

LABORATÓRIO DE PROJETOS ESPECIAIS

Projeto de Cama Hospitalar Acionada Por Movimentos Faciais

Carlos Rezende de Menezes¹, Daiane Susuki Guimarães²

¹*Prof. Dr. do Departamento de Mecânica – FATEC-SP*

²*Aluna de Iniciação Científica – Curso de Mecânica Modalidade Projetos – FATEC-SP*

Resumo

O Laboratório de Projetos Especiais (LPE) da FATEC-SP foi criado para auxiliar no desenvolvimento de projetos específicos de atendimento a pessoas com necessidades especiais e idosos. Neste trabalho é apresentado o projeto de uma cama hospitalar com movimentos controlados por meio de leitura facial.

O objetivo principal é proporcionar melhor qualidade de vida a pessoas idosas e portadores de paralisia, particularmente os tetraplégicos que geralmente dependem do auxílio de outros para realizarem movimentações básicas. A utilização de um sistema de acionamento de motores por meio da leitura dos movimentos faciais, proporciona autonomia, independência e conseqüentemente melhor qualidade de vida, inclusive às pessoas com movimentos preservados somente de cabeça e pescoço.

Os resultados mostram a viabilidade da utilização de software de leitura de movimentos acionando sistemas mecânicos interfaceados por controladores lógicos programáveis. Além disso, a utilização de adesivos industriais em substituição de juntas soldadas ou unidas por parafusos ou rebites, se mostrou interessante para a redução de custos e praticidade de montagem.

1. Introdução

Atividades objetivando a reabilitação humana têm sido constatadas há muito tempo. Foram encontradas próteses em múmias egípcias com mais de 3.000 anos de idade e perna artificial romana datada de 300 AC. O primeiro registro de uma cama com rodas está mostrado em um vaso grego de 530 AC. Uma cadeira com rodas aparece em um desenho chinês de 525 DC. A primeira cadeira de rodas motorizada foi construída em 1912 na Inglaterra [1].

Equipamentos que permitam ao indivíduo superar limitações tanto físicas quanto sensoriais, proporcionam melhoraria da qualidade de vida de pessoas com necessidades especiais [2] [3]. O mesmo conceito se aplica aos idosos. Limitação da mobilidade não ocorre apenas para pessoas que, por motivo de doença ou acidente, tiveram restrições de movimentos. O prolongamento da expectativa de vida é outra situação que podem gerar tais limitações. O idoso, muitas vezes,

é dependente de equipamentos tais como camas articuladas, cadeiras de rodas, andadores, plataformas elevatórias entre outros.

Ainda que o Estado atue de forma social, por meio de atendimento médico-hospitalar, as estatísticas mostram que um grande número de famílias com algum de seus membros sujeito a deficiência física ou idoso, não têm condições financeiras para a aquisição de equipamentos que lhes permitam uma melhor qualidade de vida. O mesmo se aplica a inúmeras entidades assistenciais.

Atualmente estão sendo desenvolvidos pelo LPE, quatro projetos de iniciação científica: Cama Hospitalar Acionada por Movimentos Faciais, Plataforma para Transporte de Cadeirantes com Acionamento por Voz., Sistema Elevatório (Transfer) para Transporte de Pacientes e Cadeira de Rodas Motorizada Comandada por Celular

Entre os quatro, o projeto da Cama Hospitalar encontra-se em fase mais avançada de desenvolvimento.

2. Justificativas

Os dados sobre a população brasileira de idosos e de pessoas portadoras de algum tipo de deficiência disponíveis nos relatórios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) informam, pelo censo de 2010 [4], que a população brasileira é de 190.732.694 sendo que 14.785.338 pessoas tem idade entre 55 a 64 anos (7,7%) e 14.081.480 (7,4%) mais de 65 anos.

Pessoas com 65 anos ou mais que eram 4,8% do total em 1991, passaram a 5,9% em 2000 e atualmente representam 7,4% da população.

O portador de necessidades especiais, cujo conceito é usado para designar pessoas que necessitam de uma atenção maior por qualquer limitação ou condição que venha a trazer uma dificuldade em algumas atividades, em 2000 eram cerca de 24,6 milhões. Este número correspondia a 14,5% da população total. O próprio IBGE declara que: “É importante destacar que a proporção de pessoas portadoras de deficiência aumenta com a idade, passando de 4,3% nas crianças até 14 anos, para 54% do total das pessoas com idade superior a 65 anos. A medida que a estrutura da população está mais envelhecida, a proporção de pessoas com deficiência aumenta, surgindo um novo elenco de demandas para atender as necessidades específicas deste grupo.”

3. Metodologia

Um dos objetivos dos projetos de pesquisas tecnológicas do LPE é a aplicabilidade imediata. Acordos de cooperação com entidades assistenciais têm sido referenciais para a escolha dos trabalhos. Para atendimento ao público a que se destinam, os equipamentos devem apresentar simplicidade de utilização e baixo custo.

Com a utilização de programas de engenharia e metodologias tais como a Análise Preventiva de Falhas aplicada a Projetos (DFMEA), é possível evitar correções futuras desnecessárias e custosas. A utilização de tecnologias que podem ser consideradas não convencionais em substituição às tradicionais traz também ganhos consideráveis. Um exemplo é o uso de juntas adesivadas em substituição às soldadas ou parafusadas. Como resultado reduz-se o custo final do produto e permite-se uma montagem muito mais simples do que a que seria realizada por processos ditos convencionais.

Uma aplicação prática é obter um conjunto de peças, que podemos chamar de *kit* de montagem, de uma cama hospitalar para ser instalada por pessoal sem grande formação técnica e em praticamente qualquer lugar onde este equipamento seja necessário.

4. Desenvolvimento

Para todos os projetos foram realizadas pesquisas detalhas sobre a aplicabilidade.

Após a análise por DFMEA, um pré-projeto é desenvolvido utilizando-se programas que permitem avaliar o nível de tensões nos elementos quando se trabalha com sistemas estruturais.

A fase seguinte é a construção de maquete ou protótipo. Em geral, na maquete, procura-se demonstrar a aplicabilidade do conceito que será utilizado no protótipo. Como exemplo, na Cama Hospitalar a maquete serviu para demonstrar a viabilidade do sistema de leitura facial no acionamento dos motores, como descrito posteriormente.

As junções soldadas ou unidas por meio de rebites, parafusos ou similares foram substituídas por juntas adesivas.

4.1 Adesivos industriais

As vantagens da utilização de adesivos em juntas estruturais é que além de apresentarem distribuição uniforme de esforços mecânicos, permitem a união de materiais diferentes, oferecem proteção contra corrosão e conservam as características mecânicas dos materiais mesmo quando a junção é curada por temperatura.

As limitações estão relacionadas à deterioração quando submetidos a altas temperaturas de trabalho e

necessidade de boa limpeza das superfícies dos substratos. Além disso, se o adesivo apresentar um tempo de cura breve implica em formalizar um procedimento de utilização antes do início da reação [5].

4.2 Mecanismo de adesão

A união de elementos por meio de adesivos depende da adesão, que é a resistência da ligação do adesivo ao substrato, e da coesão, que é a resistência intrínseca do adesivo.

Em geral os adesivos são polímeros reativos que passam do estado líquido para o sólido por meio de reações de polimerização. A resistência da adesão depende do contato do adesivo com o substrato. Portanto, a garantia de que a superfície dos substratos está isenta de impurezas é fundamental para a resistência da estrutura.

A coesão depende do elemento adesivo que está sendo utilizado. A espessura da camada é fundamental para o bom resultado. Para garantir uma espessura uniforme da camada de adesivo, são utilizadas esferas de vidro com diâmetros pré definidos. A Figura mostra esferas com 0,8 mm de diâmetro utilizadas nos testes. As fotos foram registradas por meio de uma lupa com escala de 10 mm subdividida em intervalos de 0,1 mm e ampliação de 8X.

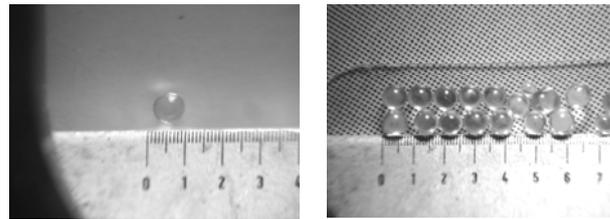


Figura 01 – Esferas de vidro com diâmetro de 0,8 mm utilizadas para manutenção da espessura da camada adesivada.

4.3 Teste em chapas de alumínio adesivadas.

Como a estrutura do projeto será de alumínio [6], testamos Corpos de Prova (CP) de Al unidos por meio do adesivo LORD®, da linha 410 [7]. O Lord 410/Acelerador 19 é um adesivo acrílico modificado, aplicável a uma ampla variedade de metais e plásticos de engenharia. A adesão requer preparação básica das superfícies. É um sistema bi-componente, de alta resistência, e cura a temperatura ambiente. A proporção da mistura é de 4:1 em volume (3:1 em peso) e o tempo de cura é da ordem de 20 a 30 minutos, com o manuseio após 60 minutos.

Nos ensaios realizados nos laboratórios da LORD® e FATEC-SP, foram utilizados CPs de alumínio comercial com 3 mm de espessura e área de contato do adesivo de $25,4^2 \text{ mm}^2$ (1 pol^2).

Na Figura 02 está mostrado um CP onde se observa falha de adesão devido à má limpeza das superfícies. A

Figura 03 mostra o gráfico com o resultado do ensaio de cisalhamento indicando que a carga máxima foi de 4,39 KN.

Na Figura 04 foi feita limpeza correta do CP com álcool isopropílico. Observe-se que houve “molhamento” completo das superfícies de contato. O valor obtido no ensaio de cisalhamento foi de 7,34 KN.

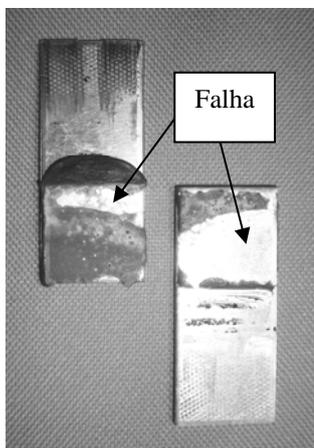
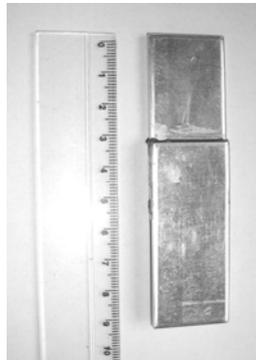


Figura 02 – Corpo de prova que apresenta falha de adesão devido a limpeza inadequada

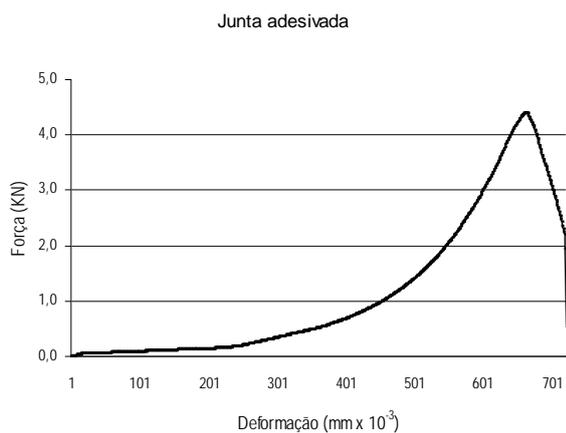


Figura 03 – Gráfico do ensaio do CP que apresentou falha de adesão

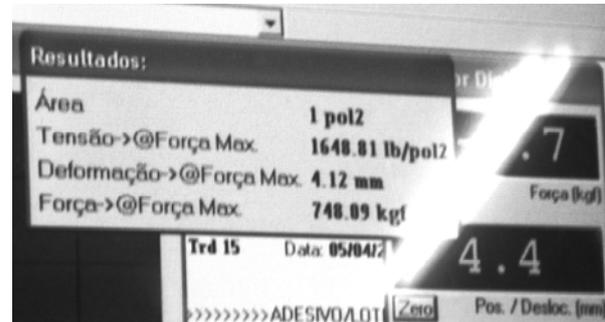
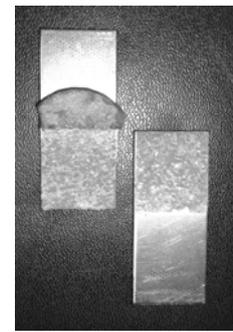


Figura 04 – Corpo de prova com limpeza da superfície adequada.

Para comparação, foi feito um ensaio com uma junta rebitada mostrada na Figura 05. O valor limite foi de 3,82 KN.

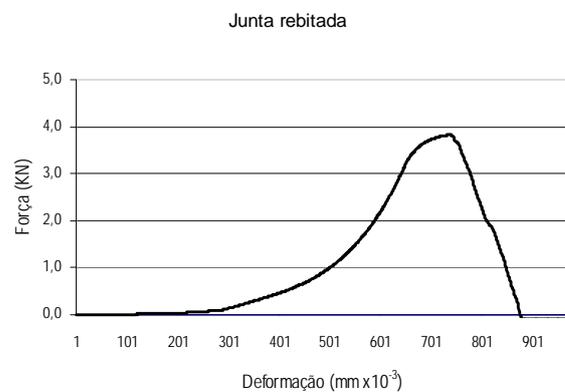
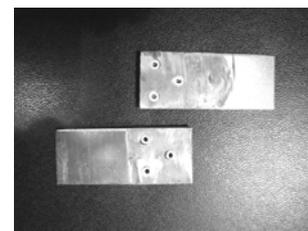


Figura 05 – Junta rebitada

4.4 Sistema de reconhecimento facial.

O Sistema de Reconhecimento Facial se dá por meio da comparação de determinados traços faciais e uma base de dados, mediante o contraste de determinadas características a partir de uma imagem digital proveniente de uma fonte de vídeo (*webcam*) [8] [9].

A função do Processamento de Imagens foi desenvolvida no ambiente MATLAB que contém várias funções dos algoritmos mais conhecidos para o tratamento de imagens, transformações geométricas, manipulações de cor que juntamente com as funções integradas do software, permite realizar análises e transformações de imagens.

A imagem é captada e passa por uma filtragem especial, que é uma das operações comuns no processamento das imagens. Nessa filtragem, eliminam-se as bordas e os ruídos. A determinação dos pixels da nova imagem depende dos da imagem original. Dessa forma, se faz necessária a configuração de uma matriz que considere pixels vizinhos e de que forma influirão na determinação de um novo pixel.

Para detectar o movimento da cabeça do usuário, compara-se duas imagens consecutivas I^F e $I^{(F-1)}$, onde F é o número de seqüência de uma imagem com uma matriz de M colunas e N linhas. Assim divide-se a imagem atual em seções de m colunas e n filas:

$$I_{i,j}^F(x,y) = I^F(i.m+x, j.n+y) \quad (1)$$

sendo (i,j) os índices que indicam a coluna e (x,y) a posição relativa dos pixels da imagem.

Cada seção da imagem "F" é comparada com uma área similar da imagem anterior "F-1", usando um endereço (dx,dy) de deslocamento:

$$S_{i,j}(dx,dy) = \sum x,y \left| I_{i,j}^F(x,y) - I_{i,j}^{F-1}(x+dx, y+dy) \right| \quad (2)$$

Para aplicações que não requeiram grande precisão na detecção de movimentos, a equação (2) pode ser simplificada fazendo-se comparações perpendiculares, conforme equações (3) e (4).

$$H_{i,j}(dx) = \sum x,y \left| I_{i,j}^F(x,y) - I_{i,j}^{F-1}(x+dx, y) \right| \quad (3)$$

$$V_{i,j}(dy) = \sum x,y \left| I_{i,j}^F(x,y) - I_{i,j}^{F-1}(x, y+dy) \right| \quad (4)$$

Quatro imagens independentes são criadas para determinar o movimento (L=esquerdo, R=direita, U=acima, D=abaixo).

$$R_{(i,j)} = \min(H_{i,j}(dx)) \quad -1 \geq dx \geq -p$$

$$L_{(i,j)} = \min(H_{i,j}(dx)) \quad 1 \geq dx \geq p$$

$$U_{(i,j)} = \min(V_{i,j}(dy)) \quad -1 \geq dy \geq -q$$

$$D_{(i,j)} = \min(V_{i,j}(dy)) \quad 1 \geq dy \geq q$$

onde p e q são os deslocamentos máximos horizontais e verticais.

Quando o usuário, por exemplo, movimenta a cabeça à direita o número de pixels diferentes de zero é proporcional a área de movimento. O valor dos pixels

indica a intensidade do deslocamento. Como neste algoritmo as matrizes têm uma resolução menor que a imagem original, a detecção do movimento se torna muito mais rápida.

5. Desenvolvimento do projeto da cama hospitalar

5.1 Maquete

Na fase inicial da pesquisa foi feito um levantamento das tecnologias disponíveis e elaborado um pré-projeto [10]. Em seguida foi construída uma maquete para testar a automação da cama. Esta etapa foi dividida em 3 partes: estudo e aplicações do software, programação do controlador lógico programável (CLP) e montagem do sistema autômato.

O software utilizado no projeto foi o "Headmouse 3.0" disponibilizado pela Universitat de Lleida. É um programa que substitui o mouse convencional permitindo controlar o movimento do cursor usando pequenos movimentos da cabeça - captados por uma webcam - e realizar as ações de selecionar e clicar mediante gestos da face do usuário como abrir e fechar a boca ou piscar.

Foi feita a junção do programa a um CLP Siemens S7- 200 e a um modelo mecânico a fim de avaliar o comportamento do conjunto. Uma webcam parametrizou, durante a calibragem, alguns pontos médios da face do usuário, tais como o posicionamento da íris, o nariz (sendo o ponto de referência) e a boca.

O software Eclipse Scada (*Supervisory Control And Data Acquisition*), utilizado no processo, serviu como base de apoio na comunicação de dados entre o programa que substitui o mouse e o CLP. Criou-se uma tela com dois botões, cuja função é acionar a maquete, hora levantando (quadrado à direita na tela), hora abaixando (quadrado a esquerda) o modelo, conforme mostra a Figura 06.





Figura 06 – Maquete – Posição inicial (acima) e posição acionada (abaixo)

5.2 Projeto Mecânico

Como já foi destacado, com o objetivo de baratear o custo de fabricação e facilitar a montagem serão utilizados perfis de alumínio com todas as junções unidas por meio de adesivo industrial. A Figura 07 mostra o pré-projeto do protótipo.

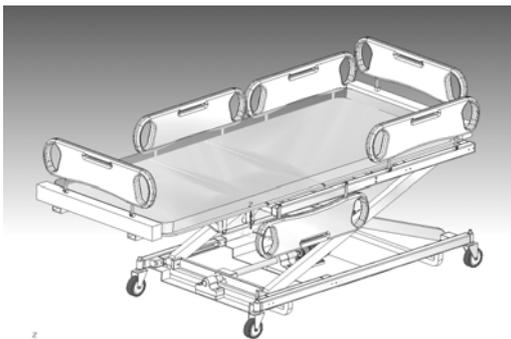


Figura 07 – Pré-projeto da cama hospitalar

6. Resultados

Durante os estudos percebeu-se que o filtro do software de controle do mouse é consideravelmente sensível a interpretação dos movimentos realizados, pois as condições externas, como iluminação, influem diretamente em seu desempenho. Tal fato implicou na necessidade de utilizar um programa auxiliar para corrigir este problema.

Outra dificuldade encontrada foi a automatização do acionamento e a calibragem do programa de leitura facial que varia em função da resolução da webcam utilizada.

Por outro lado, o sistema aceitou bem a calibração para diferentes formatos de rosto. Foram feitos testes com pessoas com qualquer cor dos olhos, que usam óculos ou lentes de contato e, houve uma ocasião em que o programa foi calibrado naturalmente com uma pessoa que possuía uma prótese de vidro substituindo um dos olhos.

Os resultados permitiram comprovar a viabilidade da utilização do sistema de acionamento por leitura de movimentos faciais, validando assim a idéia inicial.

7. Conclusão e Discussões

Os resultados obtidos por meio da construção da maquete foram decisivos para a continuidade do projeto uma vez que se conseguiu cumprir o proposto inicialmente em relação a validação da automação do acionamento do modelo.

Dentro dos prazos previstos no cronograma, a construção do protótipo é a etapa final, e está sendo desenvolvida. É um trabalho puramente mecânico, que engloba o desenho e análise dimensional do conjunto completando a pesquisa.

8. Referências Bibliográficas

- [1] UTAD - Engenharia de Reabilitação <http://www.engenhariadereabilitacao.net/estudos/historia.php> (em 02/2011)
- [2] Disability and the developing world", in International Rehabilitation Review (2º trim.1980,p.4-5).
- [3] ALEXANDRE, N.M.C. Aspectos ergonômicos relacionados com o ambiente e equipamentos hospitalares. Rev.latinoam.enfermagem, Ribeirão Preto, v. 6, n. 4, p. 103-109, outubro 1998
- [4] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censo 2010 - <http://www.ibge.gov.br/home/> (05/2011)
- [5] LOCTITE – Worldwide Design Handbook – 2ª edição (1998)
- [6] ALCOA ALUMINIO BRASIL – Catálogos Técnicos – www.alcoa.com/brazil/catalog/pdf/inovacompleto.pdf (08-2009)
- [7] LORD AMÉRICA DO SUL - Boletim Técnico BT-LO001D – Adesivos de Engenharia (2011)
- [8] Zambrano, J; Patricia, D - Mouse para personas con discapacidad motriz – XXII Jornadas en Ingeniería Eléctrica Y Electrónica - Escuela Politécnica Nacional (09/2009)
- [9] Palleja, T., et al - Ratón Virtual Relativo Controlado con los Movimientos de la Cabeza - IX Congreso Internacional Interacción, Albacete 9-11 - 06/2008
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR IEC 60601-2-38 - Equipamento Eletromédico – Prescrições particulares para segurança de camas hospitalares operadas eletricamente, RJ, 1994. 149p.

Agradecimentos

Os autores agradecem à LORD América do Sul e a ALCOA Alumínio S.A., pelo apoio técnico e material. Ao LPCM da FATEC-SP pelo apoio nos testes de laboratório. A FAT – Fundação de Apoio à Tecnologia

²A aluna desenvolve pesquisa de Iniciação Científica patrocinada por bolsa PIBIC.