

ELETRO-MOBILIDADE ASSISTIDA COM CÂMBIO CONTINUAMENTE VARIÁVEL

Matheus Hengles Garcia (IC) e Fabio Raia (Orientador)

Apoio: PIBIC CNPq

RESUMO

Atualmente uma das maiores preocupações da sociedade se baseia na igualdade social, em que além da dificuldade de inclusão, as cidades em geral apresentam restrições de locomoção para deficientes físicos. Este grupo de pessoas necessita do auxílio de dispositivos, em geral mecânicos, para sua locomoção como, por exemplo, a cadeira de rodas. A cadeira de rodas convencional é basicamente composta por um par de rodas com maior diâmetro localizado na parte traseira e outro par de diâmetro menor é disposto na parte frontal. O objetivo do trabalho é apresentar uma forma eficaz de motorização que tem como principal função auxiliar o portador na locomoção em trajetos que necessitam de um maior esforço para deslocamento além de problemas enfrentados com a acessibilidade e que seja economicamente viável. Por meio da fabricação e montagem de um sistema utilizando redutor com engrenagens de dentes retos e um câmbio continuamente variável (CVT), foi possível obter parâmetros para verificação do desempenho do protótipo. Foram aplicados estudos construtivos no redutor, para análise de esforços aplicados no sistema, determinação do módulo para o par engrenado, estudo de flexo-torção para dimensionamento do eixo e demais componentes obedecendo as restrições construtivas do espaço. Em seguida foi realizada a montagem do redutor, construção do modelo e a verificação do funcionamento do protótipo. Por fim, o protótipo foi submetido a testes para estudo de caso e análise do desempenho construtivo do conjunto.

Palavras-chave: CVT; Motorização; Cadeira de Rodas;

ABSTRACT

Nowadays a major concern of society is based on social equality, and the difficulty of inclusion, in general cities have mobility restrictions for wheelchair users. This group of people need equipments generally mechanical for locomotion, for example, the wheelchair. The conventional wheelchair is basically composed of a pair of wheels with larger diameter located on the back and another pair of smaller diameter on the front. The objective of this report is to present an effective form of motorization whose main function is to assist the wheelchair users walking on paths that require a greater effort to shift beyond faced problems with accessibility and economically feasible. Through the manufacture and assembly of a system using gears and a continuously variable transmission (CVT), it was possible to obtain parameters to verify the prototype's performance. Constructive studies

were applied to the gear unit for analysis efforts applied in the system, determination module for gears, study flexo-twist to axis and other components analyze the constructive restrictions of space. Next, construction the prototype and verify your operation. Finally, the prototype has been tested and analysis of the constructive assembly performance.

Keywords: CVT; Motorization; Wheelchair;

INTRODUÇÃO

O tema deste trabalho foi motivado com a intenção de facilitar a locomoção de pessoas portadoras de deficiências físicas de membros inferiores, que apesar de toda tecnologia, continuam enfrentando problemas de deslocamento dificultando, com isso, a integração social. Esta necessidade fica evidente ao se assumir que o fato de uma pessoa portadora de uma deficiência é um cidadão comum com todos os seus direitos e deveres garantidos.

Historicamente o conceito da utilização de uma cadeira de rodas vem mudando conforme a evolução da sociedade, este equipamento e a ideia de facilitar o deslocamento de deficientes físicos existe há muitos séculos, o que está em constante transformação é a importância do tratamento e desenvolvimento deste equipamento perante a sociedade e pela indústria.

Ainda hoje este tipo de recurso requer um investimento muito alto e por esta razão a maioria dos usuários utilizam a cadeira de rodas convencional.

No desenvolvimento deste trabalho foi realizada a fabricação do sistema de transmissão, a utilização do câmbio continuamente variável (CVT) e realizada a montagem do modelo assim como a verificação de seu desempenho, possibilitando a análise de todos os parâmetros para futuras melhorias e adequações necessárias para atender os requisitos segundo a norma ABNT NBR 9050:2004 assim suportando os argumentos conclusivos.

Tendo como objetivo gerar esse sistema mecânico-elétrico capaz de minimizar o esforço físico praticado pelo cadeirante, visando a aplicação prática do mesmo. Reestruturando uma cadeira de rodas comum, agregando tecnologia dos Câmbios Continuamente Variáveis (CVT) no sentido de torna-la mais uma opção na demanda por esse tipo de equipamento.

REVISÃO DA LITERATURA

Na sociedade atual é muito comum se ver a exclusão de diversos indivíduos da população pelas mais diversas causas que vão desde diferenças de etnias até diferenças em aspectos sócio econômicos. A deficiência física é definida como uma desvantagem, resultante de um comprometimento ou de uma incapacidade, que limita ou impede o desempenho motor de determinada pessoa. A Declaração dos Direitos das Pessoas Deficientes, elaborada pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 1975, definiu o deficiente físico como uma pessoa incapaz de assegurar, por si mesma, total ou parcialmente, as necessidades de uma vida individual ou social normal, em decorrência de uma deficiência, congênita ou não, em suas capacidades físicas. (IBGE, 2002)

Segundo consta no artigo 5º da Constituição da República Federativa do Brasil, datado em 5 de outubro de 1988, que afirma a igualdade de todas as pessoas perante lei sem distinção de qualquer natureza e ainda garante a inviolabilidade do direito à vida, liberdade, igualdade para todos os brasileiros e estrangeiros (VADE MECUM, 2010).

No entanto, para os portadores de necessidades especiais, presenciamos muitas vezes a inexistência desta igualdade, uma vez que o próprio ambiente que está a sua volta não dispõe de meios que permitam a estes indivíduos desenvolverem suas atividades da mesma forma que as demais pessoas. Entre vários equipamentos de ajuda a essas pessoas, existe um bem comum e conhecido, a cadeira de rodas. Ela é utilizada em várias situações onde existe o impedimento casual ou permanente da locomoção normal de pessoas. Com mais frequência ela é utilizada por indivíduos com alguma deficiência nos membros inferiores que as impede de se locomover de forma eficaz. Esse público é conhecido como cadeirante. A sua condução pode ser manual ou assistida com algum dispositivo. Devido ao fato de ser amplamente utilizada ela também aparece no símbolo universal que indica acesso para as pessoas com necessidades especiais. Existem vários modelos, desde os mais simples até os sofisticados, elétricos com controle inteligente. Em geral, todas seguem um padrão construtivo, que é formado por um quadro estruturado em aço ou alumínio na forma de uma cadeira, apoiado em duas rodas traseiras de diâmetro elevado, para a sua movimentação e duas rodas dianteiras de diâmetro menor e livres. Aparentemente, o primeiro transporte de assentos com rodas veio da China, eles utilizavam essa invenção para mover pessoas e objetos. Uma distinção entre essas duas funções não havia sido feita por mais de centenas de anos, aproximadamente 525 D.C, quando imagens de cadeiras de rodas desenvolvidas especialmente para carregar pessoas começaram a aparecer na arte chinesa (KOERTH-BAKER, 2015). Visto dessa forma, pode-se dizer que em termos ergonômicos, a cadeira possui uma forma e uma estrutura otimizada, tendo em vista a longevidade de sua criação. Mesmo assim, depois de serem confeccionadas, muitas cadeiras passam pela análise de fisioterapeutas e outros profissionais para serem adaptadas ao usuário.

Prover o direito de locomoção com autonomia e independência, como cidadãos normais que também se faz necessário o planejamento das ruas e calçadas, sinalização do trânsito, dos edifícios, dos veículos de transporte público e outros equipamentos utilizados nas cidades. Devido a este fato, se torna imprescindível o estudo e melhora dos meios de locomoção visando facilitar cada vez as limitações dessas pessoas.

Historicamente, na antiguidade não havia a produção de cadeiras de rodas em série, muitas famílias ricas encomendavam a fabricação das mesmas. As cadeiras eram produzidas a partir da necessidade de cada indivíduo e do quanto aquela pessoa pudesse

pagar, sempre dando ênfase ao conforto e segurança de quem estivesse a utilizando. (WHEELCHAIRNET, 2015)

Desenho1: Modelo de cadeira de rodas feito sob medida



Fonte: WHEELCHAIRNET (2015).

O desenho 1 mostra uma representação artística da cadeira do Rei espanhol Phillip II, que possuía sua própria cadeira de rodas com descanso para os pés (WHEELCHAIRNET, 2015). Outro tipo de cadeira de rodas que foi desenvolvido eram as cadeiras auto manobráveis, desenho 2, sendo que o usuário utilizando os dois braços a movimentava desde que não houvesse nenhum obstáculo que impedisse a sua passagem.

Desenho 2: Cadeira de rodas auto - manobrável



Fonte: WHEELCHAIRNET (2015).

Com o passar do tempo as cadeiras foram evoluindo, até que em 1933 o engenheiro norte americano H.C Jennings desenvolveu a pedido, a primeira cadeira de rodas dobrável que permitia que a mesma fosse transportada em um automóvel. Ela pode ser vista no desenho 3. Onde se observa que o aspecto físico não tem mudado desde então.

Desenho 3: Primeira cadeira de rodas dobrável fabricada



Fonte: WHEELCHAIRNET (2015).

De todos os avanços que surgiram, o principal e talvez o mais importante foi a motorização das cadeiras de rodas. A concepção moderna de uma cadeira de rodas motorizada. Com auxílio da tecnologia, o próprio ocupante pode acionar o motor da cadeira por meio de um controle e conseguir se deslocar em diversos tipos de ambiente sem precisar contar com a ajuda de outra pessoa. Essa assistência se apoia no decreto lei 5.296/04, em seu artigo 6, define tecnologia assistida como “produtos, instrumentos e equipamentos ou tecnologias adaptadas ou especialmente projetadas para melhorar a funcionalidade da pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida, favorecendo autonomia pessoal ou assistida” (BRASIL, 2004).

METODOLOGIA

A utilização de sistemas de transmissão através de CVT vem se tornando cada vez mais comum, um dos motivos é que seu aspecto construtivo e princípio de funcionamento são mais simples que o sistema de transmissão convencional. A promessa dos CVT's como grande avanço na economia de combustível e como alternativa de redução de custos, em relação aos modelos de transmissão de movimento já existentes, chamou muito atenção. Fazendo com que muitos fabricantes de veículos utilizem esse sistema que proporciona uma economia no custo e diminuição no tempo de operação para troca de velocidade de torque.

Dos diferentes tipos de CVT's existentes no mercado atual o que se destacou e levou a ser escolhido no projeto foi o Nuvinci N360 da Fallbrook, pelo fato de poder ser adaptado a uma roda comum de bicicleta no lugar do cubo, sendo acionado por correntes ou com uma adaptação simples acionado por engrenagens. Além dos aspectos técnicos o CVT é economicamente viável para o projeto.

Ilustração 1: CVT Nuvinci N360



Fonte: Nuvinci (2016).

O CVT utilizado segue um princípio diferente em seu aspecto construtivo, um planetário continuamente variável (CVP) e muda a forma de energia mecânica é transmitida para melhorar o desempenho e flexibilidade de transmissões conforme ilustração 1.

Ilustração 2: Modelo Construtivo de CVP



Fonte: Nuvinci (2016). (Editado pelo autor)

O sistema é constituído por um disco de entrada, um disco de saída e um conjunto de esferas cada qual com seu próprio eixo e montados entre o disco de entrada e saída se localiza o disco central, ou também chamado de sol, que mantém a posição das

esferas. O torque da fonte de entrada é transmitido através da passagem do disco de entrada para as esferas devido ao atrito do fluido presente entre os mesmos.

A variação de velocidade é determinada pela disposição angular dos eixos das esferas permitindo o controle da transmissão da velocidade entre a entrada e saída do sistema.

Devido a esta tecnologia flexível, o equipamento pode ser facilmente utilizado em numerosas aplicações, onde existe um dispositivo mecânico que requer as mudanças de velocidade, tais como, bicicletas, veículos elétricos, energia eólica, entre outros. Neste trabalho foi aplicado a motorização de uma cadeira de rodas a partir de um motor elétrico este sistema permitirá o usuário, o deslocamento em locais que requerem mais esforço físico, promovendo assim maior conforto de movimentação e maior acessibilidade.

O motor utilizado no trabalho é o TURNIGY C6354-250, onde o mesmo proporciona 250,0 W de potência e 1800,0 rpm que foram os dados de entrada do projeto para a verificação se a velocidade final necessária seria alcançada. Com isso foi contatado que com a relação de redução do CVT a velocidade de 8km/h não seria alcançada tendo então a necessidade de um redutor de velocidades.

Ilustração 3: Motor Turnigy



Fonte: Autor (2016).

Com a disponibilidade de somente um CVT, foi adicionado mais uma roda no projeto, sendo a motora do sistema para poder realizar a instalação do CVT pois se o CVT fosse instalado em qualquer roda original traseira seria extremamente difícil controlar a cadeira devido à falta de conexão entre as mesmas, foi utilizado então uma roda aro 20 com 480mm de diâmetro.

Assim, sabendo qual era a velocidade final desejada e o diâmetro da roda foi possível calcular a rotação necessária na roda motora.

$$n = \frac{V_f}{D_{roda} \cdot \pi} = \frac{133,3}{0,48 \cdot \pi} = 88,5 \text{ rpm}$$

Com os dados de entrada e saída definidos, iniciou-se o cálculo do redutor buscando a redução total do sistema. Sendo a rotação de entrada do motor 1800,0 rpm e a rotação de saída na roda de 88,5 rpm, foi calculada a redução total do sistema de 20,4, como essa redução foi superior a 6 (redução máxima recomendada por par de engrenagens) foram necessários dois pares de engrenagem cujo a redução em cada par é 4,5.

Para prosseguir com o dimensionamento foi necessário analisar e escolher qual a melhor tipo de engrenagem e o material para ser utilizado no projeto. O tipo escolhido foi Engrenagens de Dentes Retos de Nylon, pois tem um custo mais baixo de fabricação e boa resistência.

O redutor foi dimensionado atendendo os dois critérios mais importantes no projeto de engrenagens, onde são eles o critério de Pressão e Resistência.

Critério de Pressão

$$b \cdot dp_1^2 = \frac{2 \cdot f^2 \cdot Mt_1}{P_{adm}^2} \cdot \frac{i+1}{i} [m^3]$$

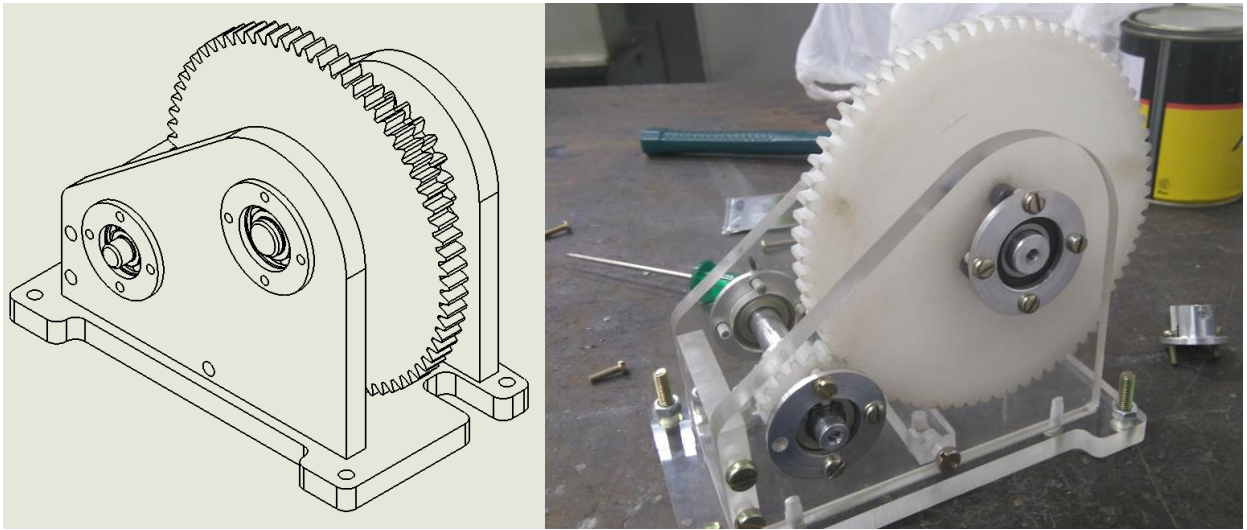
Critério de Resistência

$$\sigma_{max} = \frac{P_u \cdot q}{b \cdot m \cdot e} < \sigma_{fadm} [Pa]$$

Outros componentes importantes que estão presentes em um redutor de velocidades também foram dimensionados como eixos e rolamentos.

As imagens abaixo mostram o projeto do redutor em Inventor® e ele fabricado, pronto para o uso.

Ilustração 4: Projeto e Fabricação do Redutor



Fonte: AUTOR (2016).

Com a presença do redutor, a variação das velocidades de saída pode ser observada na tabela abaixo. Nota-se que a variação no redutor é fixa mas com o CVT é possível ter qualquer velocidade entre 8,0 e 13,0 km/h.

Tabela 1: Variação de Velocidades no CVT

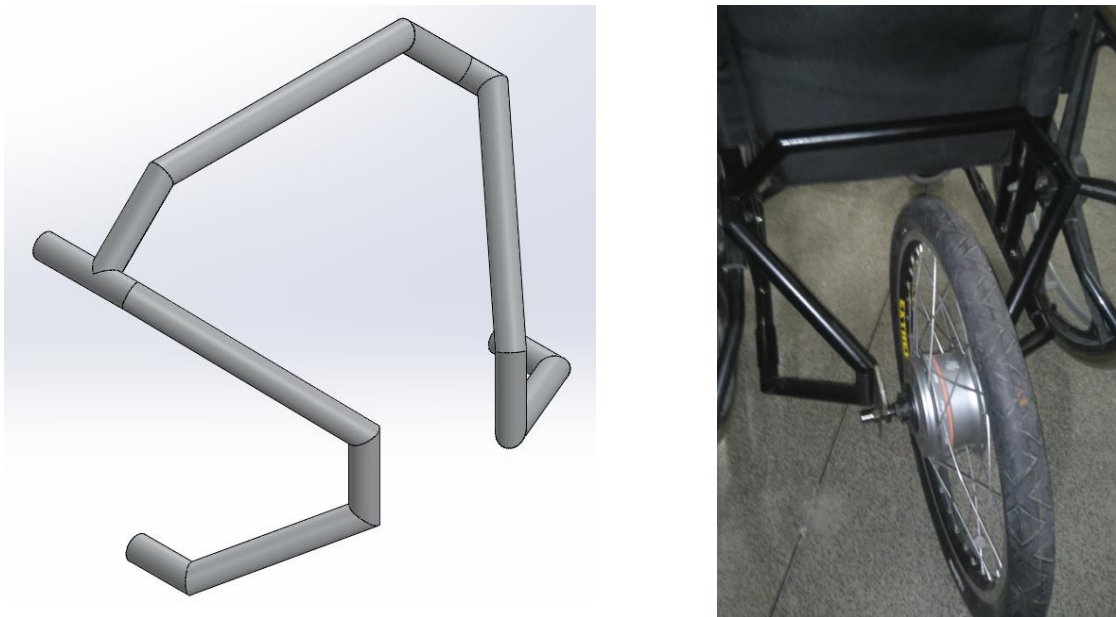
Redução (CVT)	n [rpm]	Vel [km/h]	Momento [N x mm]
1,0	88,4	8,0	23784,0
2,1	43,1	3,9	48757,3
0,6	144,1	13,0	14591,4

Fonte: AUTOR (2016).

Tendo em vista que o projeto da transmissão estava concluído o próximo passo foi desenvolver a parte estrutural do projeto tanto a chapa para sustentar o motor, redutor e bateria quanto à estrutura de fixação da roda motora. A parte estrutural do projeto teve um objetivo de tornar todo o conjunto adicionado à cadeira de rodas removível possibilitando a cadeira dobrar e assim ser mais fácil o transporte. Esse objetivo foi alcançado e o conjunto é fixado por parafusos.

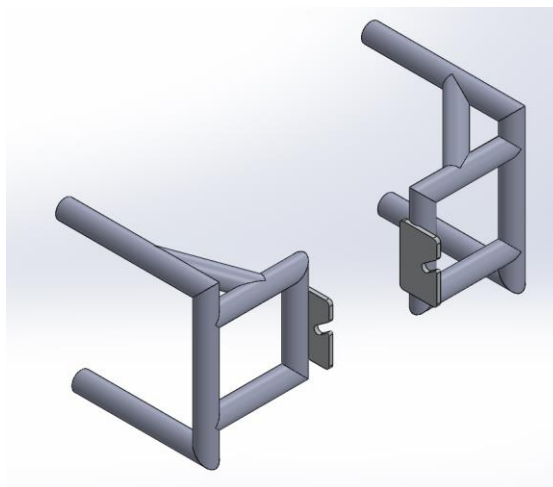
No desenvolvimento da estrutura de fixação da roda motora o primeiro protótipo foi construído mais devido a complexidade dos ângulos na fabricação se tornou inviável, então foi necessário desenvolver uma nova estrutura na mesma concepção.

Ilustração 3: Primeiro protótipo da estrutura de fixação da roda motora



Fonte: AUTOR (2016).

Ilustração 4: Segundo protótipo da estrutura de fixação da roda motora

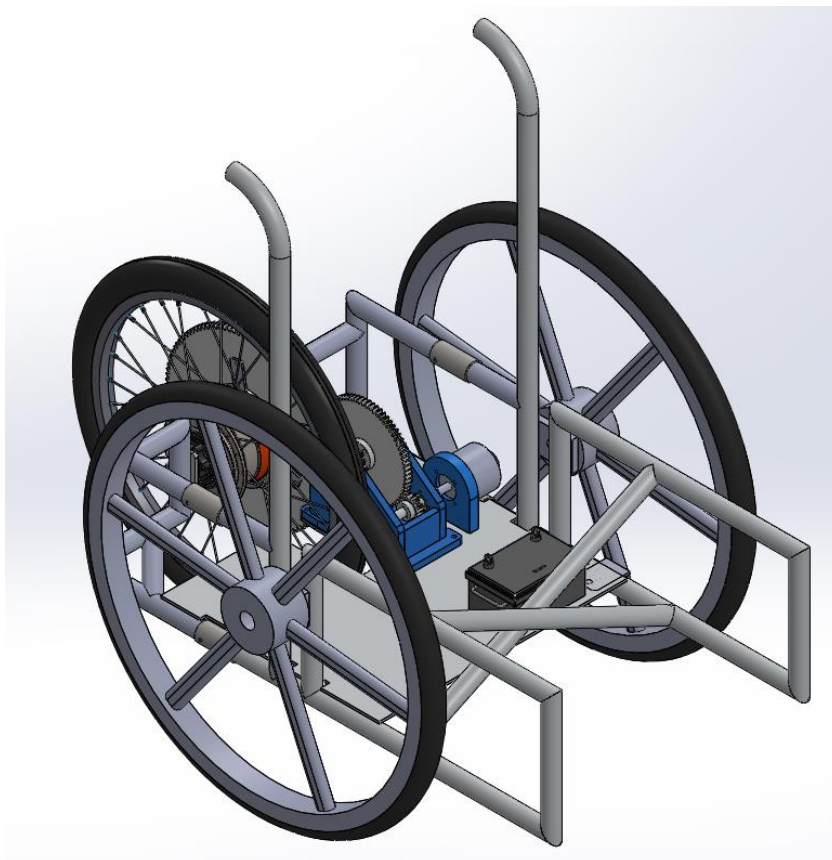


Fonte: AUTOR (2016).

Como visto nas imagens o segundo protótipo da estrutura é muito mais simples para fabricação, por esse motivo foi o escolhido para ser utilizado no projeto.

Com todos os componentes modelados no software 3D foi realizada a montagem final no software Inventor® para concluir a etapa modelamento e dar continuidade na fabricação dos demais itens.

Ilustração 5: Projeto em Inventor®



Fonte: AUTOR (2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após todos os itens fabricados, foi feita a montagem final do protótipo conforme o projeto. O projeto foi idealizado de modo que todos os componentes possam ser retirados facilmente, sua disposição permite fácil manutenção e alteração o que possibilita melhorias futuras.

Ilustração 6: Projeto Finalizado



Fonte: AUTOR (2016).

Para consolidar o protótipo, o mesmo foi submetido a alguns testes e verificada sua funcionalidade. O primeiro foi manual sem o motor em piso regular para verificar se o mesmo não apresenta algum problema, posteriormente em um piso irregular, simulando uma situação real. Após os experimentos em diferentes pisos, nenhuma peça se soltou do conjunto e a cadeira apresentou boa estabilidade no piso liso e média estabilidade no piso irregular.

Foi realizado o teste com o motor e um condutor, o mesmo apresentou um resultado satisfatório e o CVT realizou bem sua função proporcionando a redução

necessária e a troca de marchas sem trancos ou incomodo ao condutor com vibração média.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pode ser observado o sistema mecânico-elétrico foi realizado e o protótipo teve sucesso nos testes, atendendo assim os objetivos propostos no início, sem dúvidas haverá uma redução do esforço físico do cadeirante e o sistema pode ser todo desmontado e a cadeira dobrada, facilitando o transporte

Tabela 2: Custos do projeto

Itens do Projeto	Preço R\$
Cadeira de rodas	800
Motor	200
Cambio CVT	615
Redutor	300
Estrutura	50
Chapa de Fixação	50

Fonte: Autor (2016).

Foi obtido um custo aproximado de R\$ 2.015,00, atualmente uma cadeira de rodas motorizada padrão tem um custo de R\$ 6.000,00 a R\$ 8.000,00 o que torna o desenvolvimento do projeto economicamente interessante. Vale ressaltar que nem todos os requisitos estão prontos para atender a norma, porém com futuras melhorias poderá se tornar uma nova opção de baixo custo.

REFERÊNCIAS

BRASIL, DOU, Diário Oficial da União - Seção 1 - 3/12/2004, Página 5, DECRETO Nº 5.296 DE 2 DE DEZEMBRO DE 2004, **dá prioridade de atendimento às pessoas portadoras de deficiência**. 2004.

BRASIL, **Constituição Federal, Vade Mecum** – Acadêmico de Direito. Coleção de Leis Rideel, 4. ed. São Paulo: Rideel I, 2010.

IBGE, **Pessoas com deficiência – Amostra**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rj&tema=censodemog2010_defic. Acesso 10 de mai de 2015

KOERTH-BAKER, M. **Who Invented the Wheelchair?** Disponível em: <http://mentalfloss.com/article/20768/who-invented-wheelchair>. Acesso 10 de mai de 2015.

WHEELCHAIRNET, **Wheeling in the New Millennium: The history of the wheelchair and the driving forces in wheelchair design today**. Disponível em: http://wheelchairnet.org/wcn_wcu/slideslectures/sawatzky/wc_history.html. Acesso 10 de mai de 2015.

Contato: M_henglesg@hotmail.com e raia@mackenzie.br