

José Augusto Marinho Silva
Mestre em Engenharia Automotiva - Poli/USP - Engenharia Mecânica

Design, Engenharia Mecânica e Meio Ambiente para a Criação, Análise e Fabricação de Calçados e Jóias

José Augusto Marinho Silva (Poli/USP)

Este artigo apresenta e discute as tecnologias 3Ds atualmente disponíveis para a criação e manufatura de calçados e joalheria, apontando suas principais particularidades e processos envolvidos no projeto do produto, com o pensamento do design e com tecnologias advindas da engenharia mecânica.

Palavras-chave: Design 3D, Calçados e Joalheria.

This paper presents and discuss the 3Ds technologies currently available for creating and manufacturing shoes and jewelry, pointing out their main features and processes involved in product projects, with the thought of design and technology coming from the mechanical engineering.

Key-words: 3D Design, Shoes and Jewelry.

Visualização e Projeto em 3 Dimensões

A visualização 3D para a apresentação de projetos de produtos, sempre foi uma ferramenta digital da engenharia mecânica e do design, que fornece inúmeras possibilidades de representação de materiais e texturas com extrema precisão. Além de gerar imagens e animações para facilitar o entendimento do produto, o arquivo 3D destinado aos processos de prototipagem rápida e usinagem, proporcionam melhorias significativas à manufatura, com economias e redução de custos e extrema agilidade na produção do produto.

Na área de calçados e joalheria, considerando a devida complexidade dos produtos, a tecnologia 3D proporciona aos setores, uma elaboração precisa com representação foto-realística, frente a meios considerados artesanais, até hoje utilizados em médias e grandes empresas de cada área.

Criação e Fabricação de Calçados

O projeto de um calçado, independente do modelo, chinelo, sapatilha, sandália, tênis ou bota, tem como sequência de elaboração as etapas descritas a seguir.

- 1) Representação do modelo através do desenho manual ou digital, ilustração, desenho técnico (vistas do produto) e perspectivas, são os principais meios utilizados para visualizar uma criação de um calçado.
- 2) A modelagem de calçados é o processo de decomposição do produto, especificando cada parte que compõe o calçado, identificando qual a sequência de montagem, especificando a sobreposição das partes, tipos de costuras e acabamentos, enchimentos, forros e fixações de ferragens e aviamentos.

- no raciocínio da modelagem plana, ou seja, na planificação das partes de um calçado através das medidas obtidas do próprio pé do usuário, considerando também o modelo do calçado, não é uma técnica tão utilizada assim como no vestuário, apesar da excelente precisão dos moldes obtidos, mas de extrema complexidade nos cálculos exigidos.
- comparativamente ao processo de “destacagem” diretamente da fôrma de um calçado, o cálculo da planificação é um recurso menos ágil para a produção. A fôrma é uma representação física tridimensional do pé humano, geralmente feita com plástico injetado, agregando características de altura de salto e formatos de bicos.
- no processo convencional manual, basicamente, modelar um calçado resume-se em revestir a fôrma com o uso de fita crêpe, desenhando sobre a fita adesiva e transferindo as características do design criado, recortando sobre as linhas desenhadas com o uso de um estilete, destacando a fita adesiva da fôrma, e planificando-a sobre uma superfície de papel rígido. Obviamente que o modo de como aplicar a fita sobre a fôrma, o recorte e a transferência para o papel, tem todas as suas particularidades e técnicas específicas para elaborar adequadamente as ações envolvidas e se obter as peças recortadas com a qualidade necessária. Calçados com bicos arredondados e fechados, para não perder a característica da forma arredondada, ao transferir a fita adesiva para o papel, para não amassar e perder o design, a planificação é resolvida com o uso de piques/recortes (técnica adquirida com o estudo da modelagem de calçados e modelagem de vestuário).
- o uso do molde para cortar os materiais têxteis, enchimentos, couros e laminados sintéticos, no processo da bancada, utilizada ainda hoje pelos sapateiros, parte do princípio do uso de uma navalha/lâmina de metal, pressionando o molde sobre o material com uma mão e cortando o material ao contornar o molde com a navalha na outra mão. No processo industrial, o processo utiliza facas (moldes de metal) e balancins (prensas hidráulicas) para executar o corte com precisão e rapidez.

3) Na fixação das partes recortadas, a costura é o processo característico para unir as partes. Existem diversos tipos de costura e acabamentos, proporcionando características visuais e resistências específicas, conforme a especificação do designer ou da adequação aos processos produtivos envolvidos. Na maioria das vezes, o tipo de costura e montagem são resolvidos pelos fornecedores, conforme sua linha de produção, em função dos maquinários existentes, não havendo a participação devida do designer neste momento de finalização da montagem do produto. Vale ressaltar que, muitas vezes, o próprio desenhista do produto não tem conhecimento específico para detalhar todo o processo de montagem e definir as características de acabamentos, por não conhecer os processos produtivos e as tecnologias empregadas em cada processo de fabricação. Pintura, esmaltação ou cromeação, polimento, tingimento, estamparia, normalmente são características que não são definidas ou tem a participação do designer, e sim pela limitação e disponibilidades dos fornecedores ou por motivos de custos ou pela escolha de outros departamentos da empresa, como a gerência e diretoria. Nos artigos de luxo fabricados pelas grandes marcas internacionais, o designer/estilista tem uma participação maior no controle da fidelização da produção em relação ao projeto, trabalhando nas decisões em conjunto aos outros departamentos da empresa, tendo voz ativa nas tomadas de decisões.

Criação e Fabricação de Jóias

Os processos envolvidos no setor da joalheria diferenciam-se dos processos apresentados sobre a fabricação dos calçados, principalmente nas etapas pertinentes a cada material envolvido e a devida confecção de cada parte/componente do produto.

Enquanto nos calçados a indústria têxtil, do couro, das borrachas e plásticos estão mais presentes, a metalurgia, apesar de trabalhar com enfeites, fivelas, botões e outros componentes para a indústria de calçados e bolsas, é o processo principal utilizada na fabricação de jóias, aliado ao processo da lapidação e cravação, específicos para a elaboração das características visuais de cada pedra preciosa e seus devidos encaixes e fixações para cada tipo de desenho de jóia.

Resumidamente tem-se como etapas básicas na fabricação de jóias as seguintes características:

- 1) Utiliza-se o desenho manual e digital ilustrativo para representar uma jóia, tão quanto para se representar um calçado. Mas como a jóia, por exemplo, um anel, é uma forma que deve, necessariamente considerar o dedo como ponto de interface básica do produto com o usuário, pode-se utilizar como referência básica geométrica de referência um cilindro, e a partir dele gerar complementos com outros sólidos geométricos para criar espessuras, volumes e encaixes, tornando-se mais fácil seu uso como uma ferramenta digital 3D para se criar uma jóia a partir da solidificação e manipulação de sólidos básicos, comparando-se com o uso desta tecnologia para elaborar um calçado, visto a complexidade para gerar um volume orgânico do pé humano, ponto de partida básico para a modelagem de qualquer calçado, representado pela fôrma. Sendo assim, o uso do 3D para o projeto de jóias é uma prática no mercado industrial mundial empregada há cerca de 10/15 anos, já difundida, e na área de calçados as experiências são mais recentes com grande potencial de implementação.
- 2) Após gerar um desenho ou uma representação 3D de uma jóia, basicamente os princípios dos processos da metalurgia são envolvidos para a fabricação do produto da joalheria. A fundição do metal para a obtenção de um lingote e posterior manipulação na laminação para fabricar chapas ou fios, fazem parte de um dos processos básicos da joalheria. Fundição através de moldes gerados de uma peça piloto para a reprodução fiel do modelo original, é outro processo básico do joalheiro. Uma peça piloto pode ser fabricada utilizando-se os processos também básicos de uma serralheria e metalurgia, ou seja, laminação, corte, dobra, soldagem, fundição, polimento, acabamentos superficiais como o banho de cromo, pintura, verniz e esmaltação.
- 3) Uma réplica tridimensional do produto é recortada e esculpida sobre um tubo de cera (específica para a joalheria) e é utilizada como peça piloto para gerar um molde, normalmente de silicone, para reproduzir outros modelos, também em cera, utilizados para se montar uma “árvore de cera”, presente no processo de produção denominado “fundição por cera perdida”. O molde original pode ser gerado manualmente, ou a partir da prototipagem de um arquivo 3D, já muito utilizado na indústria e ainda empregado atualmente. Há ainda um número significativo de ateliês e indústrias que não conhecem ou não tem acesso à esta tecnologia, existindo portanto, um grande potencial de implementações ao setor.
- 4) As pedras preciosas, além de terem seu valor em função das características naturais minerais, a lapidação, ou seja, o recorte/chanfro através do desgaste sobre a superfície da pedra, em função dos tamanhos, inclinações e formatos das áreas lapidadas, proporcionam reflexos específicos, pela incidência e propagação dos feixes de luz,

agregando valor visual e comercial a cada pedra lapidada. Tais técnicas de trabalho são obtidas por profissionais em cursos específicos, dificilmente sendo uma das habilidades do designer, criador da jóia. A fixação da pedra na jóia também é desenvolvida por profissionais diversos dos operadores da fundição, sendo esta também uma habilidade específica, conhecimento normalmente não pertencente aos designers.

5) Para a criação de uma jóia, ter um mínimo de conhecimento sobre características dos metais, pedras preciosas e fundição, é de extrema importância, pois tais definições influenciarão na escolha dos processos de manufatura envolvidos e, conseqüentemente, sobre os custos relacionados.

A Ferramenta 3D para a Criação e Fabricação de Calçados e Jóias

A descrição anterior objetiva proporcionar referências básicas dos principais processos envolvidos na criação e fabricação de calçados e jóias, para se elaborar um raciocínio comparativo com a inclusão da tecnologia 3D.

Desenho e Criação

Após a definição do *briefing*, onde se especifica as características do mercado, consumidor e seus devidos anseios e expectativas de consumo, geram-se opções formais, esboçadas manualmente ou digitalmente até a definição final do produto aprovado para a pilotagem e posterior fabricação.

Para a aprovação do produto antes da pilotagem, normalmente utilizam-se ilustrações para a visualização das idéias. As ilustrações manuais com o uso de lápis e tintas, são técnicas cada vez mais em desuso, uma vez que a representação/simulação gráfica, com o uso de softwares como o CorelDraw, Illustrator e Photoshop, possibilita uma real fidelização visual com extrema agilidade na troca de texturas, materiais e cores.

A elaboração de produtos em softwares de modelagem 3D possibilita, além de gerar imagens renderizadas para visualização, elaborar animações, onde câmeras percorrem o produto, ou mesmo o produto pode simular certos movimentos e articulações para valorizar partes e características diversas, destacando aspectos da forma e função.

Uma vez bem elaborado, tal material pode ser um grande diferencial para ser utilizado em campanhas publicitárias.

Softwares para Calçados

Existem poucos softwares específicos para a elaboração de calçados, sendo uma ferramenta que pode otimizar sua criação e manufatura. Por se tratar de um software muito específico, tem seu valor comercial elevado e pouco difundido no setor industrial e tão pouco nos escritórios de criação, sendo ainda pouco utilizados pelos designers. Além disso, a falta de conhecimento para manipular tais ferramentas 3D, não são características para implementações industriais no setor calçadista, inclusive por possuírem características de empresas familiares, onde ainda se transfere o conhecimento e experiências entre os decedentes. E como esta tecnologia é recente, somente os industriais mais visionários é que acabam dando a devida atenção ao assunto .

A facilidade com que se manipula um desenho sobre uma fôrma digitalizada tridimensionalmente, torna o processo manual da fita adesiva e a destacagem presente na modelagem de um calçado, um processo improdutivo e ultrapassado, uma vez que obtêm-se diferenciais e melhorias como:

- precisão na definição das características das fôrmas, ao modificar alturas de salto e formatos de bicos, fazendo a interface com a produção de fôrmas, mandando executar conforme o projeto do modelo ou trabalhando com o arquivo enviado pelo fabricante de fôrmas, em função dos lançamentos.
- facilidade na reprodução da representação gráfica sobre a fôrma 3D, simulando o desenho a lápis usualmente utilizado sobre a fita adesiva no processo manual. Outro modo é transferir um desenho de uma vista lateral, diretamente sobre a superfície 3D da fôrma, espelhando para o outro lado e unindo os lados com extrema facilidade.
- com uma biblioteca pré-definida pelo usuário ou advinda do próprio software, aplicam-se texturas de materiais pertinentes ao setor calçadista, como têxteis, couros e laminados sintéticos, atribuindo espessuras e especificando sobreposições das partes. Neste momento, inevitavelmente o designer deve tomar tais definições de montagem, ao especificar a sobreposição das partes.
- costuras, pespontos e aplicações de ferragens, rebites, ilhóses, fivelas, apliques e aviamentos são representados com a mesma facilidade pelo uso de uma biblioteca existente ou do usuário, com meios facilitadores para a aplicação dos componentes no produto criado.
- luzes, câmeras e animações, para a visualização ou apresentação do produto são geradas e especificadas, mas o uso do arquivo digital não se limita à isto, ao contrário, torna-se um modo eficaz para a transferência das características do produto criado para a modelagem e a fabricação do mesmo.
- a partir da superfície tridimensional da fôrma e as características dos calçados criados atribuídas sobre a mesma, uma vez aprovado o modelo, gera-se a planificação de todas as partes, inclusive das arredondadas, solucionando com certa facilidade o problema da planificação das formas dos bicos, citado anteriormente.
- visualizar as partes planificadas e elaborar uma ficha técnica com indicação dos materiais, fornecedores, consumo e acabamentos, torna-se mais ágil e preciso com o uso deste tipo de software.
- outra vantagem é a otimização na mesa de corte, uma vez que o encaixe pode ser definido pela projeção das partes sobre uma peça para corte com formato orgânico, como é o caso de uma peça de couro animal, podendo se evitar o desperdício de material, pelo máximo aproveitamento através do encaixe preciso,. Além disso, há a substituição dos custos de facas e operações com balancins pelo corte de sistema CAD, utilizando-se um sistema de plotagem com corte que usa lâminas ou corte à laser.
- a criação de solados complexos, como é o caso de modelos esportivos de tênis, é agilizada pela modelagem 3D, onde o arquivo digital é de extrema importância para a otimização dos processos pertinentes a ferramentaria na fabricação das matrizes, que são moldes de metal para o processo de injeção do plástico (no caso de saltos e plataformas) ou injeção de borrachas para a fabricação de solados.

Softwares para Joalheria

Assim como na fabricação de calçados, diversas vantagens podem ser obtidas com o uso da ferramenta 3D:

- precisão e agilidade na elaboração das características do produto criado.
- visualização real dos materiais e acabamentos utilizados nas jóias, inclusive simulação de brilhos dos principais metais e pedras preciosas.
- pode-se especificar cada parte da jóia, pela obtenção das medidas de cada parte e destinar ao corte e laminação de placas ou fios, especificando partes que conterão soldas e dobras.
- a modelagem de uma peça piloto com cera, pelo uso da prototipagem rápida, torna-se mais rentável comparando-se com o tempo gasto em bancada pelo modelista, além da precisão obtida pelo modelo geométrico digital.
- como a indústria de fundição de jóias utiliza-se normalmente da técnica de fundição por cera perdida, a agilidade na rotatividade da produção pela diversidade dos modelos criados e a qualidade das peças obtidas são características advindas do uso da tecnologia 3D e da prototipagem rápida.

Análise do Ciclo de Vida

Tratando-se dos aspectos pertinentes ao Meio Ambiente e os problemas gerados pelas intervenções dos produtos industrializados, o estudo de toda cadeia que envolve a fabricação, utilização e descarte do produto, pode se tornar objeto de estudo com extrema complexidade, devido as inúmeras particularidades envolvidas.

Este tipo de estudo pode ser facilitado com a utilização da Análise do Ciclo de Vida, reforçada pelas normas série ISO 14000, havendo softwares específicos que foram desenvolvidos para facilitar a interpretação dos dados gerados pela análise das intervenções no meio ambiente dos produtos e processos industriais e seus efeitos ao ser humano, a partir da simulação virtual de todas as atividades pertinentes, conforme especificado à seguir:

- obtenção da matéria-prima: deve-se considerar os meios de extração da matéria-prima e as intervenções ao meio ambiente.
- fabricação dos componentes e produto acabado: especificar os processos produtivos, as ações envolvidas, identificando gastos de energia e geração de dejetos e poluentes.
- utilização: no caso de um automóvel, considerando-se a poluição gerada na fabricação e o grande transtorno ambiental ao considerar o automóvel no fim de vida como um lixo, durante seu uso, pelo prolongado tempo de utilização e pelo consumo de combustível e pela geração de poluentes provenientes da combustão deste, tais fatores são de fundamental importância para a análise completa do ciclo deste produto e seus efeitos nocivos ao planeta e a saúde do ser humano.
- descarte: verificação do potencial de reaproveitamento de partes e componentes, de reciclagem até o descarte final.

Na análise de um calçado, os fatores que caracterizam sua utilização pouco devem influenciar o resultado de uma análise do ciclo de vida, pois deverá ser quantificado, normalmente, apenas o desgaste dos solados de borracha, parte mais afetada pelo desgaste do atrito com o solo e gerador de detritos.

Já na joalheria, como trata-se de um produto que deve ser eterno, perpetuando seu uso através de gerações, dificilmente chegará a ser considerado como um lixo, e por não se deteriorar ou poluir durante seu uso, deve-se considerar principalmente os processos de extração da matéria-prima e seus processos de fabricação na análise do ciclo de vida.

De certo modo, o designer pode ser considerado um dos responsáveis pela agressão ao meio ambiente de cada produto produzido, uma vez que a escolha dos materiais e as especificações de produção, se analisadas com a devida preocupação ambiental, poderia ser um fator de redução dos problemas atualmente enfrentados para a preservação do meio ambiente, causados significativamente pela elaboração de produtos complexos, com o uso de materiais com difícil degradabilidade, podendo ser observado inclusive nas embalagens que os pertencem.

Uma vez que o designer tem um controle absoluto nas características do produto, através da tecnologia digital 3D, este arquivo pode e deveria ser utilizado para se elaborar estudos que minimizem ou não agridam o meio ambiente.

Considerações Finais

Entre as principais vantagens da utilização da tecnologia 3D para a criação e produção de calçados e jóias, pode-se citar:

- precisão na definição das formas de cada parte/componente que compõe o produto.
- representação real e hiper-real dos materiais, texturas e acabamentos de superfície de cada componente, para a visualização e aprovação do produto, além do potencial uso publicitário.
- automatização dos processos de corte para calçados e fundição para a joalheria.
- elaboração de ficha técnica para a correta representação das características geométricas, de modelagem, acabamentos, indicação das matérias-primas, fornecedores, consumos e custos.
- redução de desperdícios de matérias-primas.
- total controle e participação do designer, podendo visualizar e definir as partes e componentes que fazem parte do produto, além de especificar os processos envolvidos na fabricação, podendo participar de etapas decisivas de tomadas de decisões, uma vez que conhece os custos envolvidos na fabricação das partes, devendo sugerir alternativas para atribuir qualidade ou redução de custos. Para isso, deve-se ter conhecimento das tecnologias disponíveis no mercado.
- possibilidade de análise ambiental, prevendo os impactos causados pela extração da matéria-prima, fabricação, utilização e descarte, podendo identificar alternativas para minimizar ou eliminar certos danos ao planeta terra.

Na indústria automotiva, a complexidade da criação de um automóvel, devido as diversas características de cada componente e pelo grande número de peças que compõem o produto automóvel, a representação tridimensional já é há muito tempo utilizada, facilitando diversas etapas do projeto e sua manufatura. A simulação de testes, como o *crash-test*, que verifica os danos causados em uma colisão frontal em uma quina, conforme características definidas em normas técnicas, são simulações extremamente complexas e de difícil análise e usual no setor automotivo com a simulação 3D.

Após a experiência obtida pelo autor deste artigo no Mestrado Profissional em Engenharia Automotiva, realizado na escola Politécnica da USP, na Engenharia Mecânica,

através do conhecimento da ferramenta de projeto, “Análise Numérica pelo Método dos Elementos Finitos”, conhecimento este utilizado para a simulação digital de um *crash-test* automotivo, tem-se como objeto de estudo atual para a linha de pesquisa de doutorado à ser seguida por este autor, a utilização do método dos elementos finitos, como subsídio de análise de desempenho para a criação de calçados e jóias.

O estudo deve facilitar a análise dos principais esforços atribuídos ao uso dos produtos, havendo possibilidades da prevenção de defeitos como fraturas, quebras ou desgastes excessivos, identificando problemas advindos da escolha indevida de materiais, montagens e fixações. Tal análise preliminar a confecção do protótipo físico, torna a representação do protótipo virtual uma excelente ferramenta para avaliação e revisão de projetos de produtos, evitando possíveis falhas e problemas de uso, sendo um fator de redução de custos à ser considerado.

Para se iniciar o processo de análise numérica pelo método dos elementos finitos, um modelo tridimensional digital é o ponto de partida, sendo mais uma vantagem da tecnologia 3D, refletindo a extrema importância desta ferramenta que pode ser considerada essencial aos tempos atuais para a criação de produtos de design, incluindo produtos de moda como calçados e jóias.

Referências Bibliográficas

Abranches, Gerson Pereira, Martins, Ariel Vicentini de Souza, Lopes, Lizander Augusto da Costa, Sabrá, Flávio Glória Caminada, Rodrigues, Ana Sílvia de Lima Vielmo, Dinis, Patrícia Martins e Vas, Amanda Fernandes Cardoso, **Modelagem - Tecnologia em Produção de Vestuário**, Ed. Estação das Letras, São Paulo, 2009.

Codiza, Carlos, **A Joalheria**, Ed. Estampa, Portugal, 2000.

Cohn E., Walter, **Footwear Materials & Processes**, Ed. Fairchild, New York, 1969.

Desenho para Joalheiros, Ed. Estampa, Portugal, 2005.

Filho, Avelino Alves, **Elementos Finitos**, Ed. Érica, São Paulo, 2004.

NBR ISO 14040. **Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura**, ABNT, São Paulo, Novembro 2001.

Oliveira, Adriano, **Modelagem Automotiva e de Produtos com Rhinoceros 3.0 e 3DS Max 8**, Ed. Érica, São Paulo, 2005.

Pracuch, Zdenek, **Cálculo de Custos de Calçados**, Ed. do Calçadista, Franca, São Paulo, 1982.

Pracuch Zdenek, **Quem sabe, Explica! Crônicas sobre a atual Tecnologia de Produção de Calçados**, Ed. A Voz de Nova Serrana, Minas Gerais, 2004.

Saggese, Sylvia e Duarte, Sonia, **Modelagem Industrial Brasileira**, Ed. Sonia Regina Duarte Reis, São Paulo, 1998.