

A Digitalização Tridimensional Móvel e sua aplicação no Design de Produto

F. P. da Silva ^{a,b}, L. C. Duarte ^c, L. Roldo ^c, W. Kindlein Jr ^c

^a *fabio.silva@ufrgs.br*

^b *Departamento de Design e Expressão Gráfica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul;*

^c *Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil*

Resumo

A alta competitividade e a busca por novas tecnologias que diferenciem os produtos industriais indicam um ambiente propício para a utilização de novas tecnologias como fator de inovação. Neste trabalho é proposto o uso do Scanner Tridimensional Móvel, aliado a ferramentas computacionais, para captar imagens e dados em 3D. Com o processo de Digitalização Tridimensional obtêm-se, com grande precisão, detalhes de superfícies, texturas e objetos. Esta técnica apresenta-se como uma ferramenta capaz de proporcionar um diferencial para o projeto de bens de consumo, criando novas possibilidades no Design.

Palavras-chave: *Digitalização 3D, Produtos inovadores, Novas tecnologias.*

The Mobile Three-dimensional Digitizing and its Application in Product Design

Abstract

The high competitiveness and the search for new technologies that differentiate the industrial products show a propitious environment for the use of new techniques as innovation factor. In this work is proposed the use of the Mobile Three-dimensional Scanner, allied to computational tools, to capture images and data in 3D. With the process of 3D-digitizing it is possible to obtain with great precision details of surfaces, textures and objects. This technique can be a tool able to afford competitive edge of final goods project, bringing up new possibilities in Design.

Keywords: *3D digitizing, Innovative products, New techniques.*

1. INTRODUÇÃO

A alta competitividade e a busca por novas tecnologias que diferenciem os produtos industriais indicam um ambiente propício para a utilização de novas técnicas como fator de inovação em bens de consumo. Neste sentido, é proposto o uso da Tecnologia de Digitalização Tridimensional através de um Scanner 3D Móvel, equipamento que permite capturar *in loco* dados de determinada superfície permitindo realizar a construção ou re-construção de objetos transformando-os em modelos 3D virtuais.

A técnica de digitalização 3D a Laser vem sendo aplicada em diversas áreas tais como: desenvolvimento de produtos, construção de moldes, inspeção, controle de qualidade, etc. A digitalização também é bastante empregada para o armazenamento virtual, o qual permite redução econômica de espaço físico e de transporte, bem como o uso simultâneo dos objetos digitalizados. Os arquivos obtidos após a digitalização são compatíveis com os sistemas CAD/CAE/CAM disponíveis no mercado e, assim, o presente artigo apresenta esta técnica como uma ferramenta para o Design de produtos inovadores.

2. INTEGRAÇÃO COM SISTEMAS CAD/CAE/CAM

Os sistemas CAD, CAE e CAM, ou respectivamente *Computer-Aided Design*, *Computer-Aided Engineering* e *Computer-Aided Manufacturing*, permitem integrar as tarefas de projeto, de simular/otimizar o produto e de efetuar sua prototipagem/fabricação [1]. Na metodologia convencional o início se dá pela modelagem geométrica utilizando um sistema CAD, e na

seqüência o arquivo gerado pelo sistema CAD é importado por um sistema CAE e/ou CAM. Porém, o desenvolvimento convencional não é aplicável quando o objetivo é re-desenvolver ou simular e otimizar partes/moldes/ferramentas já existentes sem a informação em CAD [2]. Neste caso é necessário aplicar o método não convencional, cujas técnicas permitem capturar a geometria da peça ou protótipo, e gerar um modelo que será usado em sistemas CAE e CAM. Este processo também é conhecido como Engenharia Reversa.

A Engenharia Reversa, neste contexto, com o auxílio de sistemas computacionais e de equipamentos a laser, alcança difusão no final dos anos 90. Para obter objetos CAD em 3D, basicamente são necessárias duas etapas fundamentais: a aquisição (através de um digitalizador) e o processamento dos dados gerados [3]. A necessidade de criação destes modelos virtuais pode ter causas variadas, tendo em vista que a técnica tem aplicações em diferentes áreas do conhecimento. O Design, por ser multidisciplinar, possui interface direta com estas aplicações, as quais em geral dependem de projeto e fabricação.

3. DIGITALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL A LASER MÓVEL

Os processos de digitalização podem ser divididos em sistemas com contato e sistemas sem contato. Segundo Ferreira (2003) [4], o método de digitalização 3D a laser (sistema sem contato) traz uma maior automação na aquisição de dados. O processo a laser é mais preciso e é, em geral, rápido. Porém, oticamente, depende-se de alguns

fatores, como opacidade e cor da superfície a ser escaneada. É adequado para objetos com grande quantidade de detalhes, independentemente de características de dureza, tendo em vista que não há um contato entre o instrumento e peça digitalizada. Segundo Sokovic (2005) [2], a Digitalização Tridimensional a Laser é um método rápido e preciso no eixo Z, sendo também possível digitalizar materiais macios (que se deformem com o contato) ou até mesmo líquidos.



Figura 1 – Scanner 3D Móvel - Vivid 9i.

O Scanner 3D utilizado como base neste trabalho foi o Vivid 9i da Konica Minolta (Figura 1). Trata-se de um equipamento Móvel, ou seja, com certa portabilidade. A unidade digitalizadora consiste de uma caixa com 221,0 x 300,3 x 474,5 mm, com aproximadamente 15 kg e uma alça para transporte. Para operação é necessário um suporte (tripé) e um notebook com duas entradas USB disponíveis. O equipamento, que não possui bateria, tem potência elétrica de 60 W e emite laser vermelho (comprimento de onda 690 nm) com potência máxima de 30 mW.

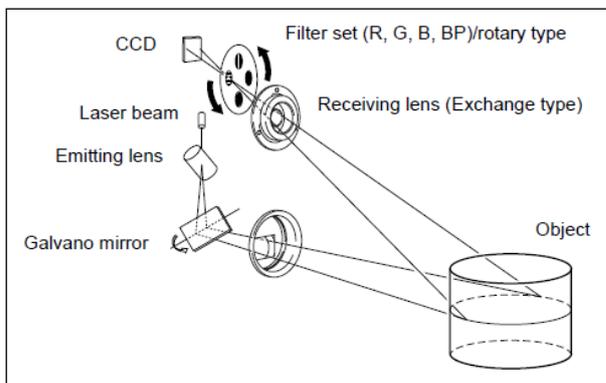


Figura 2 – Princípio de Digitalização 3D por triangulação. Fonte: Konica Minolta (2006) [5].

O equipamento em questão utiliza um princípio de medição conhecido como triangulação [5]. Um feixe pontual de laser é emitido e, ao atravessar uma lente cilíndrica, torna-se uma linha horizontal (eixo X) de laser que incidirá sobre o objeto a ser digitalizado. O ângulo de incidência é controlado por um espelho galvanométrico, o qual possui um eixo de rotação capaz de varrer a superfície verticalmente (eixo Y). A luz refletida pelo objeto passa através de uma lente focalizadora até incidir em um sensor para captação de imagens CCD (*charge-coupled device*) e então, através do triângulo formado, convertida na medida de distância (eixo Z). Adicionalmente, é possível capturar a cor do objeto digitalizado, através de um filtro de cores RGB posicionado em frente ao CCD. O Princípio descrito é ilustrado na figura 2.

Após ser finalizada a varredura da área superficial de interesse, obtém-se o mapeamento ponto a ponto da superfície do objeto. Como resultados desse mapeamento podem ser exportados arquivos de texto com os pontos descritos em coordenadas (X,Y,Z). Este conjunto de milhares de pontos é chamado de “nuvem de pontos” e após manipulação computacional pode gerar superfícies tridimensionais.

3.1 Principais Parâmetros do Equipamento

O Scanner Tridimensional a Laser Móvel utilizado leva 2,5 segundos por varredura, podendo transferir cerca de 3,6 MB de dados (até 340.000 pontos). Os parâmetros de digitalização dependem da área a ser mapeada e da precisão necessária, as quais são função da lente selecionada de acordo com a complexidade do objeto e/ou superfície a ser digitalizada.

As lentes do equipamento são intercambiáveis e definem a área de captura e a precisão de cada varredura. Existem três lentes padrão: TELE, MIDDLE e WIDE, conforme características apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Características das três lentes (em mm).

	TELE	MIDDLE	WIDE
Distância focal	25	14	08
Faixa de captura X	370	658	1196
Faixa de captura Y	278	494	897
Faixa de captura Z	654	1058	1684
Exatidão (X,Y,Z)	0,05	0,10	0,20
Precisão Z	0,008	0,016	0,032

A resolução (espaçamento entre pontos no plano XY) é função da distância do objeto ao scanner em relação à capacidade de captura do CCD de 640 x 480 pontos. Tipicamente a distância do scanner ao objeto fica na faixa de 0,5 até 2,5 m. Podem-se alcançar exatidões de até 0,05 mm por eixo, sendo a precisão máxima de 0,008 mm no cálculo da coordenada Z por triangulação (lente TELE). É importante observar que quanto maior a precisão da lente utilizada, menor será a área adquirida. Assim, para digitalização de objetos de grandes volumes é necessário abrir mão de precisão ou realizar várias operações e posteriormente processá-las computacionalmente.

3.2 Condições da Superfície

Na digitalização de uma peça são necessários alguns cuidados em relação à superfície da mesma. Ela deve ser preferencialmente opaca, para evitar o espalhamento da luz, e clara, para diminuir ao máximo a absorção da luz incidida sobre o objeto. A potência do laser deve ser ajustada para tentar atingir-se uma situação ótima de reflexão da luz.

Para superfícies transparentes ou demasiadamente brilhosas, é possível fazer um recobrimento que, normalmente, é feito com revelador de líquido penetrante, talco ou ainda a base de tintas. Para aplicação em campo, deve-se atentar ao excesso de luminosidade, principalmente em relação à incidência de sol no objeto. Acima de 500 lx pode tornar-se complicada a calibração do equipamento e pode ser necessário fazer uso de lonas.

4. OBTENÇÃO DE MODELOS 3D

O processamento é realizado nos dados da nuvem de pontos adquirida, a qual pode conter alguns milhões de pontos. Um arquivo como este pode tornar-se pesado demais para manipulação em computadores convencionais. Através de

alguns sistemas CAD pode ser realizada uma filtragem dos pontos desta nuvem, podendo diminuí-la consideravelmente (geralmente em mais de 50%). Esta filtragem mantém apenas os pontos realmente significativos para representar o objeto, ou seja, quanto menos detalhes existirem na superfície da peça, menor será a quantidade de pontos que serão necessários para representá-la. A filtragem de pontos é muito importante para a redução de ruídos inerentes ao processo de digitalização, bem como para a criação de um modelo tridimensional mais facilmente manipulável [6].

A partir da nuvem de pontos já filtrada, o sistema une os pontos três a três formando inúmeros triângulos planos, criando-se assim uma malha tridimensional da superfície da peça. O arquivo gerado pode ser salvo no formato STL, padrão para os sistemas de prototipagem rápida e compatível com os principais sistemas CAM de mercado.

Também é possível gerar superfícies NURBS (*Non-Uniform Rational Bézier Spline*), as quais são superfícies descritas por *B-Splines*. As *B-Splines* são curvas suaves as quais possuem vetores associados a seus pontos de controle de modo a permitir cálculos matemáticos com grande precisão. Este tipo de arquivo pode ser salvo no formato padrão IGES (*Initial Graphics Exchange Specification*) e editado mais facilmente pelos sistemas CAD/CAE/CAM atuais, permitindo diversas técnicas de análise virtual, visualização científica, animação gráfica, medições quantitativas de área, volume, massa, etc.

Existem ainda arquivos do tipo VRML (*Virtual Reality Modeling Languages*), os quais permitem a apresentação de objetos e espaços tridimensionais através da Internet. Com este tipo de arquivo é possível, além de mostrar objetos 3D e cenas estáticas, a criação de animações e ambientes interativos com os usuários.

5. EXEMPLO DE APLICAÇÕES

Muitas aplicações da técnica em questão estão relacionadas com a criação de novos produtos, cópia de modelos existentes, correção e melhoria de modelos, inspeção e documentação de produtos, buscando tornar o setor produtivo mais ágil e flexível. A partir da digitalização 3D é possível facilitar sobremaneira o desenvolvimento de produtos personalizados. A seguir são apresentados alguns exemplos de aplicações já estudadas pelos autores, mostrando a potencialidade da técnica de Digitalização Tridimensional a Laser Móvel no Design de Produto.

5.1 Joalheria

Na área da joalheria foi desenvolvido um processo de beneficiamento do rejeito de opala branca e ágata, oriundo da atividade de mineração do município de Salto do Jacuí, RS. Foram integrados o design e a tecnologia de usinagem CNC para agregar valor ao material. Este tipo de material é muito utilizado para a arte da glíptica, que consiste na gravação em gemas e materiais gemológicos, que procede dos antigos reinos da Suméria, Babilônia e Assíria [7]. Durante todo o período da história, artefatos deste tipo são descritos ou documentados, porém o desenvolvimento das técnicas de reprodução destes encontra-se estagnada. Estas peças são elaboradas manualmente, uma a uma, com o uso de um torno com eixo horizontal, onde se podem trocar cabeçotes conforme a necessidade do relevo a ser produzido. O desenho a ser reproduzido é feito diretamente sobre o material a ser esculpido e dependendo do relevo, dá-se o nome de entalhe quando as gravuras são desenvolvidas em relevos negativos e o nome de camafeu quando as gravuras são esculpidas em relevo positivo.

Para a ornamentação do material gemológico com a utilização da técnica de digitalização tridimensional a laser, foi capturada a imagem de uma face humana através do scanner tridimensional móvel (Figura 3) para posteriormente reproduzi-la por usinagem CNC em um camafeu (Figura 4). A vantagem da utilização da digitalização tridimensional aliada à usinagem CNC para este tipo de artefato é a de poder reproduzir o relevo tridimensional obtido em diferentes materiais, guardando as mesmas proporções geométricas e fidelidade de contornos, além de poderem ser reproduzidas peças personalizadas com a técnica da glíptica, consistindo em uma inovação tecnológica importante neste tipo de objeto de adorno [8].



Figura 3 – Digitalização de uma face: (a) modelo tridimensional renderizado e (b) modelo final para usinagem CNC.

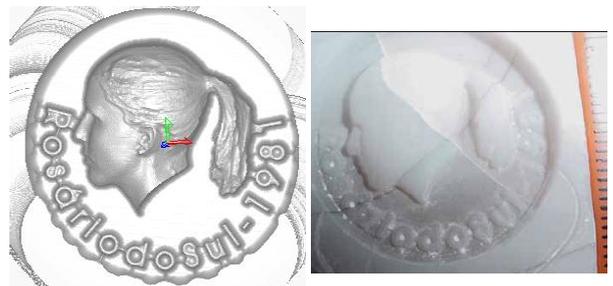


Figura 4 – Fabricação da peça: (a) modelo CAD/CAM e (B) camafeu usinado por CNC na opala branca.

5.2 Acessórios Personalizados

Envolvendo digitalização de faces humanas, foi desenvolvido um trabalho que teve como objetivo obter óculos personalizados que possam se adequar corretamente ao usuário. A pesquisa partiu do princípio que óculos são produtos personalizáveis, que precisam estar perfeitamente adequados ao rosto do usuário para não incomodá-lo nem causar marcas faciais. O ideal é que os óculos fiquem apoiados sobre a pele sem pressioná-la demasiadamente em nenhum ponto [9].

As armações dos óculos, ainda hoje, vêm sendo concebidas para serem utilizadas por um modelo idealizado de pessoa, sendo que grande parte dos projetos é destinada unicamente à produção em série. A produção, por sua vez, é baseada em previsões de demanda onde não há envolvimento direto com o cliente.

Através da digitalização tridimensional, foi possível obter medidas de usuários e, de acordo com estas, realizar adaptações, bem como projetar armações personalizadas (Figura 5). Assim, pode-se ajustar primeiramente as lentes (tamanho e espaçamento) e em seguida as hastes (comprimento e angulação). O fato de trabalhar com arquivos digitais manipuláveis em sistemas CAD ainda apresenta a vantagem de permitir a comunicação com sistemas CAM.

Com isso, a fabricação de modelos de óculos personalizados pode ser facilmente realizada de forma automatizada.



Figura 5 – Digitalização para o desenvolvimento de óculos personalizados: (a) modelo 3D com armação plástica e (b) modelo 3D com armação metálica.

5.3 Vestuário

Na área do vestuário a digitalização encontra importante aplicação, tanto para personalização, quanto para medições antropométricas. Neste sentido, foi desenvolvido um estudo na área de roupas íntimas femininas. O sucesso das roupas íntimas se baseia na obtenção de uma relação harmônica entre as medidas do corpo e a roupa íntima que o veste. A falta de sintonia entre o setor produtivo e as necessidades dos clientes causa prejuízos para quem faz as roupas e incômodos para o consumidor. A digitalização 3D permite adquirir medidas corporais confiáveis, bem como conhecer as variações nestas medidas corporais pelo uso de sutiãs.

O estudo em questão baseou-se em trabalhos que vem sendo desenvolvidos com o público asiático [10]. Para compreender a mudança da forma dos seios com o uso de cada sutiã, medidas corporais foram obtidas através do scanner 3D. Os dados também foram interpretados em função do efeito estético dos sutiãs. Foi possível executar comparações com grande precisão, as quais seriam extremamente difíceis de se realizar apenas com técnicas manuais. A figura 6 apresenta resultados de digitalizações realizadas para interpretação do efeito estético de seis sutiãs (A, B, C, D, E e F).

Em áreas afins às já citadas, a digitalização encontra grande aplicação em roupas, calçados e acessórios personalizados. Também pode ser empregada para a geração de dados antropométricos em 3D de uma determinada população, contribuindo enormemente com o desenvolvimento de produtos mais ergonômicos. Equipamentos como o utilizado neste trabalho permitem ainda obter dados 3D de pessoas ou esculturas para animações, jogos e até mesmo filmes. Tal processo também pode ser um facilitador do processo de criação de personagens e cenários virtuais personalizados.

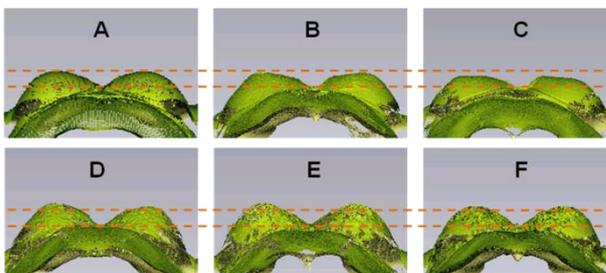


Figura 6 – Digitalização para comparação entre seis modelos de sutiãs (A, B, C, D, E e F); a linha mais abaixo indica o alinhamento do peito, enquanto a linha acima é utilizada como referência.

5.4 Tecnologia Assistiva

No que diz respeito à digitalização tridimensional de partes humanas, uma grande área de aplicação é a Tecnologia Assistiva (TA). Entende-se por TA “qualquer produto, instrumento, equipamento ou sistema técnico utilizado por uma pessoa deficiente, especialmente produzido ou disponível que previne, compensa, atenua ou neutraliza uma incapacidade” [11]. Com o auxílio da cadeira de rodas, as pessoas com deficiência adquirem mais independência e autonomia. Entretanto, se este equipamento não oferecer uma boa postura seu usuário poderá ter problemas desde dores nas costas até mais graves como má circulação ou úlceras de pressão.

Neste sentido, vem sendo desenvolvida uma metodologia para o projeto de assentos personalizados que proporcionem uma readequação postural ao usuário, solucionando assim alguns dos problemas da superfície de apoio inadequada [12]. Um trabalho que vem sendo executado trata de assentos e encostos ortopédicos personalizados. A maior parte dos modelos de assentos e encostos para cadeiras de rodas não são fabricadas sob medida. Embora existam diversos modelos pré-fabricados, as pessoas portadoras de alterações posturais enfrentam dificuldades para se adequar a eles. Assim, a digitalização 3D apresenta-se como uma importante ferramenta para cumprir o papel do design de adaptar o produto ao usuário.

A partir da técnica de digitalização pode-se partir para o projeto de um encosto diretamente do modelo virtual das costas do usuário. O fato da mobilidade do equipamento facilita também seu uso em consultórios, enfermarias ou mesmo em quartos particulares. A figura 7 apresenta uma digitalização para obtenção das dimensões antropométricas da coluna vertebral e a posterior fabricação destes encostos com base nos dados obtidos.

Alguns usuários podem apresentar maiores dificuldades posturais ou deformidades, como o caso de portadores de paralisia cerebral. Em muitos desses casos não é possível deixar o usuário parado em postura adequada. Assim, para que o processo possa ser utilizado é necessário que um fisioterapeuta tire um molde de gesso do usuário posicionado com a melhor adequação, respeitando os limites posturais do paciente. Após esta etapa, o molde obtido pode ser facilmente digitalizado.



Figura 7 – Digitalização para projetar encosto personalizado: (a) Scanner 3D adquirindo dados e (b) modelo 3D obtido.

As superfícies obtidas podem ser trabalhadas em sistemas CAD/CAM. Convencionalmente, espumas de poliuretano flexível para assentos são produzidas através de moldes. Devido às características do processo personalizado, o custo em termos de confecção de molde acaba sendo alto. Diante disso, o processamento por usinagem CNC diretamente na espuma se tornou o objeto de estudo mais

atrativo [12]. A primeira peça produzida foi montada para teste em uma cadeira de rodas e, com a avaliação de fisioterapeutas, o processo vem sendo considerado adequado. As etapas seguintes consistem na aplicação de forração para acabamento e na validação do produto obtido, a qual será realizada a médio e longo prazo com acompanhamento de profissionais da área da saúde. O objetivo final é a futura documentação de uma nova metodologia, baseada na digitalização tridimensional, para o desenvolvimento de produtos personalizados voltados à Tecnologia Assistiva. A figura 8 apresenta um molde de gesso e o protótipo do assento já produzido.



Figura 8 – Produção de assentos e encostos personalizados: (a) molde de gesso e sua respectiva espuma usinada e (b) protótipo do encosto personalizado; a linha pontilhada representa a coluna de um paciente com deformidade na sua melhor condição de adequação postural.

Cabe salientar que, ainda em referência à próxima relação existente entre o Design e a Tecnologia Assistiva, outra área que vem sendo estudada é conhecida mundialmente como *Medical Design*. Neste campo a digitalização também se apresenta como uma ferramenta facilitadora de processos. Dados obtidos em 3D podem subsidiar o desenvolvimento de próteses dentais ou cirúrgicas, bem como podem ser utilizados para o planejamento de cirurgias. Procedimentos médicos podem ter seu tempo de duração drasticamente reduzido com o uso de próteses personalizadas, ao invés de peças padrão que necessitam ser moldadas ao paciente no momento de uma intervenção cirúrgica, por exemplo.

5.5 Análises de Produtos

Outra área de grande valia para o Design de Produto, na qual a digitalização encontra aplicação, é a análise de formas e determinação de relações constitutivas de produtos. No exemplo da figura 9, tem-se uma cadeira de Majorelle, construída por volta de 1890 na França. Esse produto de mobiliário tem a característica de ser projetada seguindo um modelo matemático baseado na lei áurea de acordo com séries como a de Fibonacci (equação baseada no crescimento e desenvolvimento de formas de vida orgânicas, como plantas, folhas e conchas). Porém, para estudá-la é necessário saber qual a base da série utilizada no seu projeto original. No caso de produtos como esse, com diversas formas orgânicas, torna-se altamente complexo um processo de medição manual. O Scanner 3D ajuda sobremaneira para fazer essas análises tridimensionais.

Uma das possibilidades propostas, para comprovação da evidência do uso de uma série na concepção do produto em questão, é a comparação da cadeira a um modelo virtual criado a partir da série de Fibonacci. Para tal comparação, a cadeira existente foi digitalizada e um modelo paramétrico foi

criado em CAD (Figura 10). Em softwares de análise (sistemas CAE por exemplo) é possível sobrepor os dois modelos e medir os desvios da cadeira paramétrica em relação à cadeira real. Através de processos iterativos, é possível ajustar os parâmetros dimensionais da cadeira modelada em CAD e sobrepô-la novamente com a existente. Assim, pode-se inferir a geometria generativa da cadeira, ou seja, o valor correspondente à base utilizada no cálculo para o projeto do produto em questão.



Figura 9 – Digitalização da cadeira projetada por Majorelle.

O estudo dessas relações constitutivas permite inovar em projetos de linhas inteiras de produtos, criando famílias diferenciadas, mas com uma identidade nas suas proporções dimensionais. Futuramente pode-se, por exemplo, relacionar uma determinada geometria generativa a um determinado usuário, criando produtos personalizados, mas ainda assim com uma mesma assinatura. Cabe salientar que essa técnica também pode ser aplicada no re-design e/ou na otimização de um produto ou protótipo já existente, o qual pode ser digitalizado, modificado/parametrizado e novamente produzido. Deste modo, torna-se possível desenvolver produtos que melhor atendam as cada vez mais exigentes necessidades de mercado.



Figura 10 – Modelos virtuais da cadeira para análise: (a) modelo adquirido por digitalização tridimensional e (b) modelo final renderizado.

6. CONCLUSÕES

O Designer não deve limitar-se a utilizar apenas as técnicas e tecnologias já existentes e difundidas; deve estar na vanguarda da tecnologia e também colaborar com o desenvolvimento de novas técnicas, detectá-las e aplicá-las no processo de criação de novos produtos. Neste contexto, a Digitalização Tridimensional vem se mostrando uma técnica que acrescenta, no processo de desenvolvimento, agilidade,

qualidade e inovação. Estas características são reforçadas pela versatilidade que é inerente a técnica, a qual tem aplicações diferenciadas em diversas áreas do conhecimento.

Através da Digitalização Tridimensional a Laser Móvel, podem ser criados modelos virtuais de objetos, elementos da natureza e até mesmo pessoas. A digitalização de partes humanas permite o projeto de produtos personalizados e/ou assistivos. Podem ser produzidos com o auxílio da técnica: peças de joalheria, como pingentes e camafeus, acessórios, como óculos, calçados e roupas. Assim, é possível gerar arquivos em diferentes formatos, os quais permitem, entre outras aplicações, produzir o modelo em um material adequado, bem como criar e editar superfícies, desenvolvendo assim um produto totalmente novo.

Esta técnica mostrou-se capaz de proporcionar um diferencial para o projeto de bens de consumo, criando novas possibilidades no Design. Cabe salientar que neste campo existe ainda um grande potencial a ser explorado.

REFERÊNCIAS

- [1]. PRESTON, E. *CAD/CAM systems: justification, implementation, productivity measurement*. Nova York: Marcel Dekker, 1984.
- [2]. SOKOVIC, M. RE (reverse engineering) as necessary phase by rapid product development. *Journal of Materials Processing Technology*, 175, p.398-403, 2006.
- [3]. PAHOLE, I. Rapid prototyping processes give new possibilities to numerical copying techniques. *Journal of Materials Processing Technology*, 164-165, p. 1416-1422, 2005.
- [4]. Ferreira, J. Integration of reverse engineering and rapid tooling in foundry technology. *Journal of Materials Processing Technology*, 142, p.374-382, 2003.
- [5]. Konica Minolta Sensing, Inc. Non-contact 3D Digitizer Vivid 9i. Instruction Manual. Japan, 2006.
- [6]. SILVA, F. P. *O uso da Digitalização Tridimensional a Laser no Desenvolvimento e Caracterização de Texturas Aplicadas ao Design de Produtos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia), PPGEM, UFRGS, Porto Alegre, 2006.
- [7]. SCHUMANN, W. *Gemas do Mundo*. São Paulo: Editora Disal 2006.
- [8]. TESSMANN, C. S. Importância do binômio Design e Engenharia no beneficiamento de rejeito mineral de opala e ágata na produção de camafeus por usinagem CNC. Dissertação (Mestrado em Design), PGDESIGN, UFRGS, Porto Alegre, 2009.
- [9]. VENTURA, D. S.; VENTURA Jr, F. *Olhar Atento – Como escolher e usar óculos*. São Paulo: Editora Senac, 2008.
- [10]. H.-Y. HYUN-YOUNG LEE, KYUNGHI HONG, EUN AE KIM. Measurement protocol of women's nude breasts using a 3D scanning technique. *Applied Ergonomics*, Volume 35, Issue 4, 2004.
- [11]. Norma ISO 9999. Technical aids for persons with disabilities: Classification and terminology. ISO - International Organization for Standardization, 2007.
- [12]. SILVA, F. P.; BERETTA, E. M.; BATISTA, V. J.; KINDLEIN JR., W. Projeto de assentos visando a readequação postural de pessoas com deficiência física. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM DESIGN, 5, 2009. *Anais...* Bauru: UNESP, 2009.