

CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS ASSISTIVOS PARA PESSOAS PORTADORAS DE DEFICIÊNCIA NO ENSINO DO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Víctor O. GAMARRA ROSADO – victor@feg.unesp.br

UNESP – FE/G – Campus de Guaratinguetá

Departamento de Mecânica, CP 205

12516-410 – Guaratinguetá – SP

Resumo: *O objetivo deste estudo consiste em obter soluções, conceber e dimensionar equipamentos assistivos como trabalhos de graduação e pós-graduação no ensino do curso de engenharia da FE/G-Unesp. Além do caráter social, visto que estes estudos devem proporcionar à pessoa portadora de deficiência maior independência, qualidade de vida e inclusão social, através da ampliação de sua comunicação, mobilidade, controle de seu ambiente, habilidades de seu aprendizado, competição, trabalho e integração com a família, amigos e sociedade; também, visam direcionar o futuro engenheiro para esse campo, o que tem revelado um grande mercado, com oportunidades em diversos segmentos. Entre os projetos desenvolvidos e dimensionados apresentam-se uma cadeira de rodas motorizada, um guincho para transferência, um ciclo-ergômetro para fisioterapia, e uma plataforma de acessibilidade.*

Palavras-chave: *Equipamentos assistivos, Concepção e dimensionamento, Ensino no curso de engenharia, Pessoas portadoras de deficiência*

1. INTRODUÇÃO

Pesquisas do IBGE revelam que existem no país 24,5 milhões de pessoas (14,5% da população) com algum tipo de deficiência. Trata-se de uma parcela nada desprezível da população, e segundo a revista PE&GN, R\$ 1 bilhão é quanto movimentam os negócios voltados para os deficientes físicos, onde somente o segmento de veículos adaptados é responsável por R\$ 175 milhões (ROQUE, 2003).

Assim, observa-se que existe evolução neste cenário e se deve a vários fatores: Maior rigor das leis, reconhecimento por parte dos portadores de deficiência em relação aos próprios direitos como cidadãos e aumento da conscientização da sociedade em geral. O Brasil ainda esta longe de ser um exemplo na atenção dispensada a essas pessoas. Mas ha progressos nesse campo, o que tem revelado um grande mercado, com oportunidades em diversos segmentos. A expectativa é de crescimento de 50% no ano que vem. Fazer produtos conforme as normas de segurança e saber conhecer o perfil e as necessidades dos clientes são os principais ingredientes de sucesso de quem atende esse público.

Neste sentido, também, com o objetivo principal de proporcionar à pessoa portadora de deficiência maior independência, qualidade de vida e inclusão social, através da ampliação de sua comunicação, mobilidade, controle de seu ambiente, habilidades de seu aprendizado, competição, trabalho e integração com a família, amigos e sociedade, procura-se motivar os alunos com desafios como o desenvolvimento de produtos assistivos, aplicando os conhecimentos adquiridos durante sua formação, e trabalhar por melhorias que facilitem a vida de portadores de deficiência. Os resultados devem ser divulgados na forma de trabalhos

finais de graduação ou dissertações. Atualmente, alunos desta Faculdade tem desenvolvido e dimensionado dispositivos de transdução e mecanismos, financiados por Bolsas Fapesp e Bolsa PAE-Unesp, visando melhorar a qualidade de vida de pessoas portadoras de deficiência. Entre estes dispositivos e equipamentos concebidos e projetados tem-se: o projeto de uma cadeira de rodas motorizada: Dimensionamento estrutural e a Interface com o usuário; o dimensionamento preliminar de um guincho; a concepção preliminar de um ciclo-ergômetro para fisioterapia; e o dimensionamento de uma plataforma de acessibilidade.

Além do caráter social, este projeto proporcionará a aplicação dos conhecimentos dos cursos de engenharia, utilizando as mais diversas técnicas para aumentar o conforto, mobilidade e a segurança dos usuários.

2. CONCEPÇÃO DE EQUIPAMENTOS ASSISTIVOS

Hoje, a engenharia de reabilitação é o segmento de crescimento mais rápido nos serviços de saúde e assistência social. Esse crescimento é o resultado do esforço em reduzir custos da assistência médica, além de elevar a auto-estima daqueles que sofrem algum tipo de deficiência. Dentro deste campo, classifica-se a Tecnologia Assistiva como todo e qualquer item, equipamento, produto e sistema que propicia ao portador de deficiência uma vida mais independente, produtiva, agradável e bem sucedida, através do suplemento, manutenção ou devolução das capacidades funcionais desta pessoa. Entre algumas das categorias de Tecnologia Assistiva, as quais serão tratadas nesta proposta de projeto de pesquisa, tem-se, os Equipamentos para a Mobilidade, entre elas as cadeiras de rodas; as Adaptações Estruturais em Ambientes Domésticos, Profissionais ou Públicos, como por exemplo, rampas, elevadores, entre outros; e as Adaptações em Veículos, entre elas, modificações para a direção segura, e sistemas para acesso e saída do veículo.

Assim, apresentam-se a seguir alguns dos equipamentos assistivos concebidos e dimensionados no curso de engenharia, projetos estes que propiciam o desenvolvimento de pesquisa básica e aplicada.

2.1 Cadeira de rodas motorizada

O desenvolvimento dos cálculos da parte mecânica da cadeira de rodas está baseada na dinâmica, proposta na sistematização de projeto de veículos elétricos e automóveis, que enunciam os fatores que influenciam no movimento, tais como resistência ao rolamento, força devido à inércia, força de resistência aerodinâmica, utilizados no cálculo dos parâmetros do motor e na relação de transmissão do redutor, fixando variáveis como a massa, velocidade, aceleração, diâmetro da roda motora, posição do centro de gravidade que influencia na distribuição de carga nas rodas traseiras e dianteiras bem como na estabilidade do veículo no início do movimento (BOTTURA, 1989; TORO 1999).

Para os cálculos eletrônicos, segundo a mesma literatura analisaram-se alguns fatores que importam ao controle de um *veículo elétrico*, ou melhor, ao projeto de um sistema de acionamento, composto por uma ou mais máquinas elétricas, com controle de velocidade ou torque, destinado a transportar ou conduzir uma carga específica (ALMEIDA, 1986).

O usuário controlará a cadeira pelo deslocamento da alavanca do *Joystick* que fornecerá a composição de movimento de cada motor. Para tal, pesquisou-se duas possibilidades de *Joystick* que fosse livre de manutenção freqüente que é o caso que ocorre com o potenciômetro. As possibilidades seriam um instrumento com base em variação eletromagnética e outro com variação de intensidade luminosa. Para garantir o conforto e a segurança do usuário no início do movimento se utiliza o *PWM* que faz com que a cadeira tenha uma saída da inércia mais suave.

Motorização da cadeira

Para determinar as características dos motores calcular-se-á os esforços no movimento do veículo, determinando assim a potência necessária, as rotações, e a corrente elétrica no motor em situações de maior solicitação do veículo. Para tal, calculam-se as forças que surgem na cadeira de rodas desde o repouso até atingir a velocidade de cruzeiro (velocidade final do

movimento), conforme a Figura 1. Apresentam-se nos esboços das Figuras 2 e 3, as dimensões finais como a posição para transpor obstáculos.

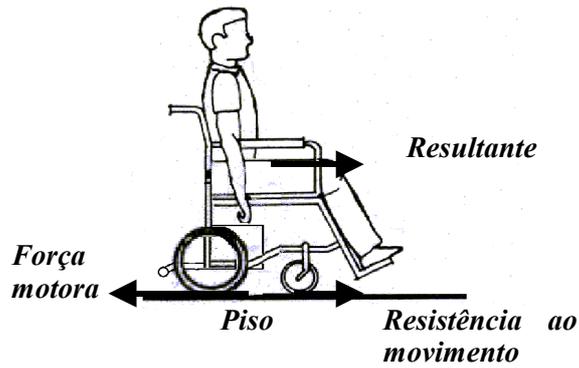


Figura 1. Forças que atuam na cadeira de rodas

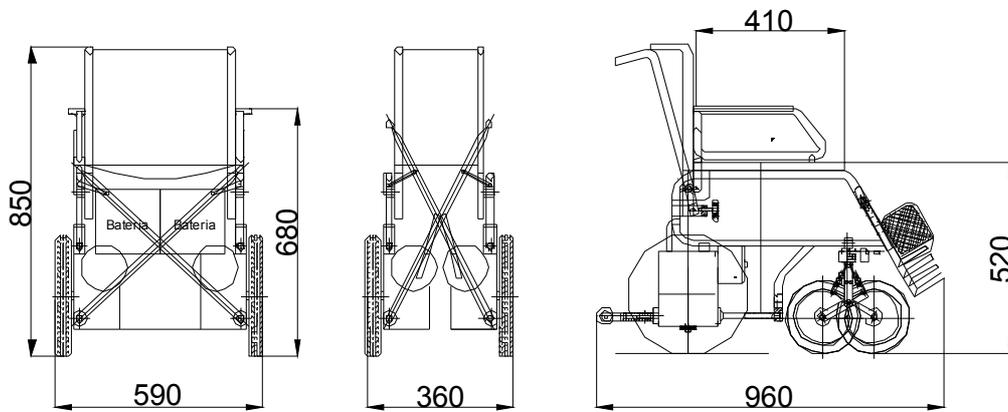


Figura 2. Dimensões finais da cadeira de rodas

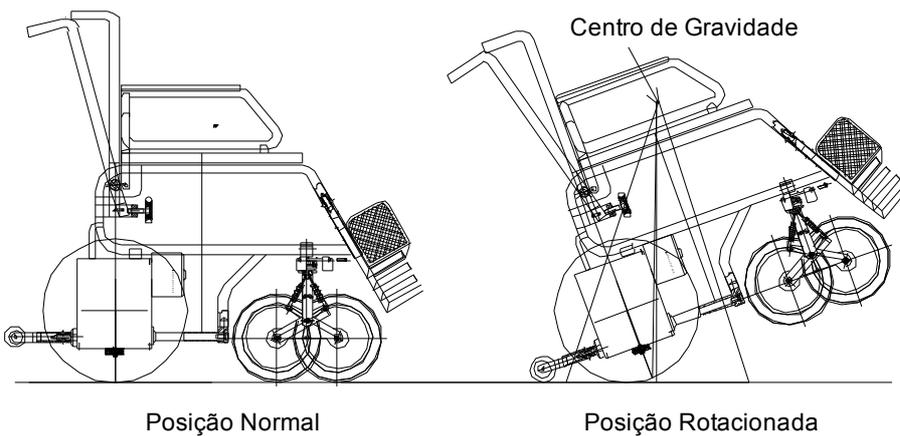


Figura 3. Posições da cadeira na rotação para transpor obstáculos

Joystick

Como a interface entre o usuário e a cadeira de rodas será feita através do *Joystick* não podemos utilizar um tipo convencional; assim, propõe-se um equipamento sem contatos mecânicos afim de evitar manutenção corretiva. Para isto, pode-se utilizar um *LDR* - resistor dependente de luz, e um *LED* - diodo emissor de luz. Teremos um *LED* e um *LDR* fixos e o graduador de intensidade luminosa com um rasgo de perfil semicircular crescente que gira em

torno do eixo, desta forma passa mais ou menos luz pelo rasgo dependendo da posição onde se encontra, o que varia uma resistência sem contato mecânico (Veja as Figura 4 e 5).

O circuito eletrônico está mostrado a seguir (lembrando que se terá um circuito deste para cada eixo).

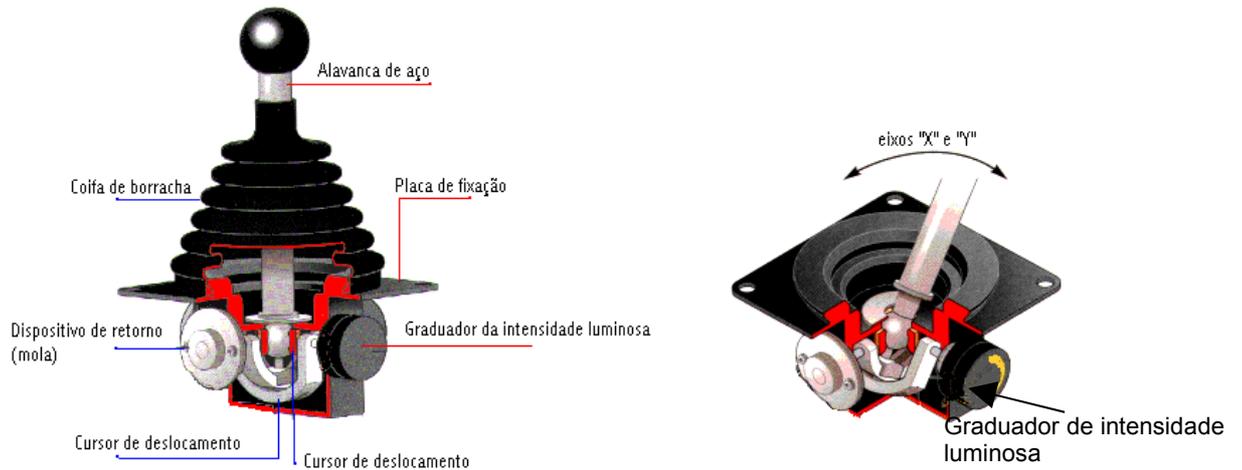


Figura 4. Joystick com graduator acoplado

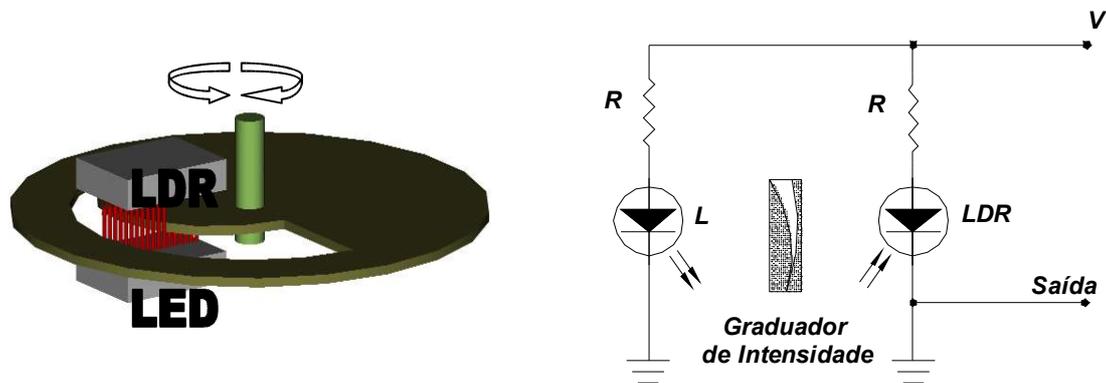


Figura 5. Passagem de luz pelo graduator e o Circuito eletrônico do Joystick

Conclusões

Os motivos pelos quais opta-se por motores de corrente contínua são o menor nível de ruído, maior controle de velocidade e menor custo relativo, ou seja, o motor de corrente contínua tem um custo de aquisição maior do que o motor de corrente alternada, porém seria necessário um conversor de frequência DC/AC, o que elevaria o custo do conjunto (Motor + Conversor).

O Joystick poderá ser fixado tanto para controle no lado direito, lado esquerdo, como na parte de trás da cadeira, permitindo que a mesma seja controlada pelo usuário ou por uma segunda pessoa, respectivamente.

Com base sugerida por normas, tais como, a NBR 9050/1994 (Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamentos urbanos), a ISO 2631/1978 (Tempos máximos de exposição permitidos a vibrações longitudinais e transversais), e a DIN 33402 (Antropometria Estática), se dimensiona a estrutura tubular, encostos, assento, as partes removíveis e as rodas, as quais são também desenhados em AutoCAD. Com a definição da corrente máxima do motor, será possível fazer os cálculos dos componentes do circuito preliminar. Após isso é feita uma simulação do circuito no software EWB ou no Circuit Maker. E também, é desenvolvido o circuito do carregador de baterias e feita a simulação (GALVÃO e MOREIRA, 2001).

2.2 Guincho para transferência

Este projeto consiste no desenvolvimento de um guincho para elevação e transferência para os diversos ambientes de uma pessoa deficiente. Que proteja sua coluna, e dê mais conforto para o paciente e a família. Um sistema de içamento manual de forma a evitar esforços desnecessários. E facilitar a remoção da cama para a cadeira, para o vaso ou para o banho.

As características deste equipamento é que seja de fácil uso, que atenda as necessidades diárias e ainda assim seja de baixo custo (SILVA, 2002).

Este equipamento ajudará aos enfermeiros e familiares das pessoas portadoras de deficiência que tem muita dificuldade em transferi-los de um lado para outro. O protótipo é composto de uma base com rodas, uma haste central, e um braço giratório e elevadiço (Veja a Figura 6).

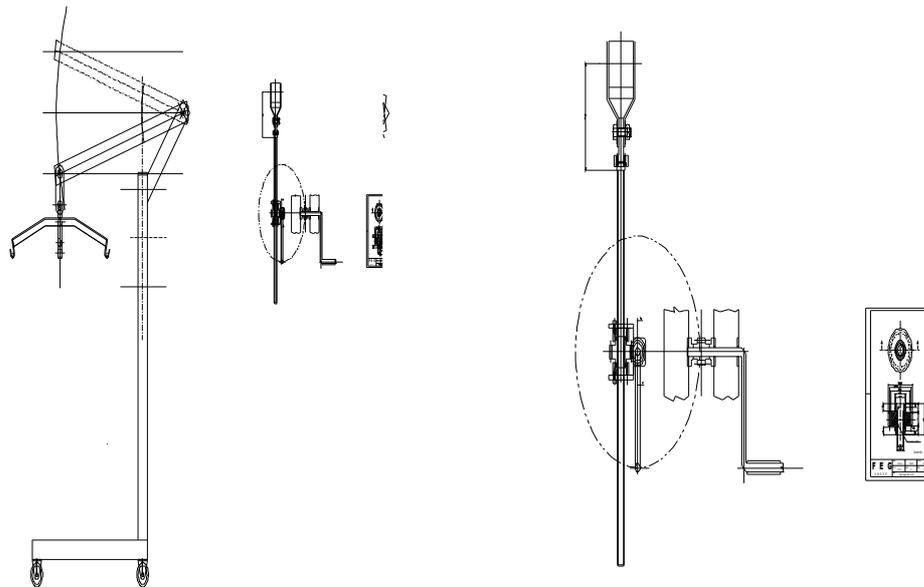


Figura 6. Vista do Guincho e detalhes do sistema de içamento

2.3 Plataforma de acessibilidade

A Comissão Permanente de Acessibilidade – CPA da Secretaria Municipal da Habitação e Desenvolvimento Urbano do município de São Paulo lançou, no final do ano passado, o “Guia para mobilidade acessível em vias públicas”. Entre suas atribuições, a CPA coordena ações com o objetivo de garantir acessibilidade para as edificações, vias públicas, mobiliário urbano, habitações e transportes na cidade de São Paulo. Também cabe à Comissão elaborar normas relativas ao assunto e promover orientação e fiscalização dos projetos (MELO, 2004). Tendo em vista que muitos deficientes físicos necessitam de uma cadeira de rodas, e com a finalidade de proporcionar maior mobilidade e independência a estas pessoas, encontram-se no mercado plataformas de elevação. Entretanto, a grande maioria não pode adquirir este produto devido ao elevado custo de obtenção e manutenção, já que este é um produto importado.

A plataforma de acessibilidade é constituída por plataforma de transporte e corpo. A plataforma de transporte é composta pela plataforma e pelas rampas de acesso laterais e frontal; compõem o corpo, os braços de segurança, painel de controle e corrimão, e, para fixação há dois trilhos, um superior e um inferior, e torre de sustentação, caso não seja possível ou conveniente fixar na parede. De um estudo preliminar e bastante abrangente (CONCORD Elevator, 2001; GARAVENTA, 2001) e com a finalidade de alcançar nosso objetivo, inicialmente tem-se adotado as especificações a seguir (Veja as Figuras 7 e 8).

Especificações gerais

A plataforma deverá suportar uma carga de aproximadamente 230 Kg (cadeira + pessoa), atingindo a velocidade máxima em torno de 6 m/min.

A interface entre o usuário e a plataforma será através de um *painel de controle*, localizado no corpo da plataforma de elevação, que controlará o movimento de um motor, e duas unidades de controles remoto auxiliares, estando uma unidade em cada terminal, tendo a finalidade de acionar a chamada da plataforma para seu uso. O movimento do motor será transmitido à plataforma por um redutor de velocidade. As plataformas poderão ter dimensões entre 800 x 760mm (mínimas) e 1200 x 760mm (máximas).

Sistema de Operação

O deslocamento da plataforma será ao longo de dois trilhos que podem ser montados diretamente à parede ou apoiados em postes (torres). O trilho superior levará em consideração o apoio da plataforma e todo o sistema de operação, enquanto o trilho inferior proporcionará apoio lateral.

Rampas de acesso

Existem três rampas de acesso, duas laterais e uma frontal. As rampas de acesso são dobráveis e sua superfície é antiderrapante. As rampas se abrem (baixam) para auxiliar o usuário a embarcar e desembarcar da plataforma; e se fecham (levantam) para garantir maior segurança ao usuário, impedindo que a cadeira de rodas deslize para fora da plataforma.

Braços de Segurança

Os braços de segurança têm a função de proporcionar maior segurança ao usuário, são móveis e percorrem todo o perímetro da plataforma. Quando a plataforma não se encontra em uso, permanecem na posição vertical, ocupando assim um menor espaço, liberando a passagem da escada.

Painel de Controle

O painel de controle está localizado na estação e ativa o funcionamento da plataforma e rampas de acesso. Seu sistema é de simples operação. O motor de 24V DC é fixo na própria estação, e, junto a ele encontra-se um inversor de frequência. O motor pode ser de 1cv (0,75 kW) ou 1,5cv (1,12 kW). Na plataforma haverá uma bateria auxiliar, caso haja algum imprevisto ou emergência.

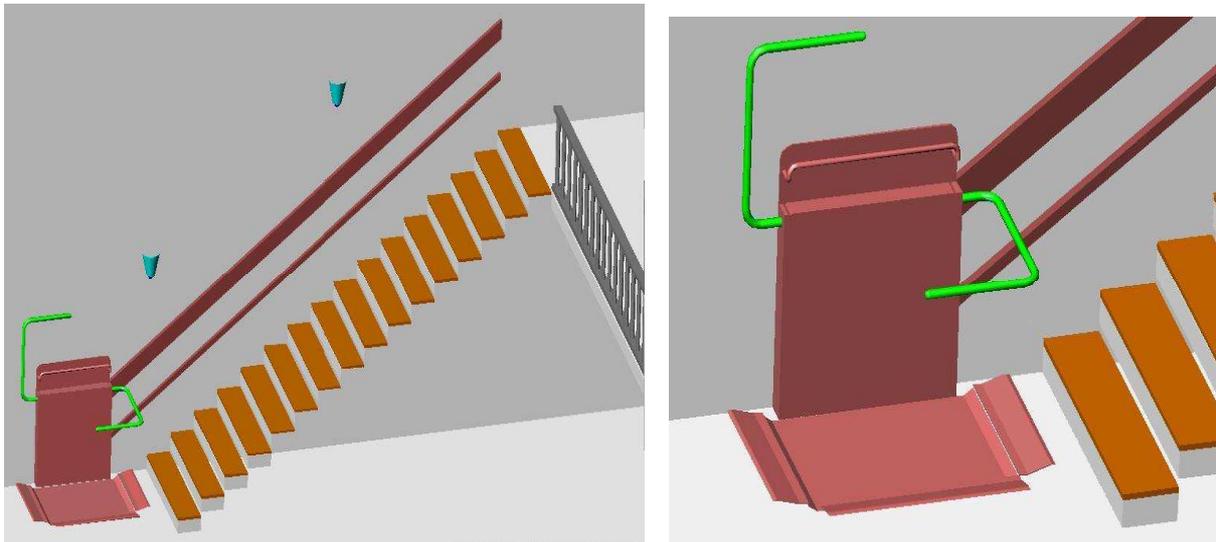


Figura 7. Plataforma de elevação em perspectiva

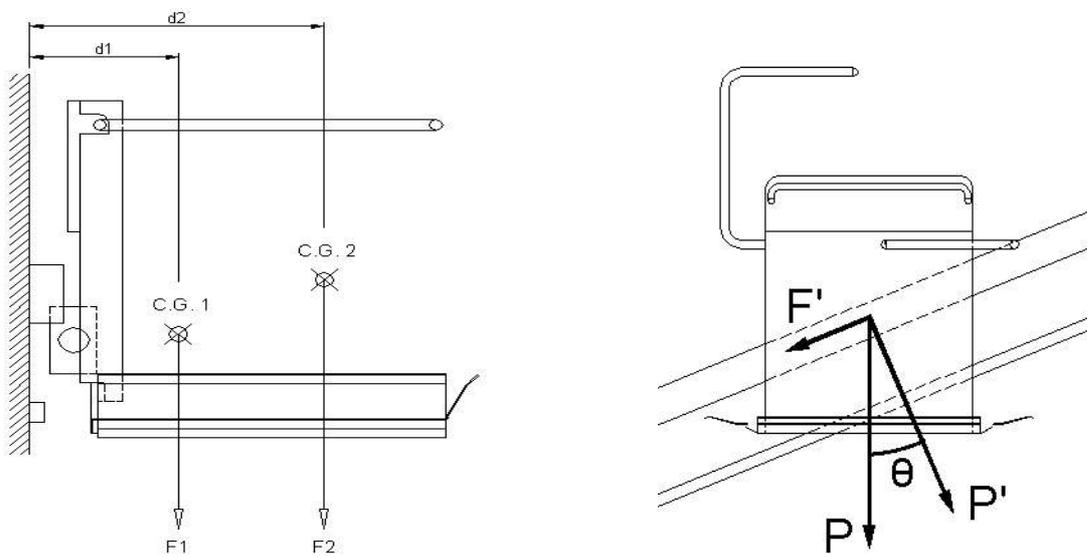


Figura 8. Forças existentes e Estimativas dos centros de gravidade no sistema

De um estudo preliminar, espera-se que a plataforma apresente as seguinte característica,

Diagrama de Carga (* Estimativa da massa da plataforma)

F1: Centro de gravidade de transporte. *100 kg \cong 981,0 N.

F2: Centro de gravidade da plataforma carregada com carga máxima. 230 kg \cong 2256,3 N.

d1: 266 mm ; d2: 634 mm

Momento

$M = \text{Força (F)} \times \text{distância (d)} = F1 \times d1 + F2 \times d2$

Momento Máximo $M = 1.691,4 \text{ kNmm}$

Tensões e Força

Para a determinação das tensões existentes no sistema além do torque necessário, a plataforma foi analisada mediante sua capacidade máxima de carga.

Força

$$F' = (P_p + P) \times \text{sen } \theta + m \times a$$

$$F' = (981 + P) \times \text{sen } \theta + (m_p + m) \times a$$

$$F' = (981 + P) \times \text{sen } \theta + (100 + m) \times \Delta v / \Delta t$$

Sendo: θ o ângulo da escada, P_p o peso da plataforma = 981,0 N , P o peso da carga, m_p a massa da plataforma (*100 kg), m a massa da carga, e $\Delta v / \Delta t \approx 0,05 \text{ m/s}^2$.

* para estes cálculos foi considerado o movimento de subida.

$$\text{Força Máxima } F' = 3237,3 \times \text{sen } \theta + 16,5$$

Força aplicada no trilho (P')

$$P' = (P_p + P) \times \text{cos } \theta = (981 + P) \times \text{cos } \theta$$

$$\text{Força máxima aplicada no trilho: } P' = 3237,3 \times \text{cos } \theta$$

Velocidade

Neste projeto tem-se adotado inicialmente que a plataforma deverá desenvolver uma velocidade máxima de 6 m/min (0,1 m/s), visando garantir uma maior segurança ao usuário. Para o desenvolvimento de tal velocidade a partir do motor escolhido, será necessário o uso de um redutor de velocidade, o que proporcionará, além da velocidade desejada, o torque necessário ao sistema.

Normas Técnicas

Serão seguidas as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) referentes à “Elevadores elétricos de passageiros”, NBR NM 207. Veja a Figura 9.

O objetivo desta Norma é definir regras de segurança relativas a elevadores de passageiros com vistas a proteger as pessoas e objetos contra os riscos de acidentes relacionados com as operações pelo usuário, de manutenção e de emergência.

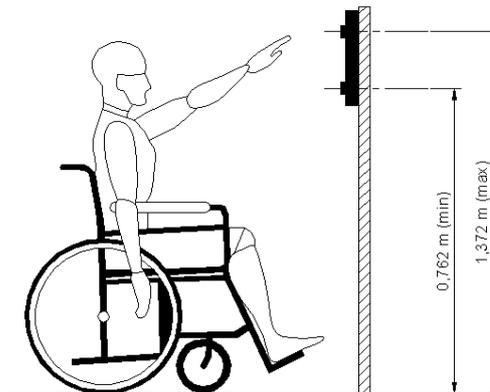


Figura 9. Alturas normalizadas para os controles segundo ABNT

2.4 Ciclo-ergômetro para fisioterapia

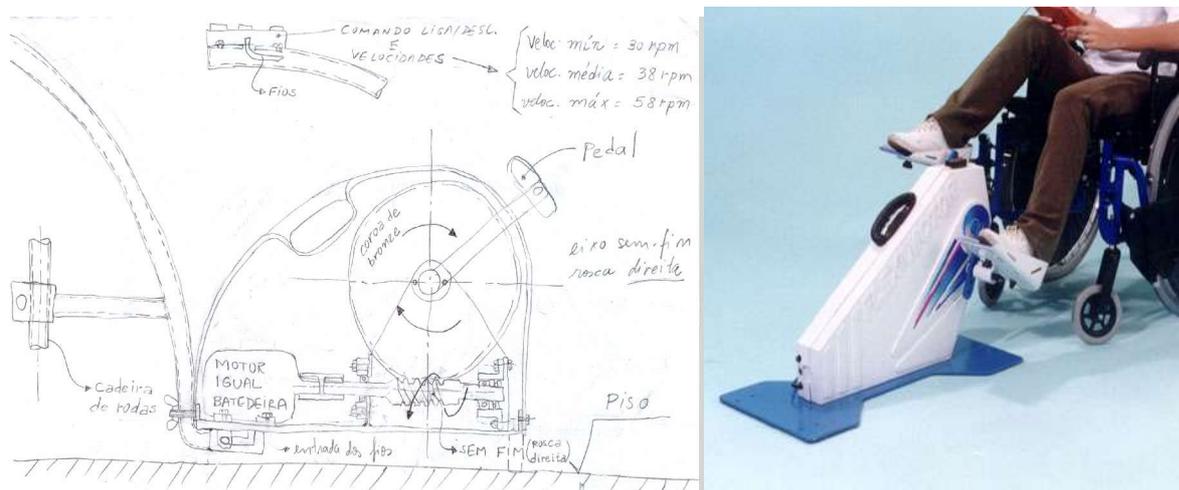


Figura 10. Esboço do ciclo-ergômetro passivo e um produto de mercado

O objetivo deste equipamento consiste em ativar a circulação, manter as amplitudes articulares, manter controle de hipertonia, estimular o metabolismo, prevenir a formação de escaras, e melhorar a função renal, favorecendo o funcionamento do intestino.

Ideal para pessoas em convalescência e que utilizam cadeiras de rodas. Indicado em esclerose múltipla, hemiplegia, lesões musculares, atrofia muscular, patologias reumáticas, circulatórias, neurológicas e ortopédicas.

Entre as características que deve possuir este equipamento estão o controle de tempo, velocidade, sensor de espasmos e alarme. E assim, ser amplamente utilizado em clínicas, hospitais e residências, proporcionando uma terapia mais intensiva, facilitando a reabilitação. Veja a Figura 10.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a execução destes projetos, os alunos do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - UNESP, apresentaram bom desempenho

acadêmico, e observa-se que, além da maturidade como aluno de graduação do curso de engenharia, os alunos tem ganho ampla bagagem de conhecimentos multidisciplinares, teóricos e práticos, durante sua realização.

Atingindo assim, um dos objetivos deste projeto que são os ganhos relevantes em torno da sua melhor formação. Também, como coordenador deste projeto, gostaria agradecer à FAPESP pelo incentivo aos alunos de graduação dos cursos de engenharia para desenvolver e participar de projetos práticos de iniciação científica, como neste caso, um projeto nobre, atual e de grande importância social.

Agradecimentos

O autor agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelas bolsas concedidas durante o programa de Iniciação Científica, Processos Nº 00/11393-3 e 00/11392-7.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. L. A. **Eletrônica de Potência**. Ed Érica, 1ª. Edição, 1986.

BOTTURA, C. P.; BARRETO, G. **Veículos Elétricos**. Ed. UNICAMP, 1ª. Edição, 1989.

CONCORD Elevator: Stair Lifts and Chair Lifts [online] [cited 2001-01-03]. Available from World Wide Web:[URL:HTTP://www.concordelevator.com](http://www.concordelevator.com)

GALVÃO, A. L. C.; MOREIRA, M. J. O. Projeto de Pesquisa: Concepção e Projeto de uma Cadeira de Rodas Motorizada. **Relatório Final – Fapesp**, Processos nº 00/11393-3 e 00/11392-7. 2001.

GARAVENTA – Stair Lifts – Inclined Platform [online] [cited 2001-01-03]. Available from World Wide Web:[URL:HTTP://www.garaventa.ca](http://www.garaventa.ca)

MELO, P. CREA-SP apóia mobilidade acessível em vias publicas. **Revista CREA-SP**, Nº 13, p. 8-9, Jan/Fev 2004.

REHADAT: Institut der deutschen Wirtschaft Köln – Rehadat Information-System auf beruflicher Rehabilitation [online] [cited 2000-09-21] Available from World Wide Web:[URL:HTTP://www.rehadat.de](http://www.rehadat.de)

ROQUE, W. Livre de preconceitos. **Oportunidades de Negócios PE&GN**, Editora Globo, No. 175, São Paulo, p. 32-33, Agosto 2003.

SILVA, F. V. Concepção preliminar de um guincho – cegonha – para deficientes físicos. Programa de apoio ao estudante. **Relatório Final da Bolsa PAE**. Pró-Reitoria de Extensão Universitária e Assuntos Comunitários, 2002.

TORO, V. Fundamentos de Máquinas Elétricas. LTC Editora, 1999.

CONCEPTION AND DESIGN OF ASSISTIVE EQUIPMENTS TO PHYSICAL DISABILITIES INDIVIDUALS IN THE TEACHING OF MECHANICAL ENGINEERING COURSE

Abstract: *The aim of this work consist in the study, conception and design of assistive equipments in the teaching of mechanical engineering course of FEG - College of Engineering, UNESP - Paulista State University. Assistive technology is any item, piece of equipment, product or system that are used to increase, maintain, or improve the functional capabilities of persons with disabilities. The engineering students apply the knowledge acquired during the course to obtain solutions about new technology, practical applications, and services. Also, this work seek to show to students the market opportunities that exist in this area. Actually has been designed and sketched a power wheelchair, an inclined wheelchair platform and a passive bicycle which are presented.*

Key-words: *Assistive equipments, Conception and mechanical design, Engineering course teaching, Physical disabilities individuals*