito foi estabelecido o carregamento com distribuição de 1500N, distribuídos na parte inferior do carro e posteriormente foi analisado a deformação do chassi do veículo Fig. (10). Na Fig.(10) apresenta-se o protótipo real, já construído com todos os componentes, assim como na Tab (5). a ficha técnica do protótipo.

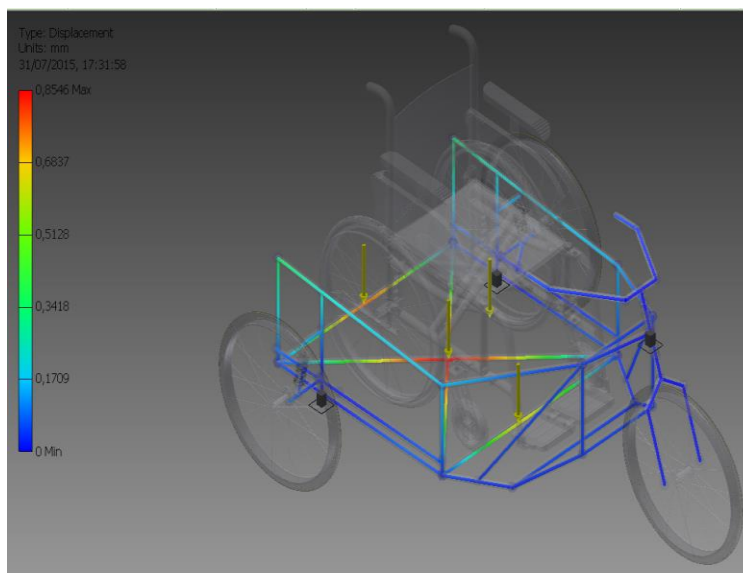


Figura 11. Simulação computacional do protótipo.**Figura 12. Protótipo final construído****Tabela 5. Ficha técnica do triciclo elétrico proposto**

N	ITENS	ESPECIFICAÇÕES
1	Largura do Triciclo	800 mm *Estrutura 1160 mm *Bitola
2	Comprimento do Triciclo	1300 mm
3	Altura do Triciclo	550 mm
4	Peso do triciclo sem carga	40 Kg
5	Propulsão	Motor elétrico corrente contínua sem escovas, 36v
6	Potência máxima	600 Watts (0.8 hp)
7	Torque máximo	23,161 N/m
8	Velocidade máxima	30 km/h *limitado eletronicamente
9	Bateria	Banco de baterias de chumbo-ácido 36v 10 ah

4. CONCLUSÃO

O presente projeto encontra-se finalizado no que tange as simulações e cálculos de dinâmica veicular, atingindo bons resultados principalmente nos sistemas estruturais e de dinâmica veicular em relação ao do protótipo base de (SANTOS, P. H. S., 2013), onde foi reduzido peso e dimensões, afim de haver uma maior facilidade na dirigibilidade por parte do cadeirante, além de reduzir o consumo de energia elétrica por parte do veículo.

Como sugestão para novas modificações, salienta-se o refinamento dos algoritmos de controle do motor elétrico e o aumento da eficiência energética, como a utilização de placas solares para recarga das baterias e aproveitamento da frenagem como forma de obter energia para recarga.

5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. T. L. Apostila de Geradores e Motores para Aplicações Indústrias. 3a Ed. UNIFEI, 1994.
- D. Hermance, S. Sasaki. Hybrid Electric Vehicles take to the Streets. IEEE Spectrum. 1998, PP.48-52.
- D. Maksimovic, Y. Jang and R. W. Ericson. Nonlinear-Carrier Control for High- Power-Factor Boost Rectifiers. IEEE on Power Electronics, VOL 11 N° 4, PP. 579- 584, July 1996
- GRANDINETTI, F. J.; CARUSO, J. M.; MARCELINO, M. A. Especificação de baterias para Veículos Elétricos. Saber Eletrônica, Tatuapé - SP, n. 440, p. 64, Setembro 2009.
- KOSOW, I. L. Máquinas Elétricas e Transformadores. 15. Ed. ed. São Paulo: Globo, 2005.
- LARICA, N. J. Design de Transportes: Arte Em Função da Mobilidade. Rio de Janeiro: 2AB editora, 2003. 216 p.
- NASH, W. A. Resistência dos materiais, McGraw-Hill, 1990;
- CHIAVERINI, V. Tecnologia Mecânica Vol I,II,III, Makron Books, 2ª ed., 1986;
- SANTOS, P. H. S. Desenvolvimento de um protótipo veicular elétrico do tipo triciclo para cadeirantes, São Luís, 2013;
- NASAR, S.A. Máquinas Elétricas, McGraw-Hill, 1984;
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>;
- ABRIDEF – Associação Brasileira das Indústrias e Revendedores de Produtos e Serviços para Pessoas com Deficiência. Disponível em: <<http://www.abridef.org.br>>;
- Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>.

6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

DEVELOPMENT OF A AUTOMOTIVE SYSTEMS AND ELECTRONIC TO AN ELECTRIC TRICYCLE PROTOTYPE FOR WHEELCHAIR USER LOCOMOTION IN PUBLIC ROADS.

Anthony Soares de Alencar; E-mail: thony_ma@hotmail.com¹
Keyll Carlos Ribeiro Martins; E-mail: Keyll Carlos Ribeiro Martins.¹
Evandro Martins Araujo Filho; E-mail: evandro2.0@hotmail.com.²
Gleydson Hiago Sousa Oliveira; E-mail gleydson.sousa3@gmail.com.¹
Kaio Lourenço Teixeira Barbosa; E-mail kaiobrbs@gmail.com.¹
Samuel Franco Nascimento; E-mail samuelfnasc@gmail.com.¹
Manuelle da Silva Serêjo; E-mail manuelle_serejo@hotmail.com.¹

¹Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão, Av. Getúlio Vargas, nº 04,

²Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966 – Bacanga,

Abstract. Overcoming yourself is a daily task of the handicapped, just a common wheelchair does not satisfy all the mobility and transportation needs for your daily commute, which needs faster and especially more security and protection when using roads public, such as sidewalks, parks, bike paths, streets and avenues. This paper seeks to address this need by designing and developing a low cost electric tricycle, which will safely transport people using wheelchairs to locomotion. In developing the vehicle, it gave priority to obtain low weight, good mechanical strength and ergonomics with the user's purpose of wheelchairs get autonomy in access to and use of the vehicle, which avoids the discomfort and time lost during the procedures. The structural modeling aimed to integrate the 3D simulation software use with experimental data obtained from existing mechanical systems, as suspension and brake. SolidWorks software was used as a modeling and analysis tool for hum model in internal diameter steel pipes of 20 mm and external 22mm. The drive of the vehicle systems as accelerator, brake and steering, are performed by simple handling components, where you use only the Movement of the user hands. The vehicle suspension is located on the front and rear, being the telescopic fork system chosen due to its simple design , weight and ease Reduced mounting in Prototype .The car prototype tricycle consists of a propulsion system by means of an electric brushless motor with 36 V and 600 W of power, tubular chassis in carbon steel, compartment with ramp for wheelchair, transmission planetary gear coupled to hub of the front wheel and front and rear suspension, all systems aiming comfort and user safety.

Keywords: Electric Vehicle; Ergonomics; Urban mobility; Prototype.