

## DESENVOLVIMENTO DE KIT PARA AUTOMAÇÃO DE CADEIRA DE RODAS CONVENCIONAL

Walter de B. Vidal Filho, [wbritto1@gmail.com](mailto:wbritto1@gmail.com)<sup>1</sup>  
Rafael Avila, [eng.rap@gmail.com](mailto:eng.rap@gmail.com)<sup>2</sup>  
Carlos H. Llanos Quinteros, [llanos@unb.br](mailto:llanos@unb.br)<sup>2</sup>  
Rudi Van Els, [rudi@unb.br](mailto:rudi@unb.br)<sup>2</sup>  
Guilherme Queiroga, [guilherme.queiroga@tipod.com.br](mailto:guilherme.queiroga@tipod.com.br)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia, DEMEC, Rua Acadêmico Hélio Ramos S/N, Recife-PE.

<sup>2</sup>Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, DEM, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte –Brasília- DF.

<sup>3</sup>Tipo D Ltda

**Resumo:** O presente trabalho aborda o desenvolvimento de um Kit que permite transformar uma cadeira de rodas convencional em uma motorizada com controle por *joystick*. A necessidade de cadeiras de rodas motorizadas é encontrada nos casos de usuários que não possuem destreza ou força nos braços para usar as convencionais. Como as cadeiras motorizadas encontradas no mercado possuem um custo que impede o acesso a uma grande parcela da população, evidenciou-se a necessidade de desenvolver um kit de motorização de baixo custo.

**Palavras-chave:** Automação; Cadeira de rodas, projeto de sistemas, mecatrônica

### 1. INTRODUÇÃO

As cadeiras de rodas motorizadas são necessárias, não só para usuários que não possuem força ou destreza nos braços, mas para cadeirantes que, ao envelhecer, perderam a capacidade de movê-las com os braços. Esta população que necessita de cadeiras de rodas motorizadas vem aumentando. Em consulta a uma associação de portadores de deficiência no Distrito Federal (DF) evidenciou a importância de cadeiras de rodas motorizadas de custo acessível a esta população.

As cadeiras motorizadas encontradas no mercado possuem um custo que impede o acesso a uma grande parcela desta população. Uma breve pesquisa no mercado nacional mostra que existem poucas marcas de cadeiras de rodas motorizadas de fabricação nacional e os custos destes produtos variam de R\$ 5.000,00 a 8.200,00 o que as tornam proibidas a uma grande parcela dos usuários. Existem três fabricantes nacionais com produção significativa e algumas ONG's e oficinas de manutenção que fazem motorizações de cadeiras de rodas. A maior parte dos fabricantes está na região sul e sudeste do país. Também podem ser encontradas algumas marcas importadas a um custo superior as nacionais. Os principais modelos observados no mercado são cadeiras com estrutura projetada para motorização (fig.1a), cadeira tipo scooter (fig. 1b) e cadeiras motorizadas com a estrutura de cadeiras manuais (fig.1c).



**Figura 1. Tipos de Cadeiras de rodas (Freedom,2009).**

As cadeiras scooters podem ser do tipo triciclo ou quadriciclos com tração única no par de rodas traseiras e controle de direção nas rodas dianteiras (fig.1b). São mais empregadas para deslocamento externo e para longas distâncias.

As cadeiras com uma estrutura projetada para motorização possuem rodas pequenas para aproveitar melhor a potência dos motores e sistema de transmissão conectado aos eixos da roda motriz. Isso impede a fácil desmontagem para transporte, bem como, durante uma pane, impede o cadeirante de alcançar as rodas e se mover sem ajuda. A maioria das cadeiras motorizadas só desacopla a roda motriz dos motores com dificuldade e com ajuda de terceiros. As cadeiras de rodas adaptadas têm a vantagem de aproveitar a estrutura leve das cadeiras manuais, mas ainda possuem um sistema de tração das rodas que dificulta a desmontagem para transporte. Algumas, apesar de possuir o eixo da roda motriz diretamente conectado ao motoredutor, possuem desacoplamento que libera a roda motriz da tração. Contudo em poucos modelos isso pode ser feito pelo cadeirante. Esta característica facilita a movimentação durante uma pane do equipamento.

Diante deste panorama, surge a necessidade de cadeiras motorizadas de baixo custo, com peças nacionais que possa aproveitar a estrutura de cadeiras manuais e que permita conversão da tração motorizada para tração manual quando o cadeirante necessitar.

## 2. ESTADO DA TÉCNICA

A evolução das cadeiras de rodas motorizadas pode ser observada pela evolução técnica das patentes relacionadas. A evolução das cadeiras motorizadas com estrutura projetada para motorização pode ser vista na fig.2, onde se tem o esquema de uma das primeiras patentes de cadeira motorizada com *joystick* (fig.2a), US pat.3807520 de 1971, com motor elétrico transmitindo movimento por corrente. A evolução seguinte pode ser vista na fig. 2b e correspondente a US pat.D287836 de 1987, onde emprega-se uma cadeira com chassi monobloco com sistema motoredutor direto nas rodas de tração, bancos e *joystick* ergonômicos. Modelos atuais mais encontrados no mercado internacional são baseados na US pat.D397645 de 1996, onde se observam melhorias estéticas, ergonômicas e aumento do número de rodas de estabilidade (fig.2c). Pode-se observar que a cadeira da figura 1a é baseada nesta patente.



Figura 2. Evolução das cadeiras motorizadas de 1971 a 1996.

As cadeiras tipo scooter atuais são baseadas na US pat. 5020624 de 1991, onde se observa um motor elétrico transmitindo por correias a um eixo único traseiro. Esta já é uma evolução da US Pat 4570739 de 1986 onde se empregava transmissão por corrente e bancos menos ergonômicos.

Quanto à utilização de cadeiras manuais adaptadas encontram-se algumas iniciativas na literatura científica e técnica. Todas apresentam diferentes formas de motorização da roda traseira, algumas utilizam correias (c) para transmitir o movimento do motor (b) a uma polia conectada ao eixo de cada roda traseira (fig.3), outras utilizam correntes. Algumas fixam a polia à roda o que evita trabalho de adaptação do mancal existente na cadeira adaptada, mas isso dificulta a desmontagem para transporte, US 5094310 de 1990. Este conceito pode ser visto no modelo comercial observado na figura 1c e teve uma das primeiras patentes solicitadas em 1981, Us pat 4455031. Uma forma de motorização emprega engrenagens (fig.4) no eixo da roda (c) acionada por engrenagens no eixo do motor (b). Esta idéia pode ser vista na US Pat 5394066, solicitada em 1990.

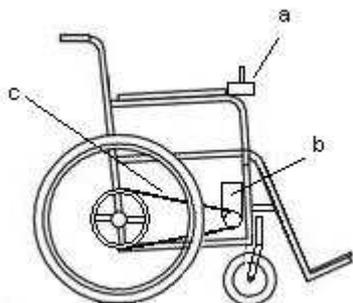


Figura 3. Cadeiras transmissão flexível.

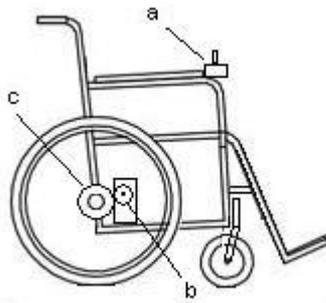


Figura 4. Transmissão por engrenagem no eixo.

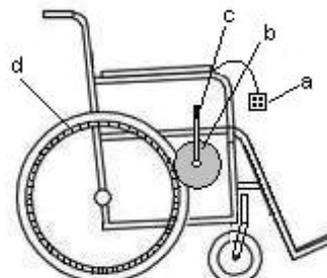


Figura 5. Engrenagem no arco.

Outro emprego de engrenagem pode ser visto na figura 5 e foi observado na US Pat.6371502, solicitada em 2000, onde um arco dentado (d), fixo a roda, se conecta a uma engrenagem no motor (b). Esta possui uma alavanca (c) que

desacopla o motor da roda. Ao contrario das demais patentes analisadas, esta não utiliza um *joystick* e sim um controle (a) com 4 botões, um par para cada motor.

A transmissão de movimento por atrito também foi observada em aplicações de motorização de cadeiras manuais, como na figura 6, observada na Us Pat. 4037676 de 1975. O emprego de motores montados direto nas rodas (fig.7) também foi observado, na Us Pat. 5350032. Neste sistema, a adaptação seria simples, substituir os mancais da cadeira por uma sede para fixar o eixo do motor. Quando acionado o motor, como o eixo não giraria, o motor solidário a roda o faria.

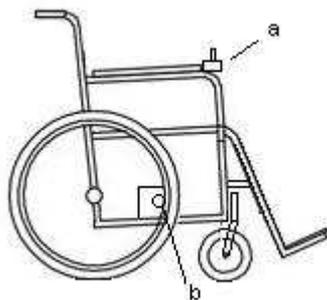


Figura 6- Transmissão por atrito

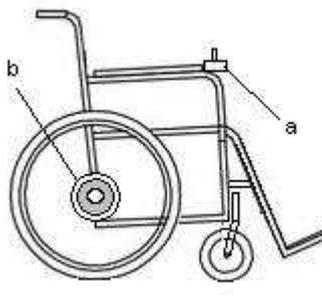


Figura 7- Motor na roda

Um tipo de motorização de cadeiras convencionais são as cadeiras rebocadas ou empurradas por sistemas anexos. Uma solução de rebocador é vista na figura 8, com controle por um guidão e observada na Us. Pat 4503925 de 1983. Outro exemplo é o kit desenvolvido no Brasil por Delgado Neto et al (2008). Neste os motores, bateria e eletrônica estão dentro de uma caixa, com duas rodas tratoras. Pode-se encaixar este sistema, fig.9 (b), em baixo da cadeira convencional e ligar a um *joystick* (a).

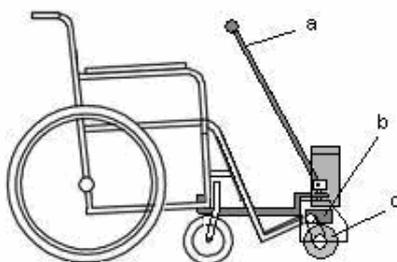


Figura 8. Dispositivo de reboque.



Figura 9. Dispositivo para empurrar.

A interface homem-máquina geralmente empregada é o *joystick*, mas também pode ser achado controle por botões. A maioria das pesquisas científicas ocorre neste campo de controle e interface com o usuário. Estas pesquisas são voltadas a usuários tetraplégicos ou com injúrias cerebrais que não têm movimentos dos braços ou destreza nas mãos. Inicialmente desenvolveram um *joystick* acionado por um tubo movido com a boca, além dos movimentos xy, permitia comandos pelo sopro ou sucção. Pesquisas desenvolveram interfaces que comandavam pelo movimento de cabeça (Jaffe, 1982) obtido por sensores de ultrassom e mais recentemente por sensores inerciais (Tannuri e Debenest, 1998). Em seguida apareceram interfaces por comandos de voz (Mazo et al, 1995) que ainda continuam sendo pesquisas (Yi et al, 2007). Interfaces por sinais eletromiográfico foram desenvolvidas (Han et al, 2001) interpretando sinais elétricos que chegam aos músculos e pele, geralmente usada para identificar piscada e movimento dos olhos. Em Silva et al, 2007, desenvolveu-se uma interface que interpreta sinais eletromiográficos e eletroencefalográficos, além das imagens obtidas por uma câmera dos movimentos dos olhos, para escolher comandos em uma tela de computador embarcado. Devido a confiabilidade e velocidade de comunicação dessas interfaces por sinais mioelétricos, as cadeiras de rodas foram equipadas para serem veículos semi-autônomos (Silva et al, 2007; Han et al, 2001). Observou-se uma tendência de interfaces que interpreta movimentos dos olhos só por câmeras de vídeo (Djoko et al, 2009). E Interface que interpreta expressões faciais para controle de uma cadeira de roda também foi pesquisada (Fernandes et al, 2005).

### 3. METODOLOGIA DE PROJETO

Projetos de sistemas mecatrônicos são multidisciplinares empregando especialistas de áreas distintas que nem sempre possuem intersecção. As metodologias de projeto destes sistemas costumam dividir o projeto em subprojetos, segundo a especialidade, nos seguintes sistemas:

- Sistema mecânico
- Sistema eletro-eletrônicos
- Sistemas computacionais

Geralmente começa-se o projeto pelo sistema mecânico e, de posse das características desse, levantam-se os parâmetros para o projeto do sistema eletrônico e, em seguida, do sistema computacional. Os parâmetros de projeto passado pelo projeto mecânico para o início do projeto do sistema eletro-eletrônico, neste caso, são: Potência máxima e velocidade máxima. Estes são traduzidos em corrente e tensão máxima para placa de acionamento (driver). Nem todos parâmetros de projeto são passados de um projeto a outro, muitos parâmetros são obtidos durante cada projeto. No projeto do sistema computacional, onde se desenvolve o software de controle, a linguagem escolhida para se desenvolver, nem sempre depende do projeto eletro-eletrônico. Contudo a forma de comunicação com os drives e a UCP escolhida depende de uma interação entre projetos. Algumas sistemáticas de projeto de sistemas mecatrônico não são sequenciais, mas em paralelo, onde os sistemas são desenvolvidos quase ao mesmo tempo e parâmetros de um projeto são passados ao projeto de outro sistema durante o desenvolvimento de ambos (Vidal Filho et al. 2001)

Para qualquer projeto, segundo Pahl e Beitz (1996), identificam-se as seguintes fases: abstração, análise e síntese. Portanto, pode-se empregar uma sistemática geral em cada sub-projeto. Alguns autores costumam dividir um projeto em projeto conceitual e projeto detalhado, outros em estudo de viabilidade, pré-projeto e projeto detalhado. Basicamente, um projeto tem uma fase inicial de determinação do problema, uma fase de desenvolvimento de um conceito, uma fase de detalhamento e, por fim, a validação. No caso de projeto de sistemas mecatrônicos cada subprojeto passa por estas fases, sendo a validação feita em cada um e no final na integração dos diversos sistemas.

### 3.1. Definição do Problema

Nesta fase, de posse de uma necessidade inicial motivadora, busca-se definir qual é o problema a ser resolvido no projeto. Um primeiro passo é analisar as necessidades existentes e converter em parâmetros e requisitos de projeto. A sistemática para determinação dos parâmetros e requisitos começa pela revisão de literatura, onde artigos científicos, normas técnicas, patentes e livros são analisados. Nesta revisão verificou-se que a norma internacional que fornece informações sobre cadeiras de rodas é a ISO 6440 e a nacional é a norma de acessibilidade NBR 9050. Por esta última, obtiveram-se as dimensões padrões das cadeiras de rodas manuais (fig.10), a variação de peso (12 a 20kg) e a inclinação máxima das rampas de acesso (8,33%), dados estes que influenciam no cálculo dos torques e potência dos motores.

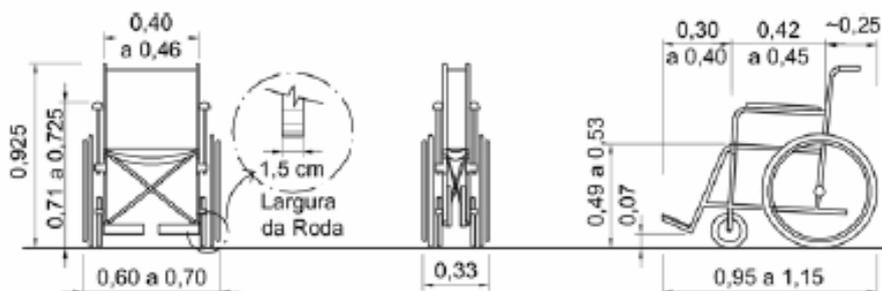


Figura 10. Dimensões das cadeiras manuais (NBR9050)

Pela revisão dos artigos e patentes determina-se o estado da técnica, tipos de configurações existentes, tipos de interface de comando, velocidades máximas, vantagens e desvantagens da tecnologia disponível. Um segundo passo é uma pesquisa de mercado para avaliar o que existe no mercado nacional e internacional. Por esta obtiveram-se os preços dos equipamentos no mercado, as velocidades máximas empregadas, a autonomia média, o peso médio das cadeiras motorizadas de mercado, vantagens e desvantagens das configurações disponíveis. Por fim entrevista com usuários permitiu restringir as necessidades e parâmetros encontrados aos estritamente necessários.

Os principais parâmetros obtidos são:

- Velocidade máxima
- Peso máximo
- Autonomia
- Custo
- Dimensões máximas

Tabela 1. Parâmetros.

	Variação Observada	Valor Máximo Adotado
Velocidade	2,5 km/h - 7 km/h	3,5 km/h
Peso (motorizadas)	28 kg - 71 kg	28 kg
Autonomia	15 km - 30 km	15 km
Custo	R\$ 5.000,00 - 8.200,00	R\$ 2.000,00
Dimensões (Comp x Larg.)	(105 x 60 cm)	Não alterar dimensões básicas

Na tabela I observam-se os dados coletados e os valores adotados como parâmetros de projeto.

### 3.2. Projeto Conceitual

Com os requisitos de projeto se estabelece a solução conceitual e esta pode ser obtida com auxílio de técnicas como uma decomposição funcional do problema (fig.11).

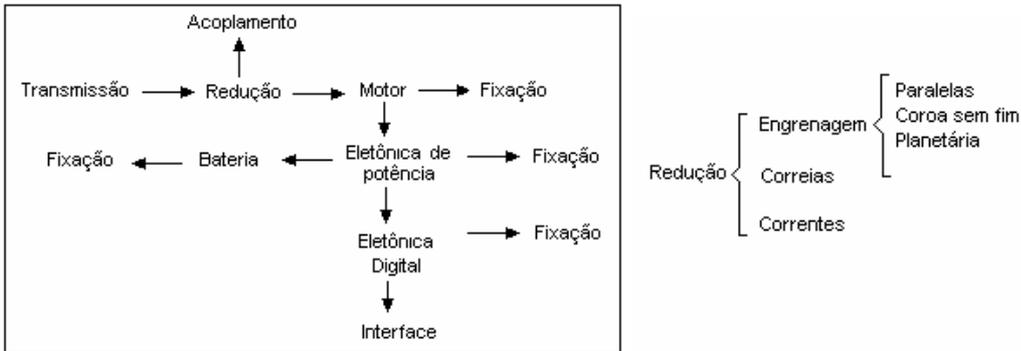


Figura 11. Decomposição funcional

Pelo requisito de mínima alteração da estrutura da cadeira manual e objetivando um sistema que possa ter a tração desacoplada facilmente pelo cadeirante, inicia-se o desenvolvimento pela transmissão, a qual pode se por engrenagem, correia, corrente, atrito ou motor direto na roda. Optou-se pela transmissão por atrito, apesar do inconveniente de não ser indicada para ambientes externos, por causa da possibilidade de perda de atrito por sujeira entre a roda e a polia. Em seguida, escolhe-se a opção de redução por engrenagem do tipo coroa e sem-fim, por ser mais compacta, pois permite mudar a direção do eixo de saída em relação ao motor, acomodando-o melhor na estrutura.

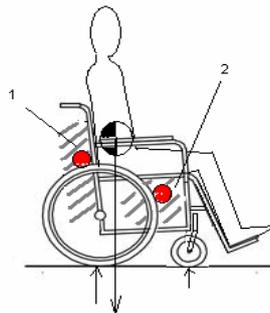


Figura 12. Localização da polia de tração

O sistema de tração e a bateria poderiam ser colocados nessas duas regiões vistas na figura 12, contudo a posição 1 desloca o centro de gravidade para próximo do eixo traseiro, diminuindo a estabilidade da cadeira, principalmente, em subidas de rampas. Portanto, a posição 2 foi escolhida para colocar a polia e os motores, bem como as baterias, aumentando a estabilidade por trazer o centro de gravidade mais para baixo e para frente.

Na concepção do acoplamento, objetivou-se um mecanismo facilmente acionado pelo cadeirante tanto na desacoplagem como acoplagem. A solução de menor custo e complexidade escolhida foi a de mover o conjunto motoredutor, pressionando a polia contra a roda na acoplagem. Os dois mecanismos desenvolvidos tiveram pedidos de patente depositados junto com o do kit de motorização.

No sistema eletro-eletrônico, a solução escolhida foi uma ponte H de transistores para cada motor, permitindo a inversão do movimento e controle de velocidade por PWM (modulação de largura de pulso).

Para armazenar a energia, escolheram-se baterias seladas automotivas, pela relação custo x benefício.

O sistema eletrônico digital é responsável por gerar o PWM proporcional à variação angular do *joystick*. A solução foi basear em microcontroladores, onde um programa gera a lógica de controle. A interface escolhida foi a mais simples, o *joystick* com sinal analógico. Os modelos mais baratos empregam interfaces com botões ou *joystick* com sinal discreto (*on-off*), o que não permite variação linear da velocidade dos motores. As interfaces *on-off* apesar de mais baratas não têm aceitação dos usuários. O conceito de solução escolhido para o *joystick* é adaptação de modelos comerciais usados em jogos eletrônicos.

### 3.3. Projeto Sistema Mecânico

O projeto mecânico detalhado corresponde aos desenhos detalhados dos elementos de fixação, do mecanismo de acoplamento, especificação de materiais e do motoredutor. Para tanto, um modelo 3D foi feito em CAD da cadeira (fig.13), permitindo simular as soluções possíveis de fixação e de mecanismos de acoplamento. Na figura 13, pode ser

visto o motoredutor (1), a alavanca do mecanismo de acoplamento (2), a polia de tração (3) e o *joystick* (4). No projeto conceitual chegou-se a solução de mover o conjunto motoredutor que pode ser feita por duas soluções viáveis de mecanismos de acoplamento. A primeira é vista na figura 14a onde o motoredutor (1) é fixo na placa (2), pivotada na estrutura, com uma polia de tração no eixo do motoredutor (3), sendo o conjunto movido pela alavanca (4) pivotada (5) na guia (6) onde pode ser travada. A junta (7) que liga a alavanca à placa é do tipo esférica. A segunda é vista na figura 14b, onde se substitui a alavanca simples por uma alavanca (4) que aciona um mecanismo de quatro barras que é feito para travar em uma dada posição de acoplamento.

A especificação do motor é feita conhecendo a potência máxima, os torques e velocidades necessárias. O cálculo da potência do motor é obtido pelo produto do torque pela velocidade angular do motor. A velocidade angular do motor pode ser convertida na velocidade angular da roda  $\omega$  e esta na velocidade de translação do eixo  $v$ , conforme equação (1).

A força  $F$  é aquela necessária para vencer o atrito do eixo e a resistência de rolagem.

$$P = T \cdot \omega = F \cdot r \cdot \frac{v}{r} = F \cdot v \quad (1)$$

Como a cadeira é usada em ambientes fechados, dependendo da aceleração desejada, a potência gasta com esta fase pode ser significativa e deve ser considerada, resultando na equação (2).

$$P = (F_a + F) \cdot v \quad (2)$$

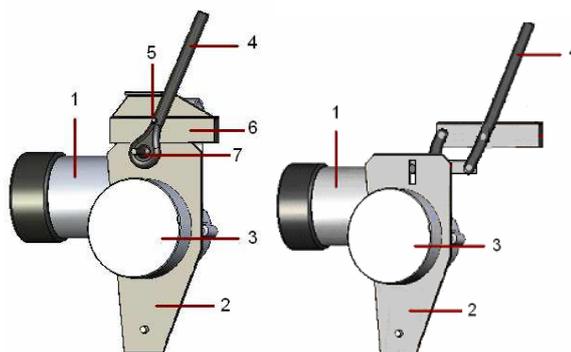
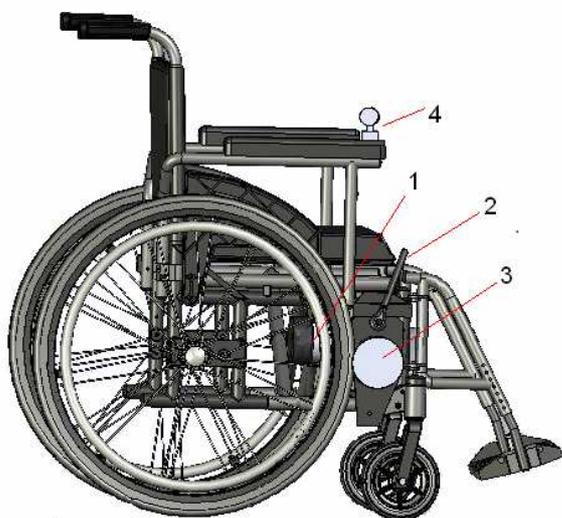


Figura 13- Modelo da cadeira com motorização.

Figura 14 - Acoplamentos a) e b)

A força  $F$  pode ser obtida experimentalmente, colocando uma carga representando o usuário e puxando-se a cadeira pelo eixo da roda de tração através de um dinamômetro. Após o cálculo da potência requerida para o desempenho desejado no plano, calcula-se o torque para o requisito de inclinação máxima de rampa e verifica-se se a velocidade de subida é aceitável. Não sendo, estabelece-se o torque necessário e se recalcula a potência requerida. Na seleção do motoredutor, busca-se o de melhor rendimento, com o torque e a velocidade desejada. Escolhe-se o motor que possui a velocidade de máxima eficiência mais próxima a velocidade de operação da cadeira.

### 3.4. Projeto do Sistema Eletro-eletrônico

O sistema eletro-eletrônico compreende a placa eletrônica de potência e a placa eletrônica digital de comando. Escolheu-se dividir o sistema de acionamento e comando para facilitar a manutenção futura, uma vez que a parte de potência tem maior risco de apresentar defeito no tempo. Os requisitos para o projeto da parte de potência são: potência dos motores, corrente e tensão. A placa de potência poderia ter tecnologia baseada em micro-relés ou semicondutores (transistores de potência). A primeira, apesar de mais barata, não permitiria o controle de velocidade e possuiria vida útil menor. Optando-se pelo emprego da segunda, utilizou-se a configuração bem conhecida da ponte H de transistores, vista na Fig.15, acionados por PWM o que permite menor perda da energia. No projeto poderia empregar um CI com duas pontes H encapsuladas, como o L298, contudo a corrente requerida pelos motores é superior aos 0.5A suportado pelo CI. Portanto optou-se por componentes discretos na configuração Darlington. A comunicação da placa de comando e a de potência emprega opto-acopladores para separá-las em caso de curto por sobrecarga na potência.

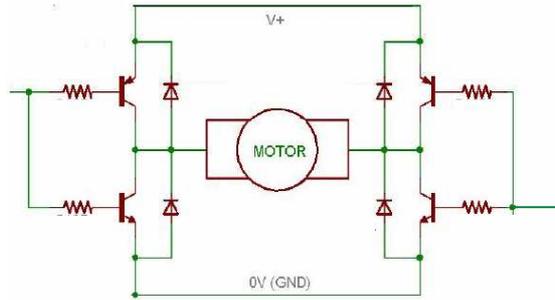


Figura 15. Esquema da ponte H

A placa de comando faz a tradução dos sinais da interface homem-máquina (*joystick*) para comandos de PWM para cada ponte H da placa de potência. Foi baseada em microcontrolador AVR, onde dois sinais analógicos do *joystick* são digitalizados no conversor A/D, depois pelo programa embarcado, determina se ambos ou só um motor será acionado, em qual direção serão acionados e em que velocidade. Os motores são controlados em malha aberta pelo microcontrolador, portanto são necessários teste para obter a correlação entre velocidade angular e largura de pulso do PWM. Observou que os dois motoredutores usados possuem correlação lineares, praticamente idênticas. Qualquer mínima diferença de rotação é resolvida pelo usuário que fecharia a malha de controle no *joystick*. As placas eletrônicas foram fabricadas e programadas por uma empresa especializada em circuito impresso (fig.16).

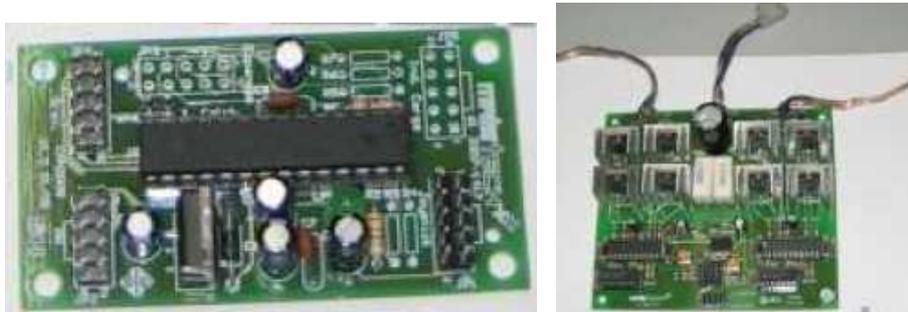


Figura 16. Placas de comando e potência fabricadas.

O *joystick* empregado foi os de jogos de computador modificado, estes são projetados para trabalhar com uma fonte de corrente, enquanto o desejado seria uma fonte de tensão constante. Para modificar deve-se ligar uma saída do potenciômetro no terra (fig.17).

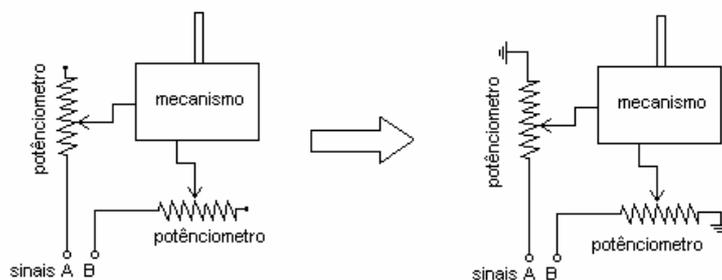


Figura 17. Modificação feita no joystick.

### 3.5. Projeto Sistema Computacional

O programa de controle poderia ser feito direto em Assembler, mas foi feito em C e convertido para linguagem de máquina por um compilador apropriado. Os requisitos do programa eram: ler duas entradas analógicas do *joystick*, converter o sinal de tensão em valor de velocidade e gerar um PWM para cada motor respectivamente.

O *joystick* serve ao usuário como um meio de selecionar a velocidade da cadeira em uma determinada direção. Desta forma, a velocidade da cadeira deve ser proporcional ao ângulo formado pelo manete do *joystick* com a linha vertical de ponto morto (P.M). A direção do movimento depende da posição do manete entre os oito setores circulares (fig.18): frente, trás, esquerda, direita, frente/direita, frente/esquerda, esquerda/trás e direita/trás.

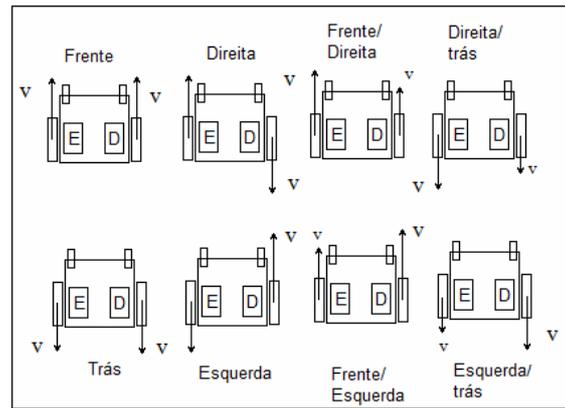
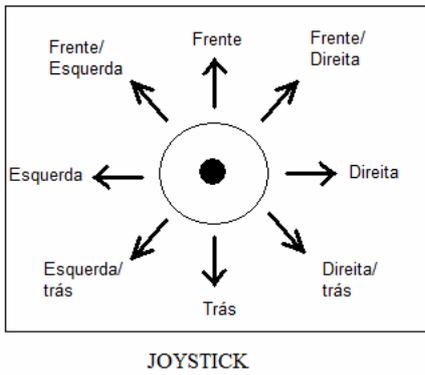


Figura 18. Posições do manete do joystick.

Figura 19. Velocidades de cada lado da cadeira x posição do joystick.

Quando o manete é colocado a frente (fig.18), a cadeira deve mover-se para frente com velocidade proporcional ao ângulo do manete com a vertical, para isso, os dois lados da cadeira devem ter velocidades de mesma intensidade e sentido (fig.19). Quando o manete é posicionado á direita, a cadeira deve girar para direita sobre seu eixo central, para tanto, cada lado da cadeira deve ter velocidades de mesma intensidade e sentidos contrários. Quando o manete for posicionado entre os eixos ortogonais, como na posição Frente/direita, a cadeira deve se deslocar sobre uma curva para a direita, para tanto, a velocidade de cada lado deve ter intensidades diferentes e mesmo sentido. Lembrando que os motores são colocados em posição espelhada, para a cadeira ter velocidades de translação iguais nos dois lados, as velocidades angulares  $\omega$  devem ser iguais, mas de sentidos contrários em cada motor.

Existem, portanto, oito possibilidades de deslocamento da cadeira que devem ser interpretadas pelo programa, através de dois sinais de tensão vindos de dois potenciômetros acoplados a dois eixos perpendiculares. Para obter essas informações utiliza-se o gráfico da tensão x posição do potenciômetro. Quando a tensão do sinal A é maior que a tensão do P.M, significa que o manete está a frente. Se o sinal B tem tensão menor que a tensão do P.M então o manete está a esquerda. Combinando estas informações o controlador sabe que a posição é frente/esquerda e a cadeira deve descrever um arco para a esquerda. Desta forma, vai ser gerado um PWM com largura de pulso em alta maior para o motor direito, proporcional a velocidade desejada.

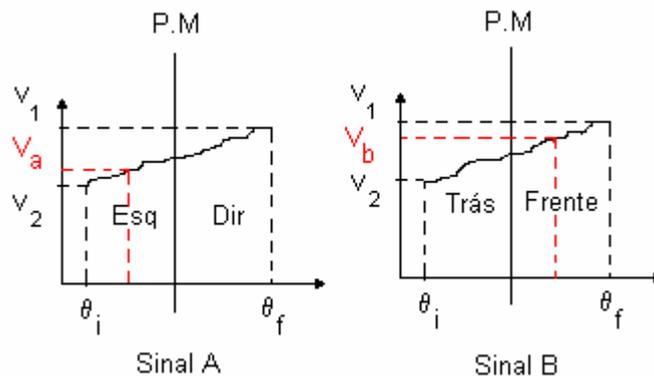
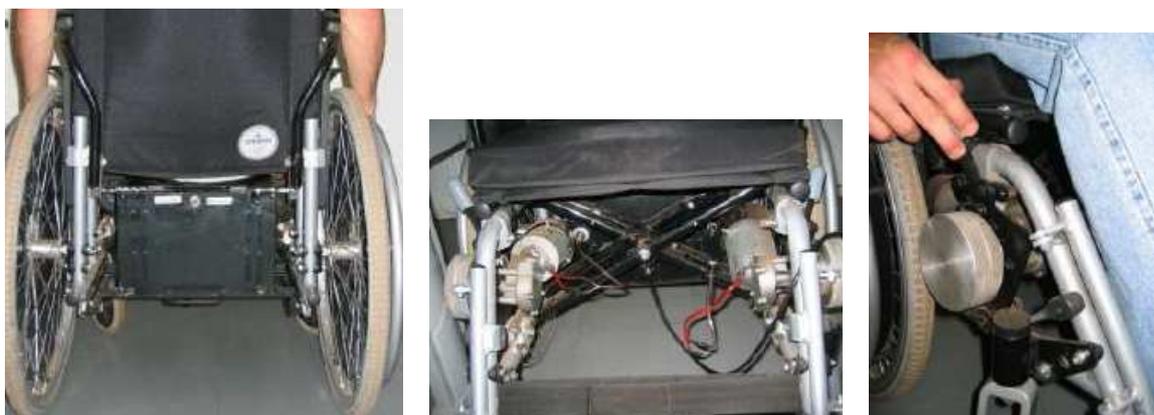


Figura 20. Gráfico da tensão x ângulo dos potenciômetros

Os testes mostraram que o P.M não poderia ser um valor fixo, mas uma faixa de valores. Sem isso, a parada da cadeira ficaria extremamente difícil, pela dificuldade de se conseguir colocar sempre o manete na posição exata de P.M. Além disso, cada joystick comercial analisado não teve o mesmo valor de tensão para o P.M. Desta forma, um módulo que deve ter o programa é de autocalibração que determina o P.M, e gera uma correlação entre velocidade e tensão, na primeira vez que se monta o Kit.

#### 4. PROTÓTIPO

Depois do projeto dos diversos sistemas, foi construído um protótipo do kit de automação de cadeiras convencionais para testar o conceito. O Kit é composto de três partes físicas, a caixa das baterias e eletrônica, o elemento de tração e o joystick. A caixa desliza sobre guias para fácil remoção quando for desmontada a cadeira para transporte. O elemento de tração é composto dos motoredutores e dos dispositivos de acoplamento. Pode-se observar na Figura 18 o protótipo do kit desenvolvido.



**Figura 18- Fotos da caixa (bateria e eletrônica), dos motores e do acoplamento**

Com o protótipo foram feitos testes para medir a autonomia, a velocidade média, a manobrabilidade e a capacidade de subir rampas. Os testes resultaram nos dois tipos de acoplamento já descritos e em melhorias no sistema eletrônico e mecânico. A perda de atrito devido à sujeira entre a roda e a polia foi reduzida pela introdução de ranhuras na polia tratora. Isso permitiu um bom desempenho em ambientes externos.

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento de um kit para automação de cadeiras de rodas convencionais e a sistemática de projeto utilizada em cada subprojeto, além de rever todo o estado da arte das tecnologias desenvolvidas para esta finalidade. Foi desenvolvido um sistema mecânico e um sistema eletrônico, no primeiro gerou-se uma solução de acionamento com mecanismo de acoplamento e no segundo duas placas eletrônicas, uma de comando e outra de potência que recebiam comando de um *joystick* e convertiam em potência aos motores. A primeira solução de mecanismo de acoplamento desenvolvida, apesar de funcionar corretamente, necessitou de uma força significativa do usuário. A segunda solução de acoplamento se mostrou fácil de operar e de fabricar. A solução do sistema eletrônico se mostrou confiável e de custo acessível. A velocidade média atingida pela cadeira foi aceitável para ambientes internos. Este projeto deu uma contribuição à tecnologia assistiva nacional.

## 6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho teve apoio financeiro da FINEP e apoio administrativo do CDT-Unb.

## 7. REFERÊNCIAS

- David L. Jaffel, 1982, "An ultrasonic head position interface for wheelchair control"; Journal of Medical Systems, Volume 6, Number 4, August.
- Delgado Neto, G. G.; Silva, L. C. A.; Vieira, V. C.; Botilha, F. A.; Dedine, F. G.; 2008, "Kit de motorização para cadeira de rodas manuais", V CONEM, Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Salvador, BA.
- Djoko Purwanto, · Ronny Mardiyanto, · Kohei Arai; 2009, "Electric wheelchair control with gaze direction and eye blinking", *Artif Life Robotics* 14:397–400.
- Fernandes, B. P.; Saueia, V. A.; Pistori, H., 2005, "Protótipo de um Simulador para Cadeiras de Rodas Guiadas por Expressões Faciais: Estudos Preliminares." III Congresso Catarinense de Software Livre - SOLISC, Florianópolis.
- J. Z. Yi; Y.K.Tan; Z.R.Ang; S.K.Panda; 2007, "Microcontroller based voice-activated powered wheelchair control", Proceedings of the 1st international convention on Rehabilitation engineering & assistive technology, Singapore,
- Jeong-Su Han, Dimitar H. Stefanov, Kwang-Hyun Park, Hae-Beom Lee, Dae-Jin Kim, Won-Kyung Song, Jong-Sung Kim and Z. Zenn Bien; 2001, "Development of an EMG-based Powered Wheelchair Controller for Users with High-level Spinal Cord Injury", International Conference on Control, Automation and Systems.
- M. Mazo, F. J. Rodríguez, J. L. Lázaro, J. Ureña, J. C. García, E. Santiso and P. A. Revenga, 1995 "Electronic control of a wheelchair guided by voice commands", *Control Engineering Practice*, Volume 3, Issue 5, Pages 665-674
- Norton, R.L., 1992, "Design of machinery: an introduction to the synthesis and analysis of mechanisms and machines", New York: McGraw-Hill, 714 p.
- Pahl, G.; Beitz, W., 1996, "Engineering Design: a Systematic Approach", Ed. Springer Verlag,
- Rafael Leal Silva; Teodiano Freire Bastos Filho; Raquel Frizera Vassalo; 2007, "Desenvolvimento de uma Interface Homem-Máquina para Controle de Cadeira de Rodas Robótica Através de PDA", XII Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control, Octubre, Río Gallegos, Argentina

- Tannuri, E. A., Debenest, P. C., 1998, “Projeto de um sensor de orientação angular inercial de baixo custo aplicação: controle de cadeira de rodas motorizada” ; trabalho de conclusão de curso, USP.
- US Patent 3807520, Donald Chisholm, “Motorized Wheelchair”, Filing date: Dec 15, 1971
- US Patent D287836, Wilfred Chan, Michael Marr, Augusto De Sousa, Motorized wheelchair, Filing date: Oct 1, 1984
- US Patent D397645, Walter Schaffner, “Motorized wheelchair”, Filing date: Jul 3, 1996
- US Patent 5094310, Joseph B. Richey, Theodore D. Wakefield, Alan D. Wainscott, “Powered wheelchair having transversely mounted drive mechanism”, Filing date: Nov 29, 1990.
- US Patent 5234066, Terry P. Ahsing, Joe M. Hopping, Alan R. Owen, Jerome C. Stenhjem, “Power-assisted wheelchair”, Filing date: Nov 13, 1990.
- US Patent 5350032, Terry W. Smith, “Power conversion kit for wheelchair”, Filing date: Apr 8, 1993.
- US Patent 6371502, R Keith Howlett, Charles F Timmreck, “Universal conversion kit for human powered wheelchairs”, Filing date: Feb 27, 2000.
- US Patent 4037676, Edward Thipthorp Ruse, “Powered invalid-chairs”, Filing date: Jul 24, 1975
- US Patent 4455031, Wayne N. Hosaka, “Wheelchair”, Filing date: Nov 27, 1981.
- US Patent 4503925, James A. Palmer, Stephen C. Gromak, “Detachable steerable power unit for occupant-propelled wheelchairs”, Filing date: Jun 13, 1983.
- Vidal Filho, W. B. ; Moscato, L. A. 2001, “Metodologia de Projeto de um Robô para Aplicações Cirúrgicas”, Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Uberlândia. XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica.

## 8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído nesse trabalho.

## KIT DEVELOPMENT TO CONVENTIONAL WHEELCHAIR AUTOMATION

Walter de B. Vidal Filho, [wbritto1@gmail.com](mailto:wbritto1@gmail.com)<sup>1</sup>

Rafael Avila, [eng.rap@gmail.com](mailto:eng.rap@gmail.com)<sup>2</sup>

Carlos H. Llanos, [llanos@unb.br](mailto:llanos@unb.br)<sup>2</sup>

Rudi V. Els, [rudi@unb.br](mailto:rudi@unb.br)<sup>2</sup>

Guilherme Queiroga, [guilherme.queiroga@tipod.com.br](mailto:guilherme.queiroga@tipod.com.br)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia, DEMEC, Rua Acadêmico Hélio Ramos S/N, Recife-PE.

<sup>2</sup>Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, DEM, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte –Brasília- DF.

<sup>3</sup>Tipo D Ltda.

**Abstract.** *This paper discusses the development of a kit that can transform a conventional wheelchair to a motorized one with joystick control. The need for a motorized wheelchair is found in cases of users who have no skill or strength in his arms to use the conventional chair. the available wheelchairs on the market have a cost that prevents access to a large population, so there was a need to develop a motorization kit of low cost*

**Keywords:** *automation, mechatronics, wheelchair.*