ANÁLISE, REFLEXÃO E DIFUSÃO DAS TECNOLOGIAS ASSISTIDAS POR COMPUTADOR, NA ARTE, NO DESIGN E NA ENGENHARIA, COM BASE EM EQUIPAMENTOS ACESSÍVEIS À COMUNIDADE, CONFECCIONADOS NAS DISCIPLINAS DE PROJETO

ANALYSIS, REFLECTION AND DISSEMINATION OF COMPUTER ASSISTED TECHNOLOGY IN ART, IN DESIGN AND ENGINEERING, BASED IN MADE-UP EQUIPMENT, AFFORDABLE TO COMMUNITY, IN DESIGN COURSES

Luiz Antonio Vasques Hellmeister[1], Maria do Carmo J. Plácido Palhaci[2], Carmen Francisca Lourenço Pinto Hellmeister[3]

Abstract *— The use of digital technologies by society, has a direct influence on the culture of the population, especially in computer technologies such as CAD - Computed Aided Design, CAM - Computed Aided Manufacturing, CAE - Computed Aided Engineering and CNC - Computed Numerical Control, used in engineering projects, designers products, and in the works of artists. This interdependence between culture, behavior, and use of these technologies will be critical for future societies. This paper aims to illustrate, analyze and disseminate the use of these technologies by engineers, designers and artists, based on the work developed by students of these areas, based in the project and manufacture of affordable cost and technology equipment as a CNC milling machine, and a 3D Printer developed in academic and institutional environment, including community extension activity.*

Index Terms — Arts, Design, Engineer, digital technologies.

INTRODUÇÃO

Está se tornando frequente os projetos e construções de equipamentos, antes industriais, em domicílios. Os projetos chamados *DIY – Do It Yourself*, "faça você mesmo", vem se popularizando, e por muitas vezes, divulgando alguns produtos que antes eram apenas localizados em grandes empresas. Os equipamentos *homemade* – caseiro, vem sendo divulgados por inúmeros sites e fóruns na internet, causando assim, um aumento de construtores e projetistas desse estilo de equipamento.

Com o crescente aumento da acessibilidade da comunidade a tecnologia, o uso de ferramentas como o projeto assistido por computador – Computed Aided Design (CAD), modelagem virtual, prototipagem e análise estrutural passarão a ser necessárias para o desenvolvimento de um produto.

Após o desenvolvimento do produto nas ferramentas CAD, é necessário o planejamento e simulação de seu método de produção. Ferramentas computadorizadas como – Computed Aided Manufacturing (CAM), são responsáveis pela parametrização em código de máquina, também chamado de código G, utilizado nas fresadoras controladas numericamente por computador, ou CNC – Computed Numerical Control. [1]

Recomenda-se o uso da madeira, uma vez que é um material renovável e possui características impares, comparada a outros materiais, características estas que advêm da variação das suas propriedades ortotrópicas (nos eixos x, y e z, ou nos planos xy – transversal, xz – radial, e yz - tangencial), sendo a classificação e determinação de suas propriedades físicas e mecânicas, objeto de extensa e exaustiva pesquisa, carente entretanto de investigação científica da relação entre as características tangíveis (indices de resistência, dureza, densidade, usinabilidade) e não-tangíveis (cor e textura, usabilidade). [2]

A digitalização 3D é uma das novas formas de entrada de dados em sistemas de engenharia. É um processo de amostragem de pontos da superfície do modelo físico de uma forma, tendo como propósito principal a redução do tempo de modelamento geométrico. Pode ser realizada de várias maneiras, conforme as tecnologias de amostragem empregadas nos equipamentos. Cada tecnologia apresenta particularidades que delimitam sua melhor utilização. A digitalização tem diversas possibilidades de aplicação, sendo usada, principalmente na produção de superfícies de forma livre escultural, em trabalhos de engenharia reversa e de inspeção dimensional. [3]

[1] Luiz Antonio Vasques Hellmeister, Professor Assistente Doutor do Departamento de Artes e Representação Gráfica, DARG-FAAC-UNESP, hellmeister@faac.unesp.br
[2]Maria do Carmo J. Plácido Palhacci, Professora Assistente Doutora do Departamento de Artes e Representação Gráfica, DARG-FAAC-UNESP, palhacci@faac.unesp.br
[3] Carmen Francisca Lourenço Pinto Hellmeister, Professora Doutora Substituta do Departamento de Engenharia Mecânica, DEM-FEB-UNESP, carmenfl@feb.unesp.br
DOI 10.14684/WCCA.8.2015.246-250
© 2015 COPEC

TECNOLOGIA ACESSÍVEL

A máquina projetada e construída (Figura 1), apesar de funcional, mostrou após testes de fabricação, a necessidade de aferição e aperfeiçoamento da estrutura física e mecânica para que a qualidade das peças produzidas estivesse dentro de um padrão aceitável de tolerâncias geométricas.

Foram realizados dois tipos de testes. O primeiro, mais simplificado, exigia a atuação de apenas um motor por linha de usinagem, o que pôde ser obtido com a geometria de um quadrado, apresentado nas Figuras 2 e 3, sendo a Figura 2 a modelagem virtual do quadrado de referência de 30 mm x 30 mm usinado em chapa de madeira MDF (Medium Density Fiber) e a Figura 3 o quadrado usinado e mensurado. Para o segundo teste, considerou-se a atuação de dois ou três motores atuando simultaneamente na fabricação de uma placa com a gravura UNESP (Fig. 4). Assim, também foi possível verificar se o sistema de controle funcionaria de maneira independente e, podendo mover os três motores ao mesmo tempo.

Amostras de MDF foram usinadas com uma fresa de topo Bosch de duas lâminas de corte e 6,35 mm de diâmetro rotacionada por uma retífica modelo Makita GD08000C.

Figura 1

Máquina fresadora CNC desenvolvida na universidade. Montagem e Conjunto pronto para usinagem.

A Figura 2 apresenta o modelo tridimensional projetado em plataforma CAD, enquanto a Figura 3 mostra a peça final usinada pela máquina e já preparada para escaneamento 3D, já com os pontos de referência geométrica aplicados.

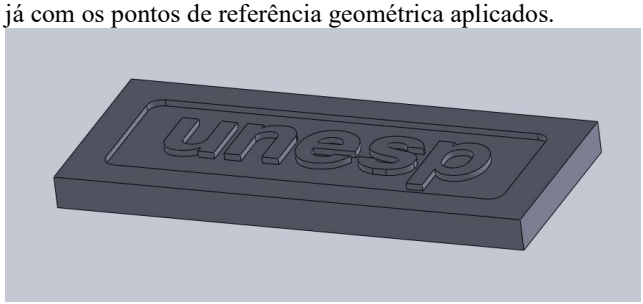


Figura 2

Projeto original, modelo 3D em CAD.

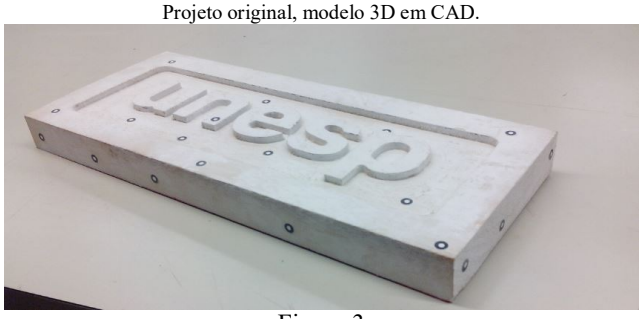


Figura 3

Peça final usinada preparada para o scanner.

A utilização de aerofólios na engenharia se deu inicio com os aviões. Na década de 20 esta tecnologia foi transferida para a área automotiva, porém não trouxe grandes resultados. Somente no ano de 1968 durante o campeonato de Fórmula 1, a Lotus com seu carro, o Lotus 49, fez com que os aerofólios passassem a ser de grande importância para os automóveis de competição. Os engenheiros da marca decidiram inverter o perfil de uma asa de avião para passar a gerar "downforce", ao invés de criar sustentação, possibilitando com isso, melhores tempos de volta durante uma corrida.

Com o avanço da tecnologia computacional e da disponibilização de tecnologias de projeto assistido por computador - CAD (Computed Aided Design) - é possível desenhar um modelo de perfil, selecionar os materiais de sua composição e efetuar análise estrutural com simulação através de elementos finitos [4]. Após o desenvolvimento do produto nas ferramentas CAD, é necessária a simulação do seu projeto de produção através de ferramentas como a produção assistida por computador – CAM (Computer Aided Manufacturing). Segundo [5] comentam que a aplicação de equipamentos programáveis em processos de fabricação tem como objetivo aumentar a flexibilidade da produção para uma alteração de projeto. Por meio de uma fresadora CNC – Computed Numerical Control – usinou-se um modelo em escala em espuma de poliuretano e em chapas de fibras de densidade média (MDF - Medium Density Fiberboard). A fresadora utilizada na pesquisa foi

anteriormente construída pelos alunos do curso de engenharia mecânica, e esta disponível no Departamento de Artes e Representação Gráfica, da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, da Unesp, Campus de Bauru. A faculdade possui os softwares Solid Works (CAD); CAM Express (CAD/CAM); Mach 3 (CAM) e XFLR5 (CFD) com licenças acadêmicas e gratuitas.

A aplicação do aerofólio em estudo, um modelo de perfil NACA0012, será em um veículo da categoria Fórmula SAE (Society of Automotive Engineers – Sociedade dos Engenheiros Automotivos). Esta é uma competição, na qual estudantes de engenharia constroem um carro do tipo fórmula com motores de motocicletas esportivas. Sendo permitidos estudos na área de aerodinâmica.

O perfil utilizado no estudo é um NACA0012 devido ao grande número de trabalhos acadêmicos já realizados. Este perfil possui esta nomenclatura devido a sua geometria criada pelo Comitê Consultivo Nacional para a Aeronáutica - NACA (National Advisory Committee for Aeronautics). O primeiro dígito representa à casa decimal da curvatura, o segundo, à casa decimal do ponto da corda mais distante da linha de curvatura média e os últimos dois dígitos simbolizam o percentual de espessura em relação à corda [6].

Perfil NACA 0012: 00 indica que o aerofólio é simétrico e 12 representa, em porcentagem, a razão entre o tamanho da corda e a espessura máxima do perfil (distância do bordo de ataque e a projeção sobre a corda do ponto no qual ocorre a maior distância entra a parte superior e inferior do aerofólio).

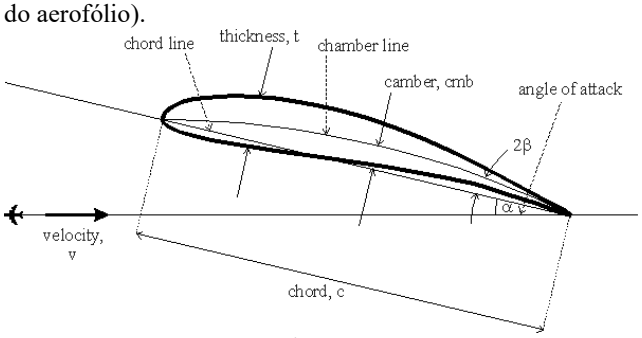


Figura 4
Nomenclatura dos termos de um perfil de asa

Todo o desenvolvimento da peça a ser usinada se iniciou com o projeto dela no software Solid Works de projeto assistido por computador – CAD, onde foram estabelecidas as três dimensões nas quais a peça seria usinada, e também os detalhes geométricos. Uma vez que o modelo tridimensional estava pronto, esse foi elevado para a próxima fase de produção, o estudo e programação do código G capaz de compreender os detalhes da geometria criada e aperfeiçoar a usinagem através da conversão em linguagem de máquina do modelo virtual. Depois de usinado modelo, ele foi recoberto com massa plástica, lixado, pintado e depois polido para reduzir o atrito do fluído, gerando uma análise mais próxima ao modelo teórico computacional.

As primeiras ferramentas de higienização bucal surgiram em torno de 3500 a.C.. Eram palitos com as extremidades desgastadas, feitos a partir de galhos de árvores, utilizados pelos egípcios e babilônios. Acredita-se que os chineses foram os criadores da escova dental, por volta do século XV. As cerdas eram pelos de porco presas a um osso ou a um pedaço de bambu, que faziam a vez do corpo da escova. Em 1780, o inglês William Addis foi o precursor da produção em massa de escovas "modernas": o corpo era esculpido a partir de ossos de gado e as cerdas eram pelos de porco, mas depois substituídas por pelos de vaca e javali, que eram mais suaves. As cerdas de nylon foram introduzidas somente em 1938, sendo o melhor material para a confecção de cerdas de escovas (Figura. 5a).

Para a concepção do protótipo, foram utilizadas tecnologias de prototipagem rápida. Com o intuito da melhoria da qualidade do produto, foi criado um modelo ergonômico, sustentável e ecologicamente correto, buscando diminuir ao máximo a geração de resíduos e danos ao meio ambiente. (Figura 5b)

a) b)

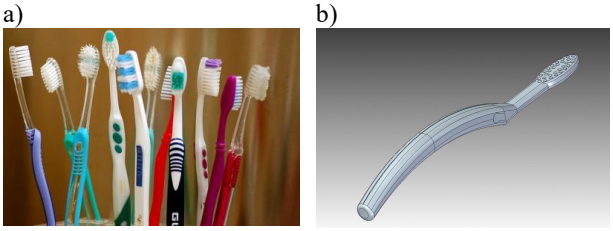


Figura 5
a) Modelos de escovas dentais, b) Concepção da modelagem virtual

A escova dental foi apontada como um dos mais importantes inventos da história da humanidade. Grande parte delas é feitas de polipropileno, um polímero reciclável. Algumas são feitas de sobras de polipropileno e polietileno provenientes de outros processos industriais. Porém, mesmo sendo recicláveis, as escovas são descartadas de forma incorreta e acabam em aterros sanitários. Isso poderia ser evitado, se as empresas mudassem o design e o material utilizado para a confecção do produto.

Para a concepção do produto, foi utilizado o método da prototipagem rápida (RP). O protótipo de um produto ou componente é a parte essencial no seu processo de desenvolvimento, pois possibilita que a análise de sua forma e funcionalidade seja feita numa fase anterior a produção de ferramental definitivo. Historicamente, as representações físicas dos produtos (ou simplesmente protótipos) vêm sendo utilizadas desde a antiguidade, evoluindo de manuais, ainda bastante utilizadas, para protótipos virtuais nos anos 80, com a disseminação dos sistemas CAD (Computer Aided Design) tridimensionais, e mais recentemente com os protótipos rápidos.

A RP pode ser definida como um processo de fabricação através da adição ou remoção de material em forma de camadas planas sucessivas, isto é, baseado no princípio da manufatura por camada. Esta tecnologia permite fabricar componentes (protótipos, modelos, etc.) físicos em

três dimensões (3D), com informações obtidas diretamente do modelo geométrico gerado no sistema CAD, de forma rápida, automatizada e totalmente flexível. [7]

Nas artes, um bom exemplo é o trabalho de Adrien Segal: *Sculptures from Science's Data*, Esculturas de Dados Científicos, ela diz que quando foi para a escola de arte, "Eu estava aberta a experimentar muitas coisas. Carpintaria realmente funcionou para mim, pois poderia ser muito artístico e que poderia ser muito funcional. Eu gostei da ambigüidade entre os dois". Utilizando técnicas tradicionais, mas também não convencionais., comenta que "O que eu faço não é abertamente funcional. Eu gosto de deixá-lo aberto à interpretação", disse ela.

O trabalho, "*Snow Water Equivalent Cabinet*", Gabinete equivalente à água de neve" é realmente sobre o armazenamento de água", disse Adrien. "Eu estava jogando em pensar em móveis em termos de armazenamento e função, e como ele se conecta ao armazenamento de água, e como se relaciona com a neve."

O gabinete tem aspectos da madeira tradicional, na medida em que incorpora a construção de carcaça e corrediças da gaveta, mas cada gaveta é um tamanho diferente. "Eu não estou tentando fazer as coisas fáceis de fabricar," Adrien disse: "Eu estou tentando fazê-lo tão visualmente interessante quanto possível."

Utilizando a modelagem CAD, esta determina um projeto para refletir os dados 3D, e está trabalhando recentemente com uma empresa que fabrica fresadoras CNC [controle numérico computacional]. "Eu tenho acesso a uma série de novas tecnologias, mas eu não acho que eu jamais possa apenas empurrar 'start' e ter uma peça acabada, feita", disse Adrien....

RESULTADOS

Em uma primeira verificação, utilizando paquímetro, verificou-se que havia uma diferença entre as dimensões usinadas no eixo Y e as dimensões projetadas, sendo que o quadrado usinado apresentava um erro de 4% nas dimensões do eixo Y. Então, realizou-se uma segunda aferição, mais detalhada, onde foi possível realizar a usinagem da gravura projetada em plataforma CAD.

Após a preparação, ela foi escaneada e digitalizada, obtendo-se a Figura 6.

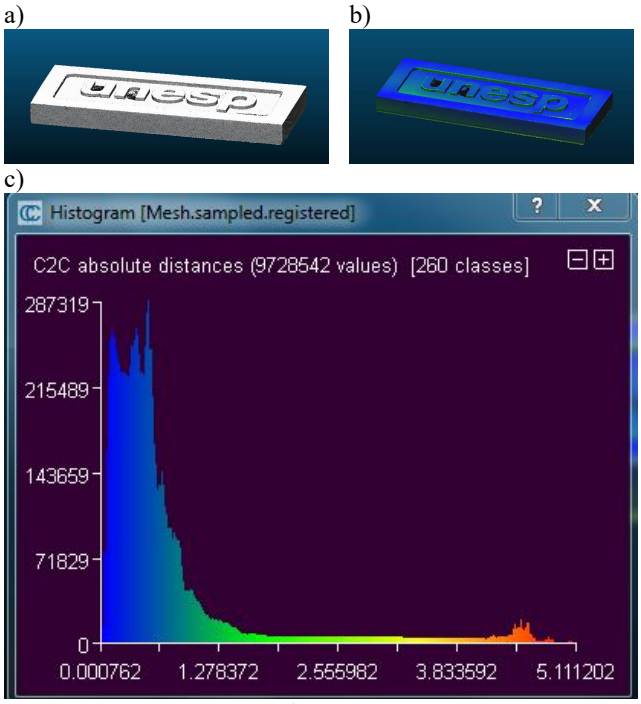


Figura 6

a) Nuvem de pontos do modelo escaneado., b) Comparação por cor entre as duas nuvens de pontos., c) Histograma de distância absoluta entre os pontos.

Analisou-se o histograma pelas cores, foi verificado a existência da maioria dos pontos próximos a região azulada, o que permite dizer que os pontos, estão muito próximos aos pontos originais do projeto CAD. Também é verificado um pico de pontos na região alaranjada, que deve ser associada aos pontos referentes a base da peça, a qual não foi possível realizar a digitalização de forma adequada.

Utilizando o equacionamento adequado, com um fator de semelhança geométrico de $K_G = 5$ temos que o tamanho da corda do modelo é $c_m = 0.08$m, e através da determinação do valor da velocidade do túnel é $V_m = 6$m/s. Com isso, temos que o Re do modelo é 33500.

Através do software XFLR5 foram obtidos os gráficos do coeficiente de arrasto e de sustentação do modelo. (Figura 7).

Para a redução de resíduos gerados pelo descarte da escova, foi pensado um modelo de escova dental no qual o corpo e a parte ativa (cabeça) são encaixados um ao outro, possibilitando a sua separação, como é mostrado na Figura. 8a. Dessa forma, apenas a cabeça será descartada após o fim de sua vida útil, evitando o descarte desnecessário do corpo, que fica intacto.

a) b)

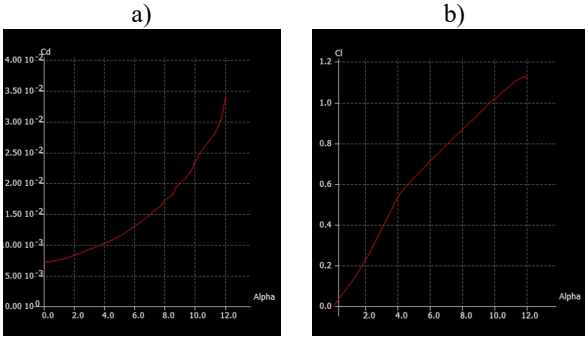


Figura 7

Gráfico dos coeficientes de arrasto (a) e de sustentação (b) em função do ângulo alpha do ângulo de ataque do aerofólio

Além de evitar a geração de resíduos, o objetivo do encaixe é ser prático e de fácil junção entre as partes.

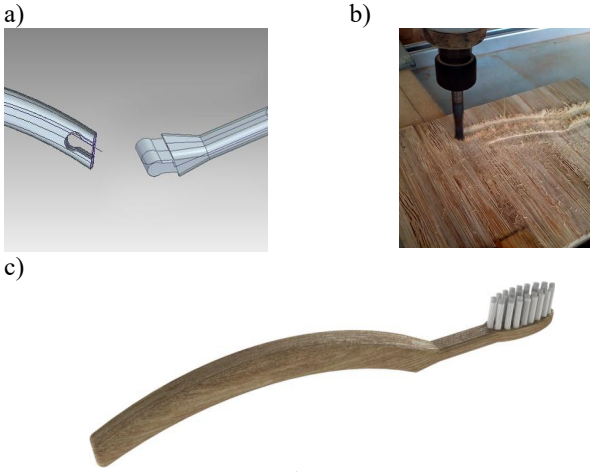
A primeira usinagem foi realizada na máquina fresadora CNC (Figura. 8b), que dispõe de três motores de passos, que compreendem os três eixos coordenados, controlados por um sistema computadorizado e que é responsável por transformar cada código gerado pelo software CAM em seu devido movimento de usinagem. Como os movimentos retilíneos e curvilíneos. Por se tratar de um código padronizado, não existiu a necessidade de convertê-lo para outro sistema, e o software responsável por isso foi o LinuxCNC – versão do sistema operacional Linux voltado para usinagem CNC.

A forma foi desenvolvida pensando sempre nos princípios da ergonomia. Foram realizados diversos sketches manuais considerando a "pega" da mão na escova até chegar à forma desejada, que seja segura, eficiente e satisfaça o usuário (Figura. 8c).

Para isso, foi desenvolvido um corpo possui um formado que "encaixa" na mão do usuário.

Foi feito o modelo de tamanho real nos softwares CAD, onde foram estabelecidas as três dimensões nas quais a peça seria usinada, e também os detalhes geométricos.

a) b)



c)

Figura 8

a) Detalhe do encaixe entre o corpo e a cabeça no software Solid Edge., b) Primeiro Teste de usinagem, c) Aspecto final da escova renderizada no software Solid Works.

CONCLUSÕES

Nas primeiras usinagens, foi verificado um erro de 4% no eixo Y, utilizando-se os quadrados anteriormente citados e com a comparação da nuvem de pontos obtida pela utilização das tecnologias assistidas por computador e a malha de referência CAD, foi possível verificar a consistência do projeto de construção da máquina fresadora CNC dentro de limites considerados aceitáveis para esse tipo de equipamento, confirmados pela análise do Histograma.

Concluiu-se que a utilização das tecnologias assistidas por computador são acessíveis e eficazes na concepção, modelagem e simulação, obtendo-se como o melhor ângulo de ataque o valor de -5°, pois gera o maior downforce em razão do menor arrasto. Sendo que a usinagem real do modelo, análise em túnel de vento e aferição final deverão ser realizados em um trabalho em sequência, no qual deverá revelar sintonia em o virtual e o real.

Concluiu-se que a utilização das tecnologias assistidas por computador são acessíveis e eficazes na concepção, modelagem e usinagem de produtos, em especial, escovas dentais, atendendo suas peculiaridades, como utilização de materiais alternativos e sua relação com a sustentabilidade. Pode-se inclusive simular através dessas tecnologias, o principal objeto do estudo, que é o encaixe entre a cabeça intercambiável e o corpo permanente. Nas artes o uso dessas tecnologias é novo, mas já se delineia uma vasta e variada aplicação das mesmas pelos artistas.

REFERÊNCIAS

[1] JURISATO, A. S., ROCHA, M.R., HELLMEISTER, L.A.V., MARAR, J.F., SEMENTILLE, A.C. "Difusão da Tecnologia CAD e CNC como ferramenta básica de criação de produção em pequena escala, acessível a comunidade", *III Fórum de Extensão Universitária,* 2013.

[2] HELLMEISTER, L.A.V., MARAR, J.F., "Design & Materiais – Investigação da madeira e seus derivados para implementação da Metodologia de Seleção de Materiais e Processos de Fabricação", *Projeto enviado ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico,* 2006.

[3] FREITAS, G., "Metodologia e Aplicabilidade da Digitalização 3D a Laser no Desenvolvimento de Moldes para Calçados e Componentes", *Dissertação para obtenção de Título de Mestre em Engenharia*, 2006.

[4] HELLMEISTER, L.A.V. "Design & materiais – investigação da madeira e seus derivados para implementação da metodologia de seleção de materiais e processos de fabricação", 2010.

[5] SILVA, A. D.; BEVILACQUA, J. C. "Implementação de Pós-Processadores em Sistemas CAD/CAM Dedicados", 2003.

[6] ANDERSON Jr., J.D. "Introduction to flight", 6. ed., 2008.

[7] VOLPATO, N. "Prototipagem Rápida – Tecnologias e Aplicações", *São Paulo: Editora Blücher, 2007.*