

Design de produtos para o público idoso: Análise de esforços no projeto de andador dobrável.

Design of products to the elderly people: Stress analysis in the project of a folding walking-frame.

Egydio, E. M, Graduando, Universidade Estadual Paulista

eduardoegydio@gmail.com

Martins, K. F, Graduando, Universidade Estadual Paulista

kauremartins@yahoo.com

Luis Carlos Paschoarelli, Doutor, Universidade Estadual Paulista

lcpascho@faac.unesp.br

Luis Antônio Vasques Hellmeister, Doutor, Universidade Estadual Paulista

hellmeister@faac.unesp.br

Resumo

Como resultado do processo de envelhecimento, o idoso enfrenta diversos problemas na realização das AVDs, uma vez que suas condições físicas, psicológicas e sociais estão debilitadas. O projeto de equipamentos para mobilidade desses indivíduos reitera a importância de tecnologias que ampliem sua qualidade de vida através de interfaces seguras, confortáveis e eficientes. O desenvolvimento de um andador dobrável que atendesse tais condições exigiu análises estruturais que garantissem a segurança do produto. Este artigo apresenta procedimentos de análise de esforços, fundamentais para a conclusão do projeto, cujo emprego de softwares específicos demonstrou a relevância de sua aplicação pelo designer.

Palavras Chave: Design; idoso; segurança.

Abstract

As result of the aging process, the elderly faces diverse problems in their daily activities, once the physical, psychological and social conditions are weak. The care with mobility reiterates the importance of technologies to extend the elderly quality of life. The development of a folding walking-frame who took care of such conditions demanded structural analyses to guarantee the security of the product. This article presents the procedures of a stress analysis, whose job of specific softwares demonstrated the relevance of its application by designers.

Keywords: Design; elderly; security.

Anais do 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design

8 a 11 de outubro de 2008 São Paulo – SP Brasil ISBN 978-85-60186-03-7

©2008 Associação de Ensino e Pesquisa de Nível Superior de Design do Brasil (AEND|Brasil)

Reprodução permitida, para uso sem fins comerciais, desde que seja citada a fonte.

Este documento foi publicado exatamente como fornecido pelo(s) autor(es), o(s) qual(is) se responsabiliza(m) pela totalidade de seu conteúdo.

Introdução

Como resultado do processo de envelhecimento, o idoso enfrenta diversos problemas na realização das atividades da vida diária (AVDs), principalmente no que se refere à locomoção, uma vez que suas condições físicas e psicológicas são debilitadas.

As tecnologias assistivas procuram soluções para estes problemas, propondo ações para a melhoria na qualidade de vida da população idosa, em crescimento no Brasil e no mundo (EGYDIO e PASCHOARELLI, 2006 e 2007).

Quanto ao design de equipamentos para o auxílio à mobilidade, por exemplo, devem ser considerados critérios relacionados às necessidades e exigências dos idosos para o projeto de um novo andador, mais eficiente e adequado, "... reiterando a importância de trabalhos em benefício do design de inclusão (CLARKSON, *et al.*, 2000)".

Considerando a disponibilidade técnica atual, o projeto de um andador para idoso (Figura 01) deve levar em conta a possibilidade de avaliação virtual do produto, antes do projeto/execução do protótipo, e simulação de uso.



Figura 01 – Proposta de andador desenvolvido para idosos.

Objetivos

O objetivo do estudo aqui relatado foi realizar uma avaliação de um modelo de andador (virtual) sob os aspectos do design, da ergonomia e da engenharia, apresentando ao final da mesma um questionamento com relação às propriedades estruturais do produto.

Femap express

Para a realização da análise foi utilizada a ferramenta Femap Express, disponibilizada no software Solidedge (versão 18, licenciada pela Faculdade de arquitetura, artes e comunicação - Faac/UNESP), o qual utiliza o método "análise de elementos finitos" para a avaliação de estruturas.

O Método de Elementos Finitos (MEF) é utilizado pela engenharia de estruturas e tem como objetivo “determinar o estado de tensão e de deformação de um sólido de geometria arbitrária sujeita a ações exteriores” (AZEVEDO 2003, p.1). Tal método consiste em um cálculo que tem a designação genérica de análise de estruturas e possibilita alcançar uma solução satisfatória na verificação dos pré-requisitos e na economia de tempo e recursos, pois ele possibilita uma sucessão de análises e modificações no projeto.

Este procedimento baseou-se nos princípios de uma análise estática, onde se considera que as ações serão aplicadas de um modo suficientemente lento, tornando desprezíveis as forças de inércia. No caso do andador isso pode se justificar pela aplicação gradual da força sobre o equipamento durante o uso, não havendo índices significativos de impactos sobre a estrutura.

Assim, a análise de esforços sobre a estrutura do modelo virtual é de extrema importância para viabilizar o projeto em etapas futuras, avaliando a necessidade de ajustes ou mudanças no desenho ou nas especificações técnicas antes de dar início aos processos de produção, como demonstra a Figura 02.

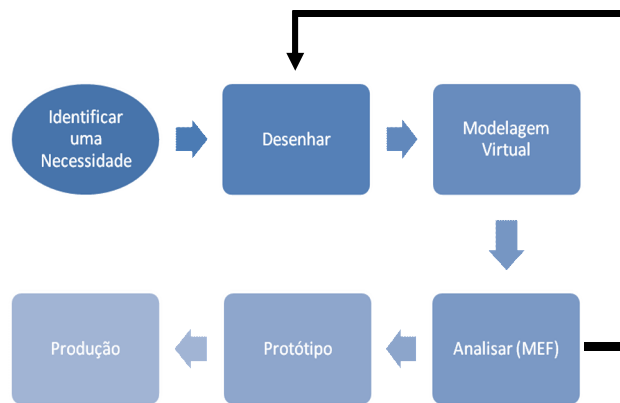


Figura 02 – Esquema de aplicação do desenvolvimento do produto e a análise MEF.

Modelagem virtual

Para a avaliação do andador, foi desenvolvido inicialmente um modelo virtual no software (Figuras 03 e 04), considerando todas as diretrizes determinadas no projeto, porém adotando uma estrutura simplificada. A fim de sistematizar a análise e possibilitar a obtenção de resultados mais consistentes, optou-se por uma estrutura tubular única, com parede de 2 mm, para todo o equipamento.

As partes complementares do produto, tais como peças plásticas de fixação ou conexão, ponteiros de borracha, entre outras, foram desconsideradas nesta análise. As funções estruturais das peças de fixação, por exemplo, foram simuladas através da união direta entre os tubos de alumínio, de forma a não interferir nos resultados (Figura 05). É importante ressaltar que a estas peças caberia outro estudo, particular, que não se enquadra nos objetivos deste estudo, o qual pretende verificar o potencial do produto em atender as exigências técnicas adotadas. Tais aspectos estão descritos na “BS5104–1990”, que dispõe sobre a normatização de andadores com altura regulável (HOUGHTON, 1991).

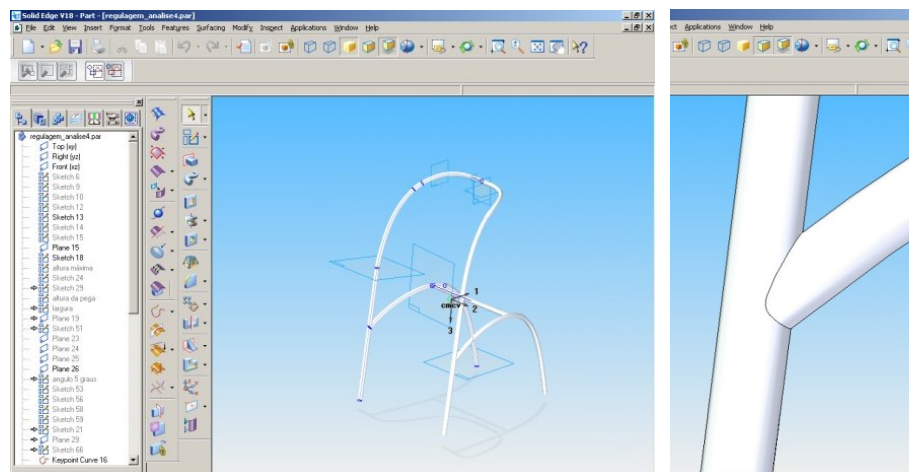


Figura 03 – Modelagem virtual (Solidedge) e união direta entre os tubos de alumínio.

Especificação do material

Durante o desenvolvimento do andador, em adequação às normas da “*British Standard*”, foi definido nos parâmetros projetuais a utilização do alumínio anodizado para compor a estrutura principal do produto. Por outro lado, a escolha do alumínio também se justifica por ser um material leve, macio e resistente, fundamental para garantir uma usabilidade segura e efetiva.

A anodização é um tratamento que se dá ao alumínio comum, para que este não arranhe facilmente e não oxide com o tempo de uso. Entretanto, este material apresenta grande variedade de aplicações e, além disso, elevada quantidade de ligas metálicas.

O Alumínio e suas ligas constituem um dos materiais metálicos mais versáteis, econômicos e atrativos, sendo sua aplicação como metal estrutural apenas inferior à dos aços. A densidade do alumínio é de $2,7 \text{ g/cm}^3$, aproximadamente $1/3$ da do aço, o que somado à elevada resistência mecânica torna-o bastante útil na construção de estruturas móveis. Há também determinados tratamentos e/ou elementos de liga que tornam o alumínio resistente a esforços mecânicos ou a corrosão em meios mais agressivos.

Quanto aos processos de fabricação, o alumínio possui uma boa conformabilidade e pode ser produzido em uma série de formas diferentes, desde placas e chapas até tubos e extrudados. Como a maioria dos metais, o alumínio e suas ligas classificam-se em grupos e subgrupos, de acordo com suas propriedades químicas e físicas, apresentando diferentes finalidades de uso. O sistema de classificação da associação dos produtores norte-americanos (*The Aluminum Association Inc.*) dispõe tais dados da seguinte maneira:

- Liga 1xxx: Indústria química e elétrica;
- Liga 2xxx: Aeronaves (elevada resistência mecânica);
- Liga 3xxx: Aplicações arquitetônicas e produtos de uso geral;
- Liga 4xxx: Varetas ou eletrodos de solda e chapas para brasagem;
- Liga 5xxx: Produtos expostos à atmosfera marinha, tais como cascos de barcos;
- Liga 6xxx: Produtos estudados de uso arquitetônico;
- Liga 7xxx: Componentes estruturais de aeronaves e outras aplicações que necessitam de elevados requisitos de resistência. Esta liga é a que possui a maior resistência mecânica entre as ligas de alumínio.

Dessa forma, esta revisão técnica possibilitou a escolha de dois tipos de ligas de alumínio para a execução da análise: as 6XXX e as 7XXX. A primeira justifica-se por sua ampla aplicação comercial, possuindo maior distribuição no mercado e preços mais acessíveis. A segunda destaca-se por apresentar os níveis mais elevados de resistência

mecânica e ductilidade, com custos mais elevados em razão de suas características específicas. No caso das ligas comerciais, a liga de alumínio utilizada pelos fabricantes que se destacam no mercado nacional de andadores é a 6061. Entre as ligas da série 7XXX, optou-se pela 7075: amplamente utilizada na indústria aeronáutica e de maior aplicação no mercado. A Tabela 01 demonstra as propriedades físicas de tais ligas, obtidas através do software para a utilização na análise.

Tabela 01 – Características dos materiais aplicados no design de andador para idosos.

	Alumínio, 6061-T6	Alumínio, 7075-T6
Densidade	2712,000 kg/m ³	2795,000 kg/m ³
Módulo de elasticidade	68947570,000 kpa	71705472,800 kpa
Coefficiente de Poisson	0,330	0,330
Condutividade térmica	0,180 kW/m-C	0,121 kW/m-C
Tensão de escoamento	275790,280 kpa	503317,261 kpa
Tensão de ruptura	310264,065 kpa	572264,831 kpa

Procedimentos

Para garantir a segurança do equipamento, com a obtenção de maior confiabilidade nos resultados, os testes foram divididos em três análises distintas, simulando prováveis situações de uso do equipamento e submetendo-o à carga máxima requerida pela norma utilizada (160 kg).

Na realização do teste, o andador foi disposto em sua configuração normal de uso, com os quatro apoios engastados ao chão e sua pega regulada na altura máxima, a qual corresponde à situação mais crítica de esforços. Dessa forma, uma vez analisado e aprovado o andador em sua configuração mais frágil aos esforços submetidos, entende-se que em situações mais brandas o produto também atenderá as normas.

De acordo com estas definições, o andador foi submetido aos seguintes testes:

- Análise 1: Situação normal de uso, onde carga total (1600N) é distribuída igualmente em ambos os lados do andador, na região central as pegas;
- Análise 2: Situação extrema de uso, onde toda carga é depositada em apenas um dos lados do equipamento, na região central da pega;
- Análise 3: Análise do assento, onde a carga total foi distribuída na barra de suporte do assento.

Após a execução das rotinas de análise para cada caso, as quais foram repetidas para ambas as ligas metálicas propostas para a confecção do produto, foi gerado um relatório individual para cada análise e os resultados destes foram tabulados, analisados e comparados entre si bem como com as normas técnicas. Para a execução desta análise foram utilizados os valores referentes à tensão de ruptura (Tensão Máxima).

Resultados da análise de esforços - primeira simulação

Na primeira simulação, a massa estimada do andador construído no software foi de 1,804 Kg, para a liga de alumínio 6061, e 1,859 kg, para a liga 7075. As tabelas 02, 03 e 04 demonstram os resultados comparativos das análises:

Tabela 02 – Resultados da análise 1, primeira simulação.

Análise 1	Liga 6061	Liga 7075
Análise de esforços	7,02 x 10 ¹ Kpa a 6,94 x 10 ⁵ Kpa	8,926 x 10 ¹ kpa a 6,966 x 10 ⁵ kpa
Análise de deformação	deformação máxima de 1,71x 10 ² mm	deformação máxima de 1,65 x 10 ² mm
Análise do fator de segurança	0,397	0,723

Tabela 03 – Resultados da análise 2, primeira simulação.

Análise 2	Liga 6061	Liga 7075
Análise de esforços	1,110 x 10 ³ kPa a 8,320 x 10 ⁵ kPa	8,320 x 10 ⁵ kPa a 1,110 x 10 ³ kPa
Análise de deformação	deformação máxima de 1,88 x 10 ² mm	deformação máxima de 1,65 x 10 ² mm
Análise do fator de segurança	0,331	0,605

Tabela 04 – Resultados da análise 3, primeira simulação.

Análise 3	Liga 6061	Liga 7075
Análise de Esforços	2,144 x 10 ² kpa a 3,159 x 10 ⁵ kpa	2,144 x 10 ² kpa a 3,159 x 10 ⁵ kPa
Análise de deformação	deformação máxima de 1,12 x 10 ¹ mm	deformação máxima de 1,08 x 10 ¹ mm
Análise do fator de segurança	0,873	1,594

Resultados da análise de esforços - Segunda simulação

Na segunda simulação, o modelo virtual do andador foi alterado e as análises 1 e 2 repetidas, visando obter tensões menores do que as geradas na primeira simulação. Para o andador confeccionado nas ligas de alumínio 6061 e 7075, foram estimadas massas de 2,695 e 2,777 kg, respectivamente. As tabelas 05 e 06 apresentam os resultados das análises.

Tabela 5 – Resultados da análise 1, segunda simulação.

Análise 1	Liga 6061	Liga 7075
Análise de esforços	6,240 x 10 ¹ kpa a 3,193 x 10 ⁵ kpa	6,240 x 10 ¹ kpa a 3,193 x 10 ⁵ kpa
Análise de deformação	deformação máxima de 1,32 x 10 ² mm	deformação máxima de 1,27 x 10 ² mm
Análise do fator de segurança	0,864	1,576

Tabela 6 – Resultados da análise 2, segunda simulação.

Análise 2	Liga 6061	Liga 7075
Análise de esforços	4,847 x 10 ² kpa a 4,495 x 10 ⁵ kpa	7,996 x 10 ² kpa a 3,774 x 10 ⁵ kpa
Análise de deformação	deformação máxima de 1,36 x 10 ² mm	deformação máxima de 1,36 x 10 ² mm
Análise do fator de segurança	0,614	1,334

Os resultados exibidos nas tabelas foram coletados de relatórios gerados pelo software, contendo os dados numéricos e imagens demonstrativas do comportamento da estrutura. Abaixo são apresentadas uma das imagens da análise de esforços e uma da análise de deformação:

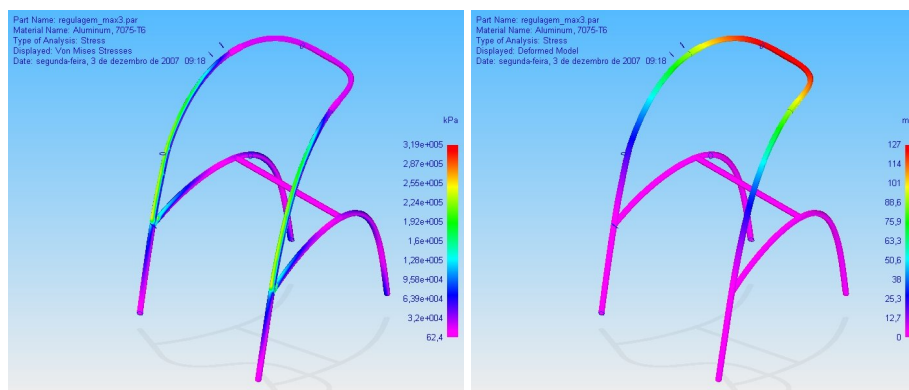


Figura 4 – Imagens das análises de esforços (esquerda) e deformação (direita), segunda simulação.

Discussão

A análise de esforços do andador foi inicialmente prevista para uma estrutura metálica tubular com parede de 2 mm, porém os resultados obtidos mostraram que nestas condições a estrutura do andador não suportaria as tensões geradas, superiores as tensões máximas suportadas por ambas as ligas de alumínio. Na primeira simulação, somente no caso da

análise 3 o andador apresentou-se de acordo com a norma técnica, com a aplicação de 1600N distribuídos no tubo de apoio do banco.

Sendo assim, foi realizada uma revisão junto aos fabricantes de tubos de alumínio, buscando as especificações de seus produtos a fim de determinar qual espessura de parede poderia ser utilizada, em lugar da parede de 2 mm.

Verificadas as possibilidades, as rotinas de análise, com exceção da análise 3 que já havia atendido à norma, foram repetidas para as duas ligas de alumínio, aplicando ao modelo virtual do andador uma parede interna de 3,18 mm de espessura. Como na análise 3 a porção inferior da estrutura já havia apresentado índices de segurança satisfatórios, as peças constituintes desta parte da estrutura (pernas dianteiras, traseiras e tubo de apoio do banco) não necessitaram de alterações na espessura da parede interna do tubo.

Nestas condições, a análise mecânica apresentou-se ideal, pois a estrutura do andador suportou a carga aplicada, tanto para a liga 6061, quanto para a liga 7075, adotando um fator de segurança igual a 2.

É importante observar que para a liga 6061, na Simulação 2, foram gerados esforços sensivelmente superiores ao suportado pelo material. Entretanto, deve-se considerar que os testes simulados representam situações extremas de uso do produto, não significando que este seja menos seguro ou esteja em desacordo com a norma. A figura abaixo demonstra o aumento observado no coeficiente de segurança do andador e apresenta uma ilustração do equipamento.

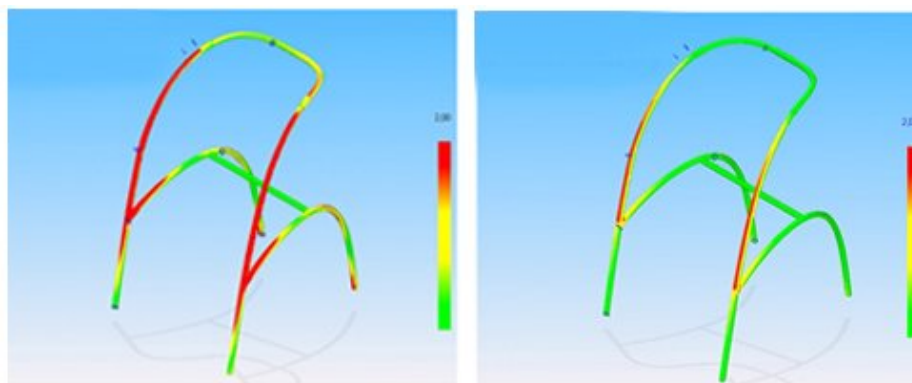


Figura 5 – Aumento do coeficiente de segurança, da primeira para a segunda simulação.

Por fim, os resultados parciais das análises indicaram a necessidade de uma alteração na espessura dos tubos, levando a um aumento de 33,06 % no peso do equipamento, para ambas as ligas utilizadas, de maneira que o peso final estimado foi 2,77kg para a liga 7075 e 2,69kg para a liga 6061.

Tal aumento apresenta-se aceitável, uma vez que a revisão de similares, realizada no início do desenvolvimento do projeto, registrou o peso dos andadores variando entre 4,2 e 12 quilos, com rodízios, e entre 2,26 e 11,3 quilos, sem rodízios.

Considerações Finais

O projeto de equipamentos para mobilidade e produtos que considerem as necessidades do público idoso reforça a importância do desenvolvimento de tecnologias que ampliem a qualidade de vida destas pessoas através de interfaces seguras, confortáveis e eficientes.

Posteriormente ao desenvolvimento do produto, a análise mecânica proposta foi de fundamental importância para o atendimento a estes aspectos, levando-se em conta a normatização existente para andadores com regulagem de altura. Assim, o estudo possibilitou

a determinação de parâmetros projetuais seguros para o novo andador desenvolvido, que se destaca por atender ao público idoso.

É válido acrescentar que o equipamento desenvolvido apresenta a aprovação do comitê organizador do VI Prêmio Alcoa de Inovação em alumínio 2007, que contou com uma equipe (Comissão avaliadora) para a validação da proposta no concurso como o “melhor trabalho”, representando o reconhecimento do mercado, por parte de uma das líderes mundiais na produção de alumínio.

Por fim, conclui-se que a disponibilidade das ferramentas para a análise estrutural do produto foi muito importante e demonstra a relevância de sua utilização pelo designer, pois uma vez realizada esta análise, o andador encontra-se apto e disponível para a confecção de um protótipo.

Apoio

Este estudo contou com o apoio do CNPq, FINEP (Processo 182077/2006-3) e FAPESP (Processo 05/54727-2).

Referências Bibliográficas

ABAL. Associação brasileira do alumínio. O alumínio: Características químicas e físicas. In: <http://www.abal.org.br/aluminio/ligas.asp>. Acessado em 20 de setembro de 2007.

AZEVEDO, A. F. M. Método dos elementos finitos. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal, 2003. 1ª Edição. 258p.

BAXTER, M. **Projeto de produto**. Guia prático para o *design* de novos produtos. Tradução de Itiro Iida. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 2ª Edição. 260p.

BUZINELLI, D. V. Dimensionamento de elementos estruturais em alumínio. [Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Engenharia de Estruturas]. ORIENTADOR: Prof. Dr. Maximiliano Malite. São Carlos, 2000. 160 p.

CLARKSON, P.J.; KEATES, S.; COLEMAN, R.; LEBBON, C.; JOHNSTON, M. A model for Inclusive Design. *Proceedings of Engineering Design Conference 2000*, London. 203-212. 2000.

EGYDIO, E. M.; PASCHOARELLI, L. C. Design Ergonômico e Tecnologias Assistivas: Uma revisão das condições de mobilidade dos Idosos. In: *Anais do VI ERGODESIGN - Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Homem-Tecnologia: Produtos, Informação, Ambiente Construído, transporte*. [CD-ROM]. Bauru: UNESP, 2006, 4p.

EGYDIO, E. M.; MARTINS, K. ; PASCHOARELLI, L. C. Usabilidade de Andadores dobráveis a partir da visão dos profissionais da saúde. In: *Anais XVIII CIC – Congresso de Iniciação Científica da UNESP*. [CD-ROM]. Bauru: UNESP, 2006, 4p.

EGYDIO, E. M.; MARTINS, K.; PASCHOARELLI, L. C. Avaliação Técnica, Normativa e Ergonômica de Andadores para Idosos. In: *Anais do VII ERGODESIGN - Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Homem-Tecnologia: Produtos*,

Design de produtos para o público idoso: Análise de esforços no projeto de andador dobrável.

Informação, Ambiente Construído, transporte. [CD-ROM]. Balneário Camboriú: UNIVALI, 2007, 6p.

EGYDIO, E. M.; MARTINS, K. ; PASCHOARELLI, L. C. Auxílio às atividades da vida diária (avds) de idosos: avaliação dos andadores disponíveis no mercado. *In: Anais XIX CIC – Congresso de Iniciação Científica da UNESP.* [CD-ROM]. Araraquara: UNESP, 2007, 4p.

IMETAIS.COM. **Internet para a metalurgia.** In: <http://www.imetais.com/index.asp>. Acessado em 20 de setembro de 2007.

INFOMET. **Informe Metalúrgico: metais e ligas, alumínio.** In: <http://www.infomet.com.br/aluminio.php>. Acessado em 20 de setembro de 2007.

MARTINS, K.; EGYDIO, E. M.; PASCHOARELLI, L. C. Avaliação de Andadores dobráveis a partir dos parâmetros do Design Ergonômico. *In: Anais XVIII CIC – Congresso de Iniciação Científica da UNESP.* [CD-ROM]. Bauru: UNESP, 2006. 3p.

MARTINS, K.; EGYDIO, E. M.; PASCHOARELLI, L. C. Envelhecimento e Antropométrica: dimensionamento do andador dobrável. *In: Anais do VII ERGODESIGN - Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Homem-Tecnologia: Produtos, Informação, Ambiente Construído, transporte.* [CD-ROM]. Balneário Camboriú: UNIVALI, 2007, 6p.

MARTINS, K.; EGYDIO, E. M.; PASCHOARELLI, L. C. Tecnologias Assistivas para a terceira idade: dimensionamento do andador dobrável. *In: Anais XIX CIC – Congresso de Iniciação Científica da UNESP.* [CD-ROM]. Araraquara: UNESP, 2007, 5p.

SCHUTZER, K.; SCHUTZER, R.; CARDOSO, J. **Curso de Treinamento no Solid Edge.** [Laboratório de Sistemas Computacionais para Projeto e Manufatura Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção Universidade Metodista de Piracicaba]. Piracicaba (SP). 450 p.

VI Prêmio Alcoa de Inovação em alumínio 2007. Categoria projeto/estudante: Melhor trabalho. In: http://www.alcoa.com/brazil/pt/custom_page/premioalcoa_2007_estudantes.asp. Acessado em 17 de julho de 2008.